

BIOPRO *Magazin*

Biotechnologie und Life Sciences in Baden-Württemberg

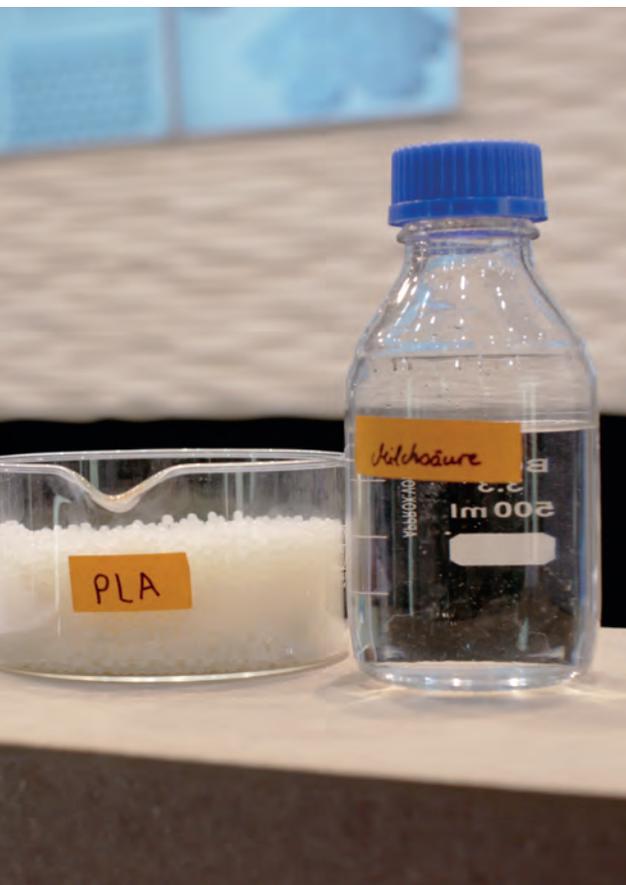
Ausgabe 1/2014

Bakterien & Enzyme als Rohstoffsammler

Wirtschaft: Insilico Biotechnology AG: Strategische Unternehmensausrichtung sichert Wachstum

Im Gespräch: Die Natur ist kein Selbstbedienungsladen für den Menschen

Wissenschaft: Bewegungsmelder im Gehirn

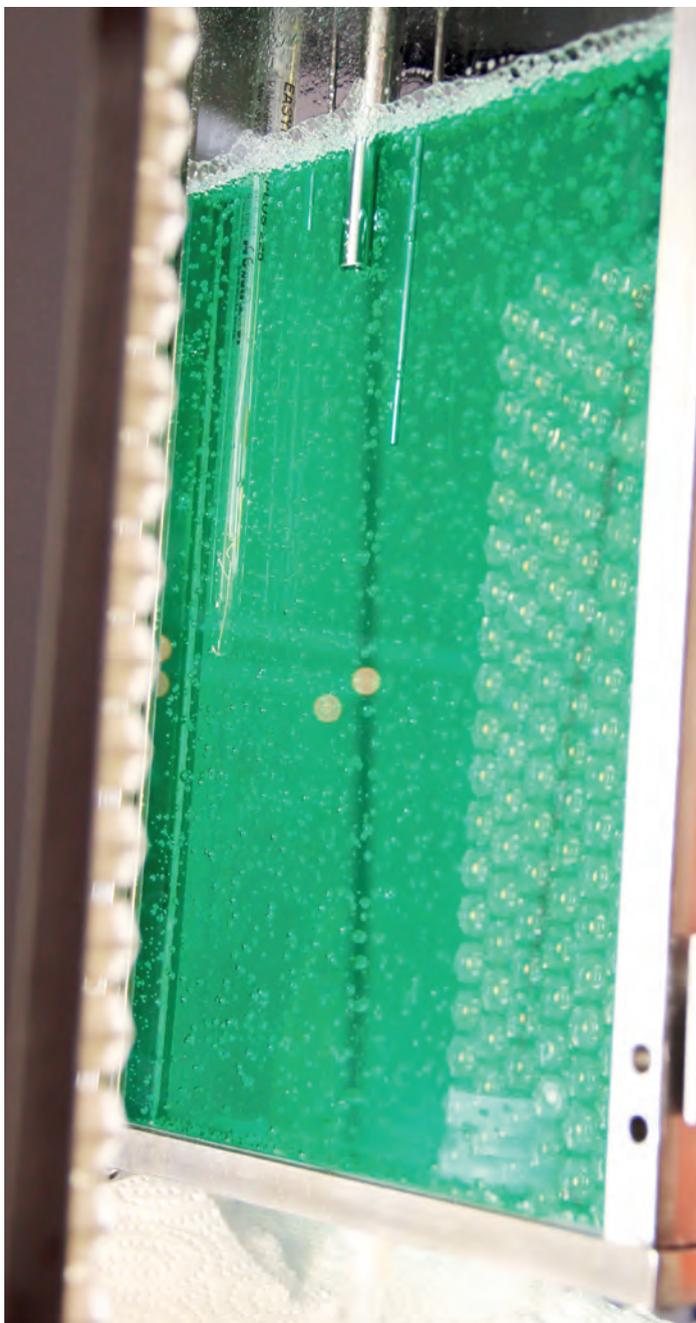


BIOPRO in Baden-Württemberg

Zur Förderung der Biotechnologie gründete die Landesregierung in Baden-Württemberg Ende 2002 die BIOPRO Baden-Württemberg GmbH. Sitz der 100-prozentigen Landesgesellschaft ist Stuttgart. Die BIOPRO ist zentraler Partner für Standortentwicklung und -marketing, Öffentlichkeitsarbeit und Wirtschaftsförderung. Sie entwickelt und begleitet die beiden strategischen Schwerpunkte Gesundheit und Bioökonomie. Dahinter stehen Themen wie bio-basierte Werkstoffe, Biomedizintechnik, Umwelt, Bioenergie und Biopharma.

Zu den Aufgaben der BIOPRO zählt, Baden-Württemberg als einen der führenden Biotechnologiestandorte national und international zu positionieren. Ein Schwerpunkt in der Wirtschaftsförderung ist, starke Partner aus der Biotechnologie zu vernetzen. Andererseits gilt es, die technologischen Leistungen und die Methoden der Biotech-Branche in angrenzende Industriesektoren zu transferieren. Damit kann die Biotechnologie ihren Wirkungskreis erweitern und sich interdisziplinär in der Wirtschaft verankern.

Als einem der forschungsintensivsten Zweige unterliegen selbst grundlegende Erkenntnisse in den Bio- und Lebenswissenschaften noch einem Wandel. Der Wissenszuwachs ist enorm, aber für Laien nicht ganz einfach zu verstehen. Hier setzt die Öffentlichkeitsarbeit der BIOPRO an und übernimmt die Rolle eines Dolmetschers. Informationen werden allgemeinverständlich aufbereitet und tragen damit zu einem Verständnis bei, wie Biotechnologie zum Nutzen der Gesellschaft eingesetzt werden kann.



Liebe Leser,

die Rohstoffe dieser Erde sind begrenzt, das gilt sowohl für das Erdöl als auch für die mineralischen Rohstoffe für die Gewinnung von Kupfer oder den Metallen der seltenen Erden. Tantal, eines der seltensten Metalle in der Erdkruste, wird im Automobilbau und in Mobiltelefonen eingesetzt, seine Recyclingquote ist jedoch sehr gering. Auch Gold findet sich in geringen Mengen in jedem Computer, und so kann ein Berg mit Elektroschrott schnell zu einer Goldmine werden. Eine Möglichkeit, mineralische Rohstoffe zu recyceln, bietet die Geobiotechnologie mit Hilfe von Bakterien. Dass zum Beispiel Gold mithilfe von Mikroorganismen wirtschaftlich aus alten Prozessoren gewonnen werden kann, zeigte ein Heidelberger Studententeam. Welche mineralischen Rohstoffe in Zukunft wieder aufbereitet werden können, lesen Sie in unserem Schwerpunkt.

