SPEKTRUM

UNIVERSITÄT BAYREUTH

12. JAHRGANG • AUSGABE 1 • JULI 2016

IMPULSGEBER UNIVERSITÄT

Forschendes Lernen

SEITEN 14-17

WIRTSCHAFT & RECHT

Innovation Communities

SEITEN 42-45

MENSCH, NATUR & TECHNIK

Zukunftsfeld Bionik

SEITEN 54-57

THEMA

Innovationen

Liebe Leserinnen und Leser,

Prof. Dr. Stefan Leible, Präsident der Universität Bayreuth.

Unsere neue SPEKTRUM-Ausgabe möchte Ihnen einen Eindruck davon vermitteln, welche zentrale Bedeutung das Thema „Innovationen" für die Universität Bayreuth hat. Und ich darf Ihnen gleich versichern: Was Sie auf den folgenden Seiten sehen werden, ist nur eine kleine Auswahl aus den innovativen Ideen, Entwicklungen und Zukunftsprojekten, die Sie bei einem persönlichen Besuch auf unserem Campus erleben können.

Die Universität Bayreuth befasst sich in ihrer Forschung unter vielen Aspekten mit der Frage, wie Innovationen entstehen und wie sie nachhaltig erfolgreich sind. Dabei ist sie selbst seit vier Jahrzehnten hochinnovativ: Mit zukunftsweisenden Studienprogrammen im Bachelor- und Masterbereich, neuen Strukturen in der Graduiertenausbildung und exzellenten Forschungskompetenzen besitzt sie eine große Anziehungskraft für junge Talente aus dem In- und Ausland. Zudem ist sie ein vielgefragter Partner für die Industrie und die mittelständische Wirtschaft. Gerade weil sich die Universität Bayreuth international an Top-Standards orientiert, kann sie nachhaltig in der eigenen Region wirken.

Besonders wichtig ist es für uns, den Innovationsgeist von Studierenden, Lehrenden und Forschenden anzuspornen, ihnen Freude und Begeisterung am Neuen zu vermitteln. „Ich weiss nicht, ob es besser wird, wenn es anders wird. Aber es muss anders werden, wenn es besser werden soll", hat Georg Christoph Lichtenberg, Experimentalphysiker in Zeiten der Aufklärung, erklärt. Damit es tatsächlich besser wird, sind heute überall starke Fachkompetenzen, wissenschaftliche Kreativität und Verantwortungsbewusstsein gefragt. Innovativ daran mitwirken zu wollen, dass sich die Welt zum Besseren entwickelt: Das ist keine gut gemeinte Schwärmerei, sondern eine ebenso fordernde wie spannende Zukunftsaufgabe.

Diese Herausforderung mit Vernunft, frischen Ideen und einem Blick auf künftige Generationen anzugehen – wer könnte dies besser als eine junge Campus-Universität?

Viel Freude bei der Lektüre wünscht Ihnen

Ihr

Prof. Dr. Stefan Leible
Präsident der Universität Bayreuth

Weitere SPEKTRUM-Ausgaben

Auf der Homepage der Universität Bayreuth finden Sie unter anderem auch die vorigen SPEKTRUM-Ausgaben zu den folgenden Themen:

2/2015: Digitalisierung
1/2015: Kulturbegegnungen und transkulturelle Prozesse
2/2014: Energie
1/2014: Recht und Moral
1/2013: Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften

- **www.uni-bayreuth.de/de/universitaet/presse/spektrum**

Die Campus-Universität Bayreuth hat sich in den letzten 40 Jahren zu einer der führenden Wissenschaftseinrichtungen in Deutschland entwickelt und belegt auch in internationalen Rankings immer wieder Spitzenpositionen. Forschung und Lehre sind nach wie vor ihre Kernaufgaben. Gleichzeitig aber sind wichtige zusätzliche Tätigkeitsfelder im Bereich des Wissens- und Technologietransfers hinzugekommen, die allgemein als „dritte Mission" bezeichnet werden. Hier entfaltet die Universität Bayreuth bereits seit Jahrzehnten zahlreiche Aktivitäten. Zudem haben sich auf dem Campus und in direkter Nachbarschaft zur Universität neue Forschungseinrichtungen und Kompetenzcluster etabliert. Durch Forschungskooperationen können Unternehmen von ihnen unmittelbar profitieren und eigene Wettbewerbsvorteile sichern.

Diese Erweiterung des Aufgabenspektrums ist aufgrund der demographischen Entwicklungen von zentraler Bedeutung. Während deutschlandweit Großstädte und Verdichtungsräume an Bevölkerung gewinnen, verlieren die ländlichen Räume vielerorts junge erwerbstätige Einwohner. Der Universität Bayreuth ist es ein zentrales Anliegen, dieser Entwicklung entgegenzuwirken und einen wesentlichen Beitrag zur Entstehung von Wissen, Innovationen und Wirtschaftskraft in und für Oberfranken zu leisten.

Die nachhaltige Umsetzung von Wissen und Inventionen in Innovationen setzt unternehmerisches Denken und Handeln voraus. Ziel muss es sein, kreative Köpfe und junge Unternehmen nach ihrer Ausbildung bzw. ersten Gründungsphase durch attraktive Karriereangebote bzw. durch attraktive Beratungs- und Ansiedlungsoptionen zu binden. Daran wird die Universität Bayreuth in Zukunft verstärkt arbeiten. Eine Innovationswerkstatt auf dem Campus und ein Regionales Innovationszentrum könnten wichtige Schritte sein.

Mit besten Grüßen

Ihr

Prof. Dr. Torsten Eymann
Vizepräsident der Universität Bayreuth
für den Bereich Informationstechnologie
und Entrepreneurship

Prof. Dr. Torsten Eymann ist Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik an der Universität Bayreuth.

IMPRESSUM

Spektrum-Magazin der Universität Bayreuth

Auflage:
2.000 Stück

Herausgeber:
Universität Bayreuth
Zentrale Servicestelle Presse,
Marketing und Kommunikation
95440 Bayreuth
Telefon (09 21) 55 - 53 56 / - 53 24
Telefax (09 21) 55 - 53 25
pressestelle@uni-bayreuth.de

Redaktionsleitung:
Christian Wißler (V.i.S.d.P.)

Druck:
bonitasprint gmbh, Würzburg

Satz und Layout:
GAUBE media agentur, Bayreuth
Telefon (09 21) 5 07 14 41
spektrum@gaube-media.de

Bildquellen-Kennzeichnung:
sst: www.shutterstock.com

Christian Wißler M.A., Fachwirt Public Relations (BAW), Zentrale Servicestelle PMK der Universität Bayreuth, Wissenschaftskommunikation.

Alle Beiträge sind bei Quellenangaben und Belegexemplaren frei zur Veröffentlichung.

Titelseite: Durch Walzenpressen hergestellte Glaskugeln (Foto: Lehrstuhl für Werkstoffverarbeitung, Universität Bayreuth).
Abb. links: Ausschnitt aus der ‚Sonnenscheibe' des Glaskünstlers Florian Lechner vor der Fakultät für Ingenieurwissenschaften (Foto: Christian Wißler).

Innovationen

2 **Grußwort**
Prof. Dr. Stefan Leible
Präsident der Universität Bayreuth

3 **Editorial**
Prof. Dr. Torsten Eymann, Vizepräsident der Universität Bayreuth für den Bereich Informationstechnologie und Entrepreneurship

3 **Impressum**

4 **Inhaltsverzeichnis**

Impulsgeber Universität

6 **Innovative Universitäten**
Wie und warum Universitäten die Welt verändern können

10 **Kreativ durch Vernetzung: Die Campus-Universität Bayreuth**
Interview mit Prof. Dr. Claas Christian Germelmann

14 **Forschendes Lernen**
Die Universität Bayreuth – ein Innovationszentrum für das Bildungssystem

18

Wettstreit und interkulturelle Zusammenarbeit lassen neue Geschäftsideen entstehen (Foto: J. Quarton).

18 **Flitterwochen, Krise, Sieg**
Internationale Studierendenteams entwickeln innovative Geschäftsideen

22 **Innovative Konzepte in der Weiterbildung**
Akademische Weiterbildung als Innovationsfaktor der Universität Bayreuth

22

Innovationsfaktor Weiterbildung: Graduiertenfeier der Campus-Akademie (Foto: Christian Wißler).

26 **TechnologieAllianzOberfranken**
Innovationen durch Hochschulkooperationen

30 **Innovationen für den Mittelstand**
Eine Anwenderfabrik demonstriert neue ‚Industrie 4.0'-Technologien

10

Das Campusrondell der Universität Bayreuth: Treffpunkt für kreativen Austausch (Foto: Lili Nahapetian).

In einem Chemielabor auf dem Bayreuther Campus (Foto: Lili Nahapetian).

„Man muss etwas Neues machen, um etwas Neues zu sehen."

Georg Christoph Lichtenberg

Mensch, Natur & Technik

54 **Zukunftsfeld Bionik**
Innovative Materialforschung *made in Bayreuth*

58 **Polymere: Werkstoffe der Zukunft**
Industrienahe Forschung für maßgeschneiderte Kunststoffe

62 **Energieeffiziente Gebäude**
Von materialwissenschaftlichen Konzepten zu innovativen Produkten

58

Polymerschäume bieten eine hohes Potenzial zur Energieeinsparung (Foto: Christian Wißler).

66 **Ökologie innovativ**
Im Fokus: Lebensqualität und ökologische Dienstleistungen in Schutzgebieten Europas

70 **Innovationen in afrikanischen Gesundheitssystemen**
Die Einführung von diagnostischen Schnelltests in der Malariakontrolle

66

Von Satelliten gelieferte Messdaten werden im EU-Projekt ECOPOTENTIAL mit Messdaten aus der Geländeforschung abgeglichen (Fotomontage mit dem © ESA–Pierre Carril).

Wirtschaft & Recht

34 **Familienunternehmen**
Chancen durch Innovationen jenseits von neuen Technologien

38 **Corporate Digital Responsibility**
Den digitalen Wandel von Unternehmen und Gesellschaft erfolgreich gestalten

42 **Innovation Communities**
Neue Forschungsergebnisse zu den Erfolgsfaktoren von Innovationen

46 **Rechtswissenschaftliche Innovationsforschung**
Gesetzliche Regelungen im Zeitalter der Digitalisierung

50 **Exzellente Forschungstechnologie**
Mit magnetischer Kernresonanzspektroskopie zu innovativen Produkten und Dienstleistungen

46

Patentämter: öffentlich zugängliche Archive des Fortschritts (Foto: Beek100 / Wikimedia / CC-BY-SA-3.0).

Kunst

74 **Afrikanische Kunst als innovative Kraft**
Interview mit Prof. Dr. Bernd Kleine-Gunk

79 **Artists in Residence**
Kreativität im Iwalewahaus

Holzfigur des tansanischen Künstlers George Lilanga.

Matthew Braham

Innovative Universitäten

Wie und warum Universitäten die Welt verändern können

Interdisziplinäre Spring School in Mumbai/Indien zum Thema „Individual Choices and Collective Decisions“ im Mai 2016. Der Bayreuther Master-Studiengang „Philosophy & Economics“ hat die Veranstaltung, die von der Wissenschaftsstiftung Oberfranken gefördert wurde, gemeinsam mit niederländischen und indischen Partnern organisiert (Foto: Mariam Haydeyan).

Eine innovative Universität – was ist das? Es gibt viele Wege, an diese Frage heranzugehen. Zunächst einmal liegt es nahe, Strukturen, Aktivitäten und Leistungen einer Universität unter die Lupe zu nehmen: die Organisation, das Forschungsprofil, die Studienprogramme, die Berufungspraxis oder auch die Kooperationen mit der Industrie. Steht die Universität mit ihrer Forschung an der Spitze des technologischen Fortschritts? Wendet sie sich drängenden Problemen in der Gesellschaft zu? Was tut sie für ihre Studierenden und ihre Beschäftigten?

Doch wir können die Frage, was eine innovative Universität ist, auch aus einem anderen Blickwinkel betrachten. Statt nur darauf zu achten, was an sichtbaren Ergebnissen aus einer Universität ‚herauskommt', können wir uns ihrem innersten Kern zuwenden, genauer: ihren Werten, ihren Grundsätzen, ihrer Strategie. Ähnlich verfahren wir ja auch, wenn wir uns ein Bild vom Charakter einer Person machen wollen: Dann interessieren uns nicht (nur) einzelne Handlungen, viel wichtiger erscheint uns die moralische Integrität der Person insgesamt.

In vergleichbarer Weise können wir fragen, wofür eine Universität steht, was die eigentliche Quelle ihrer Aktivitäten in Forschung und Lehre ist. Anknüpfend an moralphilosophische Traditionen, können wir von der „Maxime" einer Universität sprechen. Oder, mit einer modernen Redewendung, von ihrem „Mission statement". Viele Hochschulen sind heute mit solchen „Mission statements" unterwegs und sprechen diesem Zusammenhang beispielsweise von einer „Steigerung der Absolventenzahlen" oder einer „Verringerung der Studiendauer.

Reflektierende Vernunft: Ein strategischer Ansatz

Worin also besteht der Charakter einer innovativen Universität? Der Antwortvorschlag, der im folgenden weiter ausgeführt und begründet werden soll, mag zunächst überraschen:

Eine Universität ist innovativ, wenn sie sich *eine* grundlegende Maxime zu eigen macht: reflektierende Vernunft zu fördern.

Das Ziel ist damit die Herausbildung einer Weise zu denken, zu argumentieren und zu urteilen, die unsere gesamte Persönlichkeit prägt. Sie bezieht individuelle und soziale Aspekte unseres Lebens aufeinander und befähigt uns, innovative Ideen zu entwickeln und umzusetzen. Wer sich in der Philosophie- und Bildungsgeschichte des 20. Jahrhunderts auskennt, merkt schon: Dieser Vorschlag steht in der Tradition des bedeutenden U.S.-amerikanischen Philosophen und Bildungsreformers John Dewey. Was aber ist reflektierende Vernunft? Sehen wir genauer hin, können wir vier Aspekte unterscheiden:

Aufspüren von Möglichkeiten: Reflektierende Vernunft hält uns immer wieder dazu an, den Blick nicht allein auf das zu richten, was ist. Sie lässt uns Möglichkeiten bedenken, wie das, was ist, anders sein könnte oder sollte – und macht uns damit kreativ in allen Lebensbereichen. Wir öffnen uns für Neues und bemerken, dass der Fortschritt des Wissens nie abgeschlossen ist. Mit dieser Offenheit, die mögliche Alternativen stets in Betracht zieht, verhilft uns reflektierende Vernunft zu gut begründeten Urteilen und Entscheidungen. Sie schärft das Bewusstsein für die Qualität von Argumenten und ist damit weit entfernt von einer bloßen „Anything goes"-Attitüde.

Thematisierung von Wissen: Wenn wir vertiefte Fachkenntnisse in einer wissenschaftlichen Disziplin erworben haben, sind wir mit deren Inhalten, Methoden und Zielen vertraut. Aber machen wir sie im akademischen Alltag zum Gegenstand bewusster Überlegungen? Erst wenn wir reflektierende Vernunft entwickelt haben, weitet sich unser Horizont: Wir beginnen zu verstehen, was *Wissenschaft* ist. Zugleich lernen wir, unser Fachwissen im Spektrum der verschiedenen Disziplinen einzuordnen. So werden wir uns der erklärenden und prognostischen Kraft, aber auch der Grenzen unserer Fachkompetenzen bewusst. Mehr noch: Wir entwickeln ein Gespür dafür, welche wissenschaftlichen und welche praktischen Folgen es für unsere jeweilige Disziplin hat, wenn wir darin grundlegende Voraussetzungen ändern oder neu etablieren.

Integration von Wissen: Reflektierende Vernunft befähigt uns, besser zu verstehen, wie sich unsere eigene wissenschaftliche Disziplin zu benachbarten Disziplinen verhält. Wir schauen über die Grenzen des eigenen Faches hinaus und überlegen: Wo gibt es Überlappungen mit anderen Fächern, wo greifen Forschungsaktivitäten in benachbarte Fächer aus? Je klarer das Bild ist, das wir von solchen Wechselbeziehungen zwischen den Fächern

AUTOR

Prof. Dr. Matthew Braham ist Professor für Politische Philosophie und Moderator des Studiengangs „Philosophy & Economics" an der Universität Bayreuth.

Übersetzung des Beitrags aus dem Englischen: Christian Wißler.

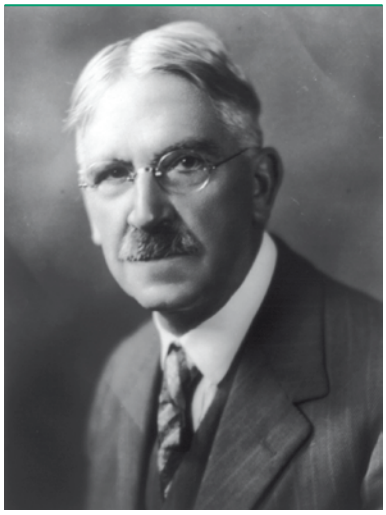


Abb. 1: Der U.S.-amerikanische Philosoph und Bildungsreformer John Dewey, 1859-1952 (Foto: Library of Congress, Washington D.C.).

gewinnen, desto besser gelingt es uns, Wissen und Methoden aus einer benachbarten Disziplin zu übernehmen und in die eigenen Fachkompetenzen zu integrieren. Und desto besser sind wir auch imstande, eigenes Fachwissen und eigene methodische Erfahrung in benachbarte Disziplinen einzubringen. Reflektierende Venunft ist, so gesehen, grundsätzlich interdisziplinär ausgerichtet. Sie befähigt uns, Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen aufeinander zu beziehen und zusammenzuführen. Genau dies aber ist eine zentrale Voraussetzung, um zu neuen Erkenntnissen vorzudringen, welche den Ausgangspunkt für Innovationen in Forschung, Technologie, Wirtschaft und Gesellschaft bilden. Die Welt der eigenen Disziplin ist nicht genug, um die Welt, in der wir leben, zum Besseren zu verändern.

Kommunikation von Wissen: Damit wir mit dieser weltoffenen Einstellung Innovationen auf den Weg bringen können, verleiht uns reflektierende Vernunft aber noch eine weitere Fähigkeit, auf die wir dabei angewiesen sind: kommunikative Kompetenz. Diese versetzt uns zunächst einmal in die Lage, am Wissens- und Erfahrungsaustausch innerhalb der eigenen Disziplin teilzunehmen. Darüber hinaus befähigt sie uns, in einen lebhaften Austausch mit Experten aus anderen Disziplinen einzutreten und fächerübergreifende Kooperationen voranzubringen. Und schließlich verhilft uns kommunikative Kompetenz dazu, die aus diesen Wechselbeziehungen hervorgehenden Erkenntnisse in die Gesellschaft hineinzutragen, wo sie den Bedürfnissen der Menschen entsprechend anzuwenden sind.

Insofern reflektierende Vernunft uns also auf eine ‚Bildungsreise' schickt, die aus den Beschränkungen des eigenen Fachwissens heraus- und letztlich mitten in die soziale Welt hineinführt, könnte man sagen: Sie ist genau diejenige kognitive Kraft, die Wissenschaft und Technik humaner werden lässt. Oder, um es ein wenig pathetisch auszudrücken: Sie ermöglicht Wissenschaft mit menschlichem Antlitz.

Reflektierende Vernunft erweist sich damit als eine unabdingbare Voraussetzung für gesellschaftlichen Fortschritt – und zwar zunächst auf direktem Weg: Sie spornt uns an, die Horizonte des eigenen Wissens auszuweiten; und es ist das so entstehende neue Wissen, das aus der Welt, wie sie ist, eine bessere Welt machen kann. Darüber hinaus ist reflektierende Vernunft aber auch indirekt wirksam: Sie bewirkt, dass wir mit dem intellektuellen Habitus, den wir uns als Wissenschaftler und Studierende im Rahmen einer bestimmten Disziplin angeeignet haben, einen Platz in der Gesellschaft finden, wo wir uns sozialen und politischen Fragen öffnen. Nur so ist gewährleistet, dass unsere ‚wissenschaftliche Mentalität' nicht zur bloßen Attitüde verkommt, sondern zu einer konstruktiven Veränderung von Politik und Gesellschaft beiträgt. Es sind gerade solche Veränderungen, die uns den Idealen einer freien und demokratischen Gesellschaft näherbringen.

Universitäre Bildung für eine demokratische Gesellschaft

Wie ist das zu erklären? Es sind gerade die Merkmale reflektierender Vernunft, die eine ‚demokratische Persönlichkeit' ausmachen. Mit diesem Begriff können wir ein modernes Bildungs- und Erziehungsideal charakterisieren, das in den Gedanken der Aufklärung wurzelt. Reflektierende Vernunft macht uns gegen jedwede autoritäre Versuchung immun. Denn sobald wir sie erworben haben, sind wir gleichsam darin trainiert, uns im Denken und Handeln über soziale, ethnische und nationale Grenzen hinwegzusetzen – oder allgemein gesagt: Barrieren zu überwinden, die von externen Autoritäten aufrechterhalten werden (sei es von der Kirche, vom Staat, von einer sozialen Klasse oder einer politische Partei). Dies sind die Ideale der Aufklärung, des „Age of Reason".

Reflektierende Vernunft hat für solche Autoritäten keine Sympathien. Sie macht uns misstrauisch

Abb. 2: Reflexion über Grundlagenforschung und Angewandte Forschung in der Bayreuth International Graduate School of African Studies, die aus der Exzellenzinitiative gefördert wird (Foto: Lili Nahapetian).

gegenüber jeder einseitigen, unüberlegten Parteinahme. Die einzige Fahne, die sie hochhält, ist das Ideal einer freien denkenden Persönlichkeit. Und so wird die Maxime, reflektierende Vernunft zu fördern, wegweisend für eine Universität, die Bildung *in* und *für* eine demokratische Gesellschaft vermittelt.

Aber ist dieses Ideal überhaupt realisierbar? Ja, und zwar aus einem einfachen Grund. Damit wir es als Lehrende und Forschende in einer Universität verwirklichen können, sind keine neuen Gesetze und erst recht keine anderen Institutionen nötig (schon Immanuel Kant wusste: Tugend kann nicht erzwungen werden). Wie für alle regulativen Prinzipien, gilt auch für die Maxime, reflektierende Vernunft zu fördern: Ob und wie wir sie anwenden, beruht allein auf unserer persönlichen Entscheidung.

Praktische Konsequenzen

Für das Herzstück unseres universitären Alltags, die wissenschaftliche Lehre, ergeben sich daraus ganz praktische Konsequenzen: Wenn wir Curricula konzipieren und neue Studienprogramme auf den Weg bringen, müssen wir immer bedenken, ob wir den Studierenden damit tatsächlich die Chance eröffnen, reflektierende Vernunft zu entwickeln – und zwar genau unter den vier Aspekten des Aufspürens von Möglichkeiten sowie der Thematisierung, Integration und Kommunikation von Wissen.

- Fördern wir in unseren Lehrveranstaltungen ein Reflexionsvermögen, das die Studierenden in die Lage versetzt, vorgegebene Tatsachen auf methodisch bewusste Weise in eine Beziehung zu möglichen Alternativen zu setzen? Tun wir genug, um in ihnen die Freude am Aufspüren solcher Alternativen zu wecken?
- Sind unsere Curricula geeignet, um Studierende – sei es in Bachelor-, Master- oder Promotionsprogrammen – an ein grundsätzliches Verständnis von Wissenschaft und ihrer jeweiligen Disziplin heranzuführen? Sind wir als Lehrende hinreichend bescheiden und selbstkritisch in Bezug auf die Wissens- und Forschungsgebiete, die unseren akademischen Alltag prägen?
- Geben wir den Studierenden genügend Freiräume, um eigene Ideen an den Grenzen ihres jeweiligen Faches zu erproben und sich Wissen aus benachbarten Disziplinen anzueignen? Oder ist uns nur daran gelegen, einen Wissenskanon abzuarbeiten, der keine interdisziplinären Grenzüberschreitungen zulässt und ‚experimentierendes Denken' mehr behindert als fördert?
- Und schließlich: Fordern wir unsere Studierenden in dem erforderlichen Maß heraus, sich engagiert den praktischen Problemen zuzuwenden, mit denen sich unsere Gesellschaft heute konfrontiert sieht? Werden sie von uns hinreichend dazu ermutigt, für die Welt, in der wir leben, neue zukunftsweisende Lösungsvorschläge zu entwickeln und alternative Konzepte zu prüfen?

Allen diesen Fragen müssen wir uns stellen, wenn wir eine Wissenschaftskultur etablieren wollen, in der reflektierende Vernunft gedeihen kann. Die Antworten sind nicht in organisatorischen Strukturen zu finden. Und auch nicht in Zusatzqualifikationen, die wir gewohnt sind, als „Softskills" zu bezeichnen. Im Gegenteil, es geht um ein Verständnis wissenschaftlicher Bildung, das für die Organisation aller Studiengänge konstitutiv sein sollte – und für alle Aktivitäten, die wir als Lehrende darin entfalten.

Vertrauen wir also unserer Maxime, reflektierende Vernunft zu fördern: Dann werden wissenschaftliche und soziale Innovationen – als Bestandteile einer vernunftgeleiteten Neugestaltung unserer Welt – wie von selbst folgen. Weshalb? Weil wir kreative, ja sogar moralische Kräfte freisetzen, die in jedem einzelnen Menschen auf ihre Chance warten. Eine Universität mit *dieser* Strategie wird die innovativsten Köpfe für sich gewinnen, die nur darauf brennen, sich entfalten zu können. Gibt es etwas Besseres, was wir uns von einer Universität wünschen können?

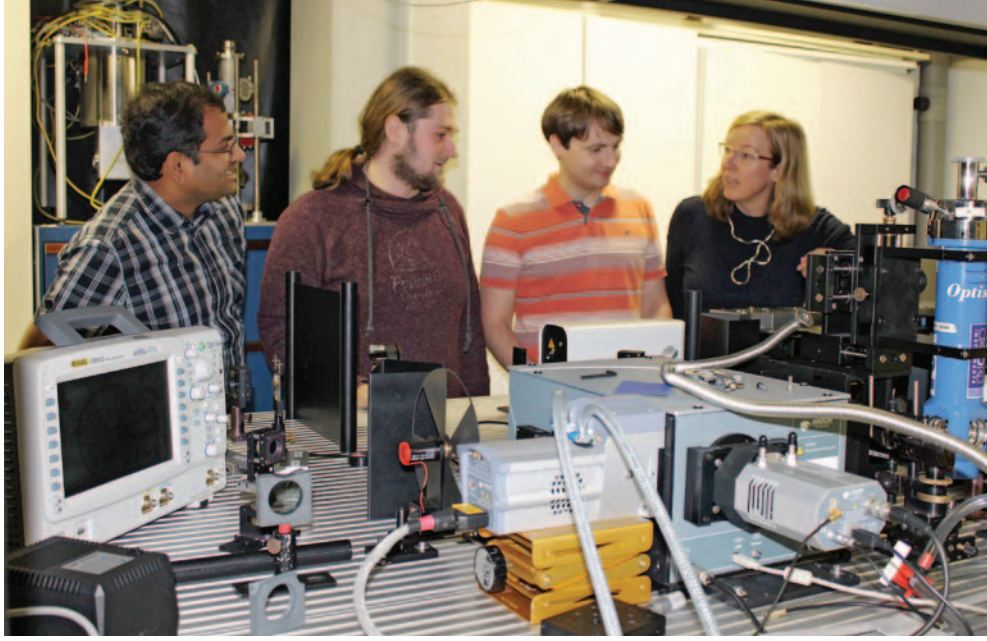


Abb. 3: Erfolg einer breiten interdisziplinären Zusammenarbeit: Sechs Bayreuther Forschergruppen aus verschiedenen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen haben Grundlagen für einen komplett optischen Speicher entdeckt (Foto: Christian Wißler).

Claas Christian Germelmann
Christian Wissler

Kreativ durch Vernetzung: Die Campus-Universität Bayreuth

Interview mit Prof. Dr. Claas Christian Germelmann

Blick auf das Campusrondell der Universität Bayreuth (Foto: Pressestelle Universität Bayreuth).

Herr Professor Germelmann, die Universität Bayreuth ist in diesem Jahr Gastgeber des Wissenschaftstags der Europäischen Metropolregion Nürnberg, der unter dem Motto steht: „Innovationsfaktor Hochschule". Wohl jede Hochschule nimmt heute für sich in Anspruch, innovativ zu sein, während sich gleichzeitig die Profile der Hochschulen in Deutschland immer stärker ausdifferenzieren. In welcher Weise ist speziell die Universität Bayreuth in der Lage, innovative Impulse für Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft zu setzen?

Zunächst einmal hat bei uns das Thema „Innovationen" quer durch alle Wissenschaftsbereiche einen hohen Stellenwert in der Forschung. So gibt es in der Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät eine ganze Reihe von Forschergruppen, die sich bereits dem Namen nach mit dieser Thematik befassen, zum Beispiel an den Lehrstühlen für ‚Technologie- und Innovationsmanagement', ‚Innovation und Dialogmarketing' oder ‚Strategisches Management und Organisation'. Zugleich wollen wir unsere Studierenden vom ersten Semester an dafür sensibilisieren, welche Relevanz Innovationen für die Gesellschaft haben und wie stark sie das Leben jedes Einzelnen beeinflussen können. In wirtschaftswissenschaftlichen Studiengängen vermitteln wir die Kompetenzen, die erforderlich sind, um Prozesse der Innovationsentwicklung zu managen und die Umsetzung im Markt steuernd zu begleiten. Viele Studierende bringen ein sehr technisch geprägtes Verständnis von Innovationen mit. Aber indem wir sie mit neuen Erkenntnissen aus der Innovationsforschung vertraut machen, wird deutlich: Je grundlegender eine Innovation ist, desto stärker ist ihre Breitenwirkung in Wissenschaft, Wirtschaft und Kultur.

Es geht aber nicht allein darum, Wissen über Innovationen zu vermitteln. Als Forschenden und Lehrenden an der Universität Bayreuth ist uns daran gelegen, dass die Studierenden möglichst früh beginnen, selbst innovativ zu denken – also Pioniergeist, Kreativität und Lust an der Umsetzung neuer Ideen entwickeln.

Damit aber entstehen Brücken von einem rein fachbezogenen Wissenstransfer zur Persönlichkeitsentwicklung der Studierenden. Werden hier Bildungsziele aktuell, die im Kern in europäischen Universitätstraditionen wurzeln, aber aus dem Blick geraten, wenn man Hochschulen einseitig aus einer technokratischen Perspektive betrachtet?

Ja durchaus, denn unsere Absolventinnen und Absolventen werden ihr Leben gerade dann erfolgreich in die Hand nehmen können, wenn eigener Innovationsgeist sie anspornt, neue Möglichkeiten für sich zu entdecken und unerwartete Entwicklungen mitzugestalten. Eine junge Musikwissenschaftlerin, die vielleicht einmal Theatermanagerin werden möchte, wird sich überlegen müssen, wie Theater heute zu denken ist. Wird hier noch etabliertes Kulturgut bewahrt und vermittelt? Oder ist das Theater nicht vielmehr eine Plattform, die neue Ideen zusammenbringt, um wie in einem Labor im Zusammenwirken mit dem Publikum moderne Gesellschaftsprozesse sichtbar zu machen? Eine angehende Chemikerin wird sich überlegen, ob ihre Zukunft noch in der klassischen Medikamentenentwicklung liegt oder ob es zum Beispiel ökologische Serviceleistungen gibt, für die sie mit ihren Fachkompetenzen viel besser qualifiziert ist. Die Kette der Beispiele ließe sich beliebig fortsetzen. In allen verantwortungsvollen Positionen ist heute individuelle Kreativität gefragt.

Den Unternehmergeist fördern

Gehört zu einem solchen ‚innovative mindset' auch Unternehmergeist, also die Bereitschaft, mit neuen Ideen ein Geschäftsmodell zu entwickeln und im eigenen Unternehmen zu realisieren?

Heute entfaltet sich Unternehmergeist keineswegs nur beim Sprung in die Selbständigkeit. Technologiestarke Unternehmen, die auf internationalen Märkten ihren Vorsprung behaupten müssen, fordern von ihren Beschäftigten ein hohes Engagement als „Unternehmer im Unternehmen". Es wird erwartet, dass man selbständig Aufgaben angeht und Neues entwickelt. Global Player wie General Electrics, IBM oder Mannesmann sehen heute ganz anders aus als noch vor zehn Jahren, auch weil die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit eigenen Innovationen zur Unternehmensentwicklung beigetragen haben.

Junge Menschen auszubilden, die das Potenzial haben, technologische und wirtschaftliche Fortschritte voranzubringen und so die Welt zu verändern – dies ist auch unser Ziel an der Universität Bayreuth. Mir scheint, dies gelingt hier umso besser, als eine Reihe von Wissenschaftlern mit eigenen Firmengründungen erfolgreich waren und sind. Sie geben damit ein Beispiel für die Freude am Neuen, die sie den Studierenden vermitteln wol-

ZUR PERSON

Prof. Dr. Claas Christian Germelmann ist Inhaber des Lehrstuhls für Marketing an der Universität Bayreuth.

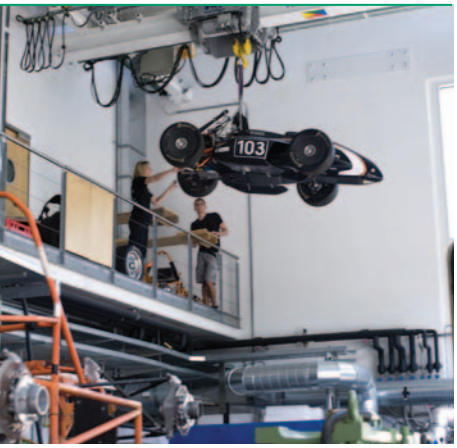


Abb. 1-3: Der Bayreuther Campus bietet Raum für Teamwork in kleinen Gruppen, innovative Projekte, wie etwa den Bau eines Rennwagens, und eine enge Verknüpfung von Lernen und Forschen (Fotos: Lili Nahapetian).

len. Darüber hinaus haben auch Serviceangebote wie der KarriereService oder die Gründerberatung sowie Business Plan-Wettbewerbe ihren Anteil daran, Studierende für das Thema ‚Innovation' zu begeistern.

Interdisziplinarität als Inkubator

Welche Rolle spielt aus Ihrer Sicht der fächerübergreifende Austausch von Wissen und Erfahrung, wenn es darum geht, ein vertieftes Verständnis für Innovationen zu fördern?

Innovationen haben immer eine starke Tendenz zu Grenzüberschreitungen. Sie setzen sich über Ländergrenzen hinweg, und sie verschmelzen Technologien, von denen man überhaupt nicht gedacht hat, dass sie etwas miteinander zu tun haben könnten. Damit entfallen auch tradierte Abgrenzungen zwischen den Disziplinen. Umso mehr sind wir auf Leitplanken angewiesen, wenn wir Innovationen verantwortungsvoll gestalten wollen. Hierfür bedarf es der Expertise aus unterschiedlichen Forschungsfeldern: Im Dialog mit den Rechtswissenschaften gilt es auszuloten, welcher gesetzliche Rahmen nötig ist, damit Innovationen keinen Schaden anrichten – oder auch, wie geistiges Eigentum im Interesse der Entrepreneure geschützt werden kann. Auf der anderen Seite können die Kulturwissenschaften wichtige Beiträge leisten, etwa beim Umgang mit ethischen Problemen, die durch Innovationen aufgeworfen werden. Auch Fragen nach der kulturellen Identität stellen sich plötzlich, wenn sich eine Gesellschaft im Zeitalter des Internets so dynamisch verändert, dass Traditionen verblassen.

Die Universität Bayreuth hat den großen Vorzug, dass ihre räumliche Struktur den alltäglichen, informellen Austausch über solche Fragen entscheidend fördert. Erlauben Sie mir einen Vergleich: Junge Start-ups wollen gern in der Mitte ihres Unternehmens einen großen Raum haben, wo man sich kurzfristig verabreden und offene Fragen diskutieren kann, wo man im Gespräch bleibt und sich persönlich kennenlernt. Genau diese Funktion hat an unserer Universität das Campusrondell inmitten der Fakultäten und Serviceeinrichtungen. Hier begegnen wir uns als Studierende, Lehrende und Forschende täglich, hier können wir die Ideen anderer aufgreifen und in unser eigenes Denken hineinnehmen. So könnte man unseren Campus geradezu als großen Inkubator bezeichnen – das Campusrondell ist gewissermaßen ein Symbol für Offenheit, Interdisziplinarität, kreativen Austausch und Innovationskraft.

Ohne diese räumlichen Strukturen wären ja auch die zahlreichen interdisziplinären Studiengänge und Fächerkombinationen nicht realisierbar, die hier in Bayreuth – und in manchen Fällen nirgendwo sonst in Deutschland – angeboten werden …

Ja, es ist kein Zufall, dass die Universität Bayreuth seit ihrer Gründung immer wieder Vorreiter bei der Einrichtung innovativer Studienprogramme war. Sportökonomie, Geoökologie, Philosophy & Economics sind nur einige Stichworte. Ganz neu sind englischsprachige Master-Studiengänge wie etwa History & Economics, Environmental Geography oder Biofabrication, die zum Wintersemester 2016/17 erstmals angeboten werden. Das Rückgrat all dieser Angebote sind unsere universitären Profilfelder, von denen eine starke Dynamik ausgeht – sei es zum Beispiel in der Polymerforschung, in den Afrikastudien oder in den miteinander vernetzten Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften.

Innovation und Verbraucherschutz: ein neues Profilfeld für Zukunftsfragen

Sie selbst sind Sprecher des noch jungen Profilfelds „Innovation und Verbraucherschutz", das thematisch geradezu an der Schnittstelle von neuen Technologien, ökonomischen Potenzialen und gesellschaftlichen Erwartungen angesiedelt ist. Spiegeln sich die daraus resultierenden Spannungen und Chancen auch in den Aktivitäten des Profilfelds?

Ja, denn eine Reihe sehr engagierter Forschergruppen aus verschiedenen Fächern sind hier miteinander im Gespräch. Wichtige Kernfragen, wie etwa das Verbraucherverhalten in digitalen Umwelten oder die öffentliche Kommunikation von Innovationen, fallen nicht in die alleinige Zuständigkeit einzelner ‚Ressorts'. Über Innovationen zu forschen und dabei selbst innovativ zu sein, das ist nur mit offenen Netzwerkstrukturen möglich. Diese wiederum entwickeln sich nicht selten zum Ausgangspunkt für große Forschungsprojekte. Ich selbst finde es immer wieder spannend, wenn bei Diskussionen in unserem Profilfeld gerade aus der Unterschiedlichkeit der Denkmuster Funken geschlagen werden. Alle gehen aus solchen Gesprächen mit neuen Impulsen heraus.

Gibt es thematische Schwerpunkte, die derzeit im Vordergrund stehen?

Ein hochaktuelles Thema ist die Sharing Economy, die auf der Basis des Internets völlig neue Geschäftsmodelle hervorbringt. Dabei erwerben die Konsumenten kein individuelles Eigentum, sondern sie treten auf elektronischen Plattformen in Austauschprozesse ein, die dazu dienen, sich die Nutzung von Gütern im wechselseitigen Einverständnis zu teilen. Dies geschieht häufig kommerziell, wie etwa beim Car-Sharing oder der Nutzung von Wohnraum. Aber immer öfter haben solche Prozesse keinen kommerziellen Hintergrund. Als Ökonomen finden wir diese Entwicklungen sehr faszinierend, weil sie unser klassisches Verständnis von Märkten berühren. Ist eine betriebswirtschaftliche Logik noch zeitgemäß, wonach Güter geronnene Werte sind, deren Wert durch Konsumenten quasi verzehrt und vernichtet wird? Oder müssen wir uns auf innovative Modelle einstellen, wonach der Wert von Gütern und Dienstleistungen allererst durch „Ko-Kreation" erzeugt wird – also dadurch, dass verschiedene Akteure im Markt zusammenwirken? Vor kurzem haben wir eine vielbeachtete Tagung zu diesen Fragen veranstaltet.

Ein anderes großes Thema ist natürlich die Digitalisierung. Nur wenige Menschen fragen sich, welche persönlichen Informationen über sie in der Welt verbreitet sind. Sie sind sich des Marktwerts dieser Informationen kaum bewusst. Hält unser Verständnis mit den digitalen Technologien überhaupt noch Schritt? Oder sind wir in immer kürzeren Zeitabschnitten mit Neuem konfrontiert, so dass wir die Auswirkungen auf die Gesellschaft immer weniger begreifen?

Auch die Weiterentwicklung des Rechts ist durch diese Prozesse herausgefordert – zum Beispiel wenn rechtsstaatliche Gesetzgebungsverfahren nicht so schnell ablaufen, wie man es sich wünschen würde, damit im Interesse des Gemeinwohls ein passender Rechtsrahmen entsteht …

Ja, auch dies ist eine wichtige Herausforderung. In vielen Fällen wird man sagen können, dass das bestehende Recht gut ausgearbeitet und hinreichend allgemein ist, um innovative Entwicklungen abzubilden. Aber umgekehrt könnte man auch dafür argumentieren, dass geltendes Recht in Zukunft fluider sein und von den Bürgern im Zusammenwirken mit der Judikative stets aufs Neue ausgehandelt werden müsse – ähnlich den Prozessen der ‚Ko-Kreation', wie wir sie im Bereich der Sharing Economy erleben. Man denke hier z.B. an die Ideen der Digitalen Demokratie. Das alles sind Zukunftsfragen, mit denen wir uns wissenschaftlich auseinandersetzen müssen. Hier in Bayreuth ist der Ort, wo wir dies tun können und gemeinsam mit unseren Studierenden schon heute erfolgreich tun.

Herr Professor Germelmann, haben Sie vielen Dank für dieses Gespräch!

Abb. 4: Luftaufnahme des Bayreuther Campus (Foto: Herbert Popp).

Franz X. Bogner
Volker Ulm

Forschendes Lernen

Die Universität Bayreuth – ein Innovationszentrum für das Bildungssystem

Im Schülerlabor zur Bio- und Gentechnik der Universität Bayreuth: Schülerinnen machen erste Erfahrungen mit den Pipetten (Foto: Thomas Zuber).

Die Universität Bayreuth und Bildungspolitik in Europa

Welche wirksamen Strategien gibt es in Europa, um Innovationen nachhaltig in die Schule zu bringen? Dieser Frage ging 2007 eine Expertengruppe der Europäischen Kommission nach, um auf der Grundlage bestehender Erfahrungen Empfehlungen für eine europäische Bildungspolitik zu erarbeiten. Der daraus resultierende *Rocard-Report* entwickelte erheblichen Einfluss auf die Bildungspolitik in Europa. Explizit wurde darin das deutschlandweite Projekt ‚SINUS-Transfer' als Leuchtturmprojekt hervorgehoben. Dieses Projekt war als großer und langfristiger Innovationsprozess des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts angelegt. Die Leitung im Bereich der Mathematik lag bei der Universität Bayreuth: „Sinus-Transfer zeichnet sich durch ein langfristiges, in den Schulen durch Zusammenarbeit entwickeltes Konzept aus, das sich besonders auf das Lernen der Schüler konzentriert. Das Konzept behandelt didaktische Schwierigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht und regt Lehrer zum Nachdenken und zur Bewertung des eigenen Unterrichts an, um dessen Qualität ständig zu verbessern. Eine starke Zusammenarbeit zwischen Lehrern der eigenen Schule und anderen Schulen sowie Forschern und Praktikern wird hergestellt. Sinus-Transfer hat sehr positive Ergebnisse gebracht." [1]

In der Folge förderte die Europäische Union eine ganze Reihe von Unterrichtsentwicklungsprojekten, vor allem an der Universität Bayreuth, die ähnliche Strukturmerkmale wie ‚SINUS-Transfer' aufweisen sollten. Beispielsweise wurden oder werden die Projekte ‚PATHWAY', ‚KeyCoMath', ‚CREATIONS' von Bayreuth aus koordiniert. In den Projekten ‚Open Discovery Space', ‚GreeNET' oder ‚Inspiring Science Education' war bzw. ist die Universität Bayreuth federführender *Workpackage-Leader*.

Forschendes Lernen für tiefgreifendes Verständnis

Alle genannten EU-Projekte zielen darauf ab, innovative pädagogisch-didaktische Konzepte im Schulsystem zu verankern. Sie setzen auf „forschendes Lernen"– im Englischen: „Inquiry-based Science Education (IBSE)". Im *Rocard-Report* heißt es dazu: "Naturwissenschaftlicher Unterricht durch Inquiry-based Science Education … hat sich in der Primar- und Sekundarstufe als wirksame Methode erwiesen, um das Interesse und den Kenntnisstand der Schüler zu steigern, und dabei gleichzeitig auch noch die Motivation der Lehrkräfte zu fördern." Der Bericht hebt hervor, dass forschendes Lernen bei schwachen wie bei starken Schülerinnen und Schülern erfolgreich und mit dem Streben nach Bestleistungen vereinbar sei. Zudem wirke es sich positiv auf das Interesse von Mädchen an den Naturwissenschaften aus. Forschendes Lernen und herkömmliche deduktive Unterrichtskonzepte schließen sich – so der Bericht – keineswegs aus und sollten daher im naturwissenschaftlichen Unterricht kombiniert werden, um unterschiedlichen Denkarten und Altersgruppen gerecht zu werden.[2]

Beim forschenden Lernen sind die Schülerinnen und Schüler in hohem Maße selbst aktiv. Sie arbeiten sich eigenständig und kooperativ in ein für sie unbekanntes Phänomen ein, das sie subjektiv als komplex wahrnehmen. Dabei geht es nicht um das Erlernen vorgegebener Fakten. Vielmehr wird der Lernprozess in ähnlicher Weise organisiert und strukturiert, wie es auch für universitäres Forschen charakteristisch ist. In der amerikanischen Literatur ist von den 5E die Rede: „Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate". Typische Phasen forschenden Lernens im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht sind daher:

- **Konfrontation mit einem Phänomen:** Es gehört zur professionellen Kompetenz der Lehrkraft, Schülerinnen und Schüler auf ein mathematisches oder naturwissenschaftliches Phänomen aufmerksam zu machen und ein Forschungsfeld zu umreißen.
- **Erkunden eines Phänomens:** Die Schülerinnen und Schüler entwickeln Fragen, stellen Hypothesen auf, planen Experimente und führen diese durch, machen Beobachtungen, formulieren Vermutungen und suchen nach Begründungen.
- **Strukturieren des Themenfelds:** Die Lernenden ordnen und strukturieren ihre Erkundungen, stellen Querverbindungen – auch zu ihrem Vorwissen – her, suchen zugrunde liegende Muster und Gesetzmäßigkeiten.
- **Fixieren von Ergebnissen:** Die Resultate der Forschungsarbeiten werden schriftlich fixiert (zum Beispiel im Heft oder auf einem Plakat). Beim Aufschreiben wird das Themenfeld weiter kognitiv durchdrungen.
- **Präsentieren und Diskutieren von Ergebnissen:** Die Überlegungen und Resultate der

AUTOREN

Prof. Dr. Franz X. Bogner ist Inhaber des Lehrstuhls für Didaktik der Biologie und Direktor des Zentrums zur Förderung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts (Z-MNU) der Universität Bayreuth.

Prof. Dr. Volker Ulm ist Inhaber des Lehrstuhls für Mathematik und ihre Didaktik und Direktor des Zentrums für Lehrerbildung (ZLB) der Universität Bayreuth.

Abb. 1: Jonas Landgraf aus Weiden war ‚Kapitän' des deutschen Schülerteams, das im Juli 2016 in Jekaterinburg/Russland am Physik-Weltcup IYPT teilnahm und Vize-Weltmeister wurde. Zusammen mit einem weiteren Teammitglied konnte er sich im Schülerforschungszentrum Oberfranken auf den Wettbewerb vorbereiten (Foto: Felix Wechsler).

Schülerinnen und Schüler werden im Klassenplenum vorgestellt und gemeinsam diskutiert. Unter der fachkundigen Leitung der Lehrkraft werden die Resultate zusammengeführt. Es werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausgearbeitet und dabei ein Gesamtergebnis der Forschungen fixiert.

Lehrerfortbildung als Schlüssel zur Unterrichtsentwicklung

Die Schlüsselpersonen für Innovationen des Unterrichts sind zweifelsohne die Lehrkräfte. Ihre Überzeugungen, Haltungen und professionellen Kompetenzen sind maßgeblich für den Unterricht und damit das individuelle Lernen der Schülerinnen und Schüler verantwortlich. Systematische, langfristig konzipierte Lehrerfortbildung hat daher in den erwähnten nationalen und internationalen Projekten der Universität Bayreuth eine zentrale Rolle.

Typischerweise werden für die Projektarbeit Netzwerke von Schulen gebildet, teilnehmende Lehrkräfte sind über einen längeren Zeitraum eingebunden. Die Lehrkräfte werden in regelmäßigen Treffen mit innovativen didaktischen Konzepten – wie zum Beispiel forschendem Lernen – vertraut gemacht. Eine Herausforderung besteht dabei darin, den Lehrkräften nicht nur Wissen zu vermitteln, sondern ihre Handlungskompetenzen im Unterricht weiterzuentwickeln. Um diese Brücke zwischen Theorie und Praxis zu schlagen, erarbeiten die Lehrkräfte im Fortbildungsnetzwerk kooperativ Unterrichtsmaterialien, mit denen sie innovative Konzepte in ihren Klassen im Unterricht umsetzen und erproben. Die dabei gewonnenen Erfahrungen werden im kollegialen Netzwerk ausgetauscht und reflektiert. Auf dieser Basis werden die Unterrichtsmaterialien und -konzepte gemeinsam überarbeitet und ggf. verbessert. Insgesamt dient das Arbeiten an und mit konkreten Unterrichtsmaterialien für den Schulalltag dazu,

- grundlegende didaktische Ideen zu vermitteln,
- Entwicklungen auf der Ebene der unterrichtsbezogenen Überzeugungen und Haltungen der Lehrkräfte anzustoßen
- und somit das Handeln in ihrer beruflichen Praxis zu verändern.

Im Zuge der genannten europäischen Projekte war und ist die Universität Bayreuth gemeinsam mit zahlreichen europäischen Partnerinstitutionen Impulsgeber und Begleiter für Entwicklungsprozesse im Schulsystem.

Innovationen im Lehramtsstudium

Die universitätstypische Einheit von Forschung und Lehre gibt es an der Universität Bayreuth auch im Bereich der Lehrerbildung. Forschungsergebnisse finden unmittelbar Eingang in Lehrveranstaltungen, Seminare und Praktika werden direkt in aktuelle Forschungsprojekte eingebettet.

So ist beispielsweise das Schülerlabor zur Bio- und Gentechnik (Lehrstuhl Didaktik der Biologie) mit der Lehramtsausbildung gekoppelt. Basierend auf der Theorie des fachdidaktischen Wissens ist das Lehramtsmodul *Lernen und Lehren im Lernort Labor* mit dem Schülermodul *Genetischer Fingerabdruck* verknüpft.[3] Das Lehramtsmodul bereitet fachliches Vorwissen auf und setzt sich mit wesentlichen Komponenten des fachdidaktischen Lehrerwissens (Pedagogical Content Knowledge, PCK) auseinander – zum Beispiel mit bekannten, alternativen Schülervorstellungen.[4] Innerhalb einer Woche lernen Kleingruppen mit jeweils vier Studierenden innerhalb des innovativen Ansatzes einen Rollenwechsel. Dies geschieht dadurch, dass sie innerhalb einer Unterrichtswoche mit jeweils immer neuen Schülerkursen von der Schüler- über die Tutor- in die Lehrerrolle hineinwachsen. Zunächst führen sie als zusätzliche Schülergruppe die Experimente selbst durch, um mögliche Lernschwierigkeiten aus der Sicht von Schülerinnen und Schülern wahrzunehmen. In den kommenden Tagen betreuen sie zwei Schülergruppen als Tutoreninnen und Tuto-

Abb. 2: Arbeit an der Tischzentrifuge: Schüler bereiten Proben für die Elektrophorese vor (Foto: Thomas Zuber).

ren, und schließlich unterrichten sie als Lehrkraft einen Unterrichtsabschnitt. Hier können sie aus den zu Beginn wahrgenommenen Lernschwierigkeiten eigene instruktionale Änderungen umsetzen, um derartige Schwierigkeiten zu vermeiden. Eine begleitende Studie stellte die wesentlichen Ergebnisse dieses einmaligen Moduls dem internationalen Publikum vor.[5]

Die Universität Bayreuth setzt aber nicht nur in Bezug auf Studieninhalte, sondern auch bei der Organisationsform der Lehramtsstudiengänge Maßstäbe. Als eine der beiden ersten Universitäten in Bayern führte sie bereits 2006 Bachelor-und Master-Strukturen im Lehramtsstudium ein. Das Bayreuther Lehrerbildungsprofil weist dabei eine Reihe charakteristischer Strukturmerkmale auf:

- Der Bachelorabschluss ist polyvalent zu fachwissenschaftlichen Bachelorabschlüssen. Dies bedeutet, dass Studierende ein fachwissenschaftliches Masterstudium aufnehmen können, wenn sie etwa nach sechs Semestern den Beruf des Lehrers nicht weiter anstreben möchten.
- In der Masterphase des Lehramtsstudiums liegt ein deutliches Gewicht im Bereich der Fachdidaktik und der Vernetzung mit der Schulpraxis. Die Masterarbeit kann mit dem Referendariat vernetzt werden.

Elitestudiengang für Lehramtsstudierende

Begabtenförderung im Lehramtsstudium – dies ist der neueste Innovationsimpuls, den die Universität Bayreuth in der Lehrerbildung setzt. Zum Wintersemester 2016/17 richtet sie im Elitenetzwerk Bayern den ersten Elitestudiengang für Lehramtsstudierende ein. Der Studiengang „MINT-Lehramt PLUS" richtet sich an besonders begabte und leistungsfähige Studierende der Fächer Biologie, Chemie, Informatik, Mathematik und Physik für das Lehramt an Gymnasien. Er bietet ihnen Bildungs- und Entwicklungsmöglichkeiten, die über die Angebote der regulären Lehramtsstudiengänge substanziell hinausgehen. Die Studierenden können ihre fachlichen Kompetenzen im MINT-Bereich erweitern, indem sie das breite Angebot fachwissenschaftlicher Masterstudiengänge nutzen und zudem anhand speziell eingerichteter Lehrformen in aktuelle Forschungsgebiete der Fachwissenschaften und der Fachdidaktiken vordringen. Charakteristisch sind dabei der interdisziplinäre Austausch und eine Einbettung in internationale Forschung mit vielfältigen Freiräumen für persönliche Schwerpunktsetzungen.

Abb. 3: „Campus erleben": Bei dieser öffentlichen Veranstaltung auf dem Bayreuther Universitätsgelände erhalten Kinder und Jugendliche – und ihre Eltern – spannende Einblicke in Themen der naturwissenschaftlichen Forschung, hier mit Prof. Dr. Christian Laforsch (re.) vor einem Becken mit Unterwasserflöhen (Foto: Peter Kolb).

LINKTIPPS

Rocard-Bericht der Europäischen Kommission, Science Education Now – A Renewed Pedagogy for the Future of Europe:

- **http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf**

Elite-Programm „MINT-Lehramt PLUS" im Elitenetzwerk Bayern:

- **www.mint-lehramt-plus.bayern**

1 „Sinus-Transfer is characterized by a long-term, school-based and collaborative approach that is focused on students' learning. It relates to didactical problems in science classrooms and stimulates teachers to evaluate and reflect their teaching in a process of continuous quality development. During the process a strong cooperation is established between teachers within and between schools as well as between researchers and practitioners. The impact of Sinus-Transfer is very positive", in: European Commission: Science Education Now – A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. European Communities. Brüssel 2007 (Rocard-Report), S. 15. Vgl. die deutsche Übersetzung unter dem Titel "Naturwissenschaftliche Erziehung jetzt: Eine erneuerte Erziehung für die Zukunft Europas": http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_de.pdf, S.15.

2 „Inquiry-based science education (IBSE) has proved its efficacy at both primary and secondary levels in increasing children's and students' interest and attainments levels while at the same time stimulating teacher motivation. IBSE is effective with all kinds of students from the weakest to the most able and is fully compatible with the ambition of excellence. Moreover IBSE is beneficial to promoting girls' interest and participation in science activities. Finally, IBSE and traditional deductive approaches are not mutually exclusive and they should be combined in any science classroom to accommodate different mindsets and age-group preferences." (Rocard-Report, ebd., S. 2).

3 Franz-Josef Scharfenberg und Franz X. Bogner, Instructional efficiency of changing cognitive load in an out-of-school laboratory. In: International Journal of Science Education, 32(6), S. 829-844 (2010); Franz-Josef Scharfenberg und Franz X. Bogner, A new two-step approach for hands-on teaching of gene technology: Effects on students' activities during experimentation in an outreach gene technology lab. In: Research in Science Education, 41(4), 505-523 (2011).

4 Franz-Josef Scharfenberg und Franz X. Bogner: Investigation of Students' Alternative Conceptions of Terms and Processes of Gene Technology, International Scholarly Research Network Education (2013), (Article ID 741807).

5 Franz-Josef Scharfenberg und Franz X. Bogner: A New Role-Change Approach in Pre-service Teacher Education for Developing Pedagogical Content Knowledge in the Context of a Student Outreach, in: Lab. Research in Science Education (2015, online first).

Sascha Schweitzer
Stefan Seifert

Flitterwochen, Krise, Sieg

Internationale Studierendenteams entwickeln innovative Geschäftsideen

Gemeinsames Lernen durch interkulturelle Herausforderungen: Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Wettbewerbs 2016 in São Carlos (Foto: Volker Altstädt).

Die International Business Plan Competition ist eine gemeinsame Lehrveranstaltung der Universität Bayreuth mit Spitzenuniversitäten in Hongkong, Brasilien und den USA. Alljährlich treffen sich ausgewählte Studierendenteams der Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften an einer der Partneruniversitäten, um in internationalen Gruppen zukunftsweisende Geschäftsideen zu konzipieren und entsprechende Businesspläne zu entwickeln. Gleichzeitig bietet der Wettbewerb spannende Einblicke in den Mikrokosmos internationaler Zusammenarbeit. Dies ist insbesondere der durchdachten und systematischen Planung zu verdanken, die den Wettbewerb zu einem faszinierenden Experiment des interkulturellen Austauschs macht.

Ein Schlüsselelement, durch das die Veranstaltung an Reichtum und Tiefe gewinnt, liegt in der Zusammenstellung der studentischen Teams, die im Vorfeld nach unterschiedlichen Kriterien – wie beispielsweise Studienfach, Studienabschnitt (Bachelor bzw. Master), außercurricularen Interessen und Alter – gebildet werden. Jedes Team besteht aus sechs Studierenden, jede Partneruniversität ist dabei vertreten. Im Vorfeld des Wettbewerbs besuchen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer Vorbereitungskurse an ihren Heimatuniversitäten, so dass sie die Mitglieder ihres Teams erst am Austragungsort kennenlernen.

Persönlichkeitsentwicklung im Zeitraffer

Die Zusammenarbeit der Studierenden in diesen multinational zusammengesetzten Teams ist ein komplexer Prozess, der mit interkulturellen Herausforderungen verbunden ist. Die dabei auftretenden Schwierigkeiten und Erfolge lassen sich mit dem „U-Modell" des schwedischen Soziologen Sverre Lysgaard beschreiben, der vier typische Phasen unterscheidet:

- Die erste Phase, auch „Flitterwochenphase" genannt, ist gekennzeichnet durch Vorfreude in der Vorbereitung auf die Reise und erste aufregende Entdeckungen vor dem Hintergrund einer gewissen romantischen Verklärung in der Anfangszeit.
- In der zweiten Phase legt man die Rolle des Gasts ab. Nach und nach realisiert man die Schwierigkeiten, die sich aus der fremden Umgebung ergeben, und bemerkt, was man an der eigenen Kultur schätzt und vermisst, ohne sich dessen zuvor bewusst gewesen zu sein. Unweigerlich sammelt man auch erste negative Erfahrungen. So kommt es zu sprachlichen oder gedanklichen Missverständnissen, die sich häufig nicht auf einfache Art auflösen lassen und zu gelegentlichen Frustrationen führen können.
- Auf die Krisen-Phase folgen die Phasen der Erholung und der Anpassung. Man befreit sich aus dem vorherigen emotionalen Tief und geht dank neuerlernter Fähigkeiten gestärkt daraus hervor. „Erholung" bezeichnet in diesem Zusammenhang das Erkennen und die Reflexion der kulturellen Unterschiede, während „Anpassung" in der Annahme von Lösungsstrategien und Umgangsformen besteht, die den Unterschieden Rechnung tragen.

Eine herausfordernde Besonderheit der International Business Plan Competition besteht darin, dass die vier Erfahrungsphasen – verglichen mit einem

Kreativität von Rio bis Hongkong

Die International Business Plan Competition ist ein gemeinsames Projekt, das von der Universidade de São Paulo (USP), der University of Illinois (UI) und der Hong Kong University of Science and Technology (HKUST) seit mehreren Jahren an wechselnden Orten angeboten wird. Im Jahr 2014 fand die Competition in Bayreuth statt, im Jahr 2015 im Silicon Valley in Kalifornien, in diesem Jahr in São Carlos und Rio de Janeiro. Im kommenden Jahr wird Hongkong als Gastgeber fungieren und den Studierenden die Aufgabe stellen, innovative Geschäftsideen im Bereich Health-Care vor dem Hintergrund einer alternden Bevölkerung zu erarbeiten. Hier werden insbesondere die Bayreuther Studierenden des Studiengangs Gesundheitsökonomie ihre speziellen Kompetenzen einbringen können.

Die Competition zielt darauf ab, junge Menschen anzuleiten, in einem internationalen Umfeld gemeinsam an neuen Ideen zu arbeiten, gemeinsam zu forschen und Anstöße zur Vernetzung zu schaffen. Seitens der Universität Bayreuth wird der Wettbewerb koordiniert von:

- Prof. Dr.-Ing. Volker Altstädt, Inhaber des Lehrstuhls für Polymere Werkstoffe und Geschäftsführer der Neue Materialien Bayreuth GmbH
- Prof. Dr. Stefan Seifert, Inhaber des Lehrstuhls für Technologie- und Innovationsmanagement
- Dr. Sascha Schweitzer, Mitarbeiter des Lehrstuhls für Technologie- und Innovationsmanagement

Als Mentoren der Universität Bayreuth stehen sie den Studierenden am jeweiligen Wettbewerbsort mit ihrer Expertise zur Verfügung.

Über die Competition hinaus bieten sich der Universität Bayreuth weitere Anknüpfungspunkte in Forschung und Lehre. So bestehen zum Beispiel Kooperationsabkommen mit den Partneruniversitäten in Brasilien und Hongkong.

Abb. 1: Die Teams und Betreuer der International Business Plan Competition 2014 in São Carlos, im Hintergrund ein hoteleigenes Flugzeug (Foto: Volker Altstädt).

herkömmlichen Studienaufenthalt im Ausland – viel intensiver ablaufen, wie in einem Zeitraffer. Nach einem kurzen, teilweise euphorischen Kennenlernen bleiben weniger als zwei Wochen Zeit, um als wettbewerbsfähiges Team zu funktionieren. Zudem besteht großer Druck, eine attraktive Geschäftsidee zu erarbeiten, gleichzeitig Unternehmensbesuche und Experteninterviews durchzuführen und sich täglich den Anregungen und der Kritik der Mentoren zu stellen. Anders als bei einem traditionellen Auslandsaufenthalt, sind die Teams hierbei aufeinander angewiesen. Sie können sich ihre Teampartner nicht auswählen und diesen zeitlich und räumlich nicht aus dem Weg gehen. Die Teilnehmer gehen mit diesen Herausforderungen jedoch bemerkenswert positiv um. Nicht selten durchlaufen sie eine rasante Persönlichkeitsentwicklung hinsichtlich ihrer zwischenmenschlichen und interkulturellen Kompetenz.

„Die International Business Plan Competition war für mich eine grossartige Chance, in einem internationalen Team neue Ideen für innovative Geschäftsmodelle zu entwickeln. Der Prozess war von enormem Teamgeist geprägt und hat uns zu Spitzenleistungen motiviert. Ich konnte internationale Freundschaften schliessen und mein Netzwerk ausbauen."

Ein Student nach dem Wettbewerb 2014 in Bayreuth

Freud und Leid unterschiedlicher Mentalitäten

Vor dem Hintergrund der intensiven Wettbewerbs-Erfahrung tritt besonders klar zu Tage, wie interkulturelle Zusammenarbeit funktioniert und welche Herausforderungen sich dabei stellen. So lässt sich beispielsweise manchmal beobachten, dass die Teilnehmer aus den USA Diskussionen dominieren. Neben ihren muttersprachlichen Fähigkeiten trägt hierzu möglicherweise auch eine kulturell stärker ausgeprägte Debattenkultur bei. Diese Eigenschaften können in Einzelfällen auch zu Konflikten beitragen. So kann rhetorische Dominanz bei anderen Teammitgliedern, die sich in ihren Argumenten ignoriert fühlen, Frustrationsgefühlen hervorrufen. Je nach individueller Persönlichkeit und kultureller Prägung ziehen sich manche Studierenden in Konfliktsituationen eher aus den Diskussionen zurück, während andere eine offensive Haltung einnehmen und ihre Position verteidigen, auch wenn sie die Gruppe nicht überzeugen können. Kann ein Team eventuelle Konflikte nicht selbst auf positive Weise auflösen, stehen Mentoren zur Unterstützung bereit.

Abb. 2: Präsentation eines Geschäftsmodells beim Halbfinale 2015 im Silicon Valley (Foto: Volker Altstädt).

Obwohl am Wettbewerb typischerweise Studierende teilnehmen, die überdurchschnittlich offen für das Kennenlernen anderer Kulturen sind, ist das Bedürfnis, Auszeiten mit Menschen gleicher Sprache und Erfahrung zu verbringen, sehr stark. Chinesen, Brasilianer, Amerikaner und Deutsche verbindet ein anscheinend universelles Bedürfnis, von Zeit zu Zeit eine vertraute und komfortable Umgebung zu finden. Möglicherweise wird dieses Verhalten durch den Druck und die Intensität des Wettbewerbs weiter verstärkt. Besonders gut zu beobachten ist ein solches Verhalten bei Ausflügen und Abendessen, bei denen sich häufig kleine Gruppen von Studierenden aus demselben Herkunftsland bilden.

Sogar die Mentoren, die nach Möglichkeit zum Austausch und Durchwechseln der Gruppen ermutigen, sind bisweilen selbst durch die Werte und Denkweise ihrer jeweiligen Kultur gebunden. In Brasilien beispielsweise nahmen die amerikanischen Betreuer nicht an einer Rafting-Tour teil, nachdem Gesundheitsvertreter ihrer Heimatuniversität wegen bakterieller Verschmutzungen in 600 km entfernten, stehenden Gewässern davor gewarnt hatten. Die Betreuer der Universität Bayreuth hingegen hatten vor dem Wettbewerb die Empfehlungen des Robert-Koch-Instituts zu vorbeugenden Impfungen bei Reisen nach Brasilien an die Studierenden weitergegeben, rieten aber

nach Prüfung der Hintergründe nicht generell von Wasser-Aktivitäten ab.

Persönlichkeitsbildung durch Diversitätsmanagement

Zu Beginn und im Laufe der Competition wird die Teambildung gezielt gefördert: Am Eröffnungsabend finden Aktivitäten statt, um das Kennenlernen der Teams spielerisch zu unterstützen. Im Anschluss daran einigen sich die Teams jeweils auf einen Vertrag, in dem sich die Mitglieder auf ihre Teamziele, ihre Arbeitsweise und auch die Entscheidungsfindung im Konfliktfall festlegen. Diese niedergeschriebenen Regeln erfüllen in der interkulturellen Zusammenarbeit eine wichtige Funktion, da anders als in einer vertrauten Gruppe die Werte und Leitlinien des Umgangs nicht durch eine gemeinsame kulturelle Basis vorbestimmt sind.

Im weiteren Verlauf werden die Entwicklung und Zusammenarbeit der Teams durch eine Zwischenbefragung unterstützt. Die von den Teilnehmern einzeln ausgefüllten Fragebögen werden anschließend dem gesamten Team anonymisiert zur Verfügung gestellt. Dies ermutigt frühzeitig zu einer offenen und konstruktiven Diskussion.

Die unterschiedliche Herkunft der Teilnehmer ist eine Herausforderung, aber mehr noch eine große Chance bei der Suche nach innovativen, kreativen Ideen. So glänzen Teilnehmer aus Hongkong bisweilen mit besonderen Fähigkeiten beim Erstellen von Grafiken und Animationen, Teilnehmer aus Deutschland mit technischen und analytischen Fähigkeiten und Teilnehmer aus Brasilien mit besonderer Geduld in der Entwicklung eines starken Teams. Durch die Kombination der vielfältigen Denkweisen und Erfahrungen können ganz neue Dinge entstehen. So treffen verschiedene Impulse und Gedanken aufeinander, Produkte und Prozesse werden aus verschiedenen neuen Perspektiven gesehen und neu gedacht. Das Management von Diversität ist daher ein wertvoller Faktor für den Teamerfolg. Erfahrungsgemäß besitzen diejenigen Teams die höchsten Siegeschancen, in denen jedes Teammitglied seine eigenen Stärken zeigen und einsetzen kann.

Den bedeutendsten Anteil an der gemeinsamen Lernerfahrung haben daher

- das aus Diversität hervorgehende kreative Potenzial
- und die erfolgreiche Bewältigung von Herausforderungen, die aus kulturellen Unterschieden resultieren.

Genau diese Erfahrungen begründen die interkulturelle Kompetenz, die für späteren Erfolg in der internationalen Zusammenarbeit wichtig ist. Indem sie die International Business Plan Competition fördert und aktiv daran mitwirkt, trägt die Universität Bayreuth zur Entwicklung selbstständiger, emotional reifer und zur Teamarbeit fähiger Absolventen bei.

AUTOREN

Prof. Dr. Stefan Seifert ist Inhaber des Lehrstuhls für Technologie- und Innovationsmanagement an der Universität Bayreuth.

Dr. Sascha Schweitzer ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter an diesem Lehrstuhl.

Drohnen als Zukunftstechnologie

Aus dem Wettbewerb in Brasilien ging das Team *Game of Drones* mit Felix Renz aus Bayreuth als Sieger hervor. Die Studierenden hatten die Geschäftsidee, einen Game-Park für Drohnen einzurichten. Hier können Piloten ihre Drohnen in Rennen gegeneinander antreten lassen oder geschickt durch komplizierte Parcours steuern. Der Game-Park soll neue Maßstäbe im Bereich der Unterhaltungsindustrie setzen. Zudem soll er weiteren Interessenten die Möglichkeit bieten, erste Erfahrungen mit Drohnen in einer sicheren Umgebung und mit vorheriger Einweisung zu sammeln. Mit der Idee, Verkehrskontrollen durch Drohnen noch sicherer zu gestalten, erzielte das Team *SafeDrone*, dem auch Hannah Taubenreuther aus Bayreuth angehörte, den 2. Platz. Das Team *SciFly* belegte den 3. Platz. Der Bayreuther Student Sebastian Geibig und seine Mitstreiter hatten sich zum Ziel gesetzt, Bildung durch den Einsatz von Drohnen interessanter zu gestalten.

Die zwölf Studierenden aus Bayreuth, die an der International Business Plan Competition 2016 in São Carlos teilnahmen. (Foto: Volker Altstädt).

Dieter Brüggemann
Claudia Iberle

Innovative Konzepte in der Weiterbildung

Akademische Weiterbildung als Innovationsfaktor der Universität Bayreuth

Graduiertenfeier des MBA Sportmanagement der Universität Bayreuth im Juni 2016. das ‚Best Masters Ranking' hat dieses Studienangebot weltweit auf Platz 18 aller Masterstudiengänge im Sportmanagement gelistet (Foto: Christian Wißler).

CAMPUS-AKADEMIE FÜR WEITERBILDUNG

„Durch diese Form der Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft stellt die akademische Weiterbildung einen signifikanten Innovationsträger für Universitäten und Regionen dar."

Über die klassischen Kernaufgaben der Forschung und Lehre hinaus verfolgen Universitäten und Hochschulen mit der akademischen Weiterbildung einen weiteren Auftrag. Unter dem Begriff ‚Quartärer Bildungsweg' werden berufsbegleitende Bachelorstudiengänge, weiterbildende Masterstudiengänge, Zertifikatskurse sowie weitere, kürzere Formate gefasst. Im Zeichen des ‚lebenslangen Lernens' öffnet sich die Hochschule somit einem breiteren Teilnehmerkreis als den Erststudierenden und bietet mit ihren Maßnahmen vielfältige Möglichkeiten der beruflichen und persönlichen Weiterentwicklung. Die Motivationen für die Teilnahme sind dabei sehr unterschiedlich. Während die individuell Teilnehmenden einen beruflichen Aufstieg, vertieftes Wissen oder eine Neuausrichtung verfolgen, geht es den Unternehmen vor allem um die strategische Entwicklung des Betriebs sowie die Fachkräfteausbildung und -sicherung.

Für die Hochschulen bedeutet eine etablierte Weiterbildungseinrichtung mehr als bloße Pflichterfüllung. Sie trägt wesentlich zur Schärfung des Hochschulprofils bei und agiert „an der Schnittstelle zu Wirtschaft und Gesellschaft". Indem sie den Bekanntheitsgrad, die Transferleistung sowie die regionalen Verankerung der Hochschule deutlich steigert, ist sie einer ihrer wesentlichen Innovationsfaktoren.

In der Universität Bayreuth wird die Weiterbildung durch die Campus-Akademie getragen. Als Einrichtung der Universität bietet sie bereits seit über zehn Jahren berufsbegleitende Masterstudiengänge und Zertifikatskurse an. Die bereits etablierten MBA-Studiengänge ‚Sportmanagement' und ‚Health Care Management' sowie das neue Masterprogramm ‚LL.M. Sportrecht' stellen dabei ihre Aushängeschilder dar. Angeboten und nachgefragt werden auch Intensivseminare und Kurse, zum Beispiel in den Bereichen Corporate Responsibility Management, Einkaufsmanagement oder Mathematik zur Vorbereitung auf das Studium der MINT-Fächer.

Am Wissensknotenpunkt

Ein starkes akademisches Weiterbildungsprogramm beruht auf fundierter und anerkannter grundständiger Lehre und Forschung. So greifen die Weiterbildungseinrichtungen der Hochschulen auf deren renommierte Fachgebiete zurück, um sie in praxisrelevanter Form einem berufstätigen Teilnehmerkreis zu vermitteln. Dies gilt auch für das Weiterbildungsprogramm der Universität Bayreuth:

- Der MBA Sportmanagement baut auf dem bewährten Konzept der Bayreuther Sportökonomie auf, das seit 1985 als Vorreiter und noch heute als Richtschnur für das Studium des Sportmanagements gilt.
- Der MBA Health Care Management wurde als bundesweit erster gesundheitsökonomischer berufsbegleitender Masterstudiengang eingeführt und hat sich im Markt fest etabliert.

In beiden Programmen wie auch in allen weiteren Angeboten der Campus-Akademie wird das Selbstverständnis der Bayreuther Universität deutlich: interdisziplinär, innovationsfähig, kooperativ und vernetzt. Durch diesen Leitgedanken wird das Profil der Universität Bayreuth weiter geschärft und in

LINKTIPPS

Campus-Akademie:
- **www.campus-akademie.uni-bayreuth.de/de/akademie-nach-mass**

Forschungsprojekt QuoRO:
- **www.quoro.uni-bayreuth.de**

Abb. 1: Blick in einen Seminarraum der Campus-Akademie der Universität Bayreuth (Foto: Claudia Iberle).