Die Systembiologie bildet die moderne Basis biotechnologischer Anwendungen, sei es bei biopharmazeutischen Produkten oder bei der Wiederaufbereitung von Metallen. Die Insilico Biotechnology AG aus Stuttgart kann dank einer einmaligen systembiologischen Datenbank biochemische Prozesse in lebenden Zellen simulieren. Mehr dazu ab Seite 12. Ist der zelleigene DNA-Reparaturmechanismus beschädigt, können schwere Krankheiten wie unter anderem Krebs entstehen. Am Konstanzer Bioimaging Center untersucht Prof. Elisa May, wie die Reparatur der DNA in der lebenden Zelle abläuft.

Mit der Natur nachhaltiger umzugehen, dafür plädiert Prof. Eve-Marie Engels von der Universität Tübingen. Ihre Sicht auf die Bioökonomie erläutert die Expertin für Bioethik im Gespräch mit Dr. Petra Neis-Beeckmann.

Viel Spaß beim Lesen wünschen
Dr. Ralf Kindervater
und das Redaktionsteam der BIOPRO Baden-Württemberg GmbH



▶ Editorial	3
▶ Inhalt	4
▶ Aktuelles	5
BioMed X GmbH – Innovationszentrum zwischen Academia und Industrie	
Biotech>inside – Biotechnologie ist Innovationsmotor	
Ulmer wollen Schatz des Körpers heben	
Innovationspreis für Orthobion	
Werkzeug der Zukunft	
▶ Schwerpunkt	6
Bakterien & Enzyme als Rohstoffsammler	11
Kommentar	
▶ Wirtschaft	12
Insilico Biotechnology AG: Strategische Unternehmensausrichtung sichert Wachstum	
▶ Wissenschaft	14
Bewegungsmelder im Gehirn	16
Elisa May: Mikroskopisch genauer Blick auf DNA-Schädigungen	
▶ Im Gespräch	18
Die Natur ist kein Selbstbedienungsladen für den Menschen	
▶ Biotech & Schule	20
Neugier wecken und Nachwuchs sichern	21
Neue Möglichkeiten für das Studium der Medizintechnik	
▶ BIOPRO aktuell	22
Die Zukunft beginnt jetzt – und die BIOPRO arbeitet daran mit	
▶ Impressum	23



BioMed X GmbH – Innovationszentrum zwischen Academia und Industrie

Die im März 2013 gegründete BioMed X GmbH, Heidelberg, hat zusammen mit der Merck KGaA, Darmstadt, ein einzigartiges Innovationsmodell an der Schnittstelle von biomedizinischer akademischer Forschung und pharmaindustriebasierter Forschung entwickelt. Dabei bearbeiten talentierte Teams produktorientierte Projekte, für die sie von der Industrie finanziert und von Mentoren betreut werden. Die jungen Forscher bringen dabei ihre eigenen Ideen ein und erhalten auch die Möglichkeit zu publizieren. Nach zwei bis vier Jahren können erfolgreiche Projekte entweder vom Industriepartner übernommen oder von BioMed X in Start-up-Unternehmen überführt werden. Der Sponsor aus der Pharma- oder Biotech-Industrie verspricht sich davon nicht nur innovative Ansätze für eigene Produktentwicklungen, sondern am Ende auch einen Zustrom kreativer Talente. Als erster Sponsor konnte Merck Serono, die biopharmazeutische Sparte der Merck KGaA, gewonnen werden.

Biotech>inside – Biotechnologie ist Innovationsmotor

„Die Erfolge der biotechnologischen Forschung in Baden-Württemberg setzen wichtige Impulse für innovative Produkte in der Gesundheitsindustrie – immer verbunden mit dem Ziel, eine verbesserte Gesundheitsversorgung bezahlbar zu halten.“ Dies erklärte Ministerialdirektor Wolfgang Leidig, Ministerium für Finanzen und Wirtschaft, bei der Begrüßung der Vertreter aus Politik, Unternehmen und Hochschulen sowie aus regionalen Clustern bei der Veranstaltung Biotech>inside am 26.11.2013 in Stuttgart. Biotech>inside, eine Informationsinitiative der BIOPRO Baden-Württemberg, soll zeigen, was Biotechnologie ist und was sie kann, welche Job- und Ausbildungschancen sie bietet und welche Bedeutung sie für die Wirtschaft hat. „Das Wirkungsfeld der Biotechnologie hat

sich in den letzten Jahren entscheidend verbreitert und als Innovationsmotor Einzug in eine Vielzahl von Branchen gehalten“, erklärt Dr. Ralf Kindervater, Geschäftsführer der BIOPRO Baden-Württemberg. „Treiber sind hierbei vor allem kleine und mittelständische Unternehmen, die mit neuen Produkten an den Markt kommen.“

Ulmer wollen Schatz des Körpers heben

Der menschliche Körper hält ungeahnte Ressourcen bereit. Er setzt sogar maßgeschneiderte Wirkstoffe wie Peptide frei. Die vier Ulmer Wissenschaftler Tanja Weil, Frank Kirchoff, Jan Münch und Frank Rosenau haben daher das Ulmer Zentrum für Peptidpharmazeutika (UPEP) gegründet. Dort sollen körpereigene Peptide in den Laboren so modifiziert werden, dass sie die Pharma-Pipeline auffüllen. Kleinen Unternehmen will man bei der Entwicklung helfen, damit aus Peptiden verkaufsfähige Wirkstoffkandidaten werden. Drittmittelanträge werden gerade geschrieben, sie sollen dem Projekt finanziellen Schub geben. Das UPEP versteht sich als regionale Initiative und erweitert den Campus zu Forschern der Fakultät für Pharmazeutische Biotechnologie der Hochschule Biberach. Auch der Peptid-Pionier Wolf-Georg Forssmann aus Hannover ist an den Ulmer Campus gewechselt. Auf die Unterstützung der biopharmazeutischen Industrie wie Rentschler Biotechnologie und Boehringer Ingelheim vor Ort darf die Entwickler- und Ideenschmiede zählen.

Innovationspreis für Orthobion

Das Konstanzer Medizintechnik-Unternehmen Orthobion GmbH ist für die Entwicklung eines neuartigen Biomaterials für Wirbelsäulen-Implantate mit dem Sonderpreis beim Innovationspreis Baden-Württemberg, dem Dr.-Rudolf-Eberle-Preis, ausgezeichnet worden. Zur Marktreife des neu entwickelten „Titan-Kunststoffes“ verhalten dabei das bodenseeweite Biotechnologie-

Netzwerk BioLAGO sowie Forscher des Nano-Zentrums Euregio Bodensee. Das neue Material beschleunigt die Bildung einer stabilen Knochenbrücke zwischen Wirbelkörper und Implantat, und damit auch den Heilungsverlauf. Das Unternehmen hat die positiven Eigenschaften beider Materialien kombiniert. Der Schlüssel zum Erfolg lag dabei in einer Titanbeschichtung im Nanometerbereich.

Werkzeug der Zukunft

Mit Licht die Natur manipulieren – dies vermögen Wissenschaftler mit der neuen Methode Optogenetik. Wenn lichtsensitive Proteine an Enzyme gekoppelt sind, können sie verändertes Zellverhalten auslösen. An der noch jungen Methode tüfteln Forscher weltweit, um sie zu verfeinern, damit sie für ihre wissenschaftlichen Zwecke verwendbar ist. Prof. Dr. Ulrich Egert, Neurowissenschaftler und Inhaber des Lehrstuhls für Biomikrotechnik am Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK) der Universität Freiburg, untersucht damit Interaktionen von Nervenzell-Netzwerken und spricht von Goldgräberstimmung. Die rasante Geschwindigkeit, in der eine Optogenetik-Publikation nach der anderen erscheint, ist laut Prof. Egert unter anderem darauf zurückzuführen, dass bezüglich des Werkzeugs die Entdecker das Know-how sehr freigiebig weitergeben und so eine sehr schnelle Anwendung ermöglichen. „Jeder kann es ausprobieren und seine eigene wissenschaftliche Frage damit stellen“, sagt er, „es ist ein Werkzeug, das auch wir Neurobiologen sehr gut gebrauchen können.“



Biotech>Inside: Landtagsabgeordnete und Vertreter regionaler Life-Sciences-Cluster. (Foto: BIOPRO)



Bakterien & Enzyme als Rohstoffsammler

Durch geobiotechnologische Verfahren können mithilfe von Mikroorganismen durch das so genannte Biomining Metalle aus Erzmineralen abgebaut oder aus Abfällen recycelt werden. Dabei werden Rohstoffe wie Phosphat, Mangan, Gold, Nickel, Eisen, Zink oder Titan gewonnen. (Konzept der Montage: Kindervater, Pott, Fiala / BIOPRO, grafische Umsetzung: Designwerk Kussmaul; Fotos: vizafo / Fotolia, artush / Fotolia, mekar / Fotolia, Scanrail / Fotolia, David Marchal / istock, Henrik5000 / istock)

Während der Einsatz von biotechnologischen Verfahren zur Reinigung von Wasser, Boden und Luft bereits seit Jahren Stand der Technik ist, beginnt neuerdings auch der Einsatz von Mikroorganismen zur Rückgewinnung von metallischen oder mineralischen Rohstoffen aus Industrie-, Haushalts- oder landwirtschaftlichen Abfällen ins Interesse der Wissenschaftler zu rücken.

Vor dem Hintergrund der Erkenntnis, dass Deutschland als Industrienation mit breiter Produktionsbasis und hohem Exportanteil eine ausreichende Verfügbarkeit an Rohstoffen benötigt, wurde in den letzten Jahren in Deutschland ein ganzes Bündel an Maßnahmen geschnürt, um eine Unterstützung für die deutsche Wirtschaft anzubieten. So wurde Ende 2010 die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) zur Beratung der deutschen Wirtschaft und Politik eingerichtet. Des Weiteren wurden durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung diverse Förderprogramme im Bereich Rohstoffeffizienz-Technologien aufgelegt. Auch in Baden-Württemberg hat die grün-rote Landesregierung das Thema Ressourceneffizienz verstärkt in Angriff genommen.



Rohstoffproblematik

Im Jahr 2012 fand der erste Ressourceneffizienzkonferenz in Baden-Württemberg statt. Auf der Fortführung der Veranstaltung, dem Ressourceneffizienz- und Kreislaufwirtschaftskongress Baden-Württemberg im Herbst 2013 wurden von Prof. Martin Faulstich, Vorsitzender des Sachverständigenrates für Umweltfragen, die Eckpunkte der Landesstrategie Ressourceneffizienz vorgestellt. So werden 90 Elemente des chemischen Periodensystems als Rohstoffe in den sechs Leitindustrien in Baden-Württemberg (Maschinenbau, Automobilbau, Elektrotechnik, Chemie, Papier- und Zellstoffindustrie, metallverarbeitende Industrie) eingesetzt. Die Sachverständigen ermittelten

nun, welche Rohstoffe eine hohe Risikoversorgungslage für die sechs Leitindustrien haben, und wie hoch die Recyclingquote in den einzelnen Fällen ist. Für zehn Elemente konnte eine Recyclingquote von einem Prozent oder weniger festgestellt werden. Darunter fallen die typischen Technologiemetalle wie beispielsweise die Metalle der seltenen Erden, Tantal, Germanium oder Kobalt. Kupfer, das in Deutschland Recyclingquoten von über 50 Prozent erreicht, ist dagegen ein Rohstoff von mittlerer Bedeutung für Baden-Württemberg.

Erschließung neuer Rohstoffquellen

Viele der metallischen Rohstoffe, die für ein Funktionieren unserer Wirtschaft notwendig sind, werden bereits seit Langem bergmännisch gefördert. Eine ganze Reihe der leicht zu erschließenden Vorkommen sind mittlerweile erschöpft. Aus diesem Grund werden zunehmend Verfahren interessant, die es ermöglichen, auch noch aus den Armerzen, also Erzen mit geringem Anteil an Metall, wirtschaftlich Metalle zu gewinnen. Zusätzlich rücken auch die Sekundärrohstoffe (Rohstoffe, die durch Aufarbeitung von Abfall gewonnen werden) in den Fokus, da diese oftmals höhere Gehalte an Metallen aufweisen können als manche Armerzmine.

So stellen zum Beispiel Städte mittlerweile als so genannte urbane Minen einen riesigen potenziellen Pool an vorhandenen Sekundärrohstoffen dar. Das „Urban Mining“ („städtischer Bergbau“) soll diese anthropogenen Ressourcen aufzeigen, die Sekundärrohstoffe quantifizieren und mit entsprechenden Recyclingverfahren erschließen. Es werden kurzfristige urbane Minen wie Verpackungen, Elektrogeräte oder Gewerbeabfälle und langfristige urbane Minen wie Gebäude oder Abfalldeponien unterschieden. In diese Richtung gehen auch die weiteren Forschungen der Wissenschaftler für die Roadmap „Landesstrategie Baden-Württemberg Ressourceneffizienz“. So zeigen erste Analysen, dass in einzelnen Fällen bis zu 1000 Tonnen der kritischen Rohstoffe in baden-württembergischen Abfällen enthalten sind. Geplant ist unter anderem, eine Defizit-Analyse der bereits vorhandenen Recyclingtechnologien zu erstellen, beziehungsweise neue Recyclingtechnologien zu entwickeln und aufzubauen.

Geobiotechnologische Verfahren

In einigen Fällen können biotechnologische Verfahren zum Sekundärrohstoffrecycling die Methode der Wahl sein. Hauptsächlich werden hier Ansätze verfolgt, die bereits beim Einsatz von Mikroorganismen im Bergbau oder Umweltschutz entwickelt wurden. Im so genannten Bio-Mining (Bio-Bergbau) werden zum Beispiel Metalle wie Nickel oder Kupfer aus Erzmineralen biotechnologisch extrahiert. Dieser auch als Geobiotechnologie bezeichnete Zweig der Biotechnologie wurde 2013 umfassend in einem aktuellen Statuspapier der DECHEMA (Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.) vorgestellt.