Abb. 2: Fortbildung im Bereich Einkaufsmanagement in Zusammenarbeit mit Unternehmen in der Region (Foto: Christian Wißler).

ihrem Bekanntheitsgrad über die Zielgruppe der Erststudierenden hinaus gesteigert.

Zudem kommt die Universität damit ihrem Auftrag nach, den Technologie- und Wissenstransfer zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang zeichnet sich ein weiterer Aspekt ab: der Beitrag der Hochschulen zur regionalen Entwicklung. Entsprechende Weiterbildungsprogramme decken den Schulungsbedarf von Industrie und Unternehmen vor Ort, Fachkräfte werden bei ihrer Weiterentwicklung unterstützt. Durch diese Form der Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft stellt die akademische Weiterbildung einen signifikanten Innovationsträger für Universitäten und Regionen dar.

Innovative Konzepte für eigenverantwortliches Lernen

An der Universität Bayreuth ist Prof. Dr.-Ing. Dieter Brüggemann Begründer und Leiter der Weiterbildungseinrichtung. Bei der Konzeption der Masterprogramme und Zertifikatslehrgänge arbeitet die Campus-Akademie eng mit den Fakultäten und Fachgruppen zusammen; ihre Mitglieder gestalten ein Weiterbildungsangebot inhaltlich und methodisch und stellen die fachliche Leitung. Zudem hat sich bei einigen Angeboten eine ergänzende Zusammenarbeit mit externen Unternehmen bewährt.

Der Aufbau geeigneter Organisationsstrukturen sowie die Finanzierung von Weiterbildungseinrichtungen ist für Hochschulen mit vielfältigen Fragen verbunden. Vor allem stellt die Entwicklung von zielgruppenorientierten, praxisrelevanten Lehrformaten aus der grundständigen Lehre eine Herausforderung dar. Denn lebenslanges Lernen, verstanden als stetes, ziel- und zweckorientiertes, bewusstes und systematisches Lernen, bedarf der Integration verschiedener Lern-Settings:

- Die vertikale Integration umfasst die Lernerfahrung in ihrem zeitlichen Ablauf von der Vergangenheit in die Zukunft.
- Als horizontale Integration werden formelles, nicht formelles und informelles Lernen im Rahmen individueller Netzwerke bezeichnet.

Teilnehmende an berufsbegleitenden Fort- und Weiterbildungen bringen individuelle Lernhintergründe und -motivationen ein, die sich in ihrem Umfang teilweise erheblich vom Lernenden in

Schule und Erststudium unterscheiden. Eigenverantwortliches und zielgerichtetes Lernen zeichnet sich im Bereich der beruflichen Weiterbildung dadurch aus, dass der eigene Bedarf ermittelt wird und dazu passende Strategien und Ressourcenpläne entwickelt und implementiert werden. Hierbei steht die effiziente und effektive Zielerreichung (Abschluss/Zertifikat) sowie die anschließende Evaluation des Ziels und des Prozesses im Mittelpunkt.

In der Konsequenz bedarf es daher innovativer Lehr-Lern-Konzepte, die diese Anforderungen aufgreifen und sich in ihrer Tendenz von der direkten Instruktion, etwa dem typischen Frontalunterricht, unterscheiden. Dies ist insbesondere gewährleistet durch

- ein selbstbestimmtes, selbstreguliertes Lernen,
- lehrerunabhängige Motivation und Instruktion (der/die Lehrende als Facilitator),
- kooperatives Lernen
- sowie die Einbeziehung situativer Kontexte.

Hier setzt die Campus-Akademie im Rahmen des Bayreuther Gesamtkonzepts an. Sie vermittelt Theorie und Praxis mit weiterbildungserfahrenen Dozentinnen und Dozenten, welche die interdisziplinären Hintergründe der Teilnehmenden aufgreifen und vernetzen.

Innovative Lehr-Lern-Konzepte umfassen dabei insbesondere auch das Blended Learning. Interes-

AUTOREN

Prof. Dr.-Ing. Dieter Brüggemann ist Leiter der Campus-Akademie der Universität Bayreuth.

Claudia Iberle, M.A. M.Sc., ist als Mitarbeiterin der Campus-Akademie verantwortlich für den Bereich Studiengangsentwicklung & Forschung.

santerweise hat sich dabei herausgestellt, dass gerade der Präsenzanteil von großer Bedeutung ist: Die Hochschule stellt für viele der Teilnehmenden die „Rückkehr" oder das „Eintauchen" in die universitäre Welt dar. Sie ist der Lernort, der gerade an einer Campus-Universität wie in Bayreuth mit familiärem Flair verstärkt und ungekünstelt transportiert wird und der im signifikanten Gegensatz zum Alltag der Teilnehmenden steht. Dieser ‚Bildungsaufenthalt' im traditionellen Universitätsumfeld wird von vielen ausdrücklich als motivationssteigernd und kooperationsfördernd genannt und ist in seiner Bedeutung nicht zu unterschätzen.

Neue Projekte für die Hochschulweiterbildung

Um hier perspektivisch ein breiteres, profilschärfendes und nachfrageorientiertes Angebot zu schaffen, das die Hochschulweiterbildung zu einem Wirtschafts- und Innovationsfaktor macht, ist die Campus-Akademie in mehrere Projekte maßgeblich eingebunden. Besonders hervorzuheben ist dabei die Konzertierte Qualifizierungsoffensive der Region Oberfranken zur Weiterbildung von Fachkräften für die Zukunft, kurz QuoRO. Dieses Forschungsprojekt, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird, zielt vor allem auf regionale Entwicklung und Nachfrageorientierung, um Fachkräfte in der Region Oberfranken zu halten. Gemeinsam mit der von Prof. Dr. Manfred Miosga geleiteten Abteilung Stadt- und Regionalentwicklung an der Universität Bayreuth erforscht QuoRO systematisch den Bedarf sowie interne und externe Hemmnisse akademischer Weiterbildung. Ziel ist es, ein innovatives Netzwerk der Weiterbildung für die Region zu schaffen, das den Bogen von sehr praxisnahen bis zu wissenschaftlich-akademischen Angeboten spannt und diese miteinander verzahnt.

Komplementär dazu arbeitet die Campus-Akademie am angebotsorientierten Ausbau ihrer Weiterbildungsprogramme. Dies geschieht im Rahmen des Projekts ‚STRUKTUR 2015', das vom Bayerischen Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst gefördert wird. Bisher ungenutztes Potenzial der Profilfelder in der Forschung der Universität Bayreuth soll identifiziert werden, um – darauf aufbauend – mögliche Weiterbildungsmaßnahmen zu konzipieren und umzusetzen. Speziell die Geistes-, Natur- und Ingenieurwissenschaften sind hierbei im Blick.

Abb. 3 und 4: Im Juni 2015 fand auf dem Bayreuther Campus die 1. QuoRO-Konferenz unter dem Leitthema „Fachkräftesicherung durch Weiterbildung an Universitäten und Hochschulen" statt. Im großen Bild: Vortrag von Prof. Dr. Manfred Miosga, Professor für Stadt- und Regionalentwicklung an der Universität Bayreuth. Kleines Bild: Das Forschungsprojekt QuoRO, eine Zukunftswerkstatt für die Weiterbildung an Universitäten und Hochschulen (Fotos: Campus-Akademie).

1 Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., Innovationsfaktor Hochschule, o.J., www.innovationsfaktor-hochschule.de.
2 Ok Bun Lee: Erwachsenenbildung: Lebenslanges Lernen und dessen Bedeutung für die Entwicklung moderner Gesellschaften (Adult education: Lifelong learning and its meaning for the development of modern society), Vortrag (o.J.), http://docplayer.org/16201526-Prof-em-dr-ok-bun-lee-kyungpook-national-university-taegu-literaturliste.html.
3 Reinhold S. Jäger: Lebenslanges Lernen: Andragogik und Erwachsenenbildung. Heidelberg 2006.

Abb. 5: Teilnehmer einer Weiterbildungsveranstaltung auf dem winterlichen Campus vor der „Raumkurve", einer Skulptur von Norbert Kricke (Foto: Campus-Akademie).

Literaturhinweise

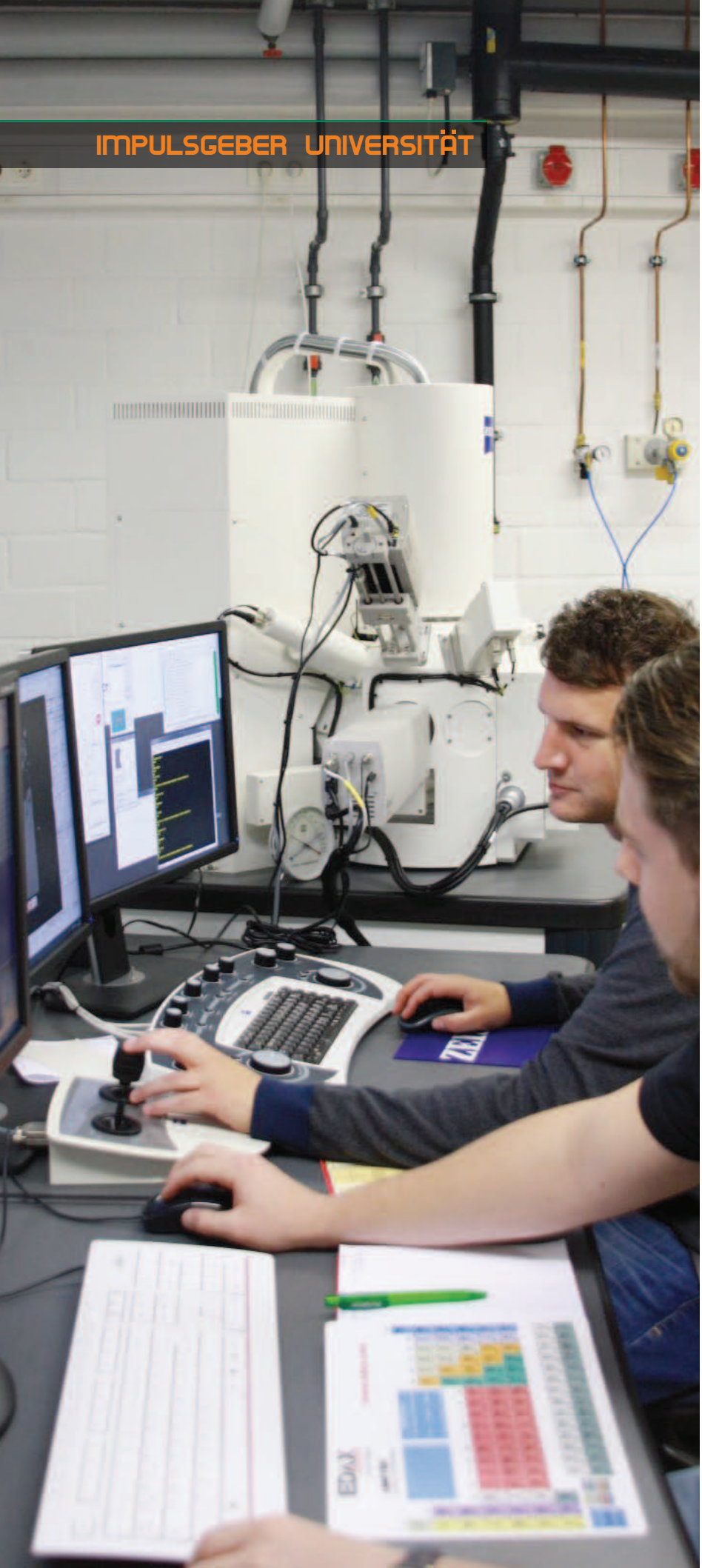
- Bayerisches Hochschulgesetz 2006, Aufgaben. www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayHSchG-2.
- Deutsche Gesellschaft für wissenschaftliche Weiterbildung und Fernstudium e.V., Organisation der wissenschaftlichen Weiterbildung an Hochschulen. Oestrich-Winkel 2015.

Anja Chales de Beaulieu

TAO
TechnologieAllianzOberfranken

Die Technologie Allianz Oberfranken

Innovationen durch Hochschulkooperationen



Ein neues leistungsstarkes Rasterelektronenmikroskop steht an der Universität Bayreuth auch dem wissenschaftlichen Nachwuchs für Forschungsarbeiten zur Verfügung (Foto: Christian Wißler).

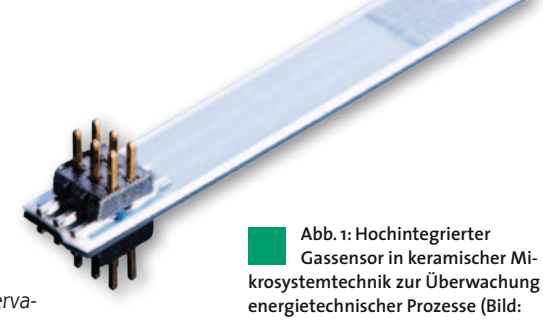


Abb. 1: Hochintegrierter Gassensor in keramischer Mikrosystemtechnik zur Überwachung energietechnischer Prozesse (Bild: LS Funktionsmaterialien, Universität Bayreuth).

TAO ist die Abkürzung für *TechnologieAllianzOberfranken* und steht für die gemeinsame Anstrengung der vier oberfränkischen Hochschulen, dem demografischen Wandel entgegenzutreten. Die beiden Universitäten Bamberg und Bayreuth sowie die beiden Hochschulen für angewandte Wissenschaften Coburg und Hof leisten ihren Beitrag über eine engere, intensivere Zusammenarbeit in der Forschung, in der Lehre, in der Zusammenarbeit mit der Wirtschaft und dem Wissenstransfer in die Wirtschaft.

TAO wurde Ende 2011 mit den beiden Kernbereichen Energie und Mobilität sowie den Querschnittstechnologien Werkstoffe, Informationstechnologie (IT) und Sensorik sowie Mensch und Technik gegründet. In jedem dieser Kernbereiche wurden inzwischen kooperative Forschungsgruppen gebildet, die hochschulübergreifend gemeinsam bzw. in enger Abstimmung arbeiten.

Innovation im Studium

Ein wichtiger Baustein in der kooperativen TAO-Welt ist der mögliche Wechsel zwischen Hochschule und Universität für ein Masterstudium oder eine Promotion. Für verschiedene Studiengänge etwa im Bereich der Ingenieurwissenschaften oder der Informatik, in denen die oben genannten TAO-Themen behandelt werden, wurden beispielsweise die Zugangsvoraussetzungen für einen Wechsel in den Masterstudiengang an eine andere TAO-Hochschule transparent und verlässlich gestaltet. Bei den kooperativen Promotionen betreuen jeweils ein Universitätsprofessor aus Bayreuth oder Bamberg und ein Professor der Heimat-Hochschule (Coburg oder Hof) gemeinsam die Doktorarbeit. Die beiden TAO-Hochschulen Coburg und Bamberg haben außerdem gemeinsam im Bereich der *Digital Humanities* durch einen erfolgreichen Antrag den Studiengang *Digital Technologies in Heritage Conservation* geschaffen.

Graduiertenkolleg „Energieautarke Gebäude"

Ende 2015 wurde ein Graduiertenkolleg zum Thema *Energieautarke Gebäude* eingerichtet. Doktorandinnen und Doktoranden der vier TAO-Partner arbeiten dabei gemeinsam an einem aktuellen Forschungsthema im Schwerpunktbereich Energie. Wesentlich sind vor allem die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Ingenieuren und Informatikern (auch) mit Geisteswissenschaftlerinnen und Geisteswissenschaftlern sowie das Zusammenbringen der sich ergänzenden wissenschaftlichen Expertisen der Universitäten Bamberg und Bayreuth und der anwendungsbezogenen Forschung und Entwicklung der Hochschulen Coburg und Hof.

Die behandelten Themengebiete reichen von der Energiebereitstellung und -speicherung bis zur Gebäudegestaltung und zum Nutzerverhalten. Das neue Graduiertenkolleg baut dabei auf der langjährigen Expertise an den vier TAO-Hochschulen auf. So forschen allein an der Universität Bayreuth neun Lehrstühle, die hier dem Zentrum für Energietechnik (ZET) angehören, zu vielfältigen energietechnischen Themen.

Gemeinsame Forschung

Qualitativ hochwertige Forschung ist ein wesentlicher Baustein für die Attraktivität von Universitäten und Hochschulen. Kooperationen mit der Wirtschaft helfen, die Innovationsfähigkeit der einheimischen Unternehmen zu unterstützen und zu sichern. Dadurch bleibt die Region attraktiv, und es können Arbeitsplätze erhalten oder neu

AUTORIN

Dr. Anja Chales de Beaulieu ist Leiterin der TAO-Geschäftsstelle an der Universität Bayreuth.

Abb. 2: Im Projekt FOR10'000 wollen die Partner aus Wissenschaft und Industrie ausloten, wie organische Abfälle auch in kleineren Städten und ländlichen Regionen optimal im Sinne einer Kreislaufwirtschaft verwertet werden können (sst).

geschaffen werden. Beispielhaft sei hier nur das von der Bayerischen Forschungsstiftung finanzierte Verbundprojekt FOR10'000 genannt, das am Zentrum für Energietechnik der Universität Bayreuth gemeinsam mit Arbeitsgruppen der Hochschulen Coburg, Hof und Amberg-Weiden konzipiert und Ende 2015 bewilligt wurde. Unterstützt von Vertretern aus Politik und Wirtschaft sollen innovative Konzepte für die Nutzung biologischer Reststoffe entwickelt und technisch umgesetzt werden.

„Ein wesentliches Ziel der KeyLabs ist die Schaffung der Rahmenbedingungen für gemeinsame Forschungsprojekte auch mit der oberfränkischen Industrie."

Die Zahl der Kooperationsprojekte zwischen den vier TAO-Hochschulen nimmt stetig zu. Gemeinsame Projekte beschränken sich nicht auf die TAO-Professuren, sondern finden sich dort, wo Forschungsprojekte zusammenpassen. Dies ist ein kontinuierlicher Prozess, der mit der fortschreitenden Vernetzung innerhalb der TAO-Hochschulen eine eigene Dynamik gewinnt. Vorgestellt werden im folgenden nur diejenigen KeyLabs, die ein wesentlicher Bestandteil für die Forschung sind. Ein wesentliches Ziel der KeyLabs ist die Schaffung der Rahmenbedingungen für gemeinsame Forschungsprojekte auch mit der oberfränkischen Industrie.

KeyLab Fasertechnologien

Seit Anfang Mai 2015 gibt es eine Zentrifugen-Elektrospinnanlage, die einen wichtigen Bestandteil des KeyLab Fasertechnologien bildet. Die Professoren Frank Ficker (Hochschule Hof) und Thomas Scheibel (Universität Bayreuth) haben den Aufbau der neuen Anlage initiiert. Die Anlage verbindet zwei bekannte Komponenten auf neue Weise: Eine Zentrifuge (üblicherweise eingesetzt bei der Produktion und zum Auftragen feinster Lack-Tropfen) wird ergänzt durch ein starkes elektromagnetisches Feld, welches die gesponnenen Fäden beschleunigt nach unten zu einer Gegenelektrode zieht. Damit können hochpräzise feinste Nanofasern in großen Mengen gesponnen und auf verschiedene Träger-Materialien aufgetragen werden. Derzeit wird an der Entwicklung von Feinstaubfiltern auf Basis von Spinnenseiden-Nanovliesen gearbeitet, die eine weit bessere Luftdurchlässigkeit als herkömmliche Filter bieten. Schon jetzt zeigen sich auch weitere Einsatzmöglichkeiten, beispielsweise die Herstellung von Implantaten in der regenerativen Medizin.

KeyLab Elektronenmikroskopie

In Zusammenarbeit der Lehrstühle Keramische Werkstoffe, Metallische Werkstoffe und Biomaterialien (alle Universität Bayreuth) wurde für das KeyLab Elektronenmikroskopie in Absprache mit der Hochschule Hof ein Niedervakuum-Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop bestellt und in Betrieb genommen. Es unterstützt anspruchsvolle materialwissenschaftliche Forschungsarbeiten durch Messungen und Analysen, die mit älteren Rasterelektronenmikroskopen nicht oder nicht mit gleich hoher Effizienz möglich waren.

KeyLab Analytik in der Energietechnik

In das KeyLab Analytik in der Energietechnik wurden Messgeräte installiert, die die ganze Breite der Energieforschung (biologisch, chemisch, elektrisch und thermisch) abdecken. Im vergangenen Jahr hat sich gezeigt, dass die moderne Ausstattung schon jetzt zu mehreren Kooperationen führt. Beispiele sind Luftfeuchtigkeits- und Lufttemperaturmessungen im Rahmen der Restaurierung des Bayreuther Festspielhauses und das Projekt „Energieeffiziente Phasentrennanlage" des Zentrums für Energietechnik, das bei diesem Vorhaben mit der Firma Karl Hopf GmbH kooperiert. Die 2016 neu eingerichtete Anlage ermöglicht unter anderem die Abtrennung des Wassers aus Wasser-Öl-Salz-Gemischen, wie sie beispielsweise in Öltankern vorkommen. Dabei kommt auch das bereits 2013 angeschaffte Elementaranalysegerät (ICP-OES) zum Einsatz. Das Projekt wird aus dem Zentralen Innovationspro-

Abb. 3: Der Neubau des TAO-Gebäudes am Campus der Universität Bayreuth im Juni 2016 (Foto: Peter Kolb).

Abb. 4: Mit der Technologie des ‚Electrospinning' werden im Labor hochpräzise feinste Nanofasern erzeugt (Foto: Lili Nahapetian).

gramm Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie gefördert.

Neue Ideen, neue Technologien und ihr Nutzen

In den KeyLabs wird mit und für die Wirtschaft geforscht, hier entstehen aus den Kooperationen weitere Projekte für die gemeinsame Arbeit. Aktivitäten gibt es jedoch nicht nur in den Keylabs, sondern auch in allen anderen Forschungsgebieten/Forschungsprojekten und natürlich auch in der Zusammenarbeit mit der Wirtschaft.

Living Lab – Nutzung von Sensortechnik

Im Rahmen des Living Lab Bamberg werden Aktivitäten und Installationen koordiniert, die mobile und sensorbasierte Anwendungen erforschen. Hier kooperieren der TAO-Lehrstuhl der Universität Bamberg, ein Bamberger IT-Unternehmen, das Fraunhofer Anwendungszentrum Drahtlose Sensorik und die Hochschule Coburg in verschiedenen Forschungs- und Lehrprojekten. Im Teilprojekt „Bamberg zaubert" wurden beispielsweise Bewegungsdaten analysiert, die bei der jährlich stattfindenden Veranstaltung „Bamberg zaubert" 2012 durch Flowtrack-Sensoren erhoben und 2015 durch entsprechende, aktuelle Daten ergänzt wurden, um neue Möglichkeiten der Vorhersage von Massenbewegungen bei Großereignissen zu entwickeln. Die zentrale Frage, die mit Hilfe des Projekts beantwortet werden soll, lautet dabei: Zu welchem Zeitpunkt hätte man welche Situationen bereits vorhersagen können? Anwendungen im präventiven und aktiven Katastrophenschutz sind offensichtlich.

Abb. 5: Mit einem speziellen Computerprogramm lassen sich die künftigen Energieversorgungsanlagen und Energieverbraucherbereiche des Klinikum-Neubaus Lichtenfels modellieren und simulieren (Foto: Markus Görl).

Green Hospital Lichtenfels

Im Oktober 2012 begann der Neubau des Krankenhauses in Lichtenfels als Green Hospital. Geplant mit dem Ziel, den Energieverbrauch deutlich zu reduzieren, wird das energetische Konzept von den Hochschulen Coburg und Hof gemeinsam mit der Universität Bayreuth vorangetrieben. Die Hochschulen Coburg und Hof erarbeiten das Mess- bzw. Zählerkonzept. Die Planung wird auf vorhandene Zähler und Messgrößen überprüft. Die Hochschulen geben ihre Anforderungen an die Fachplaner weiter, so dass es möglich ist, fehlende Zähler zu ergänzen.

Für die Erfassung und Einrichtung eines Energiemanagements im späteren Betrieb soll ein Energie-Management-System angeschafft und eingerichtet werden. Die drei Hochschulen erstellen hier die Anforderungen an den Datenaustausch und den erforderlichen Datenumfang.

Die Universität Bayreuth entwickelt derzeit computergestützte Modelle zur Abbildung der einzelnen Energieversorgungsanlagen wie auch der wesentlichen Verbraucherbereiche. Diese Modelle werden bereits vor der Aufnahme des Klinikbetriebs genutzt, um vorab einzuschätzen, welche Handlungsspielräume bestehen, um Energieeinsatz, CO_2-Emissionen und Kosten durch variierenden Anlageneinsatz zu reduzieren. Im weiteren Projektverlauf werden dann Betriebsoptimierungen vorgenommen; die realen Energieverbräuche in den ersten zwei Betriebsjahren bilden dafür die Grundlage.

Zusammenarbeit

Für moderne Unternehmen ist eine Kooperation mit Hochschulen und Universitäten heutzutage nahezu selbstverständlich. Von einem frühen Informationsaustausch und rechtzeitiger gegenseitiger Einbindung profitieren alle Seiten. Universitäten und Hochschulen leisten damit einen ganz wesentlichen Beitrag in Wirtschaft und Gesellschaft, um den Herausforderungen der Zukunft zu begegnen. Diese Mittlerfunktion zwischen Hochschulen, Wirtschaft und Verbänden ist eine weitere zentrale Aufgabe von TAO.

Den Innovationsgeist wecken

Im Schülerforschungszentrum der TAO haben Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, sich in den Bereichen Informatik, Naturwissenschaften, Materialwissenschaften und Technik zu qualifizieren. Sie erhalten Einblicke in aktuelle Forschungsprojekte der vier oberfränkischen Hochschulen und können dort das in der Schule erlernte Wissen in den MINT-Fächern einbringen, anwenden, erweitern und vertiefen. Dabei werden sie von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der vier Hochschulen professionell angeleitet und begleitet.

An der Universität Bayreuth widmet sich eine Schülerforschungsgruppe verschiedenen, gemeinsam identifizierten und scheinbar alltäglichen Themen, die jedoch alles andere als trivial sind, zum Beispiel: Warum ist nasse Kleidung eigentlich dunkler als trockene? Ist eine Wasserflasche in der Sonne wirklich „brandgefährlich"? Die Jugendlichen haben hier die Möglichkeit,

- als Team zu arbeiten,
- wissenschaftliche Arbeitsweisen zu erlernen,
- selbstständig unter Laborbedingungen zu forschen
- sowie ihre eigenen Ergebnisse in Form einer Präsentation darzustellen.

LINKTIPP

TechnologieAllianzOberfranken:

- **www.tao-oberfranken.de**

Rolf Steinhilper
Stefan Freiberger
Joachim Kleylein

Innovationen für den Mittelstand

Eine Anwenderfabrik demonstriert neue ‚Industrie 4.0'-Technologien

Die Installation „Workflow" der österreichischen Künstlerin Brigitte Kowanz verbindet den Außenbereich des Gebäudes der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation und das Foyer des Gebäudes. Die kurzen und langen Lichtsegmente in der Installation beruhen auf dem Binärcode des Morsealphabets. Decodiert man die Lichtzeichen, ist im inneren Halbkreis das Wort „Work", im äußeren Halbkreis das Wort „Flow" zu lesen. So ergibt sich der Titel der Installation: „Workflow" (Foto: Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation, Bayreuth).

Eine „vierte industrielle Revolution" – so wird im Zeitalter der Digitalisierung die weltweit rasante Vernetzung von industrieller Produktion mit intelligenten Informations- und Kommunikationstechnologien oft genannt. ‚Industrie 4.0' lautet das Stichwort. Viele Großunternehmen in Deutschland haben solche Technologien bereits implementiert, um Produktionsprozesse zu verbessern und ihren Vorsprung im globalen Wettbewerb zu halten. Viele kleine und mittelständische Unternehmen, insbesondere auch im nordbayerischen Raum, sind ebenfalls mit hochwertigen Produkten und Dienstleistungen auf den Weltmärkten präsent. Doch mit den Technologiefeldern im Bereich ‚Industrie 4.0' und mit den daraus resultierenden Innovationschancen sind sie vergleichsweise wenig vertraut.

Hier setzt das Projekt ‚Oberfranken 4.0' der Universität Bayreuth an, das sich gezielt an kleine und mittelständische Unternehmen wendet. Es will sie mit einem breiten Spektrum von Serviceleistungen dabei unterstützen, zukunftsweisende Entwicklungen im Bereich ‚Industrie 4.0' kennenzulernen und für innovative Lösungen in der eigenen Produktion und Logistik einzusetzen. Das Vorhaben wird aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) sowie von der Oberfrankenstiftung gefördert.

Selbstlernende Anlagen, die sich situationsbezogen den konkreten Anforderungen an Produkte und Dienstleistungen anpassen können, bilden für ‚Industrie 4.0' ein wichtiges Forschungs- und Entwicklungsfeld. Das Bayreuther Projekt will mittelständische Firmen dabei unterstützen, solche Technologien für sich zu erschließen. Für den Wissens- und Technologietransfer in die mittelständische Wirtschaft entstehen am Campus der Universität Bayreuth hochmoderne Industrie 4.0-Demonstratoren und Anwendungen als beispielgebende Anwenderfabrik. Organisatorisch ist das Projekt dem Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik zugeordnet; die mit dem Lehrstuhl kooperierende Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation stellt in ihrem 2015 eröffneten Neubau die erforderlichen Flächen zur Verfügung.

Alle interessierten Firmen sind dort eingeladen, Beispiele für anspruchsvolle, die Industrie im 21. Jahrhundert prägende Technologien an realen Maschinen, Anlagen und Produktionssystemen zu erleben. Die 4.0-Demonstratoren machen mithilfe anschaulich verständlicher Prozesse deutlich, welche Fortschritte hier möglich sind. Begleitend bieten sie wichtige Anregungen, wie unternehmensspezifische Lösungen entwickelt werden können. Dabei geht es keineswegs allein um die Produktion von Industriegütern, sondern ebenso um Innovationen im Dienstleistungssektor.

Im Projekt ‚Oberfranken 4.0' haben kleine und mittelständische Unternehmen auch die Möglichkeit, neue kundenorientierte Lösungen für Dienstleistungen zu erproben, die sie in Verbindung mit ihren Produkten anbieten können. Bei den Expertenteams der Universität Bayreuth, die aus unterschiedlichen Branchen Erfahrungen im Technologietransfer mitbringen, finden sie auch hierfür kompetente Unterstützung.

Intelligente Selbststeuerung von Industrieanlagen

Einer der Demonstratoren konzentriert sich auf Anlagen zur Produktreinigung. Hier geht es insbesondere darum, den jeweiligen Grad und die Art der Verschmutzung präzise zu erfassen und Reinigungsanlagen so einzurichten, dass aufgrund der gewonnenen Daten die jeweils optimalen Reinigungsprozesse ausgelöst werden.

Um interessierten Unternehmen die Potenziale dieser Technologien an einem anschaulichen Beispiel zeigen zu können, soll beispielsweise ein Demonstrator für die Reinigung von Brillen entstehen. Angedacht ist eine Anlage, die mit Ultraschall arbeitet. Sie erfasst exakt die jeweilige Verschmutzung der Brillen und ebenso die möglicherweise vorhandenen Kontaminationen in den Reinigungsapparaturen. Die Anlage reagiert darauf mit einem Reinigungsprozess, der unter anderem einen automatisierten Soll-Ist-Abgleich der Reinigungsergebnisse einschließt. Dieses Beispiel für eine selbstlernende und selbstüberwachende Regelung / Steuerung zeigt einen anschaulichen nachvollziehbaren Weg, bestehende eigene Anla-

Abb. 1: Industrieroboter zur Unterstützung der umweltgerechten Produktion im Zeitalter von ‚Industrie 4.0' (Foto: Christian Bay).

LINKTIPP

Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik und Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation:

- **www.lup.uni-bayreuth.de**

Abb. 2: Neubau der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation in unmittelbarer Nähe des Universitätscampus (Foto: Christian Wißler).

Abb. 3: Virtuelle Arbeitsumgebung, wie sie der Werker durch die Virtual-Reality Brille in der Produktion sieht (Fotomontage: Christian Bay).

gen in dieser Richtung zu optimieren. Die Anwenderfabrik unterstützt ein solches ‚produktadaptives Upgrading' mit Handlungsempfehlungen, die auf den Bedarf und die Möglichkeiten auch anderer Branchen und Produkte übertragbar sind.

Massgeschneiderte Produkte für individuelle Kundenwünsche

Kundenwünsche sind höchst verschieden. Sie lassen sich umso besser in ihrer ganzen Bandbreite erfüllen, wenn eine weitgefächerte Produktpalette und damit möglichst geringe Stückzahlen des gleichen Produkts hergestellt werden. Die Bayreuther Anwenderfabrik wird Unternehmen zeigen, wie Produktionsprozesse so gesteuert werden können, dass die Produkte sogar auf die individuellen Wünsche eines Kunden zugeschnitten sind. Eine geeignete Unterstützung hierbei ist die RFID-Technologie (Radio-Frequency Identification). Sie erlaubt es dem einzelnen Kunden, sich in die Produktionsanlage eines Herstellers gleichsam ‚einzuloggen' und hier einen persönlichen Auftrag einzuspeisen. Dieser wird anschließend automatisiert abgearbeitet.

Auch dieses Prinzip soll an einem Demonstrator zum Leben erweckt werden. Beispiele für individualisierbare Produkte gibt es heute nahezu in jeder Branche. Der Kunde übermittelt mithilfe einer Smartphone App seine Produktfeatures an den RFID-Tag eines Roboters, der die Arbeitsanweisungen korrekt interpretiert und umsetzt. Schon bald wird der Kunde online darüber informiert, wann und wo sein Produkt zur Abholung bereitsteht oder von einem Lieferservice an der Haustür ausgehändigt wird. Ausgehend von derartigen Beispielen wird das Team der Anwenderfabrik Unternehmen bei der Einführung von RFID unterstützen, unter anderem in speziellen Seminarveranstaltungen. Eine automatisierte kundenindividuelle Produktion auch in der mittelständischen Wirtschaft ist damit keine Utopie mehr.

Abb. 4: Die Lernfabrik wird im Projekt Oberfranken 4.0 zur Anwenderfabrik (Foto: Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation).

Effiziente Qualitätssicherung

Damit Kundenwünsche derart individuell erfüllt werden können, bedarf es selbstverständlich einer entsprechenden Qualitätssicherung. Diese stellt für Unternehmen auch insofern eine besondere Herausforderung dar, als Ressourcen in jedem Einzelfall möglichst effizient eingesetzt werden müssen. Um konkrete Lösungsansätze zu zeigen, wird eine im Bayreuther Fraunhofer-Gebäude bereits existierende Lernfabrik technologisch erweitert. Die für den kundenbezogenen Produktionsprozess relevanten Daten werden hier automatisiert erfasst. In Echtzeit werden sie so verarbeitet, dass ohne Res-

sourcenvergeudung ein qualitativ hochwertiges Produkt entsteht. Die Anwenderfabrik entwickelt für Unternehmen ein umfassendes Unterstützungsangebot, das sie in die Lage versetzt, in ihren jeweiligen Produktionsanlagen eine solche ‚adaptive Qualitätssicherung' auf den Weg zu bringen.

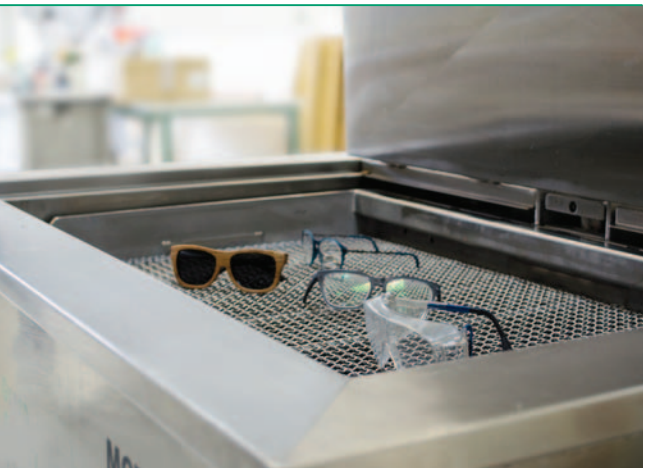


Abb. 5: Demonstrator zur selbstlernenden produktadaptiven Anlagensteuerung am Beispiel einer Brillenreinigung (Foto: Christian Bay).

Cloud-Technologien: Moderne Formen der Vernetzung

Moderne Informationstechnologien bilden das Herzstück von ‚Industrie 4.0'. Vor allem das Cloud Computing gewinnt immer stärker an Bedeutung. Es erlaubt räumlich weit entfernten Unternehmen den parallelen Zugriff auf Programme, die via Internet von einem weit entfernten Rechner aufgerufen und gesteuert werden können. In der Bayreuther Anwenderfabrik lernen Unternehmen, wie sie diese Technologie für sich nutzen können, um Prozessdaten zu bündeln, zu übermitteln und auszuwerten. Ein Demonstrator schlägt dabei die Brücke von der Theorie zur Praxis. Er führt allen Interessierten vor, wie betriebliche Prozesse mithilfe von Cloud-Technologien optimiert werden können. Eine in Echtzeit erstellte ‚Prozesslandkarte' bietet einen präzisen Überblick über die von dieser Optimierung erfassten Abläufe im Unternehmen.

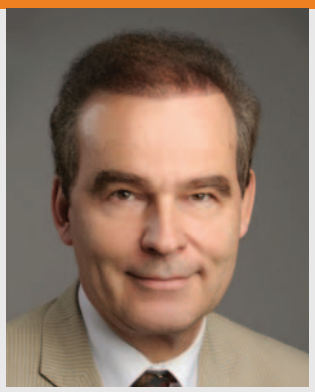
Assistenzsysteme zur Vermeidung von Fehlentscheidungen

Auch wenn Roboter heute eine stetig wachsende Zahl von Aufgaben übernehmen: die Anforderungen an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die diese automatisierten Systeme programmieren und steuern, nehmen dadurch zu. Die Anforderungen an ihre Kompetenz und an ihre Fähigkeit, in Produktionsprozessen punktgenau die richtigen Entscheidungen zu treffen, steigen. Um die Verantwortlichen in Unternehmen hierbei zu unterstützen, stehen im Zeitalter von ‚Industrie 4.0' intelligente Assistenzsysteme zur Verfügung. Sie nehmen ihnen die Entscheidungen zwar nicht ab, aber sie bereiten die hierfür relevanten Informationen so auf, dass das Risiko von Fehlentscheidungen signifikant sinkt. Die Bayreuther Anwenderfabrik zeigt Wege auf, wie kleine und mittelständische Betriebe solche Assistenzsysteme nutzen können, um ihre Produktion mit der nötigen Flexibilität zu steuern. Ein Demonstrator in der technologisch erweiterten ‚Lernfabrik' bietet hierfür konkreten Anschauungsunterricht. Dabei kommen auch Smart Devices – also intelligente Geräte wie Smartphones, Datenbrillen oder mit Sensoren ausgestattete Kameras – zum Einsatz. Arbeitsplätze werden systematisch miteinander vernetzt, so dass alle an einer Entscheidung beteiligten Verantwortlichen zeitgleich durch das Assistenzsystem unterstützt werden.

Intelligente Filter für die Nutzung grosser Datenmengen

„Big data" – dieses Stichwort steht heute für den enormen Leistungsumfang von Supercomputern, die geradezu unvorstellbare Datenmengen erfassen und verarbeiten. Es steht aber auch für die Notwendigkeit, alle diese Daten auf intelligente Weise so zu filtern, dass sie für unternehmerische Prozesse effizient genutzt werden können. Denn „Datenmüll" wirkt wie Sand im Getriebe. Die Bayreuther Anwenderfabrik weist Unternehmen Wege, wie sie dieses Risiko vermeiden können, und führt sie dadurch zugleich an „Big data"-Technologien heran, welche die industrielle Zukunft entscheidend beeinflussen werden. Ein Demonstrator veranschaulicht die Funktionsweise eines Analysesystems, das beispielsweise dabei hilft, die für die Überwachung und Anpassung von Produktionsprozessen erforderlichen Daten auszulesen. In einem weiteren Schritt werden die Daten für die verantwortlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aufbereitet. ‚Industrie 4.0' – das bedeutet auch: Brücken zu schlagen zwischen den unendlichen Weiten des Cyber Space und den Werkhallen kleiner und mittelständischer Betriebe, die mit neuen Technologien ihre Innovationskraft stärken wollen.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Rolf Steinhilper ist Inhaber des Lehrstuhls Umweltgerechte Produktionstechnik an der Universität Bayreuth und leitet die Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation in Bayreuth.

Dr.-Ing. Stefan Freiberger gehört dem Leitungskreis des Lehrstuhls Umweltgerechte Produktionstechnik und der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation an.

Dipl.-Ing. (FH) Joachim Kleylein ist Fachgebietsleiter am Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik und Mitarbeiter der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation.

Christoph Buck
Tim Kessler

Familienunternehmen

Chancen durch Innovationen jenseits von neuen Technologien

Neue Wege, um die Innovationskraft mittelständischer Unternehmen zu stärken, sind regelmäßig ein zentrales Thema beim Bayreuther Ökonomiekongress, der größten von Studierenden veranstalteten Wirtschaftskonferenz in Europa (Foto: Elena Bier).

Familienunternehmen spielen in Deutschlands Wirtschaft eine entscheidende Rolle. Im Jahr 2015 stellten sie 56 Prozent der deutschen Gesamtbeschäftigung.[1] Mit Volkswagen, BMW, der Schwarz-Gruppe, Aldi oder Continental zählen einige der bedeutendsten und erfolgreichsten Unternehmen des Landes zu dieser Gruppe. Die weitaus größere Zahl der Familienunternehmen findet sich allerdings bei kleinen und mittelständischen Unternehmen, die zudem vornehmlich inhabergeführt sind.[2]

‚Hidden Champions' prägen das Umfeld der Universität Bayreuth

Die Region Oberfranken und somit das unmittelbare Einzugsgebiet der Universität Bayreuth sind in besonderem Maße mittelständisch geprägt. Mit seinen zahlreichen familien- bzw. inhabergeführten Unternehmen stellt sich der Wirtschaftsstandort Oberfranken als sehr diversifiziert dar und strahlt besondere unternehmerische Vitalität aus. Die Region ist Standort zahlreicher ‚Hidden Champions' unterschiedlicher Branchen. Aufgrund ihres Leistungsspektrums und ihrer Innovationskraft haben sie eine starke Wettbewerbsposition und sind darüber hinaus in der Lage, eine Vielzahl von Arbeitsplätzen zu schaffen und zu erhalten. Dies zeigt sich nicht zuletzt in der überdurchschnittlich geringen Arbeitslosenquote in Oberfranken.[3]

Gerade kleine und mittelständische Familienunternehmen stehen heute aber auch vor zahlreichen Herausforderungen: ‚Digitalisierung', ‚Zentralisierung' und ‚Urbanisierung', ‚Fachkräftemangel' sowie ‚Unternehmensnachfolge' lauten die Stichworte. Nachhaltig erfolgreiche Familienunternehmen sind sich bewusst, dass ihre Unternehmensumwelt es erfordert, dynamisch und flexibel zu agieren und das Unternehmen ständig zu erneuern und weiterzuentwickeln. Unternehmerischer Erfolg und die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen definieren sich heute mehr denn je über deren Innovationskraft. Allerdings wird das Stichwort ‚Innovation' meist nur auf Produkte und Dienstleistungen bezogen. Ein klassisches Innovationsmanagement, das sich allein auf diese Ebene fokussiert, greift jedoch oft zu kurz. Innovationen in kleinen und mittelständischen Unternehmen sollten, nicht zuletzt aufgrund der drängenden Herausforderungen, auch auf der Managementebene forciert werden. Damit rücken die Themen ‚Geschäftsmodellinnovation', ‚Turnaround Management' und ‚Unternehmensnachfolge', nicht zuletzt aber auch die strategische Weiterentwicklung von Ressourcen und Kompetenzen in den Blick. Wie eine Studie der IHK für Oberfranken Bayreuth aus dem Jahr 2015 ergeben hat, sehen viele Unternehmen mangelnde Kompetenzen als maßgebliches Innovationshemmnis.[4]

„Innovationen dürfen nicht mehr nur auf technologischer Ebene betrachtet werden, sondern müssen auf allen unternehmerischen Ebenen vorangetrieben werden."

Geschäftsmodellinnovationen und Turnaround Management

Die Innovationskraft von Familienunternehmen bestimmt noch immer maßgeblich deren Wettbewerbsposition. Allerdings verändert sich der Fokus von Innovationen zunehmend. Familienunternehmen stehen heute nicht nur in einem internationalen Wettbewerb um technische Innovationen. Getrieben von fortschreitender Digitalisierung und damit einhergehenden neuen Formen der Produkt- und Dienstleistungsvermarktung sowie der Produktion, wird das Handeln inhabergeführter Unternehmen seit einigen Jahren von Fragen nach neuen Geschäftsmodellen bestimmt.

Geschäftsmodelle bilden die logische Funktionsweise eines Unternehmens ab, d.h. ihr Nutzenversprechen, ihre Wertschöpfungsarchitektur und ihr Ertragsmodell. Angesichts immer kürzer werdender Innovationszyklen sind Unternehmen hierbei einem rasanten technologischen Fortschritt ausgesetzt. Daher ist eine erfolgreiche Implementierung von innovativen Geschäftsmodellen für das nachhaltige Bestehen eines Unternehmens am Markt unabdingbar. Die fortschreitende Digitalisierung verändert Wertschöpfungsketten nachhaltig und verschiebt die Rollen der Akteure.[5] Um Gewinne zu erzielen, sind mittlerweile keine Produktionsmittel und Ressourcen in Zusammenhang mit einer direkten Leistungserbringung mehr notwendig. Die Auswirkungen dieser Entwicklung werden durch den Erfolg der Geschäftsmodelle von Unternehmen wie Uber (Mobilität) oder Airbnb (Unterkünfte) verdeutlicht. Diese Vermittlungsplattformen berechnen für ihre Leistungen Provisionen und besitzen dabei weder Fahrzeuge noch Hotels. Diese und weitere erfolgreiche Beispiele zeigen, dass die Konkurrenz für traditionelle Geschäftsmodelle zu-

AUTOREN

Dipl.-Kfm. Christoph Buck M. Sc. ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik (Prof. Dr. Torsten Eymann) und in der Stabsabteilung Entrepreneurship & Innovation an der Universität Bayreuth.

Prof. Dr. Tim Kessler ist Juniorprofessor für Internationales Technologiemanagement, insbesondere industrielle Dienstleistungen, an der Universität Bayreuth.

nimmt und eine Anpassung für viele Unternehmen in der Zukunft unabdingbar sein wird. Speziell in konjunkturellen Hochphasen sollten Geschäftsmodelle daraufhin überprüft werden, ob sie noch zeitgemäß sind und den Anforderungen der Märkte und Kunden entsprechen.

Die Instrumente des Turnaround Managements können hierbei sehr hilfreich sein. Hierzu zählen insbesondere:

- kennzahlenbasierte Analysen
- ein strategisches Controlling
- eine Überprüfung organisationaler Strukturen
- ein nachhaltiges Prozessmanagement

Diese Instrumente ermöglichen eine vorausschauende und wettbewerbsorientierte Unternehmensführung. Turnaround Management wird in der Regel mit der Restrukturierung von in Not geratenen Unternehmen in Verbindung gebracht. Sicherung und Optimierung von Familienunternehmen sind Aufgaben, die sich jedoch auch dann stellen, wenn sich das Unternehmen nicht in einer akuten Krise befindet. Die angewandten Methoden des Turnaround Managements greifen nicht nur im Falle einer insolvenzbedingten Restrukturierung, sondern ermöglichen es Unternehmen, ihre Prozesse und unternehmerischen Zusammenhänge auch außerhalb einer Notsituation zu überprüfen und weiterzuentwickeln. Im Optimalfall wird das Turnaround Management daher als kontinuierlicher Prozess zur Überarbeitung des Geschäftsmodells und unternehmensinterner Prozesse verstanden. Somit sollte es als Instrument aufgefasst werden, das dabei hilft, Schieflagen zu verhindern und Abläufe und Zusammenhänge fortlaufend zu hinterfragen. Die strukturierte und kontinuierliche Auseinandersetzung mit den Fragen des Unternehmens mündet dann zielgerichtet in Innovationen auf der Ebene von Geschäftsmodellen und Prozessen. Innovationen können auch das Marketing und den Vertrieb betreffen – beispielsweise mit dem Ziel, neue Zielgruppen zu erschließen.

Unternehmensnachfolge als zentrales Thema

Das Thema Unternehmensnachfolge ist für die oberfränkische Wirtschaft zentral. Für den Präsidenten der Industrie- und Handelskammer für Oberfranken Bayreuth, Heribert Trunk, ist es vor dem Hintergrund von 2.000 bis 3.000 anstehenden Un-

Forschungsstelle für Familienunternehmen (FoFamU) an der Universität Bayreuth

Die 2011 gegründete FoFamU an der Universität Bayreuth ist die erste Forschungsstelle für Familienunternehmen an einer öffentlichen Universität in Deutschland. Sie bündelt die Kompetenzen von zehn rechts- und zehn wirtschaftswissenschaftliche Lehrstühlen, und damit von rund 50 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die aus verschiedenen Blickwinkeln an Fragestellungen arbeiten, die für Familienunternehmen unterschiedlicher Größe relevant sind.

Die Forschungsstelle kooperiert dabei unter anderem mit dem Betriebswirtschaftlichen Forschungszentrum für Fragen der mittelständischen Wirtschaft (BF/M) an der Universität Bayreuth, dem Wittener Institut für Familienunternehmen, der Stiftung für Familienunternehmen, der Wirtschaftsuniversität Wien und weiteren internationalen Einrichtungen.

Ziel der FoFamU ist es, Familienunternehmen und deren Verbände, Wissenschaft und Politik, aber auch die Medien bei den vielfältigen Fragen des Unternehmensrechts und der Unternehmensführung zu unterstützen. Dies erfordert ein fächerübergreifendes Vorgehen, das rechtliche, wirtschaftliche, wirtschaftsethische und weitere Gesichtspunkte angemessen berücksichtigt.

Die Forschungsstelle wendet sich mit einem vielseitigen Angebot an Führungskräfte und Beschäftigte in Familienunternehmen. Sie erarbeitet Expertisen, Gutachten und Stellungnahmen und lädt zu Vorträgen, Workshops, Trainings und Fortbildungen ein. Um einen praxisnahen Informations- und Erfahrungsaustausch zu fördern, veranstaltet die FoFamU regelmäßig ‚Unternehmer-Dialoge' in gastgebenden Unternehmen. Zudem betreibt sie weltweit einen intensiven Austausch mit Einrichtungen aus Wissenschaft und Wirtschaft, die mit Familienunternehmen kooperieren.

- **www.forschungsstelle-fuer-familienunternehmen.de**

Abb. 1: Innovative Geschäftsmodelle sind, insbesondere im Hinblick auf die fortschreitende Digitalisierung, ein wichtiges Thema in wirtschaftswissenschaftlichen Studiengängen (sst).

ternehmensnachfolgen sogar „das wichtigste Thema in der Wirtschaftswelt überhaupt".[6] Aufgrund unzureichender Planung trifft diese Herausforderung viele Unternehmen unvorbereitet. Die klassischen Stellen wie Industrie- und Handelskammern können nur bedingt als Vermittler auftreten und schaffen es nicht, alle Unternehmen bei der Unternehmensnachfolge umfassend zu begleiten.

Ein möglicher Ansatz, das Thema Unternehmensnachfolge zu adressieren und Verkäufer mit interessierten Nachfolgern zusammenzubringen, sind Search Funds. In einem Search Fund schließen sich ein oder zwei junge talentierte Unternehmer mit einer Gruppe erfahrener Mentoren-Investoren zusammen. Ziel ist die Suche, der Erwerb und die Weiterentwicklung eines mittelständischen Unternehmens. Diese Form der Kooperation ist für alle Beteiligten vorteilhaft:

- Ambitionierte Jungunternehmer können sich, finanziert durch den Search Fund, in Vollzeit der Suche nach einem geeigneten Unternehmen widmen und so unter Umständen früh in der Karriere ihr unternehmerisches Potenzial umsetzen.
- Die Mentoren-Investoren können über ihr Search Fund-Engagement ggf. eine attraktive Mittelstandsbeteiligung eingehen.
- Für Familienunternehmer wiederum sind Search Funds eine neue Form der Generationenübergabe von Unternehmer zu Unternehmer und eine echte Alternative zum Verkauf an Marktbegleiter oder Finanzinvestoren.

Ein Search Fund sammelt Kapital in zwei Schritten ein – zunächst zur Finanzierung der Firmensuche (Suchkapital) und später zur Finanzierung des Firmenerwerbs (Akquisitionskapital).[7] Die meisten Search Funds haben einen langfristigen Ansatz und zielen auf die Fortführung und nachhaltige Weiterentwicklung von Unternehmen ab. Nicht zuletzt deshalb stellt dieser Ansatz eine attraktive Option für mittelständische Unternehmen dar.

Bayreuther Lehre und Forschung im Bereich innovativer Managementansätze

Universitäten und Hochschulen sind lokale und überregionale Innovationsfaktoren. Speziell in den Bereichen Geschäftsmodellinnovationen, Turnaround Management und Unternehmensnachfolge bieten die Universität Bayreuth und die Forschungsstelle für Familienunternehmen vielfältige Ansätze für die Herausforderungen mittelständischer Familienunternehmen. Veranstaltungen zu Themen wie ‚Entrepreneurial Thinking & Business Design' oder ‚Turnaround Management' sind attraktive Angebote, die das unternehmerische Denken und Handeln von Studierenden fördern und intensiv Themen des Mittelstands adressieren. In diesen Veranstaltungen bringt die Universität Bayreuth gezielt Unternehmen und hochqualifizierte Studierende zusammen. So bietet sie ein Forum für den Austausch und das Kennenlernen potenzieller Partner im Rahmen der Unternehmensnachfolge.

Mit innovativen Ansätzen in die Zukunft

Die technologische Innovationskraft mittelständischer Familienunternehmen ist ungebrochen. Sie stellt in vielen Industriebereichen die Basis für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft dar. Losgelöst hiervon sehen sich Familienunternehmen allerdings mit vielfältigen Herausforderungen konfrontiert, die nach Innovationen in nicht-technischen Bereichen verlangen. Neue Geschäftsmodelle sowie das strategische Management von Ressourcen und Kompetenzen sind neben dem Thema ‚Unternehmensnachfolge' Bereiche, die verstärkt ins Zentrum der Aufmerksamkeit rücken und dementsprechend das Management von Familienunternehmen zunehmend beschäftigen. Innovationen dürfen daher nicht mehr nur auf technologischer Ebene betrachtet werden, sondern müssen auf allen unternehmerischen Ebenen vorangetrieben werden. In der Zusammenarbeit mit der Universität Bayreuth und der Forschungsstelle für Familienunternehmen entstehen gemeinsam mit Unternehmen innovative Konzepte, mit deren Hilfe die aktuellen Herausforderungen erfolgreich adressiert werden können.

1 Vgl. Statista (2016): Anteile der Familienunternehmen in Deutschland an allen Unternehmen, an der Gesamtbeschäftigung und am gesamten Umsatz. http://de.statista.com/.
2 Ebd. Im Jahr 2015 waren 90 Prozent aller deutschen Unternehmen eigentümergeführt.
3 Die Arbeitslosenquote lag im Juli 2015 in Oberfranken bei 3,8 Prozent. Der Bundesdurchschnitt lag zu diesem Zeitpunkt bei 6,3 Prozent. Vgl. Regierung von Oberfranken (2016): Statistik Oberfranken – Arbeitslosenquote. www.regierung.oberfranken.bayern.de/imperia/md/content/regofr/oberfranken/daten/ofr_statistik_11_arbeitslose.pdf.
4 Vgl. IHK für Oberfranken Bayreuth (2015). Studie 2015 – Betriebliches Innovationsmanagement in der Region Oberfranken.
5 Christoph Kneip und Karl Spangler (2014): Sind Familienunternehmen fit für die digitale Revolution? www.kpmg.com/DE/de/Documents/fu-thesenpapier-sots-06-14_copy_sec.pdf.
6 Vgl. „Oberfranken sucht 3000 Firmenchefs", Nordbayerischer Kurier vom 20.04.2016.
7 Vgl. Jürgen Rilling (2016): Nachfolge einmal anders – Chance für Unternehmer und junge Talente. http://search-fund-modell.de/.

Frank Esselmann
Alexander Brink

Corporate Digital Responsibility

Den digitalen Wandel von Unternehmen und Gesellschaft erfolgreich gestalten

Statue des griechischen Titanen Prometheus vor dem Rockefeller Center in New York (Foto: Leonard Zhukovsky / Shutterstock.com).

Was bringt der digitale Wandel? Wachstum und unternehmerischen Erfolg – oder verunsicherte Kunden, frustrierte Beschäftigte und Investitionsruinen? Die Frage ist rhetorisch, die Antwort simpel: Die Zukunft bietet beide Möglichkeiten. Digitalisierung ist eine Entwicklung, die Wohl und Wehe gleichermaßen verspricht.

Herausforderungen im digitalen Wandel

Um Potenziale nutzen zu können, gilt es, den Wandel aktiv zu gestalten. Hierfür bedarf es auch der Ethik: „Der endgültig entfesselte Prometheus, dem die Wissenschaft nie gekannte Kräfte und die Wirtschaft den rastlosen Antrieb gibt, ruft nach einer Ethik, die durch freiwillige Zügel seine Macht davor zurückhält, dem Menschen zum Unheil zu werden," erklärte der Philosoph Hans Jonas schon 1979 in seinem Ethik-Klassiker *Das Prinzip Verantwortung*.[1] Neue Technologien – so die Kernaussage – müssen durch eine Verantwortungsethik flankiert werden. Im Zuge der Digitalisierung wird dies auch zum unternehmerischen Selbstzweck. Denn für den Erfolg von Unternehmen ist das Vertrauen ihrer Kunden eine überlebenswichtige Größe geworden. Im Extremfall wird ein Vertrauensverlust durch den Verlust der Kundenbeziehung bestraft, viel häufiger durch die Nicht-Nutzung von Angeboten und immer durch den Verlust von Zukunftsperspektiven.[2]

Mit einer neuen Strategie zur Entwicklung einer *Corporate Digital Responsibility (CDR)* haben die beiden Autoren dieses Beitrags erstmals ein theoretisch fundiertes und zugleich pragmatisches Konzept entwickelt, um mit dieser Herausforderung umgehen zu können. Kern dieses Vorschlags ist eine intelligente Moderation zwischen informationeller Selbstbestimmung *(Digital Autonomy)* und echter Wertschöpfung *(Shared Value)*. Dabei wird die gesamte Klaviatur der Institutionengestaltung einbezogen, mit ihrer großen Spannbreite von Gesetzen, Verordnungen, Anreizen, *nudges*, freiwilligen Selbstverpflichtungen, Vertrauen und Integrität.[3]

Das Paradigma von Shared Value Strategien

In den letzten Jahren hat sich sehr deutlich gezeigt: Verantwortliche Unternehmensführung kann sich nicht ausschließlich auf das Ziel fokussieren, das Unternehmen für alle Anteilseigner möglichst profitabel zu machen. Statt die Steuerung des Unternehmens isoliert an einer Shareholder-Perspektive auszurichten, sollte die Wertschöpfung mindestens im Einklang, besser noch im gemeinsamen Interesse aller Stakeholder gesucht und realisiert werden – also *auch* mit Rücksicht auf diejenigen, die von den Zielen, Prozessen und Ergebnissen der Unternehmenssteuerung eher nur mittelbar betroffen sind, aber eben deshalb berechtigte Ansprüche und Interessen haben.

Für eine derartige Ausrichtung der Unternehmenssteuerung bedarf es eines geeigneten Prozesses und Instrumentariums. Der Bereich der *Corporate Responsibility* hat sich daher als Wissenschaft und als Managementinstrument schnell weiterentwickelt. Im Mittelpunkt steht dabei der Begriff der *Shared Value Strategie*. Es geht um Unternehmensstrategien, die auch gesellschaftliche Fragen im Umkreis des Unternehmens und seiner Wertschöpfung in den Blick nehmen. Die US-amerikanischen Autoren Michael E. Porter und Marc R. Kramer haben es auf den Punkt gebracht: „Gesellschaftliche Bedürfnisse, und nicht bloß herkömmliche ökonomische Bedürfnisse, definieren Märkte."[4] Bei der Umsetzung einer *Shared Value Strategie* lassen sich drei wesentliche Schritte unterscheiden:

1) *Zu einem vollständigen Verständnis der Wertschöpfungskette gelangen:* In der fertigenden Industrie meint das die Einbeziehung der – typischerweise verdeckten – gesellschaftlichen Kosten und Nutzen, die im Zusammenhang mit der Produktherstellung oder der Produktverwendung entstehen, also beispielsweise durch den Einsatz von Ressourcen oder Maßnahmen der Entsorgung. Intuitiv gut greifbar, werden die sozialen Kosten beider Abschnitte heute als „Footprint", deren soziale Nutzeffekte hingegen als „Handprint" bezeichnet.
2) *Die Felder größter Handlungsrelevanz so definieren, dass die Perspektiven aller Stakeholder einbezogen werden:* In die so genannten Stakeholderdialoge und Materialitätsanalysen, bei denen wichtige Themen der Corporate Responsibility herausgearbeitet werden, sind nicht allein Kunden und Beschäftigte eines Unternehmens involviert. Es sind ebenso Vertreter der Öffentlichkeit beteiligt. Aus Sicht einer in wirtschaftlicher Hinsicht nachhaltig erfolgreichen Unternehmenssteuerung ist dabei folgendes Phänomen interessant: Öffentliche

AUTOREN

Frank Esselmann ist Partner bei concern und als Unternehmensberater mit Projekten in den USA und Europa für diverse Branchen tätig. Als langjähriger Partner einer internationalen Unternehmensberatung hat er für Kunden in unterschiedlichen Organisationseinheiten Konzepte nachhaltiger Unternehmensentwicklung umgesetzt. Einer seiner Tätigkeitsschwerpunkte liegt in den Themenfeldern Digitalisierung, Customer Data Strategy und Data Mining / Big Data.

Alexander Brink ist Professor für Wirtschafts- und Unternehmensethik an der Universität Bayreuth und Lehrbeauftragter für Corporate Governance & Philosophy an der Universität Witten/Herdecke sowie Wissenschaftlicher Direktor des Zentrums für Wirtschaftsethik in Berlin. Er ist Gründungspartner bei concern, einer Beratungsgesellschaft in Köln mit dem Schwerpunkt CR Management. Sie wurde 2010 als Spin-Off des „Philosophy & Economics"-Programms der Universität Bayreuth gegründet.

Institutionen und Organisationen spielen in den Dialogen die Rolle eines Zukunftsindikators. Effektiver als über Kundenbefragungen können hier Trends der Akzeptanz oder Nicht-Akzeptanz sowie neue Bedürfnisse erkannt werden.

3) *Managementinstrumente zur Implementierung der entwickelten Strategie bereitstellen und einsetzen:* Hier sind zahlreiche Instrumente zu nennen. Sie reichen von Leistungskennzahlen (Key Performance Indicators, KPI) und Zertifizierungen über Modelle für Nachhaltigkeit in der Innovation bis hin zu Vergütungs- und Kommunikationsmodellen. Wie fundamental und erfolgreich bei der Geschäftsentwicklung diese CR Perspektive sein kann, zeigt die Entwicklung von Marktführern wie Nestlé, BASF oder Henkel – um hier nur einige zu nennen. Und auch digitale Unternehmen, unter anderem in der Telekommunikationsbranche, haben sich auf den Weg gemacht.[5]

Abb 1: Im digitalen Zeitalter ist es für den Erfolg eines Unternehmens zunehmend wichtig, dass es sich seiner Verantwortung nicht nur gegenüber den Kunden, sondern gegenüber weiteren Stakeholder-Gruppen bewusst wird (sst).

Wie immer man die vieldiskutierten Konsequenzen des digitalen Wandels einschätzt, zwei Phänomene sind sehr dominant: Die Digitalisierung erhöht die Geschwindigkeit marktwirtschaftlicher Entwicklungen dramatisch, und sie führt in vielen Bereichen zu einer deutlichen Zunahme an Transparenz (freilich nicht in allen Bereichen, mitunter ist auch das Gegenteil der Fall). An dieser Stelle sei eine These formuliert, die in ihrer Auswirkung deutlich über die hier fokussierten Diskussionen hinausgeht: In der digitalen Wirtschaft und Gesellschaft wird die Entwicklung von einer reinen Shareholder-Perspektive zu einer Shared Value Perspektive dramatisch viel schneller vollzogen. Verfehlungen werden dramatisch schneller und deutlicher bestraft. Dies ist der Kern der Auseinandersetzung von Apple mit dem FBI.

„Der digitale Wandel ist mit seinen Revolutionen noch lange nicht am Ende."

Prozesse und Instrumente – übertragen auf den digitalen Wandel

Am Beispiel der Beziehung von Unternehmen und Kunden seien im folgenden drei wesentliche Schritte für die Umsetzung eines erfolgreichen digitalen Wandels genauer betrachtet:

Analog zur ‚old economy' muss der Wertschöpfungsprozess digitaler Geschäftsmodelle besser verstanden werden

Negative externe Effekte von Geschäftsmodellen im Bereich der ‚old economy' sind insbesondere Umweltbelastungen und Menschenrechtsverletzungen. Wenn digitale Geschäftsmodelle mit sozialen Kosten verbunden sind, handelt es sich vor allem um Eingriffe in die informationelle Selbstbestimmung. Darunter ist das Recht des Einzelnen zu verstehen, grundsätzlich selbst über die Preisgabe und Verwendung seiner personenbezogenen Daten zu bestimmen. Als Ausprägung des allgemeinen Persönlichkeitsrechts ist es in Deutschland als Grundrecht anerkannt.[6] Die informationelle Selbstbestimmung beginnt beim Datenschutz, betrifft ebenso die Transparenz und die Verfügungsgewalt (unter anderem das „Recht auf Vergessen") und erstreckt sich bis zur Anforderung der „Datensparsamkeit".

Diesen rechtlichen und ethischen Anforderungen steht die Wertschöpfung durch digitale Geschäftsmodelle (DGM) gegenüber. Die Spannbreite der Instrumente ist sehr groß. An der Spitze stehen typischerweise Kostenersparnisse, Sicherheit und Gesundheit. Im Mittelfeld liegen, in der Wahrnehmung der meisten Kunden, Prozessvereinfachungen – wie zum Beispiel digitale Anwendungen, welche die Leistungserstattung von Versicherern beschleunigen. Auf der unteren Stufe rangiert die gleichzeitig am weitesten verbreitete Anwendung: Präzisierungen der werblichen Ansprache.

Die Analyse von CR Aktivitäten in der ‚old economy' lehrt: Nachhaltig erfolgreiche Unternehmen managen die Risiken auf der Footprintseite aktiv, und sie bringen Foot- und Handprint in ein nutzenstiftendes Gesamtverhältnis. Genau dies ist für digitale Geschäftsmodelle die Aufgabe der Zukunft.[7]

Die Einbindung der Stakeholder ist essentiell für den Erfolg digitaler Geschäftsmodelle

Digitale Wertschöpfungsmodelle sind heute längst im Zentrum der öffentlichen Diskussion angekommen. Dies wurde zuletzt beim Forschungsgipfel 2016 deutlich, der unter dem Leitthema „Im Fokus: Digitalisierung" stand und unter den Verantwortlichen aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Zivilgesellschaft lebhafte Diskussionen auslöste.[8]

Eine Auseinandersetzung der Unternehmen mit gesellschaftlichen Strömungen und Debatten ist un-

erlässlich: Diese werden die Akzeptanz durch Kunden in den nächsten Jahren maßgeblich formen, die Gesetzgebung wird eingreifen (und tut dies ja heute schon massiv [9]), und nicht zuletzt bietet die Stakeholdereinbindung eine unerlässliche Informationsbasis, um die Potenziale neuer Geschäftsbereiche abschätzen zu können. Wie beispielsweise sieht die Zukunft des ‚Smart Home' aus? Der jüngste Konzern-Nachhaltigkeitsbericht der BSH Hausgeräte GmbH mit dem Schwerpunktthema „Digitaler Verbraucherschutz" mag als illustrierendes Beispiel dienen.[10] Und der digitale Wandel ist mit seinen Revolutionen noch lange nicht am Ende: Für Unternehmen, die das Vertrauen ihrer Kunden gefährden, kann die Blockchain-Technologie – ein globales dezentrales Zahlungssystem mit einer digitalen Geldeinheit namens ‚Bitcoin' – zu einer sehr ernsthaften Bedrohung werden.[11]

Das Projekt Verantwortungskompass Obermain Jura: Eine Initiative für eine attraktive Region

Die Region Obermain Jura steht vor den Herausforderungen eines Wandels, der sich vor allem aus der Demographie, der Urbanisierung und den Veränderungen unserer Arbeitswelt ergibt. Insbesondere der Mangel an Fachkräften trifft innovative Unternehmen wie den Baur Versand, die einen hohen Bedarf an „Digitalen Kompetenzen" haben, empfindlich. So verschärft der digitale Wandel den Druck, sich als attraktiver Standort behaupten zu können. Aber zugleich liefert er auch Chancen: Die Digitalisierung ermöglicht ganz neue Lösungen für Herausforderungen – beispielsweise für Verwaltungsaufgaben, für die Anbindung an Oberzentren oder ein kosteneffizientes Management von Gesundheit und Pflege.

Das von der Universität Bayreuth koordinierte *Projekt Verantwortungskompass* vereint Unternehmen und Kommunen in einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit für eine prosperierende Zukunft. Gemeinsame Werte sind dabei Treibstoff für den Prozess und die Umsetzung. Der Handlungsrahmen der Corporate Digital Responsibility, der in dem Vorhaben erarbeitet wird, soll als Modell über die Region hinaus ausstrahlen und Verbreitung finden.

Zahlreiche Instrumente aus dem CR Management sind wertvolle Blaupausen für die Implementierung einer Corporate Digital Responsibility Strategie

Präzise definierte und quantifizierbare Ziele, klare und zeitnahe Umsetzungsschritte und ein verlässliches Erfolgscontrolling, das idealerweise in eine Gewinn- und Verlustbilanz mündet – das ist die typischerweise (und sinnvollerweise) angestrebte Realität von Managemententscheidungen. Doch wenn man sich nur auf Themen beschränkt, die einem solchem Raster zugänglich sind, werden zu viele wesentliche Fragen ausgeklammert. Im Rahmen des CR Managements haben sich Vorgehensmodelle, Instrumente und Best Practices entwickelt, die den Horizont erweitern und zugleich eine pragmatische Implementierung im Unternehmen ermöglichen. Gute Hilfsinstrumente für einen immer anspruchsvoll bleibenden Managementprozess sind zum Beispiel:

- Standards und Berichtsmechanismen für die Systematisierung der Aufgaben
- Siegel für die Komplexitätsreduktion gegenüber den Kunden
- Instrumente der Impact Messung von sozialen Auswirkungen
- Vergütungsmodelle zur Minimierung von Risiken und Einbeziehung von Langfristentwicklungen
- Innovationsprozesse zur Forcierung von Shared Value Leistungen

Diese Instrumente bilden sich derzeit spezifisch für digitale Geschäftsmodelle heraus – wie etwa TÜV-Zertifizierungen zu Datenschutzprozessen, der *Code of Conduct* des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. für den Umgang mit personenbezogenen Daten oder das Projekt *Trusted Clouds* des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

Fazit

Es ist dringend geboten, sich den Herausforderungen des Digitalen Wandels zu stellen. Dafür liefern nach unseren Erkenntnissen aus der Forschung und aus der Managementpraxis die Instrumente des CR Managements ein sehr gutes Vorgehensmodell.

Abb 2: Die Münze mit dem Logo des Bitcoins, einer globalen digitalen Währung, symbolisiert hier eine mögliche revolutionäre Entwicklung im Finanzwesen (sst).

1 Hans Jonas: Das Prinzip Verantwortung – Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. Frankfurt am Main 1979.
2 Dies belegt z.B. die ITIF-Studie zu den wirtschaftlichen Verlusten für US-Technologieunternehmen in Folge des NSA-Skandals. Information Technology and Innovation Foundation (ed.): Beyond the USA Freedom Act: How U.S. Surveillance Still Subverts U.S. Competitiveness. Washington (USA) 2015; www2.itif.org/2015-beyond-usa-freedom-act.pdf.
3 Vgl. Daron Acemoglu and James A. Robinson: Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty. London 2012.
4 „Societal Needs, not just conventional economic needs, define markets", in: Michael E. Porter and Mark R. Kramer: Creating Shared Value, Watertown (USA), in: Harvard Business Review, January/February (2011).
5 Vgl. z.B. Telefónica Deutschland: „FairNetzt den Digitalen Wandel gestalten", Konzern-Nachhaltigkeitsbericht 2015.
6 Siehe das Urteil des Bundesverfassungsgerichts zum Volkszählungsgesetz: BVerfG, 65, 1 vom 15.12.1983, Rn. 155.
7 Ein Beispiel für entsprechende Analysen ist der Corporate Responsibility Index (CRI) der Bertelsmannstiftung, vgl. Alexander Brink und Anne Fries: Wirtschaft und Moral: Unternehmen erkennen die Geschäftspotentiale unternehmerischer Verantwortung, in: Spektrum. Das Wissenschaftsmagazin der Universität Bayreuth, 10(1), 60–63 (2014).
8 Vgl. www.forschungsgipfel.de.
9 Siehe für einen Überblick z.B. Udo Bub, Volker Deleski und Klaus-Dieter Wolfenstetter: Sicherheit im Wandel von Technologien und Märkten. München 2015.
10 Vgl. BSH Hausgeräte GmbH (Hrsg.): Konzern-Nachhaltigkeitsbericht 2014: www.bsh-group.de/presse/fileadmin/publication/2014/Deutsch/BSH_Konzern_Nachhaltigkeitsbericht_2014.pdf.
11 "Once again the technology genie has been unleashed from its bottle". McKinsey-Interview mit Don Tapscott, CEO Tapscott Group, Professor für Management an der Joseph L. Rotman School of Management der University of Toronto; May 2016.

Daniel Baier
Alexandra Rese

Innovation Communities

Neue Forschungsergebnisse zu den Erfolgsfaktoren von Innovationen

Kohlenstoffnanoröhren (Carbon Nanotubes, CNT), ein vielversprechendes neues Material (sst).

Grundlegende Marktneuheiten oder Prozessverbesserungen entstehen heute vor allem dann, wenn branchen- oder zumindest unternehmensübergreifend kooperiert wird. Ein prominentes Beispiel ist die Coated-Coldset-Drucktechnologie. Bei diesem Offsetdruckverfahren wird Zeitungsdruckpapier, das einen hohen Altpapieranteil aufweist und durch Pigmentstrich veredelt wurde, mit wenig Druckfarbe energiesparend und kostengünstig, aber dennoch hochwertig bedruckt. Hersteller von Papier (UPM Kymmene, Haindl), Papierchemikalien (BASF), Druckfarben (Flint Group bzw. XSYS Printsolutions), Druck- und Papiermaschinen (Voith) sowie Druckerzeugnissen (Axel Springer) hatten dieses Verfahren gemeinsam entwickelt. Allen Partnern dieses Innovationsnetzwerks eröffneten sich danach zusätzliche Geschäftsfelder, die lukrativ, zugleich aber auch umwelt- und ressourcenschonend waren.