Die Technik der Biolaugung (bioleaching), also der biologischen Umwandlung einer unlöslichen Metallverbindung in eine wasserlösliche Form, hat sich seit Mitte der 1990er Jahre rasant entwickelt, beispielsweise bei den Kupfersulfid-Erzen. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften



Goldhaltige Kontaktstifte und goldhaltige Lösung aus den Stiften eines alten Prozessors. (Foto: Fanny Georgi, iGEM Heidelberg 2013)

und Rohstoffe in Hannover hat für das Jahr 2010 alle bekannten Biolaugungs-Produktionsdaten zusammengetragen. Dabei hat sich gezeigt, dass mehr als 8 Prozent der weltweiten Gesamtjahresproduktion an Kupfer aus Biolaugungsverfahren stammen. Hierbei werden große Abraumhalden, auf denen die Abfallerze aus der klassischen Metallgewinnung gelagert werden, biotechnologisch erneut abgebaut. Diese Armerze mit beispielsweise nur noch 0,2 Prozent Kupfergehalt statt der üblichen 15 Prozent sind mit den klassischen hydro- oder pyrometallurgischen Verfahren nicht mehr wirtschaftlich abbaubar.

Geomikrobiologie als Helfer

Der Pool an Mikroorganismen, die für die biotechnologischen Verfahren eingesetzt werden können, umfasst über 30 verschiedene Arten. In vielen Fällen werden Bakterien verwendet, die man aus sauren Grubenwässern von Bergwerken isolieren kann, wie beispielsweise *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Diese so genannten chemoautotrophen Organismen gewinnen ihre Energie zum Wachstum aus der Oxidation reduzierter Metall- oder Schwefelverbindungen.

Dieselben biotechnologischen Verfahren, die dem Biomining zugrunde liegen, können auch beim Recycling von Metallen aus Elektronikschrott, Schlacken, Flugaschen oder Klärschlämmen zum Einsatz kommen. Positive Ergebnisse liegen allerdings bislang nur im Labormaßstab vor. Die Umsetzung in den industriellen Maßstab muss hier noch erfolgen.

Preisgekrönte Goldgewinnung mit Bakterien

Mit einem neuen Verfahren zum Goldrecycling konnte ein Heidelberger Studententeam beispielsweise beim renommierten iGEM-Wettbewerb („international Genetically Engineered Machines competition“) in synthetischer Biologie 2013 den ersten Preis gewinnen. Das Interesse an dem Edelmetall ist hoch, denn kein anderes chemisches Element hat Menschen über Jahrtausende hinweg so fasziniert wie das Gold – von den altägyptischen Pharaonen über die Inkas und spanischen Konquistadoren bis zum Goldfieber Kaliforniens oder Australiens und den Goldspekulationen unserer Tage. An Versuchen, Gold aus anderen als den üblichen Lagerstätten zu extrahieren, hat es seitdem

nicht gefehlt. Heute wird Gold nicht nur als nationale Reserve der Zentralbanken und für Schmuck und Kunst wie eh und je verwendet, sondern in steigendem Maße in der Elektronikindustrie, zum Beispiel als wesentliche Komponente moderner Computer und Mobiltelefone.

Ein Team von 13 Studierenden der Universität Heidelberg und des Deutschen Krebsforschungszentrums (DKFZ) hat jetzt im Rahmen des renommierten iGEM-Wettbewerbs in synthetischer Biologie eine Methode für die Rückgewinnung von reinem Gold entwickelt. Dieses wird aus Elektronikschrott mithilfe eines Peptids aus dem Bakterium *Delftia acidovorans* gewonnen. Der jetzt zum neunten Mal vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge, USA, ausgetragene Studentenwettbewerb iGEM ist inzwischen zu einem internationalen Markenzeichen geworden: Im Jahr 2013 beteiligen sich 204 Teams aus aller Welt, darunter elf aus Deutschland.

Weltmeister 2013 im iGEM-Wettbewerb

In dem Projekt, das die Heidelberger Jungwissenschaftler, die von dem Mathematiker und Systembiologen Prof. Dr. Roland Eils und Dr. Barbara Di Ventura, Gruppenleiterin für Synthetische Biologie am BioQuant Heidelberg, wissenschaftlich betreut wurden, im iGEM-Wettbewerb vorstellten, wird eine Substanz aus dem Bakterium *Delftia acidovorans* verwendet, um elementares Gold aus einer Goldlösung auszufällen und rückzugewinnen. Man hat dieses Bakterium unter anderem in Goldminen gefunden. *Delftia* schützt sich vor der toxischen Wirkung der Goldchlorid-Ionen durch die Produktion eines goldfällenden Peptids aus zehn Aminosäuren, des Delftibactins.

Vor Kurzem fanden amerikanische Forscher, dass diese synthetisierenden und modifizierenden Enzyme im *Delftia*-Genom von einem zusammenhängenden Cluster aus 21 Genen codiert werden. Das iGEM-Team hat dieser große „DEL-Cluster“ aus *Delftia* isoliert und in das leicht zu handhabende und schnell wachsende Laborbakterium *Escherichia coli* eingebaut. Experimentell konnten die Heidelberger zeigen, dass ihr rekombinanter *E.-coli*-Stamm das Delftibactin in ausreichenden Mengen produziert, sodass eine industrielle Anwendung möglich erscheint. Mit



dem rekombinant hergestellten Delftibactin konnten sie aus Goldlösungen niedriger Konzentration, wie sie bei der Extraktion aus Elektronikschrott anfallen, das Edelmetall in guter Ausbeute rückgewinnen.

Recycling auf Molekülebene

Rohstoffe auf der molekularen Ebene zu trennen, zu sortieren und dann wiederzuverwenden, ist das Ziel des Projekts „Molecular Sorting“, in dem sieben Fraunhofer-Institute gemeinsam an einer „Kreislaufwirtschaft der nächsten Generation“ arbeiten. In dem Forschungsvorhaben sollen neue, leistungsfähige Trennprozesse bis auf molekulare Ebene entwickelt werden, mit denen aus gebrauchten Produkten Rohstoffe wiedergewonnen werden können. Teil des Forschungsverbundes sind auch Wissenschaftler des Stuttgarter Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB. Sie entwickeln Wiederverwertungsverfahren für Metalle. Dabei werden die Rohstoffe mithilfe verschiedener Technologien recycelt.

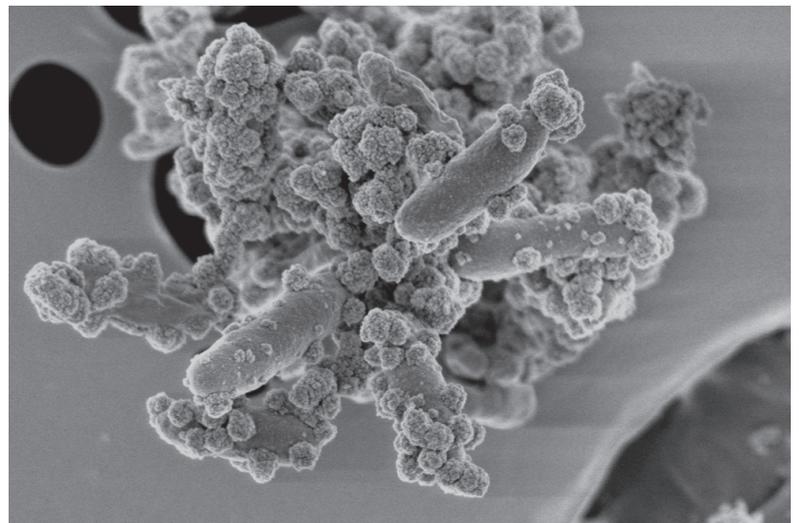
Bakterien lösen Metall aus Abfällen

Im ersten Schritt, dem Bioleaching, werden Mischkulturen aus verschiedenen Bakterienstämmen eingesetzt, die sich in ihrem Stoffwechsel gegenseitig ergänzen. Die Mikroorganismen wandeln den unlöslichen Metallanteil aus Abfällen in wasserlösliche Salze um. Das entsprechende biotechnische Verfahren wurde am Fraunhofer IGB bereits im Labormaßstab etabliert: Dabei gelang es den Stuttgarter Wissenschaftlern, die Bakterien dazu zu bringen, auf den eingesetzten Metall- oder Holzspänen Biofilme zu bilden sowie Metallionen aus den Oberflächen herauszulösen und in Lösung zu bringen. Aus den eingesetzten Materialien wurden erhebliche Mengen an Mangan, Nickel, Eisen, Kupfer, Zink und Titan gelöst sowie deren Fällung in der Suspension nachgewiesen. An einer späteren Hochskalierung wird gearbeitet, ebenso wird das etablierte Verfahren nun auch auf weitere Edelmetalle und seltene Erden ausgeweitet.