Ein anderes – eng mit der Universität Bayreuth und ihren Ausgründungen verknüpftes – Beispiel einer organisationsübergreifend entwickelten Technologie sind Kohlenstoffnanoröhren (Carbon Nanotubes, CNT). Diese spezielle Nanotechnologie verspricht vielfältige Einsatzmöglichkeiten, beispielsweise als elektrochemische Elektrode, als Komponente in Verbundwerkstoffen oder als Sensorelement. Aber wie bei der neuen Drucktechnologie gilt auch hier: Die Wertschöpfungsprozesse bis hin zum marktfähigen Produkt sind aufwändig, komplex und riskant. So hat ein weltweit führendes Chemieunternehmen (Bayer) zunächst auf Innovationsnetzwerke zurückgegriffen, um Innovationen auf dem Gebiet der CNT auf den Weg zu bringen; mittlerweile hat es sich jedoch komplett daraus zurückgezogen.

Der Blick nach vorn: Fortschritte durch Experimente

Warum sind bestimmte Innovationsnetzwerke erfolgreich und andere nicht? Welche Faktoren erhöhen die Erfolgschancen und welche nicht? Derartige Fragen werden am Lehrstuhl für Innovations- und Dialogmarketing der Universität Bayreuth bereits seit längerer Zeit untersucht. So hat man beispielsweise herausgefunden, dass der Erfolg des Coated Coldset-Innovationsnetzwerks insbesondere der guten und vertrauensvollen Zusammenarbeit verschiedener Schlüsselakteure in den beteiligten Organisationen zu verdanken ist. Diese hatten sich, nach sorgfältiger Prüfung, klar für die Neuerung ausgesprochen. Sie sind Widerständen in ihren Unternehmen, im Markt und in der Gesellschaft gemeinsam begegnet.

Früher interessierte sich die Forschung vor allem für die Beziehungen zwischen den *Organisationen*, die an einem Innovationsnetzwerk beteiligt sind. Doch die herausragende Bedeutung von Schlüsselakteuren, die bei der Untersuchung des Coated Coldset-Innovationsnetzwerks zutage getreten ist, bestätigte die Attraktivität eines anderen, noch jungen Forschungsansatzes. Dieser richtet den Fokus auf *ausgewählte Personen eines Innovationsnetzwerks* und auf ihr Zusammenwirken im Rahmen einer *Innovation Community*. Diese Gemeinschaft umfasst gleichgesinnte Personen aus verschiedenen Organisationen[1], die als Promotoren eng zusammenarbeiten[2] und so über Organisationsgrenzen hinweg ein gemeinsames Innovationsvorhaben vorantreiben. Sie agieren auf verschiedenen Ebenen eines Innovationssystems und können ebenenübergreifend kooperieren (Abb. 1):

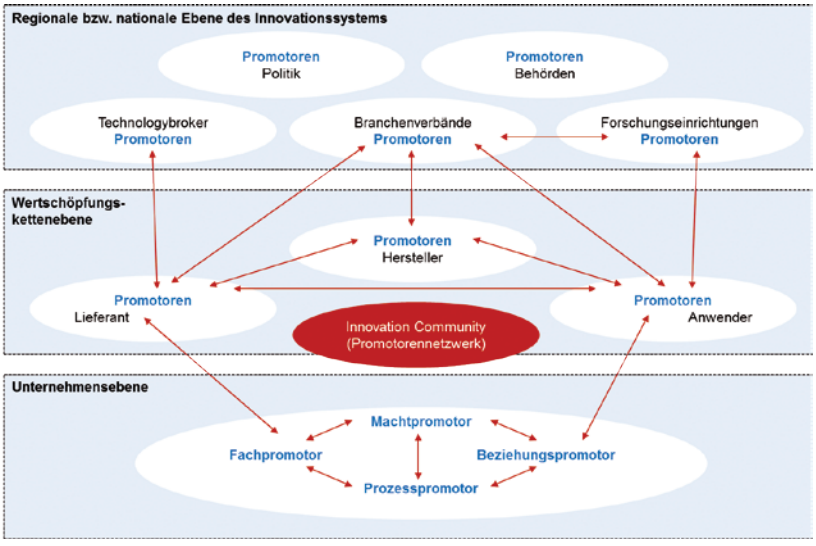


Abb. 1: Organisationsübergreifende Beziehungen in einer Innovation Community. Grafik: Fichter et al. (2011), S. 9 (siehe Literaturhinweis unten S. 41).

- Auf der Unternehmensebene, der klassischen Handlungsebene des Innovationsmanagements, sind vor allem diejenigen Schlüsselpersonen von Interesse, die das Innovationsvorhaben aktiv und intensiv fördern und dabei unterschiedliche Rollen übernehmen[3]: Ein so genannter *Machtpromotor* befindet sich in einer hierarchisch hohen Position und unterstützt das Innovationsvorhaben vor allem durch die Bereitstellung von finanziellen, materiellen und kapazitiven Ressourcen. Ein

1 Vgl. Alexander Gerybadze (2003): Gruppendynamik und Verstehen in Innovation Communities, in: Cornelius Herstatt und Birgit Verworn (Hrsg.): Management der frühen Innovationsphasen, Wiesbaden, S. 145 – 160.
2 Klaus Fichter (2009): Innovation communities: the role of networks of promotors in Open Innovation, R&D Management, 39, 4, 2009, p. 357 – 371.
3 Vgl. Hans Georg Gemünden, Sören Salomo and Katharina Hölzle (2007): Role Models for Radical Innovations in Times of Open Innovation, Creativity and Innovation Management, 16, 4, 408 – 421; Alexandra Rese, Hans Georg Gemünden, Daniel Baier (2013): 'Too Many Cooks Spoil The Broth': Key Persons and their Roles in Inter-Organizational Innovations", Creativity and Innovation Management, 22, 4, 390-407.
4 Vgl. Sören Salomo, Joachim Weise and Hans Georg Gemünden (2007): NPD Planning Activities and Innovation Performance: The Mediating Role of Process Management and the Moderating Effect of Product Innovativeness, Journal of Product Innovation Management, Vol. 24, Issue 4, 285–302.
5 Bei einer effektiven Grundgesamtheit von 717 Netzwerken nach Abzug derjenigen, die sich nicht an der Umfrage beteiligen wollten.

AUTOREN

Prof. Dr. Daniel Baier ist Inhaber des Lehrstuhls für Innovations- und Dialogmarketing sowie Vorstand des Betriebswirtschaftlichen Forschungszentrums für Fragen der mittelständischen Wirtschaft (BF/M) an der Universität Bayreuth.

PD Dr. phil. Dr. rer. pol. habil. Alexandra Rese ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Innovations- und Dialogmarketing an der Universität Bayreuth.

Fachpromotor bringt seine technischen oder fachspezifischen Kenntnisse in das Innovationsvorhaben ein. Ein *Prozesspromotor* sorgt aufgrund seiner koordinativen Aufgaben für eine gute Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen allen Netzwerkpartnern. Er ist für alle notwendigen organisationalen Abläufe zuständig. Ein *Beziehungspromotor* unterstützt das Innovationsvorhaben durch sein umfangreiches persönliches Netzwerk, das sich auch über die Grenzen des eigenen Innovationsnetzwerks hinweg erstreckt. Die so entstehenden Kooperationen tragen – neben den Kompetenzen der anderen Promotoren – ebenfalls entscheidend zum Erfolg des Gesamtnetzwerks bei.

- Der Ebene der Wertschöpfungskette gehören diejenigen Schlüsselpersonen an, die als aktive Akteure organisationsübergreifend eine Innovation initiieren und durchsetzen, beispielsweise als übergreifend wirksame Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eines Lieferanten, Herstellers oder Anwenders.
- Auf der regionalen oder nationalen Ebene sind Schlüsselpersonen angesiedelt, welche die innovatorische Tätigkeit anderer begleiten und unterstützen. Sie sind in Einrichtungen der Innovationsförderung, in Ministerien, Verbänden und Behörden beheimatet.

InnoCo: ein deutsches und europäisches Forschungsvorhaben

Wie der Erfolg von Innovationsnetzwerken durch *Innovation Communities* beeinflusst wird, die sich organisationsübergreifend aus solchen Schlüsselpersonen zusammensetzen, wurde in dem Forschungsprojekt InnoCo untersucht, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und aus dem Europäischen Sozialfonds gefördert wurde. Der Name war Programm: „Innovation Communities: Aufbau und Entwicklung von Promotorennetzwerken als Erfolgsfaktor radikaler Innovationen".

Über die Rolle und den Beitrag von Innovation Communities zum Erfolg von Innovationsvorhaben lagen beim Start des Forschungsprojekts nur wenige empirische Erkenntnisse vor. Daher wurde im Rahmen von InnoCo eine großzahlige Befragung von Innovationsnetzwerken aus den verschiedensten Branchen durchgeführt. Ziel dieser Basisstudie war es, erstmals verallgemeinerungsfähige Erkenntnisse zur Rolle und zu den Erfolgsbeiträgen von Innovation Communities zu gewinnen – insbesondere in Bezug auf *radikale Innovationen*. So werden Vorhaben bezeichnet, die durch einen hohen Innovationsgrad in verschiedenen Dimensionen gekennzeichnet sind [4]. Sie basieren auf völlig neuen technologischen Prinzipien, Materialien oder Architekturen, die einen signifikanten Leistungssprung ermöglichen, sie befriedigen völlig neuartige Bedürfnisse, kreieren neue Märkte, definieren ganze Industrien neu und verändern Wertschöpfungsketten.

Ausgehend von einer Stichprobe von 767 Innovationsnetzwerken, wurden Netzwerkmanager bzw. zentrale Personen innovativer Netzwerke mittels eines vierseitigen Fragebogens zu einem – in der Entstehung befindlichen, aktuellen oder bereits abgeschlossenen – radikalen Innovationsvorhaben befragt. Dabei wurden bewusst Netzwerke aus unterschiedlichen Wirtschafts- und Technologiefeldern ausgewählt. Sie ließen sich insbesondere den folgenden Bereichen zuordnen: neue Verfahrens- und Produktionstechnologien, Nanotechnologien und neue Werkstoffe, Lebensmittel, Landwirtschaft und Biotechnologie, Informations- und Kommunikationstechnologien, Gesundheit, Energie, Umwelt, Verkehr, Sicherheit und Weltraum. Die Befragung erhielt einen Rücklauf von 107 ausgefüllten Fragebögen, was einer guten Rücklaufquote von knapp 15 Prozent entspricht.[5] Aufgrund von Clusteranalysen konnten schließlich 49 Netzwerke identifiziert werden, die radikale Innovationen initiieren und durchsetzen.

Zentrales Ergebnis der Untersuchung ist, dass radikale Innovationsvorhaben, in denen Innovation Communities vorhanden sind, signifikant erfolgreicher sind als Innovationsvorhaben ohne Innovation Community (Tab. 1). Darüber hinaus zeigte sich:

- Erfolgreiche Innovationsvorhaben unterscheiden sich von weniger erfolgreichen vor allem dadurch, dass die Gruppe der Schlüsselpersonen sehr viel besser, intensiver und qualitativ hochwertiger kommuniziert. Die gruppenin-

Tabelle 1: Der Erfolg von radikalen Innovationsvorhaben mit und ohne Innovation Community unterscheidet sich statistisch signifikant.
„Effektivität" und „Effizienz" des Innovationsvorhabens wurden jeweils auf einer Skala von 1=„trifft überhaupt nicht zu" bis 7=„trifft voll zu" abgefragt. Die in der Tabelle dargestellten Werte geben das arithmetische Mittel an.
Je höher der Wert ist, desto erfolgreicher wird ein Innovationsvorhaben bewertet.

	Effektivität des Innovationsvorhabens	Effizienz des Innovationsvorhabens	Gesamterfolg
Keine Innovation Community (n=34)	5,14	5,46	5.30
Innovation Community (n=15)	**6,15**	**6,16**	**6,15**
Gesamt (n=49)	5,50	5,71	5,60

terne Koordination verläuft besser als in weniger erfolgreichen Projekten.
- Die gegenseitige Unterstützung der Akteure sowie das allgemeine Gruppenklima ist innerhalb erfolgreicher Innovationsvorhaben sehr viel besser als in weniger erfolgreichen Projekten.
- Erfolgreiche Projekte zeichnen sich zudem durch eine wesentlich stärkere Kohäsion der Gruppe von Akteuren aus. Zusätzlich ist die persönliche Anstrengung für das Projekt höher, und eine gemeinsame Verstehensebene bzw. funktionale Identität ist häufiger vorhanden.

Ein anderes zentrales Ergebnis der Basisstudie ist die große Bedeutung von Champions, also von Personen, die gleichzeitig zwei oder mehr Promotorenrollen für radikale Innovationen übernehmen. Im Vergleich mit radikalen Innovationsvorhaben, die ohne eine Innovation Community auskommen müssen, gibt es in radikalen Innovationsvorhaben mit einer Innovation Community nicht allein mehr Promotoren, sondern deutlich mehr Champions.

Die großzahlige Befragung wurde im Forschungsprojekt InnoCo durch eine Reihe von Fallstudien zu ausgewählten Innovationsnetzwerken ergänzt. Diese Studien bestätigen: Das Konzept der *Innovation Communities* ist geeignet, ein insbesondere in radikalen Innovationsvorhaben vorzufindendes Phänomen – nämlich das organisationsübergreifende Teamworking von Promotoren – realistisch zu beschreiben. Es kann erklären, auf welche Weise dieses Teamworking zum Gelingen von Innovationsvorhaben beiträgt und welche Faktoren dabei zusammenwirken (Abb. 2). Zugleich zeigen die Fallstudien aber auch: Nicht alle Promotoren oder Champions eines Innovationsvorhabens sind automatisch auch Mitglied einer Innovation Community. Offensichtlich gibt es in vielen Fällen Promotoren oder Champions, die ein Vorhaben zwar aktiv und kontinuierlich unterstützen und so zur Überwindung von Innovationsbarrieren beitragen, aber eben nicht eng mit Mitgliedern einer Innovation Community zusammenarbeiten. Sie werden daher auch nicht als „Teil des Teams" wahrgenommen.

Innovation Communities – in Umbruchsituationen unverzichtbar

Insgesamt lässt sich aus den Untersuchungsergebnissen ableiten, dass Innovation Communities insbesondere dann wichtig sind, wenn es darum geht,

- eine Innovationsidee aus einer informellen Phase in eine formale Organisation oder Projektphase zu überführen („Geburtshelferfunktion"),
- Ressourcen zu erlangen (Geld, Wissen, Kompetenzen, Reputation usw.), die einzelne Organisationen nicht haben und die sie allenfalls nur mit deutlich höherem Aufwand erlangen könnten,
- Konflikte zu lösen und/oder Akzeptanzprobleme zu überwinden, was ein Partner allein schwer bewerkstelligen könnte.

Wenn es zutrifft, dass die Bedeutung von Innovation Communities mit dem Ressourcenbedarf und der Konflikthaftigkeit steigt, dann sind diese gerade in „Umbruchsituationen" eines Innovationsprozesses wichtig. Bedeutsam sind sie dann auch bei sogenannten „disruptiven Technologien", bei denen eine Innovation eine bestehende Technologie, ein bestehendes Produkt oder eine bestehende Dienstleistung möglicherweise vollständig verdrängt. Diese radikalen Verdrängungsprozesse erzeugen konfliktreiche Gewinner-Verlierer-Konstellationen am Markt, die oftmals zu „Abwehrschlachten" und Widerständen führen. Es bedarf in einem solchen Fall eines leistungsfähigen Promotorennetzwerks, das in der Lage ist, ein Innovationsvorhaben durchzusetzen und zum Erfolg zu führen.

LINKTIPP

Aus dem Forschungsprojekt InnoCo ist der Leitfaden „Innovation Communities: Kooperation zahlt sich aus!" hervorgegangen, der online verfügbar ist:
- **www.borderstep.de/brochure/innovation-communities-kooperation-zahlt-sich-aus-ein-leitfaden-fuer-die-praxis/**

LITERATURHINWEISE

- Alexandra Rese (2016): Success factors for inter-organizational product and service innovations, Habilitationsschrift an der BTU Cottbus-Senftenberg, verteidigt am 25.4.2016.
- Alexandra Rese und Daniel Baier (2011): Success factors for innovation management in networks of small and medium enterprises, R&D Management, 41, 2, 138-155.
- Klaus Fichter, Severin Beucker, Stefanie Bunzel und Linda Bergset (2011): Erfolgsfaktor Innovation Communities. Fallstudien zu Erfolgsbeitrag, Evolution und Methoden von Promotorennetzwerken bei radikalen Innovationen, Berlin.

Abb. 2: Leistungsfähigkeit einer Innovation Community. Grafik: Fichter et al. (2011), S. 26 (siehe Literaturhinweis oben).

Rupprecht Podszun

Rechtswissenschaftliche Innovationsforschung

Gesetzliche Regelungen im Zeitalter der Digitalisierung

Taxifahrer in Chicago protestieren gegen eine Lizenzerteilung für das Unternehmen UBER (Foto: Scott Liebenson, Wikimedia Commons, CC-BY-SA-3.0).

Als das Unternehmen UBER in Deutschland Fuß – oder genauer: Rad – fassen wollte, geriet die Taxi-Branche in Aufruhr. Denn das US-amerikanische Unternehmen hatte die Geschäftsidee entwickelt, Fahrzeuge und Fahrer per Handy an Kunden zu vermitteln. Jeder sollte andere in seinem Wagen mitnehmen können, bequem abgewickelt über eine App. Das innovative Geschäftsmodell der digitalen Plattform UBER erwies sich rasch als äußerst attraktiv: In kurzer Zeit entstand das größte Personenbeförderungsunternehmen der Welt, das kein einziges Auto selbst im Fuhrpark hat. Eine Innovation im Individualverkehr, ermöglicht durch die digitale Revolution.

Doch UBER trat in Wettbewerb mit Taxi-Unternehmen, die dieses Geschäft seit Jahrzehnten betreiben, exklusiv und stark reguliert. Im Personenbeförderungsgesetz steht, dass ein Taxi-Unternehmen eine Genehmigung braucht, die fachliche Eignung nachgewiesen werden muss, bestimmte Haftungsvorgaben einzuhalten sind und bestimmte Entgelte festgesetzt werden können. Alle diese Vorgaben bestehen im öffentlichen Interesse, sie sollen das Gemeinwohl fördern. Aber gelten diese Regeln auch für UBER, ein Unternehmen, das streng genommen kein Taxi-Gewerbe, sondern eine virtuelle Vermittlungsplattform betreibt? Und was passiert, wenn UBER einfach Fahrer auf die Straße schickt, ohne Genehmigung?

„Dieses Zeitalter, gekennzeichnet von der digitalen Revolution, braucht im Recht einen *more technological approach.*“

Recht und Innovation – ein Widerspruch?

Diese Fragen sind in Deutschland entschieden worden, und der Fall wirft ein Licht auf die Schwierigkeiten von Juristinnen und Juristen mit Neuerungen. Recht und Innovation – das ist, nach hergebrachter Auffassung, ein Widerspruch in sich: Das Recht stabilisiert das Bestehende, die gegebene Ordnung. „Kreative Zerstörung“, mit der der Ökonom Joseph Schumpeter einmal die Dynamik der Wirtschaft erklärte, ist die Sache der Juristen nicht. „Rechtssicherheit“ ist ihr Fetisch: Nur wenn Regelungen vorhersehbar sind und in bewährter Weise durchgesetzt werden, gibt es Rechtsfrieden und Investitionssicherheit. Das aber bedeutet im Gegenzug, dass neue Entwicklungen und rasche Veränderungen immer wieder an rechtliche Grenzen stoßen. Ihre ureigene Aufgabe sehen Juristinnen und Juristen in der Verhinderung und sanften Auflösung von Konflikten, weshalb ihnen in der Öffentlichkeit gelegentlich das Etikett des institutionellen Konservativismus angeheftet wird. Diese Wahrnehmung wird durch die UBER-Entscheidungen der letzten Jahre bestätigt: Wer die Innovationskraft und den Liberalisierungsimpuls der selbsternannten Taxi-Revolutionäre schätzt, wird mit den Entscheidungen der Gerichte unglücklich sein, die das Geschäftsmodell untersagt haben. Inzwischen ist UBER in Deutschland nur noch als Vermittler von konzessionierten Taxen tätig. Die Revolution der PKW-Mitnahme ist dank einstweiliger Verfügungen ausgeblieben.

Doch die Diagnose, dass Juristen klassische „Bremser“ sind, wird den komplexen Vorgängen nicht gerecht. Im Recht gibt es längst Mechanismen, um Neues zu bewältigen, statt es zu verhindern. Ein Zweig der rechtswissenschaftlichen Forschung widmet sich immer stärker der Frage, wie das Recht innovationsoffen gestaltet werden kann. Dabei ist es für Forscherinnen und Forscher besonders wichtig, ökonomische Erkenntnisse zu rezipieren. Besonders gut gelingt dies an Universitäten, in denen Rechts- und Wirtschaftswissenschaften eng zusammenarbeiten. In einem Zeitalter, das eine technologische Revolution erlebt, ist die Anpassung hergebrachter Normen besonders wichtig.

Das Recht als Innovationsmotor

Das Recht kann sogar proaktiv eingesetzt werden, um Innovationen zu fördern. Diese Aufgabe übernimmt klassisch das Immaterialgüterrecht, das Recht des Geistigen Eigentums, zu dem beispielsweise das Patentrecht zählt. Es soll Menschen einen Anreiz für Erfindungen bieten. Dafür haben sich die Gesetzgeber einen „Deal“ einfallen lassen: Wer eine Erfindung macht, darf diese für einen gewissen Zeitraum (typischerweise 20 Jahre) exklusiv verwerten; dem Erfinder wird ein Recht zugewiesen, das er kommerziell nutzen kann. So wird die erfinderische Tätigkeit mit Hilfe eines Rechtsakts

AUTOR

Prof. Dr. Rupprecht Podszun ist Inhaber des Lehrstuhls für Bürgerliches Recht, Immaterialgüter- und Wirtschaftsrecht an der Universität Bayreuth. 2016 erhielt er den „Ars legendi-Fakultätenpreis Rechtswissenschaften“ für herausragendes Engagement in der Lehre.

belohnt. Zugleich muss der Erfinder aber seine Erfindung offenlegen, also die Innovation der Öffentlichkeit bekannt machen. Die Patentämter werden so zu einem öffentlich zugänglichen Archiv des Fortschritts.

Dieser Pakt – exklusives Ausschließlichkeitsrecht gegen Offenlegung der Erfindung – hat über Jahrzehnte gut funktioniert. Doch derzeit zeigen sich auch Verwerfungen, die den erheblichen Forschungsbedarf für Juristen deutlich machen. Eine Patentlaufzeit von 20 Jahren ist mittlerweile in vielen Branchen aufgrund kürzerer Innovationszyklen nicht mehr zeitgemäß. Die massenhafte Erteilung von Patenten, zum Teil auch für wenig Aufsehen erregende Innovationen, führt dazu, dass einige wichtige Neuerungen nicht mehr genutzt werden können. Besonders greifbar wird dieses Spannungsfeld im Telekommunikationsbereich: In einem Handy stecken so viele verschiedene Patente von verschiedenen Erfindern, dass die Weiterentwicklung mit massiven rechtlichen Risiken belastet ist. Von „Patentdickichten" sprechen die Experten, durch die kaum mehr durchzukommen ist; große Telekommunikationsfirmen liefern sich längst „Patent-Kriege"; einzelne Unternehmen versuchen, mit wenigen, aber wichtigen Patenten andere zu erpressen. Neue Unternehmen, die in den Markt eintreten wollen, haben quasi keine Chance. Mit komplizierten Überkreuzlizenzierungen und Patentpools wird versucht, Schneisen in das Dickicht zu schlagen.

Rechtswissenschaftler arbeiten daher an Modellen, wie ein solcher „Überschutz", der Innovationen eher bremst als fördert, abgebaut werden kann. Erforderlich sind dafür beispielsweise erweiterte Schrankenbestimmungen im Gesetz oder Einwände, welche die Nutzer fremder Patente gegen eine Patentverletzungsklage erheben können. Das wiederum setzt voraus, dass die ökonomischen Erkenntnisse der Innovationsforschung in rechtliche Regelungen übersetzt werden.

Verkompliziert wird das juristische Design neuer Bestimmungen dadurch, dass es sich beim modernen Wirtschaftsrecht längst nicht mehr um ein nationales Thema handelt: Deutschland ist eingebunden in ein Mehr-Ebenen-System, sodass Vorgaben aus dem Recht der Europäischen Union und dem Völkerrecht beachtet werden müssen. Jede Entscheidung, jede neue Regel, jedes Gesetz ist zu messen an seiner Vereinbarkeit mit übergeordnetem Recht.

Abb. 1: Smartphones, ein Beispiel für das wachsende Problem des „Patentdickichts": Zahlreiche Patente verschiedener Erfinder kommen hier zur Anwendung. (sst).

Beispiele aus der juristischen Innovationsforschung

Zwei konkrete Ansätze mögen im folgenden illustrieren, was juristische Innovationsforschung leisten kann. Inwiefern wohnt bestimmten Regeln eine bewahrende oder eine dynamische Tendenz inne, und wie lässt sich dies zuverlässig feststellen? Das Bewusstsein für diese Frage der Regelungstechnik ist in der Rechtsetzung unterentwickelt. Wer Innovationen fördern will, sollte in einem Gesetz eher offene, auslegungsbedürftige Formulierungen verwenden. Werden sehr eindeutige Formulierungen verwendet, ist dies zwar ein Gewinn an Rechtssicherheit. Doch zugleich wird die zu einem bestimmten Zeitpunkt gegebene Rechtslage zementiert, ohne dass absehbar wäre, wie sich die Thematik weiterentwickelt. Für einen internationalen Rechtsakt, das TRIPS-Abkommen zum Geistigen Eigentum im Rahmen der Welthandelsorganisation, hat ein Team der Universität Bayreuth – dem der Autor dieses Beitrags und Dr. Benjamin Franz angehörten – einen numerischen Maßstab entwickelt, um die Innovationsoffenheit einzelner Normen in diesem völkerrechtlichen Vertrag zu messen.[1] Die Forschungsarbeiten waren Teil eines Projekts des Münchner Max-Planck-Instituts für Innovation und Wettbewerb. Es entstand eine Skala, die rasch erfassbar macht, welche Klausel besonders hart und welche entwicklungsoffen ist. Die klare Zuordnung schärft den Blick dafür, welche Regelungsalternativen denkbar sind.

Mehrere Doktoranden der Universität Bayreuth gehen der Frage nach, wie Instrumente und Wertungen der Wettbewerbsökonomie in das Recht des

Abb. 2 (Mitte): Freie Fahrt für Fernbusse: Als der deutsche Gesetzgeber 2013 das Verbot von Fernbusverbindungen aufhob, war der weg frei für einen dynamischen Wettbewerb. Auch der Campus der Universität Bayreuth ist heute an ein internationales Fernbus-Verbindungsnetz angeschlossen (Foto: Ernst Christen / Shutterstock.com).

Geistigen Eigentums einfließen können. Umgesetzt werden wettbewerbsökonomische Erkenntnisse vor allem im Kartellrecht, das die Offenheit von Märkten und ihre Zugänglichkeit für verschiedene Marktteilnehmer in den Fokus rückt. Lassen sich Impulse aus diesem Bereich für das auf Exklusivität ausgerichtete Immaterialgüterrecht übernehmen? Ja, aber die konkrete Ausgestaltung ist schwierig. Im Patentrecht konnte beispielsweise der Einwand einer kartellrechtlichen Zwangslizenz etabliert werden. Der Teufel steckt aber in den verfahrensrechtlichen Details, die derzeit zahlreiche Gerichte beschäftigen. Eine schlichte Übernahme kartellrechtlicher Mechanismen funktioniert nicht, sie muss auf die Feinheiten des Patentrechts abgestimmt werden.

Ähnliches gilt für das Markenrecht. Hier könnte zum Beispiel die bereits existierende Schranke der bösgläubigen Markenanmeldung – die derzeit nur selten genutzt wird, um Markeneintragungen zu verhindern – mit Hilfe wettbewerblicher Wertungen zu einem schlagkräftigen Instrument gegen den Missbrauch des Markenschutzes ausgebaut werden. In diesen Bereichen ist rechtswissenschaftliche Forschung dann, wie immer in der Wissenschaft, ein Ringen um Details und nicht in erster Linie das spektakuläre Zeichnen großer Linien.

Das Recht als innovatives „Entdeckungsverfahren“

Für die hier skizzierten Überlegungen, die auf eine Stärkung des innovativen Elements im Recht abzielen, gibt es aber auch einen theoretischen Überbau: Dieses Zeitalter, gekennzeichnet von der digitalen Revolution, braucht im Recht einen *more technological approach*. Im Kern geht es bei dieser Forschungsagenda insbesondere darum,

- technologische Analysen in rechtliche Prüfungsraster einzubauen,
- Regelungsregime für künftige, auch disruptive Entwicklungen zu öffnen,
- sowie Normen und Entscheidungen zu flexibilisieren.

Das Recht wird selbst, um es mit Friedrich von Hayek zu sagen, zu einem „Entdeckungsverfahren“ – eine für traditionelle Rechtswissenschaftler schwierige Vorstellung, heute aber eine notwendige. Ohne eine Öffnung des Rechts sind die Chancen der Digitalisierung kaum zu nutzen.

Die wesentliche Verantwortung dafür tragen die Gesetzgeber. Es ist einfacher, der Herausforderung Innovation bereits auf legislativer Ebene gerecht zu werden, als wenn – quasi im Reparaturverfahren – Behörden und Gerichte das Neue in ihre Entscheidungspraxis integrieren müssen. Ihnen sind durch Gesetze und den Grundsatz der Gewaltenteilung Fesseln angelegt. So war es konsequent, UBER in die Schranken zu weisen, auch wenn sich viele eine Liberalisierung des Taxi-Gewerbes wünschen würden. Dass das Recht positiv wirken kann, beweisen zwei andere verkehrsrechtliche Themen: Als der Gesetzgeber das Verbot von Fernbusverbindungen aufhob, war dies der Startschuss für einen dynamischen Wettbewerb, der viel Neues auf der Langstrecke mit sich brachte. Und für selbstfahrende Autos wurde von Wissenschaftlern inzwischen erarbeitet, wie die neuen Zulassungs- und Haftungsfragen gelöst werden können.

Das Recht kann also vieles: Neues verhindern, Neues bewältigen oder Neues fördern – wann es welche Grenzen ziehen sollte, ist eine Frage für den gesellschaftlich-politischen Diskurs. Wie es ausgestaltet werden kann, um die verschiedenen Ziele in Einklang zu bringen, ist Frage der rechtswissenschaftlichen Forschung. Dabei die Innovation im traditionell eher statischen Recht zu fördern, ist Ziel der rechtswissenschaftlichen Innovationsforschung. In aller Unbescheidenheit sei bemerkt, dass – zumindest aus Sicht des Juristen – das Recht selbst vielleicht eine der beeindruckendsten Erfindungen der Menschheitsgeschichte ist.

KAISERLICHES PATENTAMT.

PATENTSCHRIFT

№ 1.

JOH. ZELTNER

In Firma: NURNBERGER ULTRAMARIN-FABRIK.

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER ROTHEN ULTRAMARINFARBE.

Klasse 22

FARBSTOFFE.

BERLIN

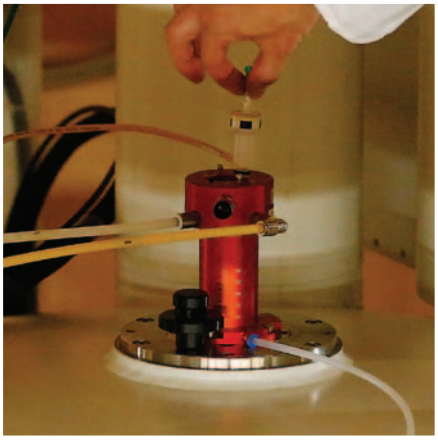
GEDRUCKT IN DER KÖNIGL. PREUSS. STAATSDRUCKEREI.

Abb. 3: Deckblatt der ersten deutschen Patentschrift.

1 Vgl. Rupprecht Podszun und Benjamin Franz, Regulatory Innovation and the Institutional Design of the TRIPS Agreement, in: Hanns Ullrich et al. (eds.), TRIPS plus 20. From trade Rules to Market Principles. Berlin Heidelberg 2016.

Paul Rösch

Exzellente Forschungs-technologie



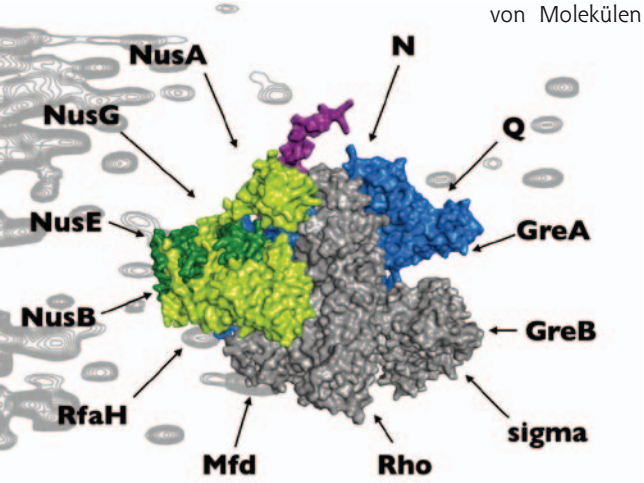
Mit magnetischer Kernresonanzspektroskopie zu innovativen Produkten und Dienstleistungen

Einführung einer Probe in das 1 Ghz-NMR-Spektrometer. Kleines Bild: Probe des Enzyms RNA-Polymerase, bei dem spezifische Methylgruppen markiert werden, die als NMR-Sonden dienen (Fotos: Peter Kolb).

Neue technische Errungenschaften führen häufig zu neuen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen, und neue Erkenntnisse führen häufig zu neuen Anwendungen. So vollzog sich in der Mitte des letzten Jahrhunderts ein deutlich sichtbarer Paradigmenwechsel in der Biologie: 1953 gelang es Francis Crick, James Watson, Maurice Wilkins und Rosalind Franklin, die dreidimensionale Struktur der DNA mittels Röntgenstrukturanalyse aufzuklären. Damit wurde klar, dass den räumlichen Strukturen von Biomolekülen eine entscheidende Rolle bei Lebensprozessen zukommt.

Erweitert wurden die Möglichkeiten der Röntgenstrukturanalyse durch die Methodik der magnetischen Kernresonanzspektroskopie (NMR-Spektroskopie, von *nuclear magnetic resonance*), die 1945 entdeckt wurde. Intensive Entwicklungen im Magnetbau, in der Hochfrequenztechnik und der Computertechnologie sowie neue Rechenmethoden brachten neue und vielfältige Anwendungsmöglichkeiten auf den Weg. Seit Mitte der 1970er Jahre wird die NMR-Spektroskopie als Technik zur Erforschung von Biomolekülen – Nukleinsäuren, Proteinen, Zuckern – in wässriger, physiologischer Umgebung eingesetzt. Daraus gehen immer genauere Erkenntnisse über die räumliche Struktur dieser Moleküle sowie über deren Dynamik und Wechselwirkungen hervor.

„NMR" ist die Kurzbezeichnung für das Phänomen, dass bestimmte Atomkerne in einem Magnetfeld frequenzselektiv mit elektromagnetischen Wellen wechselwirken. Die Details der Interaktion hängen auch von der Umgebung dieser Atomkerne in Molekülen ab. NMR-Spektroskopie misst diese Details und macht es durch sehr aufwändige Rechenverfahren möglich, aufgrund der Messergebnisse die räumlichen Strukturen von Molekülen aufzuklären. Basiskomponenten eines NMR-Spektrometers sind daher ein Hochfrequenzsender/-empfänger und ein Magnet. Je stärker das Magnetfeld, desto präziser können die Umgebungseigenschaften der Atomkerne und damit die Eigenschaften von Biomolekülen bestimmt werden.



Einzigartige Potenziale für grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung

Der Lehrstuhl für Biopolymere hatte die Federführung in einer Initiative, an der sich deutschlandweit nahezu alle universitären Arbeitsgruppen für NMR-basierte Strukturbiologie beteiligten. Der gemeinsame Förderantrag führte zum Erfolg: dem Aufbau des weltweit leistungsfähigsten NMR-Spektrometers im Nordbayerischen Zentrum für hochauflösende NMR (NZN), das vom Forschungszentrum für Bio-Makromoleküle (BIOmac) verwaltet wird. Das neue Spektrometer höchster Magnetfeldstärke wird als „1-Gigahertz-Spektrometer" bezeichnet. Der Name ist von der Frequenz abgeleitet, die Kerne von Wasserstoffatomen (Protonen) in diesem Magnetfeld absorbieren. Die neue Spitzentechnologie auf dem Bayreuther Campus ermöglicht bahnbrechende Anwendungen der NMR-Spektroskopie im biologisch-medizinischen Bereich. Wegen ihrer Einzigartigkeit steht sie, einem Vorschlag des Wissenschaftsrats und der Deutschen Forschungsgemeinschaft folgend, bundesweit für strukturbiologisch arbeitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zur Verfügung. Gleichzeitig ist das neue Spektrometer Teil einer EU-Initiative zum Aufbau eines Netzwerkes biophysikalischer Forschungseinrichtungen.

Die NMR-Spektroskopie deckt ein breites Anwendungsspektrum ab. Es reicht von der Entwicklung neuer Pharmaka bis hin zur schnellen und präzisen Erfassung von Komponenten, beispielsweise in Lebensmitteln. Der Lehrstuhl für Biopolymere, das Forschungszentrum BIOmac sowie die ALNuMed GmbH arbeiten intensiv zusammen, um grundlagen- und anwendungsorientiert die NMR-Spektroskopie für Wissenschaft, Produktentwicklung und neue Dienstleistungsangebote optimal einzusetzen. Unterschiedliche Projektgruppen widmen sich dabei insbesondere den Forschungsfeldern:

- HIV
- Antibiotika
- Allergene
- Lebensmittelanalytik

Abb. 1: System zur Proteinreinigung (Foto: Peter Kolb).

Abb. 2: RNA-Polymerase und die sie regulierenden Proteine (Grafik: LS Biopolymere. PDB ID: 4KMU).

Abb. 3: Blick in die Halle für NMR-Spektroskopie des Lehrstuhls für Biopolymere, in der Mitte das neue 1 GHz-Gerät (Foto: LS Biopolymere).

Enzymforschung zur HIV-Bekämpfung

Trotz jahrzehntelanger intensiver Forschung gibt es bis heute kein endgültiges Therapeutikum gegen HIV, den viralen Verursacher von AIDS. Gegen die bisherigen, teilwirksamen Medikamente sind diese Viren vermehrt resistent. Zur Behandlung von AIDS-Patienten ist es deshalb notwendig, weitere Pharmaka zu entwickeln. Mit Hilfe der 1 GHz-NMR-Spektroskopie werden in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Birgitta Wöhrl HIV-Proteine als therapeutische Ziele untersucht. Ein Beispiel ist das Enzym „Reverse Transkriptase", das essentiell für die Virusvermehrung ist. Die Arbeitsgruppe konnte erstmals feststellen, wo genau in diesem Protein kleine Moleküle binden. So ist es ihr gelungen, die Grundlage für die chemische Synthese spezifischer, innovativer Inhibitoren des Enzyms zu schaffen.

„Die neue Spitzentechnologie auf dem Bayreuther Campus ermöglicht bahnbrechende Anwendungen der NMR-Spektroskopie im biologisch-medizinischen Bereich."

Das Ziel: neue Antibiotika gegen resistente Bakterien

Resistenzen spielen auch eine große Rolle im Kampf gegen Bakterien. Die zunehmende Zahl von Bakterien, die gegen klassische Antibiotika resistent sind, stellt die Medizin heute vor eine ihrer größten Herausforderungen. Es gilt, neue Antibiotika mit neuen Angriffspunkten und neuen bakteriellen Zielproteinen zu entwickeln. Ein möglicher Angriffspunkt ist die Transkription, die Übersetzung der in der DNA gespeicherten Erbinformation in RNA. Dieser zentrale, hoch komplexe Prozess wird von dem Enzym RNA-Polymerase (RNAP) katalysiert und von anderen bakteriellen Proteinen präzise gesteuert. Die Regulation beruht auf fein abgestimmten Dynamikphänomenen, schnellen Konformationsänderungen und kurzzeitigen Wechselwirkungen, die nur mit Höchstfeld-NMR-Spektroskopie untersucht werden können. Das 1 GHz-Gerät erschließt hierfür völlig neue Möglichkeiten. Eine Bayreuther Arbeitsgruppe setzt es in Kombination mit speziellen Markierungsverfahren ein, um die riesige RNAP und die Proteine, welche die Aktivität der RNAP regeln, zu untersuchen. Die gewonnenen Erkenntnisse bilden schließlich die Basis für das gezielte Design neuer Wirkstoffe. „Dank der Hochtechnologie, die das 1 GHz-Spektrometer bereitstellt, kommen wir dem Ziel der Entwicklung von Antibiotika mit großen Schritten näher", erklärt der Leiter der Arbeitsgruppe, Dr. Stefan Knauer.

Forschung zur Diagnostik und Behandlung von Allergien

Strukturbiologische Forschung an Allergenen ist von entscheidender Bedeutung, um die Diagnostik und Behandlung von Allergien zu verbessern. Denn hierfür ist es wichtig, den Aufbau von Allergenen zu verstehen. Man muss dabei sowohl

Abb. 4: Auch Bayreuther Studierende werden während ihres Studiums an Forschungsarbeiten mit der NMR-Spitzentechnologie herangeführt (Foto: Peter Kolb).

die Gesamtstruktur von Allergenen als auch die Strukturen definierter Bereiche kennen, die für die Sensibilisierung und die anschließenden allergischen Reaktionen verantwortlich sind. Sobald diese Strukturen identifiziert und gezielt verändert worden sind, ist der Weg frei für die Entwicklung von „entschärften" Allergenen, die in der spezifischen Immuntherapie zum Einsatz kommen. Forschungsarbeiten, welche die Raumstruktur allergener Proteine aufklären, haben noch einen weiteren Vorteil: Sie führen auch zur Aufklärung der zum großen Teil unbekannten natürlichen Funktionen von Allergenen. Damit besteht die Chance, die – zum Beispiel in Lebensmitteln enthaltenen – Allergene durch nichtallergene Varianten zu ersetzen.

Mittels der 1 GHz-NMR-Spektroskopie kann innerhalb von Minuten ermittelt werden, ob ein gereinigtes Allergen eine intakte Raumstruktur aufweist oder nicht. Mittels komplexer Techniken der NMR-Spektroskopie bei 1 GHz lassen sich dann die dreidimensionalen Strukturen größerer Allergene bestimmen, wie sie etwa in Pollen und Lebensmitteln vorkommen. Welchen Einfluss haben bisher unbekannte Bindungspartner der allergenen Proteine auf die Sensibilisierung oder auf die allergische Reaktion? Diese Fragen sind noch weitgehend unerforscht. „Wir konnten durch den Einsatz der NMR-Spektroskopie bei höchsten Feldern diese Bindungspartner als glykosylierte Flavonoide identifizieren", so der Leiter der Arbeitsgruppe, Dr. Christian Seutter von Loetzen.

‚Molekulare Fingerabdrücke' für die Lebensmittelanalytik

Die Höchstfeld-NMR-Spektroskopie kommt aber nicht nur im biochemisch-medizinischen Bereich zur Anwendung. Immer häufiger wird sie auch als analytisch-chemisches Verfahren in der Lebensmittelindustrie genutzt. Mit der NMR-Spektroskopie können in derselben Messung Stoffe mit sehr hohen Konzentrationen (z.B. mehrere 100g/kg) und sehr geringen Konzentrationen (mg/kg) simultan quantitativ erfasst werden. In Kombination mit der hohen Auflösung – also der Fähigkeit, Signale von verschiedenen Substanzen zu unterscheiden – eignet sich die NMR-Spektroskopie deshalb hervorragend zur Analyse komplexer Mischungen, etwa von Naturstoffextrakten oder Lebensmitteln. Die unübertroffene Reproduzierbarkeit dieser Verfahren ist die unabdingbare Voraussetzung dafür, dass quantitative Datenbanken mit NMR-Spektren authentischer Referenzmaterialien eingerichtet werden können.

NMR-Spektren von Lebensmittelproben enthalten erkennbare Signale hunderter verschiedener Inhaltsstoffe. Sie fungieren deshalb wie molekulare Fingerabdrücke für Art/ Sorte, geographische Herkunft, Herstellung und Verarbeitung. Diese NMR-Fingerabdrücke können mit den Referenzspektren in Datenbanken verglichen werden – so ist es möglich, Verfälschungen von Lebensmitteln in nur wenigen Minuten zu erkennen. Im Rahmen von Forschungsarbeiten innerhalb des BIOmac konnte gezeigt werden, dass mittels NMR-Spektroskopie die Authentizität von Pflanzenextrakten, Honig, Fisch, Fleisch, Getreide und sogar Olivenöl zuverlässig geprüft werden kann.

Hochtechnologie in marktfähige analytische Anwendungen umzusetzen – mit diesem Ziel werden an der Universität Bayreuth die Weiterentwicklung für den Routineeinsatz und ein effizienter Know-how-Transfer gekoppelt. Im Bereich Biopolymere/BIOmac geschieht dies durch die ALNuMed GmbH. Diese junge Ausgründung des Forschungszentrums für Bio-Makromoleküle bietet seit 2015 als Mitentwickler das NMR-basierte Honey-Profiling™ an, einen Schnelltest für die Authentizität und Qualität von Honig. Derzeit entwickelt sie neue Prüfverfahren zur Qualitätsbewertung von Olivenöl. Eine NMR-Methodik zur Authentizitätsprüfung von Fisch und Fleisch erarbeitet ALNuMed zusammen mit dem Bayerischen Landesamt für Lebensmittel und Gesundheit.

„Diese Entwicklungen zeigen das enorme Potenzial der NMR-Spektroskopie im Lebensmittelbereich. Sie belegen nachhaltig den erfolgreichen Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in gewerbliche Anwendungen an der Universität Bayreuth", so Prof. Dr. Stephan Schwarzinger, der Leiter des Bereiches Lebensmittelanalytik.

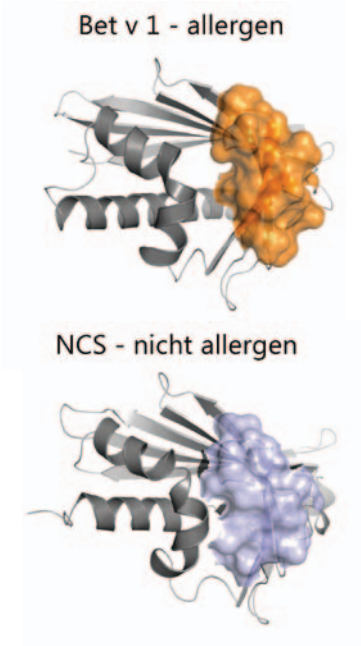


Abb. 5: Bet v 1, das Hauptallergen der Birke (oben), und das sehr ähnliche Protein NCS aus der Wiesenraute (unten), dessen Raumstruktur in Bayreuth durch NMR aufgeklärt wurde. In diesem ursprünglich nicht-allergenen Protein können mit einer neuen, am Forschungszentrum BIOmac entwickelten Methode unterschiedliche Grade der Allergenität erzeugt und erstmals systematisch untersucht werden (Grafik: LS Biopolymere. PDB IDs: 1BV1 und 2VNE).

„Ich durfte meine Doktorarbeit im Jahre 1977 in Heidelberg am damals leistungsstärksten NMR-Spektrometer weltweit durchführen, dieses besaß einen 360 MHz-Magneten. An die Möglichkeit, damit Therapeutika zu entwickeln oder räumliche Strukturen von Bio-Makromolekülen zu bestimmen, haben wir zwar gedacht, aber dass zumindest letzteres irgendwann einmal fast routinemäßig möglich sein würde, haben wir nicht geglaubt. Lebensmittelanalytik mit NMR war damals noch unvorstellbar. Der Betrieb der neuen Generation der NMR-Spektrometer ist, infolge neuer Technologien in der Kühlung, heute sehr kostengünstig – was natürlich wesentlich zur Verbreitung der Methode beiträgt."

AUTOR

Prof. Dr. Paul Rösch ist Leiter des Forschungszentrums für Bio-Makromoleküle und Inhaber des Lehrstuhls Biopolymere an der Universität Bayreuth sowie Geschäftsführer der ALNuMed GmbH.

Thomas Scheibel
Hendrik Bargel

Zukunftsfeld Bionik

Innovative Materialforschung *made in Bayreuth*

Von der Natur lernen: Spinnenseide ist ein Ausgangspunkt für die Entwicklung neuer leistungsfähiger Biomaterialien. (Foto: Lili Nahapetian).

In der Natur gibt es unzählige Materialien, die durch ihre in Jahrmillionen optimierten Eigenschaften künstlich hergestellten Produkten weit überlegen sind. Viele dieser Materialien zeigen interessante Lösungsansätze für Anwendungen in Industrie und Technik. Die Bionik ist ein Forschungsfeld, das sich dadurch auszeichnet, dass kreative technische Innovationen von natürlichen Vorbildern inspiriert werden. Allerdings gibt es bisher nur einige wenige Entwicklungen aus der Bionik, die den Einzug ins alltägliche Leben gefunden haben. Zu bekannten bionischen Entwicklungen zählen unter anderem der Klettverschluss, selbstreinigende Oberflächen mit Lotus-Effekt®, Gecko-Tape® zur kleberlosen reversiblen Anhaftung, aber auch Optimierungsalgorithmen und neuartige Aktuator-Konzepte für den Automobilbau, die Robotik und die medizinische Prothetik.

Um interessante Ansätze aus der Biologie in innovative Produkte umsetzen zu können, ist ein strukturiertes und methodengestütztes Vorgehen unerlässlich. Derartige Innovationsprozesse bedürfen einer Entwicklungsumgebung, die von interdisziplinärer Kommunikation und Zusammenarbeit geprägt ist. Sie sind charakterisiert durch:

- schwierige Prognosen aufgrund des hohen Neuheitsgrades,
- hohe Komplexität infolge des Zusammenspiels biologischer und technischer Systeme,
- hohe Anforderungen hinsichtlich Qualität, Zeit und Kosten.

An der Universität Bayreuth haben sich mehrere Arbeitsgruppen dieser Herausforderung gestellt, und einige Ansätze sollen hier exemplarisch in Kürze vorgestellt werden.

Molekulare Bionik

Ein zukunftsweisendes Forschungsfeld an der Universität Bayreuth ist die molekulare Bionik, die sich mit biogenen Molekülen und daraus aufgebauten Materialien befasst. Dabei geht es zunächst darum, diese hinsichtlich ihrer Eigenschaften sowie ihrer intra- und intermolekularen Wechselwirkungen zu analysieren. Zu den biologischen Grundbausteinen zählen Polysacchararide, Nukleinsäuren, Proteine und Lipide, darüber hinaus aber auch Biominerale. Diese kommen zum Beispiel in Verbundmaterialien wie Knochen, Zähnen oder Muschelschalen zum Einsatz. Biogene Materialien weisen meist einen hierarchischen Aufbau auf. Der Aufbau vom Kleinen zum Großen beginnt auf molekularer Ebene mit der Bildung modularer Einheiten, die dann gleichsam als Bausteine zur Verfügung stehen. Deren Anlagerung zu größeren funktionellen Einheiten vollzieht sich häufig in Prozessen der Selbstorganisation (Selbstassemblierung); sie wird unterstützt durch Hilfsstrukturen und intermolekulare Wechselwirkungen. Das bedeutet: Die Bildung größerer funktioneller Einheiten aus modularen Bausteinen verläuft – weil es ein Energiegefälle von den kleineren zu größeren Einheiten gibt – in wässrigen Systemen „wie von selbst".

Die Forschungsarbeiten am Lehrstuhl Biomaterialien konzentrieren sich auf biomimetische Proteinmaterialien – insbesondere solche, die durch faserbildende Strukturproteine gebildet werden. Bekannte Faserstrukturproteine sind Keratine in Haaren, Kollagene in der Haut, aber auch Seide von Insekten und Spinnen in Kokons oder Netzen. Charakteristisch für alle diese Proteine ist ihr Aufbau aus sich wiederholenden Sequenzeinheiten. Dabei haben die genannten Beispiele jeweils für sie typische Aminosäure-Motive, die für spezifische Eigenschaften verantwortlich sind. Ein Beispiel ist das nur sechs Aminosäuren umfassende, sich mehrfach wiederholende Motiv GAGAGS (mit G = Glycin; A = Alanin; S = Serin). Es ist verantwortlich für kristalline, mechanisch feste Bereiche im Seidenfaden des Seidenspinners. Beim Abseilfaden von Spinnen – eines der Modellsysteme am Lehrstuhl Biomaterialien – kodieren für die gleiche Eigenschaft Poly-Alanin-Motive unterschiedlicher Länge. Spinnenseide besitzt herausragende mechanische Eigenschaften, eine hohe Biokompatibilität und eine gute biologische Abbaubarkeit. Dadurch und durch einfaches Einbringen bestimmter Zusatzfunktionen ist sie sehr interessant für materialwissenschaftliche Anwendungen.

Abb. 1: Goldene Radnetzspinne (*Nephila edulis*) (Foto: Lili Nahapetian).

Abb. 2: Miesmuschel auf einem Stein. Mit ihren Byssusfäden kann sie sich an festen Gegenständen in der Brandung festsetzen (Foto: LS Biomaterialien, Universität Bayreuth).

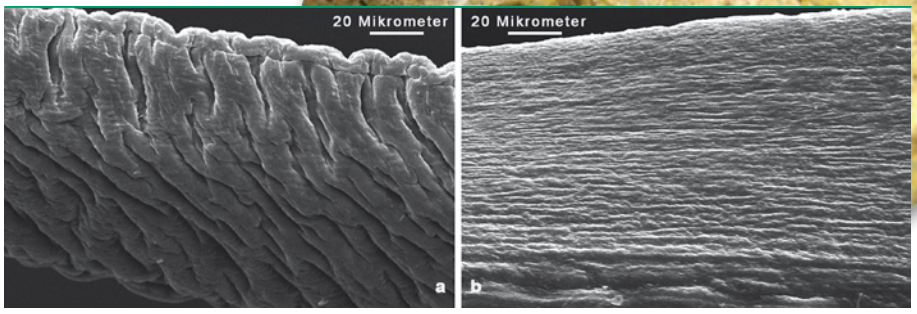


Abb. 3: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des proximalen (elastischen) (a) und distalen (steifen) (b) Abschnitts eines Byssusfadens der Miesmuschel (Bild: LS Biomaterialien).

AUTOREN

Prof. Dr. Thomas Scheibel ist Inhaber des Lehrstuhls Biomaterialien an der Universität Bayreuth. (Foto: © AMSilk GmbH).

Akad. Rat Dr. Hendrik Bargel ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Biomaterialien und Laborleiter des TAO-Keylabs Fasertechnologien.

Ein weiteres Modellsystem am Lehrstuhl Biomaterialien sind Muschelfäden. Die von Muscheln in der freien Natur produzierten Byssusfäden aus Kollagen sind Fasern mit einzigartiger Stabilität und Dehnbarkeit. Die Byssusfasern verbinden weiche Muskeln mit harten Substraten (zum Beispiel Steine) und weisen – bedingt durch die Eigenschaften, Zusammensetzung und Anordnung ihrer Biopolymere – einen außergewöhnlichen mechanischen Gradienten auf: Die Festigkeit nimmt vom Muschelfuß (dem Muskel - proximaler Abschnitt) zur Anhaftungsstelle (dem Stein - distaler Abschnitt) hin zu. Dies verhindert weitestgehend das Auftreten von Spannungen in radialer Richtung und ermöglicht somit eine erhöhte Dauerfestigkeit. Ein weiterer Vorteil: Wenn Byssusfäden überdehnt werden, sind sie in der Lage, ihre mechanischen Eigenschaften vollständig zu regenerieren.

Innovative Hybrid-Polymere

Die ‚weiße Biotechnologie' ist heute in der Lage, biomimetische Pendants von Strukturproteinen – sogar mit zusätzlichen spezifischen Funktionen – auf kostengünstige Weise herzustellen. Das Protein-Design kann man beispielsweise gezielt dazu einsetzen, um nicht-natürliche Eigenschaften zur Bindung von Metall-Ionen, Enzymen oder Mineralien in natürliche Strukturproteine einzubauen. Auch kann man biogene Strukturproteine mit synthetischen Polymeren kombinieren. Mit speziellen Verarbeitungsverfahren können verschiedene Formen solcher Hybrid-Proteine oder Hybrid-Polymere hergestellt werden, die dann durch Prozessierungsverfahren zu Fasern, Filme, Hydrogele, Partikel und Schäume weiter verarbeitet werden. Ebenso spielen adaptive Fertigungsverfahren wie der 3D-Druck zunehmend eine Rolle. Neue „High-performance-Proteinmaterialien" kommen in unterschiedlichsten Bereichen von Wissenschaft und Industrie zum Einsatz. In der Biomedizin können sie als maskierende Beschichtungen von Silikonimplantaten, als Wirkstoff-Transportsysteme oder als Sehnenersatzmaterial mit graduellem Steifigkeitsübergang verwendet werden. Zudem ermöglichen sie innovative technische Anwendungen – zum Beispiel neuartige Feinstaub-Filtersysteme oder dauerbelastbare Aktorsysteme in der Robotik.

Abb. 5: 3D-gedrucktes Ohr auf der Basis von Spinnenseide (Foto: Universität Würzburg).

„Spinnenseide besitzt herausragende mechanische Eigenschaften, eine hohe Biokompatibilität und eine gute biologische Abbaubarkeit."

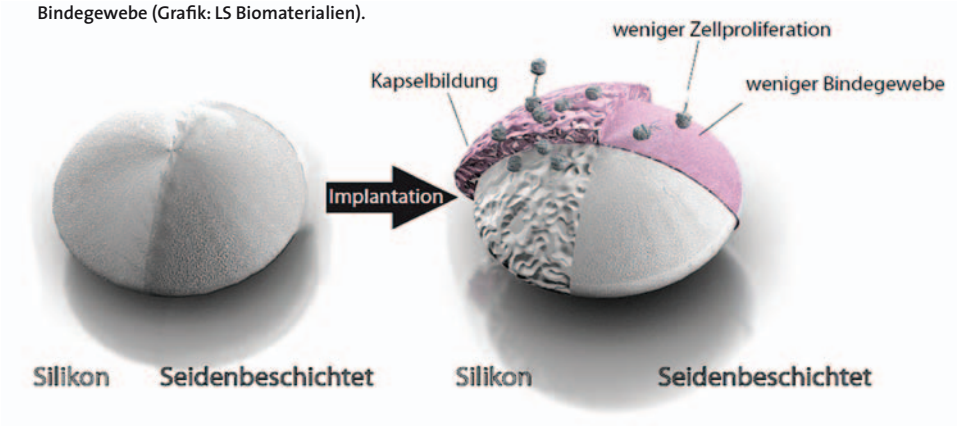
Zelluläre Strukturen

Ein in der Natur sehr wichtiges Bauprinzip ist der effiziente Einsatz von Materialien, insbesondere in makroskopischer Größenordnung. Ein besonders interessantes Beispiel sind zelluläre Strukturen, die einen Arbeitsschwerpunkt am Lehrstuhl für Polymere Werkstoffe darstellen. Zelluläre Strukturen finden sich beispielsweise im Knochen oder im Holz. Sie besitzen sehr gute spezifische mechanische Eigenschaften oder außergewöhnliche Wärmedämmeigenschaften. Als Werkstoffe ermöglichen sie – im Vergleich mit kompakten Werkstoffen – erhebliche Materialeinsparungen bei gleicher oder sogar besserer Funktionalität. Anwendungsbeispiele für zelluläre Polymere finden sich im Cockpitbereich von Automobilen oder Flugzeugen. Und in der Energietechnik helfen sie aufgrund ihres geringen Gewichts bisherige Lösungen zu verbessern, indem sie beispielsweise die Effizienz von Windrädern steigern.

Bio-inspirierte Energiegewinnung

Ein weiterer Forschungsansatz in Bayreuth ist die bio-inspirierte Gewinnung und Speicherung von

Abb. 4: Die Grafik zeigt die Unterschiede zwischen einem unbeschichteten und einem mit Spinnenseidenproteinen beschichteten Brustimplantat. Ist das Implantat unbeschichtet, entwickelt sich um die Silikonoberfläche eine Kapsel aus Narbengewebe. Auf der dünnen Haut aus Spinnenseide ist dagegen die Zellproliferation deutlich geringer ausgeprägt, und es bildet sich weniger Bindegewebe (Grafik: LS Biomaterialien).



Energie. Der Lehrstuhl für Werkstoffverarbeitung forscht unter anderem an der photochemischen Spaltung von Wasser an nanostrukturierten Halbleiteroberflächen. Hierfür werden Nanotubes aus Titandioxid verwendet, die eine durch Lichtenergie ausgelöste Produktion elektrischer Energie ermöglichen. Die so gewonnene elektrische Energie lässt sich in Kombination mit einer Wasserstoff-Brennstoffzelle nutzen, und Wasser wird wieder zurückgeführt. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt der Lehrstuhl für Biomaterialien in seinem Projekt SpiderMAEN *(Recombinant Spider Silk-based Hybrid Materials for Advanced Energy Technology)*. Hier werden Fasermatten mit biphasischen Strukturen aus Titanoxid und Gold verwendet, die eine photokatalytische Wasserspaltung ermöglichen.

Das von der DFG geförderte Graduiertenkolleg 1640 „Photophysik synthetischer und biologischer multichromophorer Systeme" (Sprecher: Prof. Dr. Jürgen Köhler) an der Universität Bayreuth geht noch einen Schritt weiter. Hier werden biologische Systeme untersucht, um aus pflanzlichen Lichtsammelprozessen neue Erkenntnisse für den Bau organischer Solarzellen abzuleiten. Dabei geht es im Kern um das *Light Harvesting* (Lichternte) und die Frage, wie in der Photosynthese das Sonnenlicht in speziellen Antennenproteinen gesammelt und die Ladungstrennung ausgelöst wird. Parallel dazu werden auch Lichtsammelprozesse in chemisch synthetisierten Systemen erforscht und daraufhin getestet, ob man aus ihnen einfache, kostengünstige aber effiziente Solarzellen bauen kann.

Herausforderungen für Forschung und Wirtschaft

Zusammenfassend kann man konstatieren: Das Wissen über Materialien in der belebten Natur ist derzeit nur für wenige ausgewählte Beispiele so weit fortgeschritten, dass eine Übertragung auf industrielle Anwendungen und Prozesse erfolgen konnte. Eine Ausweitung auf weitere Beispiele und Materialien stellt eine Herausforderung für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsvorhaben dar.

Für die Analyse biogener Materialien und für Anwendungen der dabei gewonnenen Erkenntnisse ist eine enge, intensive und offene Zusammenarbeit verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen unabdingbar. Hier gilt es insbesondere, interdisziplinäre Hemmnisse zwischen Natur- und Ingenieurwissenschaften zu überwinden. Zudem müssen Unternehmen noch stärker als bisher dafür gewonnen werden, traditionelle Verfahren durch neuartige bio-inspirierte Ansätze und Prozesse zu ersetzen. Inhaltlich gilt es in Zukunft, insbesondere die Wechselwirkung zwischen Organismen und Materialien besser zu erforschen. Wenn man weiß, wie molekulare Wechselwirkungen sowie Organisations- und Materialbildungsprozesse gesteuert werden können, wird es möglich sein, anwendungsnahe, komplex strukturierte und multifunktionelle Materialien zu generieren, die auf konventionelle Weise nicht hergestellt werden können.

In diesem Kontext hat sich die Universität Bayreuth in den letzten Jahren sehr gut positioniert, so dass man sich in naher Zukunft auf innovative Materialkonzepte – inspiriert durch die Natur und *made in Bayreuth* – freuen kann.

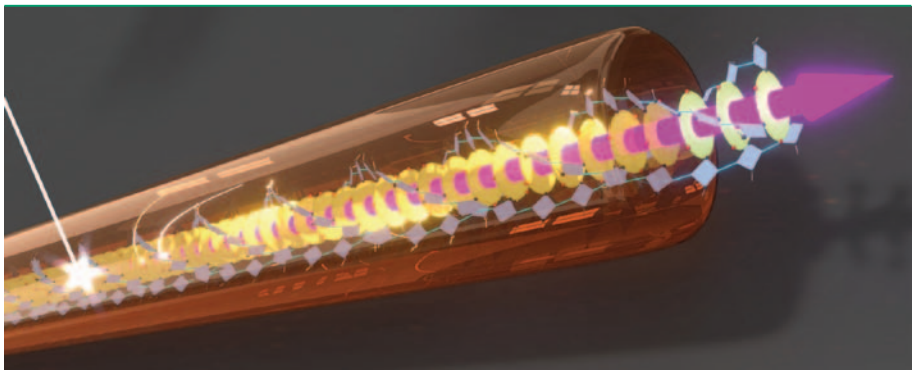


Abb. 6: Energietransfer durch eine einzelne supramolekulare Nanofaser, die von Bayreuther Forschergruppen aus der Experimentalphysik und der Makromolekularen Chemie entwickelt wurde (Grafik: Andreas T. Haedler).

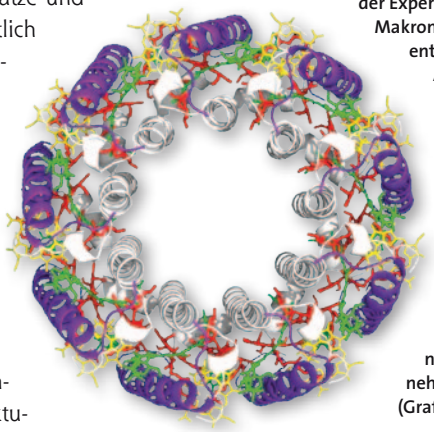


Abb. 7: Modell eines pflanzlichen Antennenproteins, die darin enthaltenen Farbstoffmoleküle nehmen Lichtenergie auf (Grafik: Richard Hildner).

LINKTIPP

Homepage des neuen englischsprachigen Masterstudiengangs „Biofabrication" an der Universität Bayreuth:

- **www.biofabrication.uni-bayreuth.de**

Abb. 8: Öffentlichkeitsarbeit am Lehrstuhl Biomaterialien: Begehbares Terrarium („Biosphäre"), in dem Besucher Spinnen „bei der Arbeit" beobachten können (Foto: Lili Nahapetian).

Volker Altstädt

Polymere: Werkstoffe der Zukunft

Industrienahe Forschung für massgeschneiderte Kunststoffe

Blick in die Technikumshalle für Polymer Engineering in der Fakultät für Ingenieurwissenschaften der Universität Bayreuth (Foto: Christian Wißler).

Ein Schwerpunkt der Polymer- und Kolloidforschung an der Universität Bayreuth, die auf eine vier Jahrzehnte lange Tradition zurückblicken kann, ist das Polymer Engineering. Im Rahmen von öffentlich geförderten Projekten und direkten Industriekooperationen werden polymere Werkstoffe mit maßgeschneiderten Eigenschaften für innovative Anwendungen erforscht und entwickelt. Die Schwerpunkte dieser Forschungsarbeiten liegen in den Bereichen

- Polymerschäume
- Thermoplaste
- Duroplaste und Verbundwerkstoffe

Das wissenschaftliche Know-how am Lehrstuhl für Polymere Werkstoffe wird dabei ergänzt durch hochmoderne Technologien für thermische Analysen, rheologische Untersuchungen und mechanische Prüfungen. Hinzu kommt ein breites Spektrum an Verarbeitungsmaschinen für thermoplastische und duroplastische Kunststoffe.

Polymerschäume: die gewichtsreduzierenden Allrounder

Polymerschäume sind Kunststoffe, die seit rund 10 Jahren immer öfter in verschiedensten High-Tech-Produkten zum Einsatz kommen (Abb. 1). Sie besitzen maßgeschneiderte Eigenschaften, die für spezielle industrielle Anwendungen erforderlich sind, und ermöglichen eine enorme Gewichtsreduktion. So entstehen, bei gleichzeitiger hoher technologischer Leistungsfähigkeit, erhebliche Potenziale für die Energieeinsparung. Schaumextrusion und Schaumspritzgießen sind die beiden führenden Technologien, mit denen Polymerschäume zielgenau hergestellt werden, beispielsweise für Bauteile im Automobil oder Flugzeug oder zur Wärmedämmung von Gebäuden. Um die Eigenschaften von Schäumen zu optimieren, können Blendsysteme oder verschiedene Additive eingesetzt werden. Beim Blenden werden verschiedene Polymere so miteinander kombiniert, dass sich deren vorteilhafte Eigenschaften optimal ergänzen. Zu den Additiven gehören Nukleierungsmittel – wie etwa Nano-Partikel, mit denen die Morphologie des Schaumes beeinflusst werden kann, aber auch chemische Modifikatoren, die durch Reaktion mit dem Polymer die Eigenschaften des Schaums verbessern.

Ein besonders avanciertes Verfahren ist die Reaktivextrusion. Dieser technologische Ansatz wird insbesondere auch an der Universität Bayreuth vorangetrieben. Er bietet die Möglichkeit, die Schäumbarkeit von Polymeren zu verbessern, die – wie zum Beispiel verschiedene Polyester (PET, PBT, PLA) – für industrielle Anwendungen zwar attraktiv, aber schwierig zu verschäumen sind. Die Weiterentwicklung der Reaktivextrusion führt zu neuartigen Polymerschäumen, die einerseits eine niedrige Dichte und daher ein geringes Gewicht aufweisen, andererseits aber eine feinzellige Struktur besitzen. Grundsätzlich gilt: Je kleiner die Zellen eines Polymerschaums sind, desto größer ist seine wärmedämmende Wirkung.

Das Polymer Engineering an der Universität Bayreuth ist des Weiteren darauf spezialisiert, Polymerschäume so genau untersuchen zu können, dass ein präzises Bild ihrer mechanischen Eigenschaften entsteht. Auf dieser Basis lässt sich genau einschätzen, für welche Anwendungen die jeweiligen Schäume besonders gut geeignet sind und wie hoch ihr Anteil daran sein sollte. Ein Beispiel für ein solches Produktdesign sind Rotorblätter von Windkraftanlagen, deren Energieeffizienz durch Polymerschäume erheblich gesteigert werden kann.

Bio-Schäume aus Polymilchsäure

Weltweit steigt heute das Verbraucherinteresse an nachhaltigen Produkten. In einigen Ländern gibt es bereits gesetzliche Beschränkungen für Verpackungen aus Polymerschäumen, insbesondere aus geschäumtem Polystyrol. Deshalb befasst sich das Polymer Engineering an der Universität Bayreuth intensiv mit Polymerschäumen, die auf nachwachsenden Rohstoffen basieren. Polymilchsäure – oder kurz: PLA (Polylactid acid) – ist dabei von besonderem Interesse. PLA, das über Fermentation

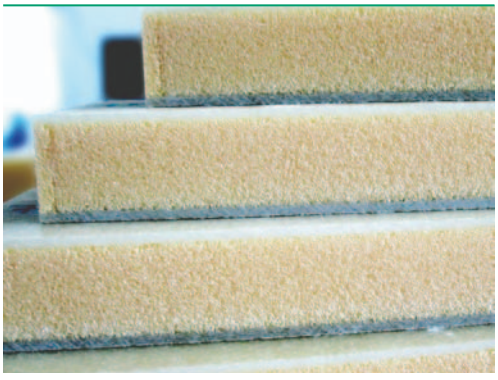


Abb. 1: Polymerschäume mit glasfaserverstärkten Deckschichten – ein Beispiel für gewichtsreduzierende Werkstoffe (Foto: LS Polymere Werkstoffe).

AUTOR

Prof. Dr.-Ing. Volker Altstädt ist Inhaber des Lehrstuhls für Polymere Werkstoffe an der Universität Bayreuth.

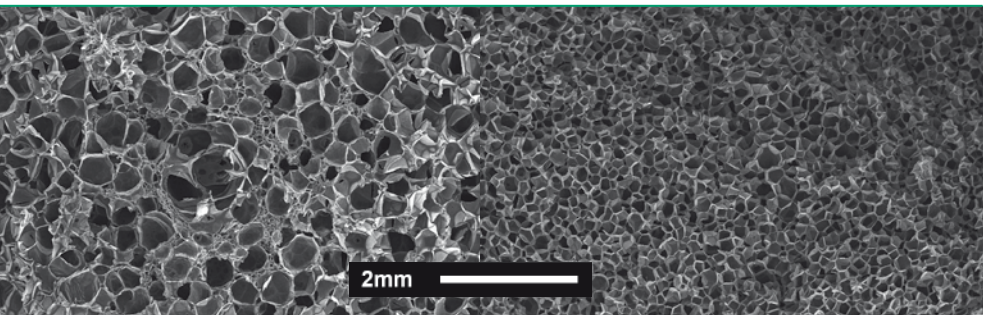


Abb. 2: Reines, geschäumtes PLA mit einer Dichte von 45 kg/m³ (li.). Wird der biobasierte Kunststoff mit einem organischen Peroxid modifiziert, erhält man deutlich kleinere Zellen und eine Dichte von 32 kg/m³ (re.) (Bild: LS Polymere Werkstoffe).

aus Mais gewonnen wird, ist sowohl bio-basiert als auch biologisch abbaubar und hat ein ähnliches Eigenschaftsprofil wie Polystyrol. Allerdings eignet sich PLA aufgrund einer niedrigen Schmelzefestigkeit nur sehr eingeschränkt für eine Verschäumung. Ein aktuelles Forschungsprojekt am Lehrstuhl für Polymere Werkstoffe zielt deshalb darauf ab, die Schmelzefestigkeit zu erhöhen und damit zugleich auch das Schäumverhalten von PLA zu optimieren.

Mit Hilfe von Modifikatoren können homogenere PLA-Schäume mit kleineren Zellen erzielt werden, die sich zudem durch eine höhere Druckfestigkeit auszeichnen (Abb. 2 und 3). Das Vorhaben wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert und gemeinsam mit dem Institut für Kunststofftechnik Stuttgart (IKT) durchgeführt.

„Carbonfaserverstärkte Kunststoffe (CFK) werden immer häufiger im Automobil-, Schiffs- und Flugzeugbau, aber auch in der Raumfahrt eingesetzt."

Thermoplastische Leiterplatten: der grüne Weg zur High Performance

Aus modernen elektronischen Geräten sind Leiterplatten, die Träger wesentlicher elektronischer Bauteile, nicht mehr wegzudenken. Sie bestehen hauptsächlich aus einem Substrat und den darauf aufgebrachten Kupferleiterbahnen. Der Markt für Leiterplatten ist heute gekennzeichnet durch eine Vielzahl unterschiedlichster Substrate. Diese werden vorwiegend diskontinuierlich verarbeitet, nämlich in einem mehrstufigen Prozess, der aus klar voneinander abgegrenzten und aufeinander folgenden Schritten besteht. So werden beispielsweise Glasfasern mit Harzen imprägniert und anschließend ausgehärtet, oder es werden keramische Polymermischungen hergestellt und danach verpresst.