Weiterverarbeitung der Metalle

Für den nächsten Recycling-Schritt, die Aufkonzentrierung der Ionen aus den in der Regel niedrig konzentrierten Metalllösungen, entwickeln die Fraunhofer-Forscher sowohl auf Polymerbasis als auch auf der Basis von nachwachsenden Rohstoffen spezielle Adsorbentien und testen deren Nutzbarkeit in Membranadsorbern. Dabei gelang es schon, Polymere mit unterschiedlichen funktionellen Gruppen herzustellen, die eine besonders hohe Affinität zu Metallen wie Kupfer, Neodym, Silber oder Blei aufweisen und diese mit hoher Selektivität anreichern. Zudem konnte das Faserprotein Keratin aus Schafwolle so modifiziert werden, dass Silberionen effizient gebunden wurden. Die Adsorptionseigenschaften blieben auch beim Einbau in Membranadsorber erhalten.

Für den letzten Schritt der Wiedergewinnung von Metallen, die Abtrennung und Abscheidung, werden am IGB elektrophysikalische Verfahren wie die Elektrophorese und die galvanische Abscheidung weiterentwickelt. Es existiert mittlerweile ein Labor-Prototyp, mit dem



Solche eisenoxidierenden Bakterien können dazu beitragen, Cadmium im Erdboden zu immobilisieren. (Foto: Kappler, Universität Tübingen)

die Metallionen nach dem Prinzip einer Free-Flow-Elektrophorese mit hoher Trennschärfe getrennt werden können. Das Verfahren ermöglicht auch die Trennung solcher Metallionen, die in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften sehr ähnlich sind und sich deshalb mit herkömmlichen Technologien nicht ausreichend trennen lassen. Bisher gelang es den IGB-Wissenschaftlern, die Metallionengemische Kupfer-Eisen, Neodym-Eisen und Eisen-Kupfer-Neodym nahezu vollständig zu trennen.

Wenn eines Tages machbare Recyclingkreisläufe existieren, stellt sich jedoch die Frage, ob sich der ganze Aufwand auch wirtschaftlich auf dem Markt von übermorgen lohnen wird. Mit Hilfe verschiedener Modell-Szenarien, die gedanklich in die Welt von 2030 versetzen, konnten die Fraunhofer-Forscher bereits zeigen: Recycling lohnt sich auch wirtschaftlich in der Welt von übermorgen.

Böden biologisch sanieren

Doch die Geobiotechnologie liefert nicht nur Möglichkeiten, Rohstoffe zurückzugewinnen, sondern mithilfe der Mikroorganismen können Böden auch saniert werden. Werden dabei zudem Pflanzen eingesetzt, bezeichnet man die Methode als Phytoremediation. Mineralauflösende Bakterien können gemeinsam mit Pflanzen den Boden auf natürliche Weise verbessern und zum Beispiel belasteten Böden Cadmium entziehen. Unter der Leitung von Prof. Dr. Andreas Kappler erforschen Wissenschaftler der Universität Tübingen, wie Cadmium- und andere für Menschen und Tiere schädliche metallische Verbindungen aus belasteten Böden entfernt werden könnten. Dabei sollen keine aufwändigen chemischen oder mechanischen Methoden eingesetzt werden, sondern natürliche Helfer, nämlich Bakterien und Pflanzen. Das hat unter anderem den Vorteil, dass die Bodenstruktur erhalten bleibt und die natürliche Bodenfauna nicht zerstört wird.

Die Biologin Eva Marie Mühe befasst sich damit im Rahmen ihrer Doktorarbeit im Team Kappler, der das Problem umreißt: „Cadmium ist

 INFO

Alle Artikel zum Schwerpunkt finden Sie unter <http://www.bio-pro.de/magazin/thema/09147/index.html>

Rückblick: Ressourceneffizienz- und Kreislaufwirtschaftskongress Baden-Württemberg 2013

Am 12. und 13. September 2013 fand die Fortführung des 2012 erstmalig vom Land Baden-Württemberg ausgerichteten Ressourceneffizienzkongresses in der Liederhalle in Stuttgart statt. Die mit rund 800 Anmeldungen größte Veranstaltung in Deutschland zu diesem Thema startete mit einer gemeinsamen Erklärung von Umweltminister Franz Untersteller und Spitzenvertretern verschiedener Wirtschaftsverbände zur Gründung einer „Allianz für mehr Ressourceneffizienz Baden-Württemberg“.

Preisgekrönte Goldgewinnung mit Bakterien

Das Heidelberger Studententeam im internationalen iGEM-Wettbewerb „Synthetische Biologie 2013“ hat eine Methode für das Recycling von Gold aus Elektronikschrott durch Biomineralisation mit Hilfe eines Bakterien-Peptids entwickelt. Dazu wurde der gesamte Syntheseweg des Peptids rekombinant auf *E. coli* übertragen. Mit ihrem Verfahren, das mit klassischer chemischer Goldaufarbeitung konkurrenzfähig ist, errang das Team den Gesamtsieg im iGEM-Wettbewerb.

Böden biologisch sanieren: Phytoremediation mit Unterstützung von Bakterien

Mineralauflösende Bakterien können gemeinsam mit Pflanzen als natürliche Bodenverbesserer eingesetzt werden, und zum Beispiel belasteten Böden Cadmium entziehen. Das Prinzip: Die Bakterien schließen cadmiumhaltige Bodenpartikel auf, das frei werdende Cadmium wird von den Pflanzen aufgenommen und kann mit diesen einfach abgeerntet werden.

Phosphorrückgewinnung aus Kompost, Gülle & Co.

Phosphor ist für unser Leben auf der Erde unentbehrlich, da alle Lebewesen dieses Element zum Wachsen brauchen. Phosphor wird überwiegend als Düngemittel eingesetzt und derzeit noch aus Rohphosphat gewonnen. Am Stuttgarter Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB wird jetzt ein Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphor aus Gärresten und Gülle entwickelt, das es ermöglichen soll, bis zu 90 Prozent des organisch gebundenen Phosphors aus solchen landwirtschaftlichen Abfällen zu recyceln.

unter anderem in Mitteleuropa ein Problem. Einmal in den Boden eingebracht – zum Beispiel über Kunstdünger –, wird es dort auf natürlichem Wege nicht mehr abgebaut und kann über die Nahrungskette in den menschlichen Organismus gelangen. Hier wird es statt Calcium in die Knochen eingebaut und führt dazu, dass diese brüchig werden. Außerdem ist Cadmium krebserregend.“ Da Phosphate als Dünger weltweit immer knapper werden, findet man immer mehr Metallkontaminationen. „Metalle haben eine hohe Tendenz, sich mit Phosphat zu verbinden, das gilt zum Beispiel für Eisen, aber eben auch für Cadmium“, erklärt Kappler.

Pflanzen entziehen dem Boden Metallionen

Deshalb wird nach effektiven, umweltfreundlichen und kostengünstigen Methoden gesucht, um das giftige Metall wieder aus den Böden herauszubekommen. Dabei liegt Cadmium hier nicht als gediegenes Metall vor, sondern als geladenes Ion in Mineralien, zum Beispiel gebunden an Eisen(III)-haltige oxidische Minerale, uns allen als Rost bekannt. Und genau das liefert den Tübinger Forschern einen Ansatzpunkt: Es gibt Bakterien mit besonders hoher Cadmium-Toleranz, die diese Cadmium-Ionen in Lösung bringen können. Als Beispiel nennt Kappler die Bakterienart *Geobacter metallireducens*. „Diese Organismen lösen die rostigen Eisen(III)-Minerale auf, wobei ebenfalls gebundenes Cadmium mobilisiert wird“, erklärt Kappler.

Im Rahmen der Phytoremediation, auch Phytosanierung genannt, kommen dann die Pflanzen ins Spiel. „Studien haben gezeigt, dass es pflanzliche „Hyperakkumulatoren“ gibt, die besonders effizient Cadmium aufnehmen und in sehr großen Mengen in die grünen Bestandteile der Pflanze einlagern. Dazu zählt zum Beispiel die Pflanze *Arabidopsis halleri*, eine Schwesterpflanze der Ackerschmalwand“, sagt Kappler. Inzwischen haben die Forscher herausgefunden, dass das kleine Pflänzchen seine Umgebung sogar aktiv beeinflussen kann, um Cadmium zu mobilisieren. „Die Pflanze sondert organische Moleküle ab, die potenziell Mikroorganismen wie *Geobacter* anlocken können“, so Kappler.

Vom Schadstoff zum Wertstoff

Die cadmiumhaltigen Pflanzen können nun einfach abgeerntet und anschließend verbrannt werden. Da Cadmium jedoch für die heutige Hightech-Industrie einigen Wert hat, gibt es auch Überlegungen, das Metall wiederzuerwerben. Cadmium wird in der Halbleiterindustrie ebenso gebraucht wie zum Beispiel zur Herstellung von Dünnschicht-Solarzellen. Wenn der Bedarf an derartigen Anwendungen weiter steigt, könnte es sich lohnen, das Cadmium aus den Pflanzen selbst oder aus ihren Verbrennungsrückständen zu recyceln. Ähnliche Überlegungen gibt es bereits mit anderen Metallen, wie zum Beispiel Zink.

Phosphor – ein wichtiger mineralischer Rohstoff

Die Rohstoffvorkommen von Phosphor, einem wichtigen Mineral für das Wachstum von Pflanzen, sind ebenfalls endlich und auf nur wenige Länder begrenzt. Somit ist es auch hier wichtig, zunehmend sekundäre Rohstoffquellen zu erschließen. Neben chemisch-physikalischen



BIOPRO-Kommentar zum Thema: Bakterien & Enzyme als Rohstoffsammler

Bakterien als Rohstoffsammler einzusetzen, ist nicht neu. Bereits in den 1950er Jahren wurden Bakterien untersucht, die Metalle auflösen können, um daraus Energie zu gewinnen. Das Wissen wurde damals zunächst nicht angewendet, da die fossilen Rohstoffe noch billig waren und so kein Bedarf bestand. Als ich in den 1980er Jahren Chemie studierte, wurde immer noch intensiv an dem Thema geforscht, und in Chile wurde bereits industrielle Biolaugung zur Kupfergewinnung betrieben. Nun erleben die Mikroorganismen, die in der Lage sind, ihre Energie aus sulfidischen Erzen zu ziehen, eine Renaissance. Denn man hat erkannt, dass die Rohstoffquellen der Erde endlich sind, und versucht nun, bereits eingesetzte Metalle zu recyceln und auch Rohstoffvorkommen abzubauen, die nur einen geringen Metallanteil haben. Die zu gewinnenden Stoffe werden dabei in der Regel in Lösung gebracht und anschließend in Reinform isoliert.

Die eingesetzten Mikroorganismen sind die Urwesen aus einem frühen Kapitel der Erdgeschichte. So werden chemoautotrophe Organismen – also Organismen, die ihre Energie aus anorganischen Substanzen gewinnen – als älteste Lebewesen der Erde behandelt. Zum Beispiel oxidiert *Acidithiobacillus ferrooxidans* zweiwertiges Eisen

und löst damit Eisen-Schwefel-Mineralen wie Pyrit auf. Entdeckt wurde das Bakterium in Bergbauhalden. Diese Mikroorganismen machen sich die Menschen jetzt zunutze und betreiben mit ihnen Biobergbau. Dabei können Kupfer, Kobalt und auch Gold gewonnen werden.

Es ist jedoch ebenso wichtig, die bereits eingesetzten Rohstoffe wieder zurückzugewinnen. Elektronikschrott aus Computern oder Mobiltelefonen enthält zahlreiche für die Industrie strategisch wichtige Metalle, die nur selten in der Erdoberfläche vorkommen. Mit unserem Wissen aus den 1950er Jahren begeben wir uns also zurück in die Zukunft, um auf dem Weg in eine Bioökonomie einen großen Schritt zu machen. Welche Bedeutung die moderne Biotechnologie bei diesem Schritt hat, zeigte das Heidelberger Studententeam, die Gewinner des iGEM-Wettbewerbs 2013. Durch die Einführung der genetischen Information eines goldabscheidenden Peptids in *E. coli* konnten sie den Wirkungsgrad erhöhen und sogar eine Machbarkeitsstudie für ein industrielles Goldrecycling vorlegen. Auf dem Gebiet des mikrobiellen Rohstoffrecyclings ist noch vieles möglich. Nun muss auch hier der Schritt in die industrielle Umsetzung gewagt werden. Dieser Schritt heißt „Urban Mining“ und wird, wie viele Innovationen aus der modernen Biotechnologie, die Welt verändern.

Herzlichst
Ihr Dr. Ralf Kindervater

Verfahren, wie beispielsweise der Ausfällung von Ammoniumphosphat aus Kläranlagenwässern, gibt es auch neue biotechnologische Ansätze, die mithilfe von Enzymimmobilisaten organische Phosphorverbindungen abspalten und diese somit einem Recycling zugänglich machen.

Im von der EU geförderten Projekt „PhosFarm“ entwickeln Wissenschaftler unter der Koordination des Fraunhofer IGB in einem Projektkonsortium aus neun Instituten und Industriepartnern nun ein Verfahren, mit dem organisch gebundener Phosphor aus bisher weitgehend ungenutzten Phosphatquellen wie Gülle aus der Tierhaltung oder Gärresten aus Biogasanlagen für die Landwirtschaft rückgewonnen werden kann. Da solche Abfallstoffe in großen Mengen anfallen, würde sich ein enormes Reservoir für die Phosphorrückgewinnung erschließen. Dieses Verfahren soll in Form eines integrierten Anlagenkonzepts realisiert werden, in dem mithilfe von Enzymen bis zu 90 Prozent des Gesamtphosphors zurückgewonnen werden könnten.