Dem Lehrstuhl für Polymere Werkstoffe an der Universität Bayreuth ist es gelungen, eine neue Klasse von Leiterplatten auf der Grundlage von Hochtemperatur-Thermoplasten zu entwickeln. Diese Kunststoffe zeichnen sich dadurch aus, dass eine Umformung der fertigen, bestückten Leiterplatte und somit eine enorm effiziente Raumausnutzung möglich ist. Sie bieten im Vergleich mit herkömmlichen, harzbasierten Leiterplattensubstraten eine Reihe von Vorteilen:

- Die Herstellung des Substrats ist deutlich kostengünstiger, weil die Verarbeitung kontinuierlich verläuft. Hierbei wird das Polymergranulat in einem Schritt zum Substrat verarbeitet und mit der Kupferfolie, welches nachträglich die Leiterbahnen bildet, beschichtet. Somit ist es heute möglich, einen hoch automatisierten Herstellungsprozess zu realisieren, der bei den Rohstoffen beginnt und bei einem Substrat endet, das beidseitig mit Kupfer laminiert ist. Nachfolgend müssen nur noch die Leiterbahnen durch einen standardisierten Ätzprozess herausgearbeitet werden.
- Die in Bayreuth entwickelten thermoplastischen Leiterplatten benötigen keine zusätzlichen Flammschutzmittel, wie beispielsweise das giftige Tetrabrombisphenol. Sie bringen vielmehr von sich aus die geforderte Flammbeständigkeit mit.
- Zudem lassen sie sich aufgrund der Aufschmelzbarkeit des Substrats recyceln. Daher sind sie auch in dieser Hinsicht deutlich umweltschonender als die zahlreichen Leiterplatten, deren Substrate nicht aus Thermoplasten, sondern aus Harzen gefertigt sind. Somit können EU-Richtlinien wie die WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment Directive) oder die RoHS (Restriction of Hazardous Substances Directive) eingehalten werden.

Auf der Basis von Thermoplasten hat der Lehrstuhl für Polymere Werkstoffe zwei unterschiedliche Generationen eines Leiterplattensubstrats entwickelt. Die geschäumte thermoplastische Leiterplatte (HTT-Board) mit geschäumtem Kern und einer kompakten Deckschicht besitzt herausragende dielektrische Eigenschaften (Abb. 4). Der feinzellige Kern ermöglicht es, wertvolles Rohmaterial und damit Gewicht einzusparen. Gleichzeitig werden dadurch die Hochfrequenzeigenschaften deutlich verbessert.

Die zweite Generation, die *hochgefüllte* thermoplastische Leiterplatte (THP-Board), wurde mit dem Ziel entwickelt, konventionelle Anlagen, die bei jedem Leiterplattenhersteller vorhanden sind, ohne Modifikationen für das neuartige Substrat einzusetzen (Abb. 5). In solchen Anlagen treten bei

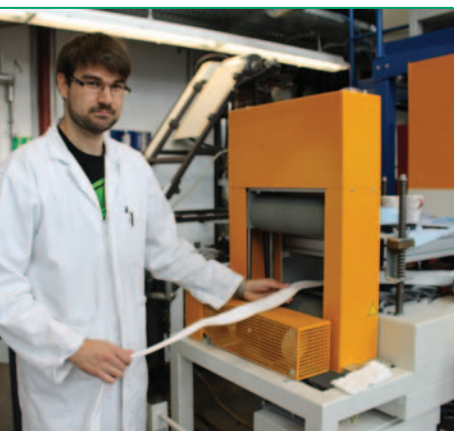


Abb. 3: Geschäumte PLA verlässt den Kalibrator. (Foto: Christian Wißler).

Lötprozessen Spitzentemperaturen von bis zu 270 Grad Celsius auf. Daher mussten die thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Hochtemperatur-Thermoplaste erheblich verringert werden – eine Herausforderung, die auf kostengünstige Weise mit einem hohen Anteil keramischer Füllstoffe gelöst werden konnte.

Prepeg-Technologien für duroplastische Matrixsysteme

Faserverbundkunststoffe, die aus einer polymeren Matrix und verstärkenden Fasern bestehen, bilden eine neuartige Materialklasse, die insbesondere für Anwendungen im Leichtbau hochattraktiv ist und sich infolge neuer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten immer stärker ausdifferenziert. Vor allem kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe – auch carbonfaserverstärkte Kunststoffe (CFK) genannt – werden immer häufiger im Automobil-, Schiffs- und Flugzeugbau, aber auch in der Raumfahrt eingesetzt. Bei den meisten CFK, die heute auf dem Markt sind, werden für die Matrix duroplastische Kunststoffe (Harze) verwendet. Die polymere Matrix bestimmt wichtige Gebrauchseigenschaften des Faserverbundkunststoffs, zum Beispiel thermische Beständigkeit, Schadenstoleranz und Ermüdungsverhalten. Auch die Wirtschaftlichkeit des gesamten Fertigungsprozesses hängt wesentlich von den Fließeigenschaften des für die Matrix verwendeten Kunststoffs und seines Härtungsverhaltens ab.

Neue, maßgeschneiderte Matrix-Harzsysteme für Faserverbundkunststoffe zu entwickeln und dabei eng mit Industriepartnern zusammenzuarbeiten, ist daher auch ein Schwerpunkt der Bayreuther Polymerforschung. Am Lehrstuhl für Polymere Werkstoffe richtet sich das Interesse unter anderem auf vorimprägnierte Fasern, kurz: Prepegs (*preimpregnated fibres*). Die Forschungsaktivitäten auf diesem Gebiet können dank einer neuen Anlage zur Imprägnierung von duroplastischen Prepregs künftig noch ausgeweitet werden (Abb. 6). Im Vordergrund steht derzeit die Herstellung funktioneller, duroplastischer Prepregs, die mehrere Vorteile vereinen:

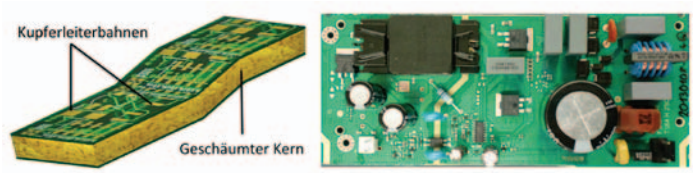


Abb. 4: HTT-Board: Schematische Darstellung, re. ein Netzteil als Serienbaugruppe (Grafik und Foto: LS Polymere Werkstoffe).

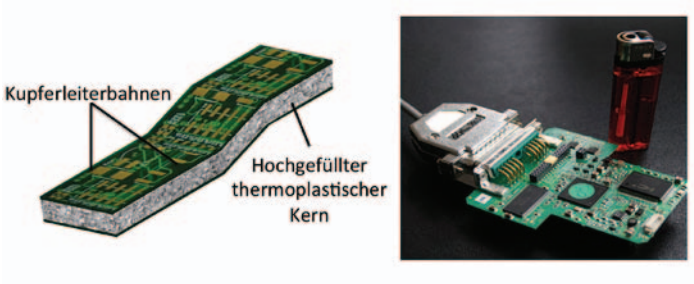


Abb. 5: THP-Board: Schematische Darstellung, re. ein Multilayer aus THP-Boards (Grafik und Foto: LS Polymere Werkstoffe).

- Flammschutz
- elektrische und / oder thermische Leitfähigkeit
- mechanische Eigenschaften, die optimal auf innovative Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt oder in Automobilen zugeschnitten sind

Aktuell werden beispielsweise neuartige Carbonfaser-Prepregs für die Luftfahrtindustrie entwickelt, die nicht nur eine Glasübergangstemperatur (T_g) von 225 Grad Celsius haben, sondern außerdem leitfähig sind und sich durch eine hohe Zähigkeit auszeichnen (Abb. 7). Ein weiterer Schwerpunkt sind neue, nicht-thermisch härtende Harzsysteme. Sie können dazu beitragen, die Produktionskosten für Bauteile auf der Basis von Prepegs deutlich zu reduzieren.

In Unternehmen der Automobilindustrie, in denen mehr als 30.000 Fahrzeuge pro Jahr gefertigt werden, konzentrieren sich aktuelle Entwicklungen vorwiegend auf das Hochdruck-Resin Transfer Moulding (HD-RTM). Dieses Verfahren verspricht große Vorteile, wenn es darum geht, in kurzen Zyklen Bauteile aus harzbasierten Verbundwerkstoffen herzustellen. Forschungsarbeiten an der Universität Bayreuth konzentrieren sich in diesem Zusammenhang auf die Optimierung schnell härtender Harzsysteme und auf Additive, die für einen stabilen, automatisierten Produktionsprozess erforderlich sind.

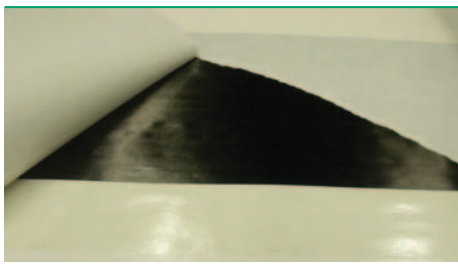


Abb. 7: An der Universität Bayreuth entwickelte Carbonfaser-Epoxid-Prepregs mit hoher Glasübergangstemperatur, elektrischer Leitfähigkeit und ausgeprägter Zähigkeit (Foto: LS Polymere Werkstoffe).

LINKTIPPS

Polymer Engineering
an der Universität Bayreuth:
- **www.polymer-engineering.de**

Polymer- und Kolloidforschung an der Universität Bayreuth:
- **www.polymers.uni-bayreuth.de**

Abb. 6: Die neue Anlage zur Erforschung von Prepeg-Technologien am Lehrstuhl für Polymere Werkstoffe, Universität Bayreuth. (Foto: LS Polymere Werkstoffe).

Monika Willert-Porada

Energieeffiziente Gebäude

Von materialwissenschaftlichen Konzepten zu innovativen Produkten

Nur mit innovativen Glastechnologien wird es künftig möglich sein, die Energieeffizienz von Gebäuden zu steigern und damit weitreichende Vorgaben der EU zu erfüllen (sst.).

Eine klimaneutrale Energieversorgung zu sichern und den Energieverbrauch nicht nur in Europa, sondern weltweit zu begrenzen, ist eine der wesentlichen Herausforderungen im 21. Jahrhundert. Die Nachhaltigkeit und Energieeffizienz von Gebäuden spielt dabei eine zunehmend wichtige Rolle. Denn gerade der Gebäudesektor ist für einen substanziellen Teil des europäischen Energieverbrauchs verantwortlich (Abb. 1). Um hier Abhilfe zu schaffen, sind auf europäischer Ebene zahlreiche Plattformen für die Entwicklung von Materialien, Systemen, Produkten und kommunalen wie regionalen Gesamtkonzepten geschaffen worden. Das 2013 abgelaufene EU-Forschungsrahmenprogramm FP7 und das aktuelle EU-Forschungs- und Entwicklungsprogramm HORIZON 2020 haben einen erheblichen Anteil an diesen Bestrebungen, die Energieeffizienz von Gebäuden signifikant zu erhöhen. Ein zentraler Aspekt ist dabei das „Public-Private-Partnership"-Konzept: Industrienahe Forschung wird gezielt gefördert, damit aus dem Stadium von Forschung und Entwicklung der Sprung zu Innovationen gelingt.

Für neu zu errichtende öffentliche Gebäude sind in der EU weitreichende Gesetzentwürfe vorgelegt worden. Jedes dieser Gebäude soll bis zum Jahr 2020 eine auf „Null" ausgeglichene Energiebilanz aufweisen. Die Energiemenge, die durch Sonnenstrahlung in das Gebäude gelangt, soll der Energiemenge entsprechen, die verbraucht wird, um durch Heizung, Kühlung, Beleuchtung und Lüftung einen hohen Wohnkomfort im Gebäude zu sichern. Damit dieses Ziel erreicht werden kann, sind Innovationen erforderlich, insbesondere auf den folgenden Gebieten:

- Intelligente Baustoffe
- Intelligente Fenster
- Leichtbauwerkstoffe
- Ressourceneffizienz

Unabhängig von EU-Programmen steht das Thema „Energieeffiziente Gebäude" auch im Fokus von Bundes- und Landesförderprogrammen in Deutschland. Auf Länderebene in Bayern seien hier das Graduiertenkolleg „Energieautarke Gebäude" innerhalb der TechnologieAllianzOberfranken sowie die Fördermöglichkeiten durch die Bayerische Forschungsstiftung genannt. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat das Förderprogramm „Neue Werkstoffe für urbane Infrastrukturen - HighTechMatBau" eingerichtet. Signifikante Innovationen mit dem Ziel, den Energiebedarf im Gebäudesektor deutlich zu verringern, werden unter anderem von neuen Materialien erwartet, die einen deutlich geringeren Energiegehalt als herkömmliche Werkstoffe aufweisen. Ein ebenso bedeutender Faktor sind neue Technologien, mit denen die im Produktionsbereich benötigte Energie deutlich gesenkt werden kann. Zudem ist es wichtig, dass es gelingt, die Stoffkreisläufe zu schließen. Einen unverzichtbaren Beitrag zur Ressourceneffizienz leistet auch das „Up-Cycling" von Baustoffen und Komponenten, beispielsweise von Fenstern und Fassadenelementen. Hierbei handelt es sich um ein Recycling, das zu qualitativ gleich- oder sogar höherwertigen Produkten führt.

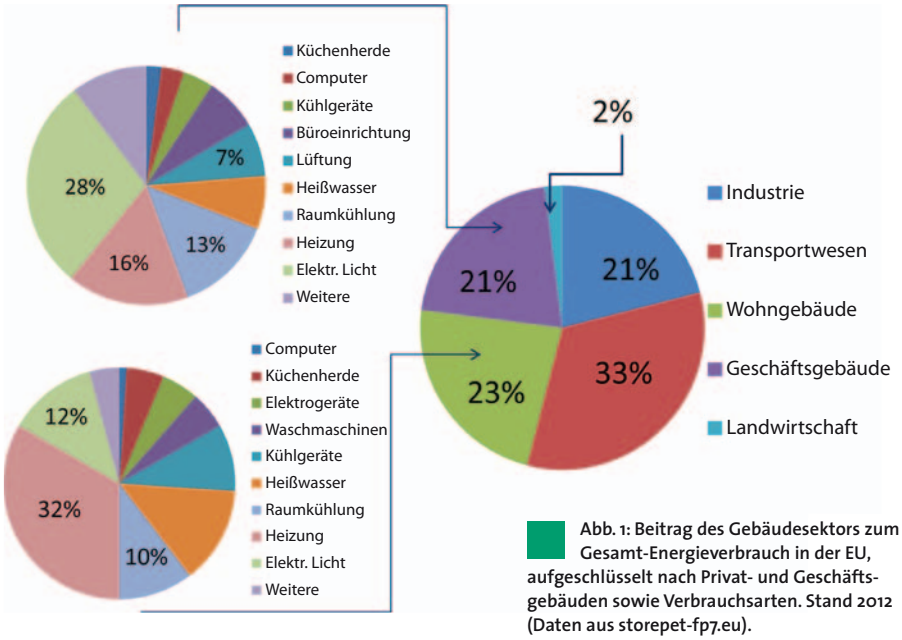


Abb. 1: Beitrag des Gebäudesektors zum Gesamt-Energieverbrauch in der EU, aufgeschlüsselt nach Privat- und Geschäftsgebäuden sowie Verbrauchsarten. Stand 2012 (Daten aus storepet-fp7.eu).

Die Universität Bayreuth ist an zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekten auf diesen Innovationsfeldern aktiv beteiligt. Schwerpunkte am Lehrstuhl für Werkstoffverarbeitung sind dabei die Materialentwicklung sowie die Entwicklung neuer Verarbeitungsverfahren und Systemlösungen für energieeffiziente Gebäude, wie die folgenden Beispiele zeigen.

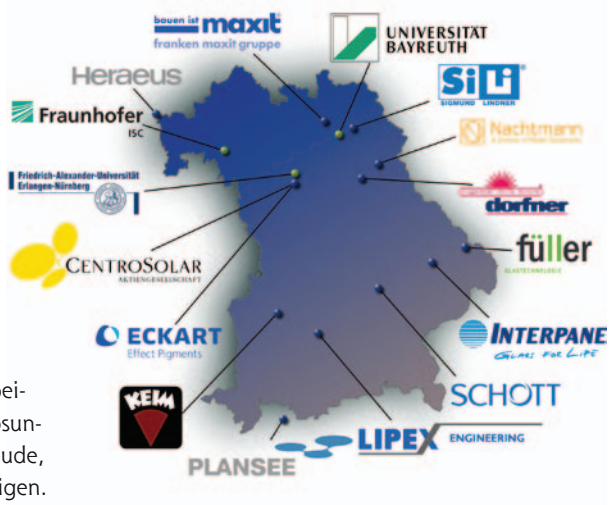


Abb. 2: Die Industriepartner im Projekt FORGLAS.

Glasbasierte Werkstoffe für energieeffiziente Gebäudetechnologien

Im Forschungsverbund FORGLAS, der von der Bayerischen Forschungsstiftung gefördert wurde, haben mehrere ingenieurwissenschaftliche Lehr-

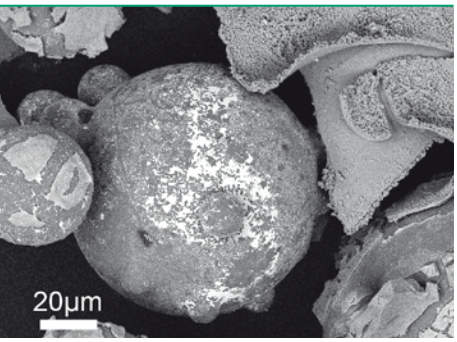


Abb. 3: Im Projekt FORGLAS entwickelte Glasadditive von Farben und Putzen. Bei den helleren Stellen handelt es sich um Silber, bei den dunkleren um Titanoxid (Elektronenmikroskopische Aufnahme: Benedikt Scharfe).

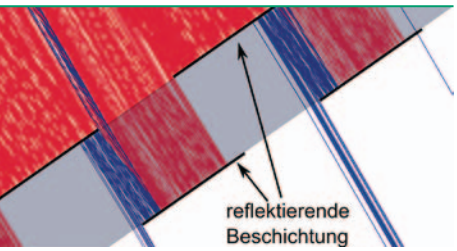


Abb. 4: Beschichtung von Glasdachziegeln (Grafik: FORGLAS).

AUTORIN

Prof. Dr. Monika Willert-Porada ist Inhaberin des Lehrstuhls für Werkstoffverarbeitung an der Universität Bayreuth.

stühle der Universität Bayreuth sowie zahlreiche Industriepartner zusammengearbeitet (Abb. 2). Gemeinsam haben sie Werkstoffe und Bauteile auf der Basis von Glas entwickelt, die es ermöglichen, die in Gebäude einfallende Wärme- und Strahlungsenergie zu regulieren. So können Innenwandfarben, denen speziell beschichtete Glaspartikel hinzugefügt werden, einfallendes Infrarotlicht reflektieren; und Putze sind aufgrund solcher Additive in der Lage, je nach Jahreszeit Licht und Wärme aufzunehmen oder abzugeben (Abb. 3). Die Erwärmung durch Sonnenstrahlung ist insbesondere bei Bedachungen ein Problem. Hierfür wurden in FORGLAS massive Glaselemente entwickelt, die – abhängig von der Tageszeit – die Sonneneinstrahlung teilweise abschatten, aber so viel natürliches Licht durchlassen, dass keine Zusatzbeleuchtung erforderlich ist (Abb 4).

Optimierungen der Energiebilanz durch Leichtbau-Verglasungen

Aus dem EU-Forschungsprojekt HarWin (Harvesting solar energy with multifunctional glass-polymer windows), das vom Lehrstuhl für Werkstoffverarbeitung koordiniert wurde, sind neuartige Leichtbau-Verglasungen hervorgegangen (Abb. 5). Hier kommen Polymer-Glaspartikel-Verbundmaterialien zum Einsatz, die den „U-Wert" signifikant verringern. Dieser Wert drückt aus, wieviel Energie durch ein Fenster oder andere Gebäudeteile dringt. Je niedriger er ist, desto mehr Wärme bleibt im Gebäude erhalten. Mit den neuen Verbundmaterialien können bei einer Einbautiefe von Fenstern, die ‚nur' einer Doppelverglasung entspricht, die sehr guten wärmedämmenden Eigenschaften einer Dreifachverglasung erreicht werden.

Das hohe Gewicht vieler wärmedämmender Bauteile stellt eine besondere Herausforderung beim Bau energieeffizienter Gebäude dar. Im Projekt HarWin ist es jedoch gelungen, das Gewicht der Fenster mit Hilfe einer extrem steifen laminierten Dünnglasverglasung zu reduzieren. Zudem wurde ein Konzept für einen Leichtbau-Rahmen entwickelt. Im Vergleich mit herkömmlichen dreifach verglasten Fenstern lässt sich jetzt das Gesamtgewicht wärmedämmender Fenster um rund 50 Prozent senken. Zugleich kann ein höherer Anteil des sichtbaren Sonnenspektrums für die natürliche Helligkeit in Räumen genutzt werden.
Bewusst hat man in HarWin darauf verzichtet, die einfallende Licht- und Wärmestrahlung durch Techniken der Verschattung zu verringern. Stattdessen ist die Verglasung dahingehend weiter entwickelt worden, dass sie Licht- und Wärmestrahlen nur innerhalb bestimmter Wellenlängenbereiche hindurchlässt. Zu diesem Zweck wurden Low-Emissivity-Gläser (Low-E-Gläser) und antireflexionsbeschichtete Dünngläser eingesetzt. Sie bewirken, dass die sichtbare Strahlung optimal genutzt und gleichzeitig ein Wärmestau in den Räumen vermieden werden kann. Polymer-Glas-Verbundfolien, mit denen die Dünngläser laminiert wurden, sorgen für die nötige Steifigkeit und Bruchsicherheit der Verglasung sowie für die gewünschte Schalldämmung (Abb. 6).

Insgesamt standen bei HarWin die folgenden Entwicklungsziele im Mittelpunkt:

- *Entwicklung neuer Verbundwerkstoffe für den Leichtbau von Gläsern und Rahmen.* Computersimulationen können beispielsweise darüber Auskunft geben, wieviel Energie während der Gebäudenutzung dank neuer Werkstoffe eingespart werden kann, und wieweit sich die in Materialien und Bauteilen gespeicherte Energie verringern lässt.
- *Integration von Komponenten zur thermischen Speicherung und zur Umwandlung von solarer Energie durch Lumineszenz.* So wird die Wärmeaufnahme und -abgabe eines Gebäudes gepuffert, der nutzbare sichtbare Anteil der Sonnenstrahlung wird erhöht. Mit Simulationen am Computer gelangt man zu energetischen Gesamtanalysen verschiedener Gebäudearten in unterschiedlichen Klimazonen.
- *Analyse und Optimierung der Ökobilanz zukünftiger Fenster.* Auf dieser Grundlage lassen sich Leitlinien für die Auswahl geeigneter Materialien sowie für die geeignete Integration der Produkte in verschiedenen Gebäudearten entwickeln.

Mikro-Hohlglaskugeln: eine neue Basis für eine energieeffiziente Dämmung

Die energetische Sanierung des Immobilienbestandes und insbesondere die Wärmedämmung von Fassaden sind wichtige Bausteine der Energiewende. Zahlreiche Materialien, die heute zur Wärmedämmung eingesetzt werden, sind allerdings im Hinblick auf ihre CO_2-Gesamtbilanz, ihre Rezyklierfähigkeit und den notwendigen Flammschutz unzulänglich oder problematisch. Vor diesem Hin-

Abb. 6: HarWin-Fenster-Element aus Leichtbau-Isolierverglasung und Leichtbau-Rahmen (Foto: Manfred Arnold, INGLAS GmbH).

LINKTIPPS

Homepage des Projekts FORGLAS:
- **www.forglas.uni-bayreuth.de**

Homepage des Projeks HarWin:
- **www.harwin-fp7.eu**

tergrund erscheinen neuartige glasbasierte Materialien zunehmend attraktiv. Mikro-Hohlglaskugeln, die Baustoffen hinzugefügt werden, können deren Wärmedämmeigenschaften enorm verbessern. Zudem zeichnen sich diese glasbasierten Dämmstoffe durch eine bisher nicht erreichte Kombination weiterer Eigenschaften aus, wie etwa Langzeitstabilität, sehr gute Dampf- und Feuchteregulierung, vollständige Recyclierbarkeit und eine umweltfreundliche CO_2-Gesamtbilanz.

Weil sich Mikrohohlglas-Kugeln durch eine besondere Morphologie auszeichnen, ist eine große Variationsbreite beim Schüttgewicht und bei der Wärmeleitung möglich. So können vielfältige Leichtbau-Wärmedämmstoffe realisiert werden, die den bisher üblichen Glasfaser-Materialien und EPS-Dämmstoffen überlegen sind. Im BMBF-geförderten Projekt Ecosphere wird die Universität Bayreuth die Entwicklung solcher Dämmstoffe gemeinsam mit Industriepartnern weiter vorantreiben.

Abb. 7: Neuartige Glasplättchen (*glass flakes*) verringern als Additive den ‚U-Wert' von Fenstern (Foto: Christian Wißler).

Ausblick

Die Entwicklung und Einführung neuer Produkte im Gebäudebereich ist an Bau- und Renovierungszyklen gebunden, die in der Größenordnung von Jahrzehnten liegen. Ein entsprechend „langer Atem" ist notwendig, um von der Forschungs- und Entwicklungsphase in die Produktions- und schließlich zu einer kommerziell erfolgreichen Nutzungsphase zu gelangen. Eine weitere Schwierigkeit bei der Innovation ist die starke Marktsegmentierung. Eine enorme Vielfalt an Produkten ist notwendig, um den jeweiligen individuellen Wünschen der Auftraggeber entsprechen zu können. Genau darin liegt aber auch eine Chance für neue Baustoffe und Bauteile. Sonderanwendungen und prestigeträchtige Demonstrator-Objekte können ein geeigneter Ausgangspunkt sein, um den Nutzen, aber auch die Risiken neuer Technologien und Materialien zuverlässig zu bewerten.

Intelligente Fenster (*smart windows*) sind eine vielversprechende Innovation, die zum Beispiel in neuen Großflugzeugen genutzt wird. Sie werden aus Gläsern mit elektochromer Beschichtung gefertigt, die imstande sind, ausgewählte Bereiche des sichtbaren und des nichtsichtbaren Lichts entweder hindurchzulassen oder zu blockieren.

Voraussichtlich werden nationale und EU-weite Vorgaben, die auf eine weitere Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden abzielen, eine treibende Kraft bei der Einführung dieser Technologie in den Gebäudemarkt sein. Erfreulicherweise zeigen neuere Marktstudien, dass für Intelligente Fenster zwar ein kleiner, aber wachsender Markt besteht.

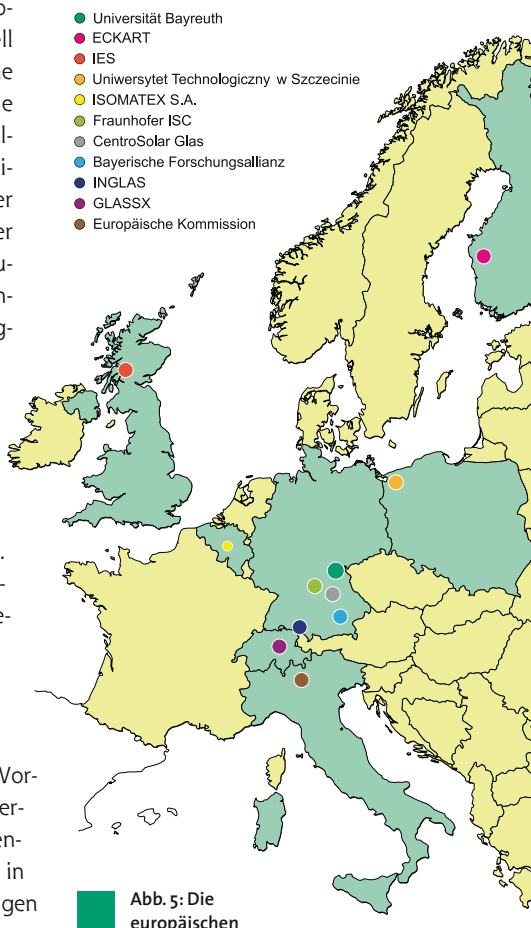


Abb. 5: Die europäischen Partner im Forschungsprojekt HarWin.

Carl Beierkuhnlein

Ökologie innovativ

Im Fokus: Lebensqualität und ökologische Dienstleistungen in Schutzgebieten Europas

Der Nationalpark Gran Paradiso in Norditalien ist eines der Untersuchungsgebiete im EU-Projekt ECOPOTENTIAL. Hier überlebte die letzte Population der Alpen-Steinböcke, die heute wieder im gesamten Alpenraum anzutreffen sind. Solche Gebirge sind für den Menschen nicht nur als Erholungs- und Wirtschaftsräume von Bedeutung, sie spielen darüber hinaus eine Rolle für den Gebietswasserhaushalt, für den Kohlenstoffhaushalt und für den Erhalt der Biodiversität. Folglich sind sie auch relevant für die Einhaltung internationaler zwischenstaatlicher Abkommen (Großes Foto: Riotforlife / Wikimedia Commons / CC-BY-SA-3.0; Kleines Foto: Fulvio Spada / Wikimedia Commons / CC-BY-SA-2.0).

Das Interesse des Menschen an der Natur ist sehr vielfältig und in verschiedenen Gesellschaftsgruppen unterschiedlich ausgeprägt. Zudem ist es Veränderungen unterworfen. Der herrschende Zeitgeist, die ökonomischen Rahmenbedingungen und der Kenntnisstand zu natürlichen Phänomenen sind in ständigem Wandel begriffen. Entsprechend ändert sich auch die Fähigkeit des Menschen, die Natur wahrzunehmen. Daher ist der Naturschutz kein Postulat, das sich losgelöst vom sozialen und kulturellen Umfeld auf rein naturwissenschaftliche Argumente stützen könnte. Vielmehr ist er seit seinen Anfängen eng mit gesellschaftlichen Entwicklungen verwoben. Starke Triebfedern waren die Industrialisierung, die geistige Emanzipation des Bürgertums, die Entwicklung der Forstwirtschaft und des gezielten Managements von Wäldern und nicht zuletzt die Naturforschung. Insbesondere Alexander von Humboldt verstand es in seinen „Kosmos"-Büchern, eine breite Leserschaft zu erreichen und seine ganzheitliche Weltsicht von der Natur populär zu machen. Allerdings war diese Sicht stark auf Objekte, auf besondere Naturerscheinungen beschränkt. Das Verständnis natürlicher Prozesse und ihrer gestaltenden und prägenden Kräfte sowie die Einsicht in die Auswirkungen dieser Prozesse auf den Menschen waren im 19. Jahrhundert noch sehr begrenzt.

Vorrangiges Ziel: die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts zu bewahren

Der moderne Naturschutz, wie er sich dann im 20. Jahrhundert entwickelt hat, ist keineswegs ein in sich einheitliches, klar abgegrenztes gesellschaftliches Phänomen. Administrative Strukturen und organisierte Gesellschaftsgruppen wie Vereine und Naturschutzverbände vertreten oft sogar unterschiedliche Positionen. Insgesamt jedoch ist zu konstatieren, dass neben ethischen und historischen Argumenten vor allem das Interesse am Funktionieren der Natur und ihrer Teile im Vordergrund steht. Es geht dabei keineswegs um die Wiederherstellung einer „Wildnis", die in Europa ohnehin schon lange keinen Platz mehr hat. Ebensowenig ist es das Ziel, Lebensgemeinschaften oder Ökosysteme in einem Zustand zu erhalten, von dem man letztlich nur hypothetisch annehmen kann, dass es sich um einen natürlichen Zustand handelt. Vorrangiges Ziel – auch in der Gesetzgebung sowie bei Rechtsstreitigkeiten – ist es heute, die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts zu bewahren. Ebenso erhaltens- und schützenswert sind Kulturlandschaften, die sich aus einem Wechselspiel zwischen Mensch und Natur über Jahrhunderte hinweg entwickelt haben. Ohne menschliches Einwirken, ohne planvolles Management verlören sie an Qualität. Hier wird augenfällig, wie sehr menschliches Handeln mit der Entwicklung von Natur verzahnt ist und wie sehr die von der Natur bereitgestellten Güter und Funktionen mit menschlichen Interessen korrespondieren.

Schutzgebiete: mehr als der Erhalt von ‚Naturwundern'

Ein Meilenstein bezüglich des Schutzes von Flächen war die Einrichtung des ersten Nationalparks im Jahr 1872 im Gebiet von Yellowstone, gelegen an den Grenzen der US-Bundesstaaten Wyoming, Montana und Idaho. Damals stand der Erhalt besonders beeindruckender Naturwunder im Vordergrund. Argumente, die sich auf die gefährdete Funktionalität von Natur und Landschaft stützten, kamen erst mit der weiteren Industrialisierung und dann mit den intensiven Landschaftsveränderungen im Verlauf des 20. Jahrhunderts zum Tragen. Heute werden große Schutzgebiete – beispielsweise Nationalparks, Biosphärenreservate, großflächige europäische Natura2000-Schutzgebiete oder Natur-Welterbe-Stätten (World Heritage Sites der UNESCO) – als wichtige Instrumentarien zum Erhalt von Lebensqualität aufgefasst. Man erkennt,

Abb. 1: In seinem fünfbändigen Werk „Kosmos – Entwurf einer physischen Weltbeschreibung" wollte Alexander von Humboldt eine Gesamtschau der natürlichen Phänomene auf der Erde vermitteln (Zeichnung aus dem Jahre 1807, Bleistift und Tusche von Frédéric Christophe de Houdetot).

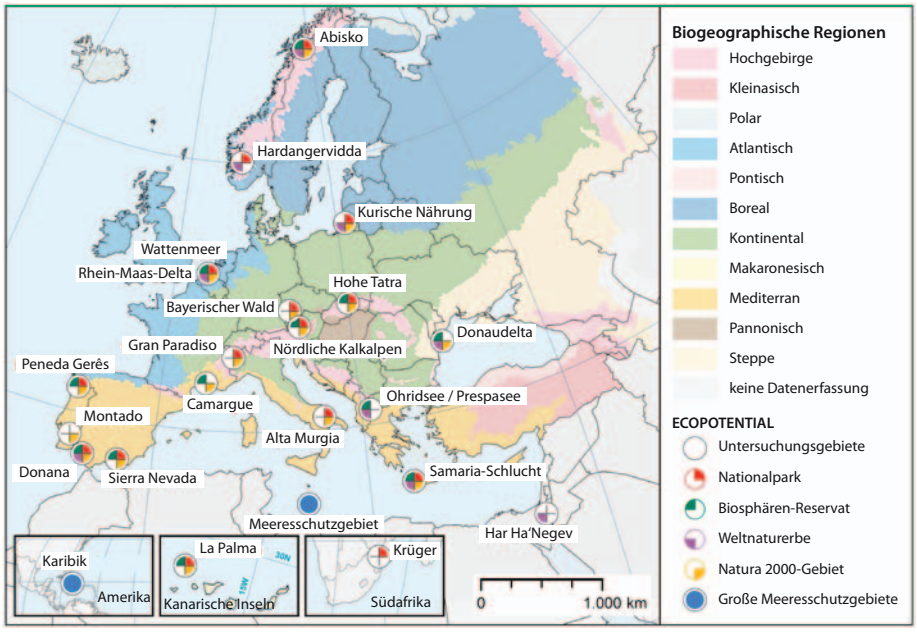


Abb. 2: Das EU-Forschungsprojekt ECOPOTENTIAL untersucht im Rahmen von HORIZON 2020 über alle biogeographischen Zonen Europas hinweg terrestrische Schutzgebiete von internationaler Bedeutung: Nationalparke, Biosphärenreservate, Welterbe-Stätten und Natura2000-Gebiete. Zusätzlich werden zwei „Large Marine Ecosystems", die Karibik und das Mittelmeer, bearbeitet. 47 Partnerinstitutionen aus verschiedenen Ländern sind daran beteiligt (Grafik: ECOPOTENTIAL).

dass sie weit über ihre eigentliche Fläche hinaus für die Menschen von Bedeutung sind.

Diese Schutzgebiete sind aber zunehmenden Belastungen ausgesetzt, die spürbare Effekte verursachen und sogar zum dauerhaften Verlust ihrer ökologischen Leistungsfähigkeit führen können. Die Veränderungen sind vielfältiger Art. Hierzu zählen:

- veränderte Witterungsverhältnisse im Zuge des Klimawandels
- Einträge von Stickstoffverbindungen im Boden
- ein zunehmender Besucherverkehr und dadurch verursachte Umweltbelastungen
- die Aufgabe historischer Landnutzung

Es ist keine triviale Aufgabe, den Erhalt von Schutzgütern mit solchen Einwirkungen abzugleichen, kritische Trends zu erkennen, Grenzwerte zu bestimmen und ihre Überschreitung zu messen. Genau dies ist gefordert, um frühzeitig lenkend und schützend eingreifen zu können.

Spitzentechnologie in der Fernerkundung für die ökologische Forschung

Im Projekt ECOPOTENTIAL, das aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm HORIZON 2020 der Europäischen Union gefördert wird, geht es um europäische Schutzgebiete von internationaler Bedeutung (Abb. 2). Die europäischen Staaten und die EU haben sich in der Biodiversitätskonvention, die 1992 nach der UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro unterzeichnet wurde, zum Erhalt der biologischen Vielfalt verpflichtet. Zum Stichjahr 2010 konnten aber kaum belastbare Aussagen gemacht werden. Umso dringlicher schien die Etablierung eines kostengünstigen Monitoring, das verlässliche Auskünfte über die Entwicklung der Artenvielfalt bereitstellt. Allerdings ist es unmöglich, selbst für die – vergleichsweise kleinen – hochklassigen Schutzgebiete in Europa flächendeckende biologische Kartierungen in dem erforderlichen engen zeitlichen Rhythmus durchzuführen. Satelliten und die von ihnen gelieferten Daten können die Expertise von Feldökologen zwar sinnvoll ergänzen, aber nicht ersetzen. Zudem stellt sich heute vermehrt das Problem der „Erosion der Artenkenner". Nur noch wenige Universitäten bilden Absolventen mit den erforderlichen botanischen Kenntnissen aus, obwohl deren Expertise auf dem Arbeitsmarkt durchaus gefragt ist.

„Heute werden grosse Schutzgebiete als wichtige Instrumentarien zum Erhalt von Lebensqualität aufgefasst."