Dünger und Bodenverbesserer individuell dosieren

Für diesen neuen Ansatz sollen Phosphat abspaltende Enzyme an geeigneten Trägern immobilisiert werden, um dann anorganisches Phosphat aus den Feststoffanteilen von Gülle, Gärresten und anderen landwirtschaftlichen Reststoffen zu gewinnen. Die immobilisierten

Enzymen hydrolysieren dabei das Phosphat, sodass als Produkte der Enzymreaktion eine feste Phase und eine flüssige Fraktion, die das gelöste Phosphat enthält, entstehen. Nach Abtrennung der festen Phase kann das Phosphat dann aus der flüssigen Fraktion als Magnesiumammoniumphosphat oder Calciumphosphat gefällt werden. Diese Salze können von Pflanzen gut verwertet und deshalb direkt als Dünger eingesetzt werden. Damit würden natürlich einerseits synthetische Phosphatdünger eingespart, aber auch andererseits die Überdüngung durch das direkte Ausbringen von Gülle verhindert. Direkte Düngung durch Gülle oder Gärreste ist nicht optimal für den Boden, weil die Nährstoffzusammensetzung nur in den seltensten Fällen dem jeweiligen Bedarf der Pflanzen entspricht.

Und dabei gibt es auch noch einen positiven Nebeneffekt: Die übrige entwässerte, feste Phase kann mit speziellen Verfahren getrocknet und das organische Substrat direkt eingesetzt werden, um den Boden zu verbessern. Je nach Bedarf können Landwirte dann, abgestimmt auf Pflanzenart und Bodenbeschaffenheit, ihren „individuellen Dünger“ zusammenstellen, indem Bodenverbesserer und Düngesalze zum optimalen Substrat gemischt werden.

Dr. Ursula Göttert / BIOPRO, Dr. Ernst-Dieter Jarasch / BioRN, Dr. Heike Lehmann / BioRegio STERN, Dr. Petra Neis-Beeckmann / BioRegio STERN



Insilico Biotechnology nutzt komplexe Computermodelle zur Simulation von Bakterien, Säugerzellen und Organen. Die Computermodelle beschleunigen Forschung und Entwicklung und sollen in Zukunft Tierversuche ersetzen. (Foto: Insilico Biotechnology AG)

Insilico Biotechnology AG: Strategische Unternehmensausrichtung sichert Wachstum

Die Insilico Biotechnology AG aus Stuttgart gestaltet und optimiert biotechnologische Prozesse für die chemische und pharmazeutische sowie die Ernährungsindustrie. Das Unternehmen verfügt über eine weltweit einmalige Systembiologie-Plattform, welche proprietäre Datenbanken, Zellmodelle und rechnergestützte Auswertungsverfahren zusammenfasst. Durch Integration und Auswertung experimenteller Daten mittels genomweiter Netzwerkmodelle bietet Insilico neue Lösungen zur Herstellung von Biochemikalien und Biopharmazeutika sowie zur Validierung von Wirkstoffen. Zu den Kunden gehören große Industrieunternehmen, in Baden-Württemberg zum Beispiel die Boehringer Ingelheim Pharma GmbH & Co. KG in Biberach.

Seit ihrer Gründung im Jahr 2001 ist die Insilico Biotechnology AG stark gewachsen. Heute arbeiten am Standort Stuttgart rund 20 Mitarbeiter an der Simulation biochemischer Prozesse in lebenden Zellen. „Wir sind erfolgreich bei der Lösung technisch anspruchsvoller Fragestellungen“, so Klaus Mauch. „Aber stolz sind wir vor allem auf die wirtschaftliche Umsetzung unserer Lösungen in Kooperation mit führenden industriellen Partnern.“

Im Dezember 2011 bezog die Insilico Biotechnology AG neue Geschäftsräume im Stuttgart Engineering Park (STEP). Hier hat das Unternehmen ganz neue Möglichkeiten, was die technische Infrastruktur angeht, und kann seinen Kunden dadurch sehr umfangreiche Ressourcen bereitstellen. „Wir haben eigene mittelgroße Rechen-Cluster, können aber bei Bedarf Aufgaben an das High Performance Computing Center Stuttgart (HLRS) der Universität Stuttgart auslagern, wo uns Rechen-Cluster mit mehr als 100.000 Rechenkernen zur Verfügung stehen“, so Mauch.

Die Weichen zur richtigen Zeit gestellt

Meilensteine in der Unternehmensentwicklung waren der Kompetenzaufbau im Bereich Software-Entwicklung und die Entscheidung, Insilico vom reinen Servicedienstleister zu einem Anbieter von Software und Services weiterzuentwickeln. „Software-Entwicklung



schaft Freiraum für Innovationen. So haben wir in diesem Jahr eine innovative Software-Lösung zur automatisierten Analyse von Bioprozessen vorgestellt“, sagt Klaus Mauch. Die neue Enterprise-Software Insilico Inspector™ ermöglicht neben einer zeitaufgelösten quantitativen Analyse auch den grafisch unterstützten Vergleich der Performance von Fermentationsprozessen, Stämmen und Zelllinien. Sie nimmt Technikern, Wissenschaftlern und Projektmanagern das zeitraubende Sichten und Verarbeiten der Prozessdaten ab und liefert durch den Vergleich und die Auswahl der besten Stämme, Klone oder Prozesskonditionen eine objektive, gut nachvollziehbare Entscheidungsbasis.

„Ein weiteres Beispiel für unser Know-how in der Software-Entwicklung ist unsere Technologieplattform für virtuelle Organe, welche wir ebenfalls im Jahr 2013 auf der Basis von Forschungsprojekten weiterentwickelt haben“, ergänzt Klaus Mauch. Und weiter: „Inzwischen steht ein Organmodell der Leber inklusive Blutkreislauf zur Verfügung. Es geht darum, durch rechnergestützte Simulationen Vorhersagen zu Wirksamkeit, Nebenwirkungen oder toxischen Eigenschaften von Wirkstoffen, Chemikalien oder Kosmetika zu treffen. Die Plattform ist vor allem für Kunden aus der Pharma-, Chemie- und Kosmetikindustrie interessant, die mithilfe dieser Technologie computerbasierte Toxizitätstests durchführen können.“ Langfristig wird das Modell somit Tierversuche reduzieren können. Das ist auch wichtig im Zusammenhang mit der EU-Chemikalienverordnung REACH zur Meldung, Bewertung und Zulassung von Chemikalien. Diese schreibt vor, dass Hersteller und Importeure die Wirkungen von Chemikalien auf die menschliche Gesundheit untersuchen müssen.

Die Grundlage: Eine leistungsfähige Rechenplattform

Eine deutliche Herabsetzung der benötigten Rechenzeit trägt wesentlich dazu bei, die Zeit bis zur Markteinführung von Medikamenten in verschiedensten Entwicklungsprozessen zu verkürzen. Insilico führt Simulationen und Optimierungen von hochgradiger Komplexität durch, die Rechenkapazitäten weit jenseits der Kapazitäten eines handelsüblichen PCs erfordern. Dazu Klaus Mauch: „Kurz zur Veranschaulichung: Momentan ist die von uns genutzte Technologie bis zu 50.000-mal schneller als ein gewöhnlicher Heim-PC. Dieses Jahr wird das HLRS aber noch einen neuen Superrechner in Betrieb nehmen, den wir dann auch mitnutzen können. In der letzten Ausbaustufe wird dieser Rechner in etwa die Rechenleistung von 200.000 Heim-PC aufweisen.“

Mit dem Zugriff auf Europas schnellsten zivilen Computer CRAY XE6 „Hermit“ ist Insilico in die Dimension des Petaflop-Computing vorgedrungen. Pro Sekunde können über eine Billiarde Rechenoperationen ausgeführt werden. Dies ist insbesondere für das Design innovativer Ganzkörper-Modelle höchst nutzbringend.

Hier hatte Insilico die Möglichkeit, „sich auf dieser Infrastruktur eine Alleinstellung zu erarbeiten“, so Klaus Mauch.