Vor diesem Hintergrund baut ECOPOTENTIAL zunächst auf die effiziente Nutzung bestehender Informationen, vorliegender Erfassungen und Daten. Diese werden mit frei zugänglichen Erdbeobachtungsinformationen in Verbindung gebracht. Die so erzielten Resultate werden über das weltweite „Global Earth Observation System of Systems (GEOSS)", eine staatsübergreifende Struktur der „Group on Earth Observations (GEO)", öffentlich zur Verfügung gestellt. Kommunikation und freier Zugang zu Informationen entspricht der Grundphilosophie von HORIZON 2020. Zwischen GEOSS und dem Erdbeobachtungsprogramm Copernicus der Europäischen Union besteht ein enger Datenaustausch. Copernicus liefert eine Vielzahl geo- und umweltwissenschaftlicher Daten, die von unterschiedlichen Diensten ermittelt werden. Dabei kommen Satelliten und Flugzeuge ebenso zum Einsatz wie boden- oder meeresgestützte Beobachtungsstationen. Für verschiedenste gesellschaftliche Interessensgruppen werden alle diese

LINKTIPP

Homepage des EU-Projekts ECOPOTENTIAL:

- **www.ecopotential-project.eu**

Abb. 3: Seit Ende April 2016 ist das Zwillingspaar der beiden Satelliten Sentinel 1A und 1B erfolgreich in der Erdumlaufbahn etabliert. Ausgestattet mit leistungsstarken Sensoren und Radar kann die Entwicklung von Vegetation und Umwelt in hoher zeitlicher Auflösung beobachtet werden. Der gesamte Planet wird alle sechs Tage komplett abgedeckt. Im EU-Projekt ECOPOTENTIAL wird diese Fernerkundung zum Monitoring von international bedeutsamen Schutzgebieten eingesetzt. Hier eine Fotomontage mit dem © ESA–Pierre Carril.

Daten aufbereitet und zur Nutzung bereitgestellt. Die Hauptnutzer von Copernicus-Diensten sind politische Entscheidungsträger und Behörden, aber auch die Privatwirtschaft ist an den Informationen interessiert. Neue Geschäftsfelder eröffnen sich vom Tourismus bis zum Risikomanagement, von der Land- und Forstwirtschaft bis zum Umwelt- und Naturschutz.

Derzeit wird mit den Satelliten des Sentinel-Programms eine neue Ära der Fernerkundung eingeläutet (Abb. 3). Diese Satelliten wurden speziell für das Copernicus-Programm entwickelt. Bei Sentinel-1,-2, -3, -5P und -6 handelt es sich um eigentliche Satelliten (teils in mehrfacher Ausführung), Sentinel-4 und -5P sind Instrumente an Bord des Wettersatelliten EUMETSAT. Insgesamt werden in naher Zukunft mehr als 30 Satelliten in einem engen Umweltbeobachtungsverbund zusammenwirken. Verantwortlich für die Entwicklung und Implementierung der Sentinels ist die European Space Agency (ESA). Sie kooperiert eng mit ECOPOTENTIAL, aber als Institution der EU kann sie nicht selbst Partner in einem EU-Projekt sein.

Integration der Daten: Anforderungen an die Feldforschung

Eine besondere Herausforderung liegt angesichts dieser stürmischen Entwicklung darin, Daten im Gelände so zu erheben oder zu verifizieren, dass sie mit den Fernerkundungsinformationen in enge Verbindung gebracht werden können. In diesem Zusammenhang stehen die Forschungsarbeiten im Projekt ECOPOTENTIAL vor vielfältigen Aufgaben:

- Die von Satelliten gelieferten Messdaten einerseits und die am Boden oder an der Meeresoberfläche ermittelten Daten andererseits müssen in räumlicher Hinsicht miteinander abgeglichen werden. Nur so können die Erdpunkte, auf die sich diese Daten beziehen, eindeutig identifiziert werden.
- Ebenso müssen Messdaten, die zu verschiedenen Zeitpunkten erhoben wurden, korrekt aufeinander bezogen werden. Nur so können beispielsweise die verschiedenen Etappen einer biologischen Entwicklung fehlerfrei bestimmt werden.

Abb. 4: Auf der kanarischen Insel La Palma, die von der UNESCO als Biosphärenreservat definiert wurde, gibt es derzeit 21 Schutzgebiete für den Natur- und Landschaftsschutz. Hier findet alljährlich eine von der Universität Bayreuth organisierte Science School statt (Foto: Carl Beierkuhnlein).

Abb. 5 (links unten): Drachenbaum bei Las Tricias auf La Palma (Foto: Carl Beierkuhnlein).

Grundsätzlich ist zu vermeiden, dass bei der Fernerkundung Datenartefakte erzeugt werden – also Messergebnisse, die dazu verleiten, sich über die tatsächlichen Verhältnisse am Boden oder an der Meeresoberfläche zu täuschen. Zugleich ist es unbedingt erforderlich, dass wesentliche Schutzgüter und die mit ihnen zusammenhängenden Funktionen und Dienstleistungen auch tatsächlich abgebildet und quantifiziert werden. Solche Arbeiten finden derzeit in ausgewählten Schutzgebieten, wie zum Beispiel am Gran Paradiso, statt (vgl. S. 66).

Die Veränderungen der Umwelt verlaufen heute rapide, sie übersteigen das Anpassungs- und Reaktionsvermögen vieler Arten und Ökosysteme. Die technologischen Innovationen sind aber ebenfalls von atemberaubender Geschwindigkeit. Die Herausforderung der modernen Ökologie ist es nun, adäquate und flexible Lösungsansätze angesichts dieser Entwicklungen zu finden, um die Leistungsfähigkeit unserer wertvollsten Schutzgebiete zu erhalten.

AUTOR

Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein ist Inhaber des Lehrstuhls für Biogeografie an der Universität Bayreuth und Mit-Koordinator des EU-Forschungsprojekts ECOPOTENTIAL.

René Umlauf
Ulrike Beisel
Dieter Neubert

Innovationen in afrikanischen Gesundheitssystemen

Die Einführung von diagnostischen Schnelltests in der Malariakontrolle

Malariaschnelltests im Einsatz in Bo Distrikt, Sierra Leone, 2011 (Foto: Uli Beisel).

Malaria ist eine alte parasitäre Infektionskrankheit, die bis in die 1970er Jahre auf nahezu allen Kontinenten unterschiedlich stark verbreitet war. Diese vergleichsweise komplexe Globalgeschichte von Malaria trug unter anderem dazu bei, dass die Bekämpfung und die damit verbundenen technischen und finanziellen Aufmerksamkeitsschübe auch immer mit einem Wandel des gesundheitswissenschaftlichen Status der Krankheit einherging. Ganz gleich allerdings, ob Malaria dabei als ‚Tropenkrankheit', ‚Kriegskrankheit', Armutskrankheit' oder ‚vernachlässigte Krankheit' angesehen wurde – keine noch so großangelegte Intervention konnte bis heute verhindern, dass die Krankheit auch weiterhin in vielen Teilen der Welt ein zentrales Gesundheitsproblem darstellt.

In den letzten zehn Jahren ist Malaria neben der HIV/Aids-Bekämpfung zu einem der zentralen Aufgabenbereiche von Global Health-Programmen avanciert. Dies ist zu einem wesentlichen Teil auf den Einsatz innovativer Technologien zurückzuführen, die nicht allein auf die Therapie, sondern zunehmend auch auf die Prävention und die Diagnose der Krankheit abzielen. Zur Prävention dienen neben effektiven Antimalaria-Medikamenten, die den Wirkstoff Artemisinin enthalten, auch Moskitonetze, die mit Insektiziden imprägniert sind. Darüber hinaus ist vor allem die standardisierte Verwendung von Malaria-Schnelltests (*Rapid Diagnostic Tests*) eine weitreichende Neuerung im Feld der globalen Malariabekämpfung. Sie soll einen treffsicheren Einsatz von Malariamedikamenten ermöglichen. Die Gelder, die auf diese Weise eingespart werden, sollen eine umfassendere Behandlungsdichte ermöglichen und die Gefahr verringern, dass unnötige Behandlungen zu Resistenzen führen.

Mobile Infrastrukturen statt voraussetzungsreicher Laboratorien

Wie eingangs angedeutet, handelt es sich bei Malaria auch deshalb um eine alte Krankheit, weil deren biomedizinische Definition bereits im späten 19. Jahrhundert etabliert wurde. Dazu trug der Einsatz von Mikroskopen erheblich bei. Heute sind, wenn es um die Diagnose geht, auch einige alternative Verfahren verfügbar – insbesondere die genannten Malaria-Schnelltests sowie eine Reihe aufwändiger Verfahren aus dem Bereich der Genomsequenzierung (wie etwa die Polymerase-Kettenreaktion). Doch auch weiterhin bildet die mikroskopbasierte Malariadiagnose den wissenschaftlichen ‚Gold-Standard'. So zählt auch in den meisten afrikanischen Gesundheitssystemen die Malariamikroskopie zur Standardausstattung der meisten medizinischen Labore und Krankenhäuser. Allerdings ist sie ein vergleichsweise voraussetzungsvolles Verfahren – nicht nur wegen der Ortsgebundenheit, sondern auch wegen des nötigen Expertenwissens bei der spezifischen Handhabung der Mikroskope und der Auswertung der Ergebnisse. Die Abhängigkeit medizinischer Labore von Infrastrukturen – insbesondere von Elektrizität und Wasser – tragen zusätzlich dazu bei, dass die Mikroskopie in den meisten afrikanischen Ländern nicht flächendeckend verfügbar ist.

Von den Schnelltests erhofft man sich daher, dass sie die parasitenbasierte Diagnose *aus* den Laboren *näher* an die Patientinnen und Patienten bringen können. Eine zentrale Annahme dabei ist, dass sich genaueres Krankheitswissen positiv auf die Behandelbarkeit auswirkt, also auf die Frage, wann Malariamedikamente verschrieben werden sollten. Die Schnelltests sind daher ein Beispiel für eine ‚angepasste Technologie'. Dieses Konzept wird in der Entwicklungsökonomik auf Innovationen angewendet, die auf die besonderen Gegebenheiten von Entwicklungsländern – zum Beispiel Kapitalmangel und geringe Verbreitung von wissenschaftlich-technischem Know-how – Rücksicht nehmen. In gewisser Weise drückt sich in den Schnelltests eine Umkehrung der Dienstleistungsidee aus: Nicht mehr die Erkrankten müssen in die Labore kommen, sondern die ‚Mini-Labore' (Lab-on-a-chip) werden näher an die Patientinnen und Patienten gebracht.

Evidenzbasierte Diagnose durch einfache Handhabung

Malaria ist größtenteils in Ländern des subsaharischen Afrikas verbreitet. In den meisten dieser Länder sind mit den Schnelltests eine ganze Reihe von Erwartungen verbunden – vor allem in Bezug auf eine standardisierte Krankheitsbehandlung. Infolge der relativ einfachen und schnellen Handhabung kann die Frage, ob Malaria die Ursache der Symptome ist, nun auch an Orten genauer beantwortet werden, wo zuvor lediglich Formen der klinischen Diagnose möglich waren. Bei der klinischen Diagnose und ebenso bei einer Verdachtsbehandlung werden vorrangig äußerlich sichtbare Symptome,

Abb. 1: Ausgabebereich von Schnelltests im Mukono-Distrikt in Uganda (Foto: René Umlauf).

Abb. 2: Blick in ein Labor für Malaria-Schnelltests im Mukono-Distrikt, Uganda (Foto: René Umlauf).

AUTOREN

Dr. René Umlauf hat an der Bayreuth International Graduate School of African Studies (BIGSAS) mit einem Thema zur Malariadiagnose in Uganda promoviert und ist seitdem am Seminar für Ethnologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg tätig.

Prof. Dr. Uli Beisel ist Juniorprofessorin für Kultur und Technik in Afrika an der Universität Bayreuth.

Prof. Dr. Dieter Neubert ist Inhaber des Lehrstuhls für Entwicklungssoziologie und Sprecher des Instituts für Afrikastudien (IAS) an der Universität Bayreuth.

wie Fieber oder Augenröte, untersucht. Dabei werden die Erkrankten nach typischen Leiden wie beispielsweise Erbrechen, Durchfall, Schwindel und Appetitlosigkeit befragt. Allerdings sind die für Malaria typischen Symptome wenig spezifisch: Auch andere durchaus lebensbedrohliche Krankheiten wie etwa Lungenentzündung äußern sich vor allem bei Kleinkindern auf sehr ähnliche Weise. Deshalb sind viele Malariabehandlungen dem erhöhten Risiko ausgesetzt, dass sie bei Symptomen angewendet werden, die nicht durch Malaria verursacht sind. Dadurch wiederum verzögert sich der Einsatz von Therapien, die sich gegen die tatsächlichen Ursachen der Symptome richten – und dies birgt die nicht unerhebliche Gefahr, dass die jeweilige Krankheit zu diesem Zeitpunkt bereits in ein kritischeres und potenziell lebensbedrohliches Stadium eingetreten ist.

Die Untersuchung einer Blutprobe mit Hilfe der Schnelltests verspricht hingegen, bereits frühzeitig eine größere Gewissheit bzw. Evidenz über den tatsächlichen Krankheitsstatus zu erlangen. Wenn der Test ein positives Resultat anzeigt, ist das Pflegepersonal gehalten, Antimalariamedikamente zu verschreiben. Wenn der Test jedoch ein negatives Ergebnis sichtbar macht, sollten stattdessen zusätzliche Untersuchungen unternommen werden, die letztlich zu einer genauen Identifizierung der tatsächlichen Symptomursachen führen – gegebenenfalls in einer dafür spezialisierten Einrichtung.

Verbreitung jenseits individueller Fallbehandlung

Auch wenn es um eine weltweite Malariakontrolle geht, nehmen Daten zu weltweiten Sterblichkeits- und Erkrankungsraten in politischen und ökonomischen Entscheidungsgremien eine Schlüsselfunktion ein. So ging man noch zu Beginn der 2000er Jahre davon aus, dass jährlich zwischen 300 und 500 Millionen Menschen an Malaria erkrankten, wovon fast eine Million, darunter hauptsächlich Kinder, starben. Dass es sich bei diesen Zahlen um grobe Schätzungen handelte, lag auch an den bis dato nur rudimentär ausgeprägten Informations- und Datenerfassungssystemen der meisten Länder, in denen Malaria endemisch ist. Heute, etwas mehr als zehn Jahre später, wird die Zahl der jährlichen Malaria-Erkrankungen auf rund 198 Millionen Fälle weltweit berechnet. Was sind die Ursachen für diesen Rückgang der Fallzahlen? Diese Frage ist Gegenstand einer höchst kontrovers geführten

Abb. 3: Patientenaufnahmebereich in einer ländlichen Gesundheitseinrichtung in Uganda (Foto: René Umlauf).

gesundheitswissenschaftlichen und entwicklungspolitischen Debatte. Häufig wird dabei auf den erfolgreichen Einsatz präventiver Maßnahmen – zum Beispiel Moskitonetze und Moskitopestizide – und auf die effektiven Verteilung wirksamer Medikamente verwiesen. Aber auch die Schnelltests haben an der neuen Konstellation zweifellos einen wesentlichen Anteil.

Die bereits erwähnte Verdachtsbehandlung war auch in gesundheitspolitischer Hinsicht problematisch. Denn aus der Vergabe von Medikamenten ließ sich kein zuverlässiges Bild über die tatsächliche Verbreitung der Krankheit ableiten – nicht zuletzt deshalb, weil in diesem Verfahren die diagnostischen Unsicherheiten bezüglich des Krankheitsstatus überwogen. Dass Global Health-Programme heute auf bessere und genauere Daten bezüglich der globalen oder regionalen Verbreitung von Malaria zurückgreifen können, ist somit ganz wesentlich an den Einsatz von Schnelltests gekoppelt. Umgekehrt bedeutet dies jedoch auch, dass genauere Fallzahlen in ein neues Interventionsfeld übersetzt werden müssen. Denn unabhängig davon, ob weltweit 100 oder 200 Millionen weniger Malariafälle behandelt werden müssen, handelt es sich dabei trotzdem um Fieberepisoden, von denen Experten nicht genau wissen, was die (regionalspezifischen) Krankheitsursachen sind. Man könnte somit auch sagen, Malaria ist als Global Health-Krankheit sowohl in ihrer (positiven) Nachweisbarkeit als auch in ihrer (negativen) Abwesenheit eine gesundheitspolitische Herausforderung.

Neue Komplexitäten angepasster Technologien

Eine sozialwissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Einführung innovativer Gesundheitstechnologien bietet eine Vielzahl von Anknüpfungspunkten. Von besonderer Bedeutung sind

- Regimetreue, die möglichst konsequente Einhaltung eines Diagnose- und Therapieplans seitens des ärztlichen und pflegerischen Personals
- Adhärenz, die Übereinstimmung des Patientenverhaltens mit den jeweiligen therapeutischen Empfehlungen

So wurde im Zuge der breitflächigen Anwendung der Schnelltests verstärkt beobachtet, dass sich das Gesundheitspersonal im Fall eines negativen Tests nicht an die Ergebnisse hält: Entgegen der Indikation (negative Malaria) werden Antimalariamedikamente verschrieben. Dabei kann gezeigt werden, dass diese Form der Abweichung weniger einem Mangel an Vertrauen in die Funktionsweise und Verlässlichkeit der Technologie geschuldet ist. Vielmehr sollte man bei einer Erklärung dieses Verhaltens berücksichtigen, dass sich die Vergabe kostenfreier Medikamente in einem Mangelkontext vollzieht. Dieser ist vorrangig dadurch gekennzeichnet, dass ein Großteil der Patientinnen und Patienten aus finanziellen oder infrastrukturellen Gründen nur einen schlechten Zugang zu einer adäquaten medizinischen Versorgung hat. So würde eine Überweisung an ein weiter entferntes Krankenhaus neue zeitliche und finanzielle Kosten mit sich bringen und darum von vielen Erkrankten nicht angenommen werden. Zusätzlich wissen die meisten Pflegerinnen und Pfleger aufgrund eigener Erfahrung: Selbst wenn Malaria im Moment des Testens nicht vorliegt, lässt die nächste Fieber- oder Malariaerkrankung im erweiterten Familienkreis der getesteten Person nicht lange auf sich warten.

„Viele Malariabehandlungen sind dem erhöhten Risiko ausgesetzt, dass sie bei Symptomen angewendet werden, die nicht durch Malaria verursacht sind."

An diesem Punkt zeigt sich zwar, dass Schnelltests als eine Form mobiler Infrastruktur vor allem bei positiven Ergebnissen zu einer genaueren Feststellung und Behandlung der Krankheit beitragen können. Gleichzeitig wird jedoch auch deutlich: Eine ähnlich sichere Behandlung im Falle negativer Testergebnisse kann gegenwärtig nicht gewährleistet werden. Die meisten Gesundheitssysteme in den subsaharischen Ländern Afrikas leiden an unzulänglichen Überweisungs- und Transportmöglichkeiten und einer daraus resultierenden Unterversorgung. Die zu bewältigenden Herausforderungen an Logistik und Infrastruktur bleiben deshalb hoch.

Literaturhinweis

- Uli Beisel, René Umlauf, Eleanor Hutchinson, and Clare I. R. Chandler: The complexities of simple technologies: re-imagining the role of rapid diagnostic tests in Malaria control efforts. In: Malaria Journal (2016) 15, (1):64.

Abb. 4: Aufnahmestation für malariaerkrankte Mütter und Kinder in Tansania (Foto: Olympia Wereko-Brobby / Wikimedia Commons / CC-BY-2.0).

Bernd Kleine-Gunk
Christian Wissler

Afrikanische Kunst als innovative Kraft

Interview mit
Prof. Dr. Bernd Kleine-Gunk

El Anatsui, Nigeria: Ohne Titel, ohne Datierung, Textildruck (Foto: DEVA).

Herr Professor Kleine-Gunk, in mehr als zwei Jahrzehnten haben sie eine international herausragende Sammlung afrikanischer Gegenwartskunst aufgebaut. Ein Teil davon wird heute, aufgrund einer Vereinbarung mit der Oberfrankenstiftung, im Iwalewahaus der Universität Bayreuth aufbewahrt. Wie kam es, dass Sie vor vielen Jahren damit begannen, Kunstwerke aus Afrika zu erwerben und immer mehr in systematischer Form zu sammeln?

Ich bin ja von Haus aus Mediziner, habe aber neben meinem Medizinstudium in Münster und Essen immer auch ein wenig Kunstgeschichte studiert. Ende der 1980er Jahre bin ich dann als relativ junger Arzt und Entwicklungshelfer für fast drei Jahre nach Simbabwe gegangen. Dort war ich ganz erstaunt über die tolle Kunstszene, die damals dort blühte. Es war vor allem die Steinbildhauerei in Simbabwe, die mich faszinierte. Da habe ich angefangen zu sammeln und habe auch die Künstler persönlich näher kennengelernt. Und wenn man einmal von diesem ‚Afrikavirus' befallen ist, von dieser ‚maladie africaine', wie die Franzosen sagen, dann fühlt man sich immer wieder dorthin gezogen. So habe ich bald auch Reisen in andere afrikanische Länder unternommen und mich dabei immer stärker für neue künstlerische Entwicklungen interessiert. Daraus ist dann allmählich die Sammlung entstanden, die ich dann versucht habe, gezielt immer weiter auszubauen.

Gibt es in der afrikanischen Kunst bestimmte Schulen oder Richtungen, die international besonders hochgeschätzt werden?

Afrika ist ein großer und vielfältiger Kontinent, und es gibt daher nicht *die* afrikanische Kunst. In der nachkolonialen Zeit haben sich zunächst an ganz unterschiedlichen Standorten vereinzelte Kunstzentren und Schulen herausgebildet. Ein herausragendes Beispiel sind die von Ulli Beier – dem späteren Gründungsdirektor des Iwalewahaus – in den 1960er Jahren initiierten Oshogbo-Workshops in Nigeria. Viele einflussreiche nigerianische Künstler sind daraus hervorgegangen. Ein weiteres Beispiel ist die sogenannte „Schule von Kinshasa", eine Art „afrikanische Pop-Art-Bewegung". Dies war die Zeit der klassischen afrikanischen Moderne, die Künstler lebten und arbeiteten hauptsächlich an ihren jeweiligen lokalen Zentren. Mittlerweile gibt es zahlreiche Künstler, die in Afrika geboren sind, aber im Ausland – zum Beispiel in Paris, London oder New York – tätig sind und den internationalen Kunstbetrieb kennen. Sie nutzen neue Medien und Ausdrucksformen, wie etwa Videoinstallationen und Collagen, und bilden die zweite Generation afrikanischer Künstlerinnen und Künstler seit dem Ende des Kolonialismus.

Im Spannungsfeld zwischen afrikanischen Traditionen und westlicher Moderne

Wie wirkt sich dieser Wandel auf die Rezeption afrikanischer Kunst aus? Sind die Werke dieser Künstler, die in der europäischen und nordamerikanischen Kunstszene zuhause sind, eher nur für eine internationale Klientel von Interesse, oder stoßen sie auch in den Herkunftsländern der Künstler auf Resonanz?

Mittlerweile wächst die Zahl von Kunstsammlern in Afrika, die ein großes Interesse für afrikanische Kunst entwickeln. Insofern zeichnet sich ein deutlicher Wandel ab. Die ersten Käufer afrikanischer Kunst waren größtenteils Nichtafrikaner aus Europa und den USA, die als Diplomaten, Unternehmer oder Entwicklungshelfer in Afrika tätig waren. Sie nahmen die von ihnen erworbenen Kunstwerke später in ihre Heimatländer mit. Umso erfreulicher ist es, dass sich seit einigen Jah-

Abb. 1: Twins Seven Seven, Nigeria: Dream of a Polo Player III , 1999, Mixed Media auf Holz (Foto: DEVA).

ZUR PERSON

Professor Dr. med. Bernd Kleine-Gunk ist Leiter einer gynäkologischen Privatpraxis in Fürth und Präsident der Deutschen Gesellschaft für Prävention und Anti-Aging Medizin (GSAAM). Seine Sammlung von mehr als 800 Werken zeitgenössischer afrikanischer Kunst gehört zu den bedeutendsten Sammlungen dieser Art in Europa.

Die Abbildungen auf den Seiten 74-78 zeigen Werke aus seiner Sammlung.

Abb. 2: Chéri Samba, Demokratische Republik Kongo: Ebola, 2014, Öl auf Leinwand (Foto: DEVA).

ren in zahlreichen afrikanischen Zentren eine eigene Kunstszene entwickelt. Es gibt eine wachsende Zahl von Galerien und Ausstellungen, und die Biennale in der senegalesischen Hauptstadt Dakar gewinnt als Forum für afrikanische Kunst eine immer stärkere Ausstrahlungskraft. In Kapstadt soll jetzt ein großes Museum für zeitgenössische afrikanische Kunst entstehen, das erste Museum dieser Art auf dem afrikanischen Kontinent. Zur „Kunst" im weiteren Sinne gehört eben nicht nur die künstlerische Produktion, sondern auch eine lebendige Szene von Galerien und anderen Treffpunkten für Kunstinteressierte.

Wenn wir noch einmal auf die Entwicklung seit dem Ende des Kolonialismus zurückblicken: Haben Künstler in Afrika zunächst einheimische Traditionen aufgenommen und weitergeführt, oder haben sie sich von vornherein mehr an ‚westlichen', internationalen Trends orientiert?

Zunächst muss man sich vergegenwärtigen, dass traditionelle afrikanische Kunstwerke – wie sie in vielen europäischen Museen präsent sind – von den Menschen, die sie geschaffen haben, eigentlich nicht als Kunst aufgefasst und signiert wurden. Es handelt sich im wesentlichen um religiöse Objekte, die in kultischen Zusammenhängen bestimmte Funktionen hatten und die erst heute von uns als Kunstobjekte wahrgenommen werden. Auch die europäischen Maler im Mittelalter haben sich ja eigentlich als ‚Handwerker Gottes' gefühlt, die in religiöse und soziale Traditionen eingebunden waren. Dass Künstler in Afrika sich bewusst als individuelle Künstler verstehen, nach dem Prinzip ‚l'art pour l'art' arbeiten und ihre Werke auch signieren – das ist eine Entwicklung, die erst in der Mitte des 20. Jahrhunderts, also unmittelbar vor der Unabhängigkeit der afrikanischen Staaten begonnen hat.

Seitdem ist afrikanische Kunst oftmals vom Spannungsverhältnis zwischen afrikanischen Traditionen und europäischer Moderne geprägt. In vielen Werken kommt dieser „culture clash" offen zum Ausdruck. Internationale Kunstformen und Erfahrungen der lokalen Alltagswelt verbinden sich dann auf kreative, spannungsreiche Weise. Da gibt es zum Beispiel die bereits erwähnte Gruppe von Malern in Kinshasa, die *peintres populaires*, die Comic Strips oder die Ästhetik von Kinoplakaten nutzen, um afrikanische Alltagszenen darzustellen. In Benin stellt Romuals Hazoumé, der auf der Kasseler Documenta ausgezeichnet wurde, traditionelle afrikanische Masken aus europäischem Zivilisationsmüll her. Und wenn ein ghanaischer Künstler Särge in Form eines Mercedes Benz produziert, dann kann man diese Spannung, dieses Hin- und Hergerissensein zwischen afrikanischen Traditionen und der westlichen Welt kaum besser auf einen künstlerischen Nenner bringen.

Komik und Kritik: Engagiert gegen politische Fehlentwicklungen

Gibt es einen Künstler, der aus Ihrer Sicht besonders innovativ und einflussreich in der afrikanischen Kunstszene ist?

Als prominentes Beispiel würde ich Chéri Samba aus der Demokratischen Republik Kongo nennen, der seit fast drei Jahrzenten so etwas wie ein afrikanischer Pop-Art-Künstler ist. Er zeigt in seinen Werken Szenen aus dem Lebensalltag seiner Heimat, bringt aber zugleich die Erlebnisse und Erfahrungen seiner zahlreichen Auslandsreisen mit ein. Er ist für mich ein afrikanischer Intellektueller, der mit künstlerischen Mitteln arbeitet, die jeder versteht. Mit den Themen seiner Werke spricht er ein breites Publikum an.

Ein Charakteristikum der zeitgenössischen afrikanischen Kunst ist ja der ungeheure Humor, der in vielen Werken zum Ausdruck kommt. Bei uns in Deutschland sind Kunstausstellungen häufig eine Art Religionsersatz, ein Dienst an der Kultur, den man mit Andacht verrichtet. Ganz anders in Afrika: Da stehen die Besucher vor den Bildern, lachen und haben ihren Spaß. Gerade die Auseinandersetzung mit europäischen und amerikanischen Kultureinflüssen vollzieht sich oft auf eine sehr spielerische Weise. Westliche Klischees werden mit Überraschungseffekten und viel Komik aufgebrochen, die beim Publikum ankommt. Trotz aller Alltagsnöte, unter denen die Menschen leiden – gute Laune und Freude am künstlerischen Witz lassen sie sich nicht verderben.

Wollen afrikanische Künstler auch die politischen Verhältnisse beeinflussen, verstehen sie sich als engagierte Künstler, die sich kritisch mit sozialen Missständen auseinandersetzen?

Eindeutig ja, und sie haben bei der Kritik an den Entwicklungen, die in ihren Ländern schief laufen, oftmals erstaunlich viele Freiheiten. Wenn die kritischen Botschaften, die in Werken der bildenden Kunst sichtbar werden, stattdessen in der Presse zu lesen wären, dann liefen manche Journalisten durchaus Gefahr, im Gefängnis zu landen. Offenbar können sich bildende Künstler mehr Freiheiten herausnehmen als Zeitungsjournalisten und Schriftsteller – und diese Möglichkeiten nutzen sie auch. Gerade die Eliten ihrer eigenen Länder nehmen sie unnachsichtig unter die Lupe. Nicht selten behandeln sie die politisch Verantwortlichen schonungsloser als manche Europäer, die dazu neigen, die Schuld an Fehlentwicklungen in Afrika einseitig auf äußere Umstände zu schieben. Künstler in Afrika sind da oft kritischer und haben ein klares Gespür für die Folgen, wenn sich Machteliten als korrupt und unfähig erweisen.

Abb. 3: Joram Mariga, Simbabwe: The Animal that used to Frighten the Children. Grüner Serpentin (Foto: DEVA).

Abb. 4: Junge Bata-Trommler, die 1963 den von Ulli Beier initiierten Mbari Mbayo Workshop für Malerei und Druckgrafik in Oshogbo, Nigeria, besuchen (Foto: Aus dem Nachlass Beier).

Gesellschaftliche Stagnation, Innovationen in Kunst und Kultur

Sehen Sie in Afrika also eine Diskrepanz zwischen politischer und wirtschaftlicher Stagnation einerseits und künstlerischer Kreativität andererseits?

Ja, und ich will gleich hinzufügen: Das war nicht immer so. In der Generation der Staatsgründer und Politiker, die ihre Länder in 1960er Jahren in die Unabhängigkeit geführt haben, gab es noch Intellektuelle und Visionäre, die in die Zukunft gedacht und für die Gesellschaften ihrer Länder neue Ideen und Konzepte entwickelt haben. Sie haben über Afrika hinaus gewirkt, denken Sie beispielsweise an Leopold Senghor im Senegal oder Julius Nyerere in Tansania. Das literarische und kulturelle Konzept der „négritude", das den Menschen in Afrika ein stärkeres Bewusstsein der eigenen Identität vermitteln sollte, trug auch im politischen Raum zu einer optimistischen Aufbruchsstimmung bei. Doch all das ist mittlerweile längst Vergangenheit, es gibt in Afrika kaum noch politische Hoffnungsträger. In vielen Ländern regieren autokratische Eliten oder Diktatoren, die sich auf Kosten ihrer Bevölkerungen bereichern. Kreativität und Innovationskraft sind dagegen in den afrikanischen Kunstszenen zuhause. Wenn man in 20 Jahren auf Afrika schaut, wird man wohl die meisten heutigen Politiker vergessen haben, aber ganz viele Künstlerinnen und Künstler werden weiter hochgeschätzt werden.

Abb. 5 und 6: *Träumende Kühe* von Jak Katarikawe aus Uganda (oben rechts). *Zuckerrohresser* von Zachariah Mbutha aus Kenia (Ausschnitt) (Fotos: Christian Wißler).

Ähnliches stellen wir fest, wenn wir auf unsere eigene Geschichte zurückblicken. Deutschland befand sich im 18. Jahrhundert in einer durchaus vergleichbaren Lage. Die politische Landschaft war geprägt durch eine Vielzahl von Territorialfürsten, die der äußerlichen Prachtentfaltung von Ludwig XIV. in Frankreich nacheiferten. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, waren sie nicht imstande, die Wirtschaft in den von ihnen regierten Gebieten substanziell voranzubringen. Vielerorts stagnierte auch die soziale Entwicklung. Kreative Impulse gingen dagegen von den kulturellen Zentren aus, von den Weimarer Koryphäen Goethe und Schiller oder später von den Salons der Berliner Gesellschaft. Und so verhält es sich heute auch in Afrika: Die Innovation kommt eindeutig aus Kunst und Kultur. Wir dürfen auf überraschende Entwicklungen gespannt sein.

Herr Professor Kleine-Gunk, haben Sie vielen Dank für das Gespräch!

In which ways or in which respect do you see yourself as an *innovative* artist/curator? Are there current traits of African Arts which you particularly regard as being *innovative*?

Beatrice Wanjiku (Kenia)

Artist in Residence im Iwalewahaus 2015

Innovation to me as an artist is being able not only to claim success in an international platform but also influencing other generations of artists that come after you. In this perspective, I feel artists like El Anatsui who recently was awarded the golden lion for lifetime achievement have influenced so many artists .Wangechi Mutu has achieved global acclaim and is regarded an important contemporary artist whose work proposes the reimagining alternate realities for Africa. I recall her installation Suspended Playtime (2008) which referenced the common use of garbage bags as improvised balls and other playthings by African children. This is a reality where I come from and an artist who has gotten such acclaim highlighting these moments.

Closer to home there are many artists who are using different mediums to express themselves to a global audience about the situations in Africa. There is a palpable energy; generations of young artists are using art to bring awareness about the state their different countries are undergoing – economically, socially, but mostly politically.

Yassine Balbzioui (Marokko)

Artist in Residence im Iwalewahaus 2014, 2015 und 2016

My first intention before starting to work is not being innovative. I need to work, and only after the laboratory work in my work space, when I mix the materials in their contexts, the innovation came maybe with itself.

For me in the African contemporary art I find that innovation is made by confrontation with others sciences, particularly anthropology.

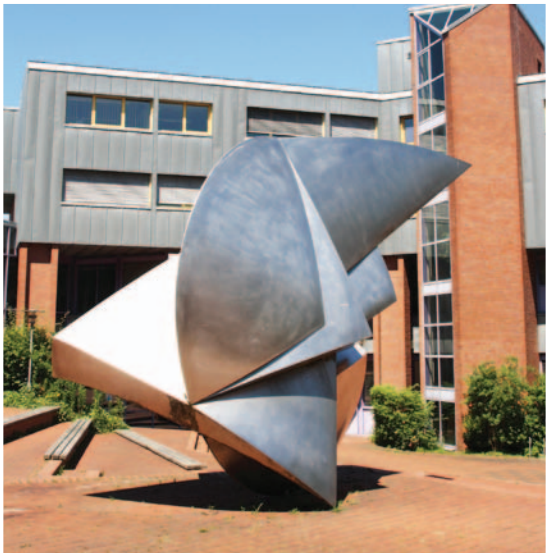
Ndidi Dike (Nigeria)

Artist in Residence im Iwalewahaus 2016

My art is structured on continuous experimentation, flexibility and malleability of new materials (both familiar and unconventional). By imbibing and breaking the perceived boundaries and rigidity of diverse mediums, I use unlikely combinations to give new ideas, forms, structures, stylistic directions, meaning and purpose in my work.

I would name the Uli, Nsibidi and Ona painting traditions from Nigeria. Uli is an art form mostly practiced by women, a technique of traditional painting on the body and on murals, used exclusively by the traditional Igbo women from Southeastern Nigeria. They paint on houses, compound walls and communal shrines in the village by using natural pigments.
Today the method has been preserved, appropriated and reinvented in modern and contemporary art – predominantly by male painters – through a cultural evolution transiting and referencing the past, and reinventing its future using modern influences.

Foto: Jide Alakija

Der Innenhof des Gebäudes Naturwissenschaften II ist ein beliebter Treffpunkt auf dem Campus der Universität Bayreuth. Seine besondere Ausstrahlung verdankt er einer Edelstahlskulptur, die der international hochgeschätzte Bildhauer Erich Hauser (1930 – 2004) geschaffen hat. Seit den 1960er Jahren war sein künstlerisches Werk von der Auseinandersetzung mit der Ordnung und Dynamik geometrischer Grundformen geprägt. Plastiken von Pablo Picasso und Berto Lardera inspirierten viele seiner Skulpturen, in denen er aus industriell vorgefertigten Stahlplatten eine neue Material- und Formensprache entwickelte.

Die Plastik auf dem Bayreuther Campus, die erst beim Anblick aus verschiedenen Perspektiven ihren Formenreichtum erkennen lässt, stammt aus dem Jahr 1984. „Mit ihrer kreisförmigen Scheibe als Grundelement und den herausdrängenden ‚Teilkörpern' korrespondiert sie intensiv mit den wissenschaftlichen Inhalten des Gebäudes – Mathematik, Physik, Chemie – und strahlt zugleich eine ungeheure Dynamik aus. Häufig geäußerte Assoziationen sind zum einen der Urknall, in dem sich die geballte Energie entlädt, die Materie ins Weltall hinausgeschleudert wird – aber auch ganz poetisch das Aufbrechen einer Blütenknospe, die dabei ist, sich zu entfalten. Es ist also, als ob man den kraftvollen Beginn einer neuen Entwicklung erlebt, die Geburt einer neuen Idee" (Ekkehard Beck).