Kooperationen und Partnerschaften

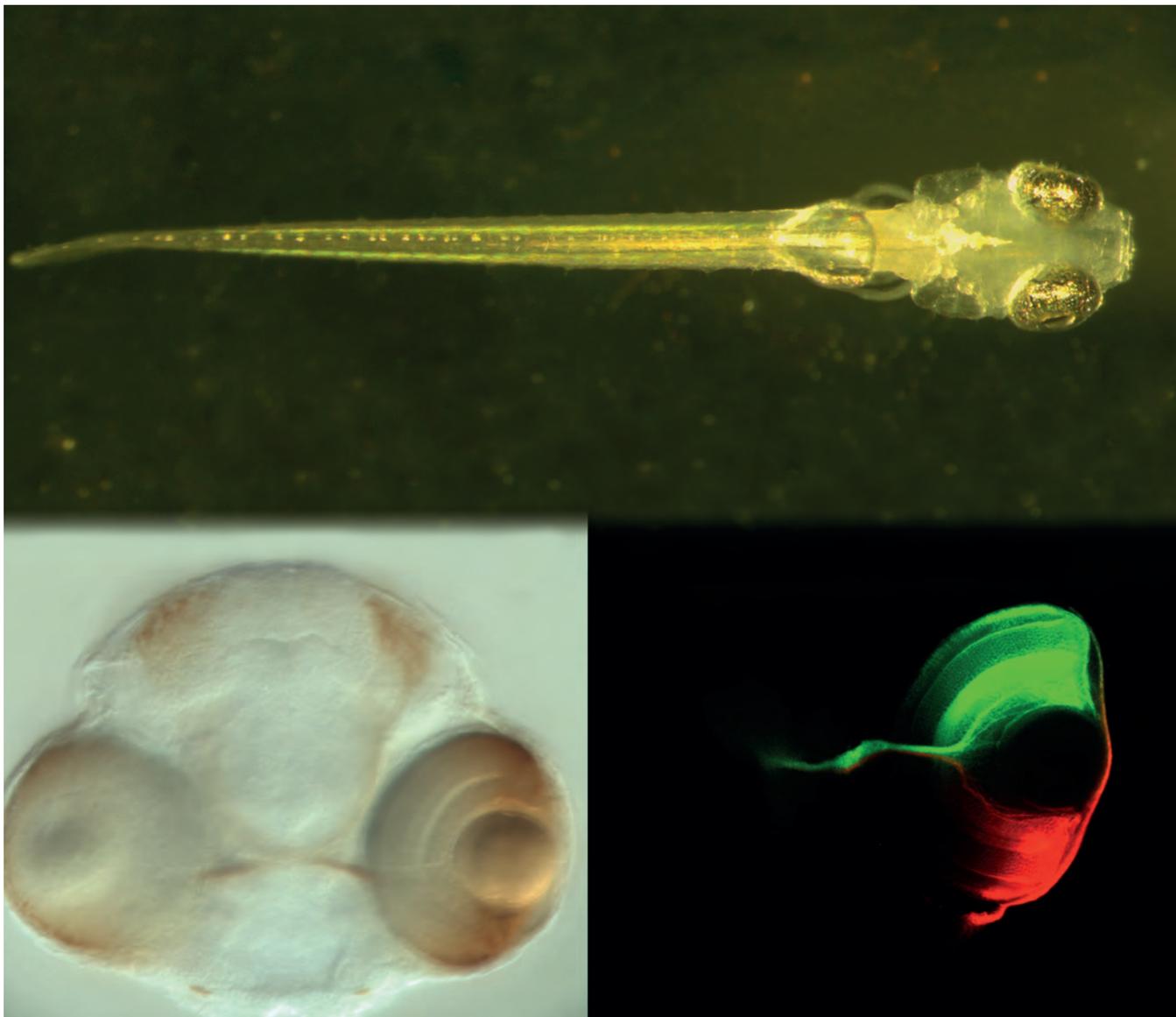
Zahlreiche akademische Partner führen experimentelle Untersuchungen zur Validierung und Weiterentwicklung der Insilico-Technologieplattform durch, wie Fermentationen, Metabolit- und Protein-Messungen sowie In-vitro-Tests. So zum Beispiel das Institut für Bioverfahrenstechnik (Prof. Ralf Takors) an der Universität Stuttgart, das Institut für Klinische Pharmakologie Stuttgart (Prof. Matthias Schwab) und die Angewandten Naturwissenschaften der Hochschule Esslingen (Prof. Richard Biener). Im Gegenzug erhalten die Partner Zugang zur Technologieplattform und/oder zu Simulationsergebnissen, welche im Rahmen von Publikationen oder Patenten verwertet werden. „An dieser Stelle sei die Anmerkung erlaubt, dass für Insilico Biotechnology neben der regionalen Vernetzung auch länder- und branchenübergreifende Partnerschaften ganz oben auf der Agenda stehen. Denn der notwendige Schwung lässt sich in der modernen Biotechnologie mittelfristig nicht über eine Kirchturmpolitik erzielen“, betrachtet dies Klaus Mauch kritisch.

Heike Laue / BioRegio STERN

▶ INFO

Systembiologie:

Ziel der Systembiologie ist es, das dynamische Zusammenspiel aller Komponenten eines biologischen Organismus zu beschreiben, um so ein ganzheitliches Bild des betrachteten Systems zu erhalten. Hierzu werden biologische Vorgänge mit mathematischen Modellen beschrieben. Diese Modelle werden anhand experimentell gewonnener Daten erstellt und durch Laborexperiment und computerbasierte Modellierung überprüft und verbessert. Die Systembiologie erfordert interdisziplinäre Zusammenarbeit von Wissenschaftlern unterschiedlicher Fachrichtungen, wie zum Beispiel Biologie, Mathematik, Physik, Informatik und Ingenieurwissenschaften.



Zebrafischlarve, ca. 4 mm lang (oben), Augen und die von der Retina zum Tektum führende Projektion in einem drei Tage alten Zebrafisch, angefärbt mit einem Antikörper gegen *ath5-GFP* (links unten), Doppelfärbung der Retina einer Zebrafischlarve. Grün: Temporale Retina mit der (nach links) zum Tektum gehenden Projektion. Rot: nasale Retina (rechts unten). (Fotos: Bollmann, MPIImF)

Bewegungsmelder im Gehirn

An Zebrafischlarven haben Forscher des Max-Planck-Instituts für medizinische Forschung nachgewiesen, dass die Verarbeitung des Bewegungssehens in den Sehzentren des Gehirns durch richtungsempfindliche Nervenzellen erfolgt. Diese sind in räumlich getrennten Schaltkreisen angeordnet. Unterschiedliche Bewegungsrichtungen werden in unterschiedlichen Schichten repräsentiert.

Der gewöhnlich als Zebrafisch bezeichnete Zebraquari (*Danio rerio*) gehört zu den beliebtesten Modellorganismen biologischer Forschung: Er ist klein und robust, hat einen kurzen Generationszyklus und ist leicht und preiswert in großen Mengen zu halten. Sein Genom ist bereits sequenziert.

Effiziente Methoden zur Gewinnung und zum Screenen von Mutanten sind etabliert. Als Wirbeltier steht er dem Menschen viel näher als die Fliege oder der Fadenwurm, und die gewonnenen genetischen, entwicklungsbiologischen und physiologischen Erkenntnisse lassen sich auf den Menschen übertragen. Es ist ein immenser experimenteller Vorteil, dass die Embryonalentwicklung vollständig außerhalb des Mutterleibes erfolgt und – da Embryonen und frühe Larvenstadien durchsichtig sind mit lichtmikroskopischen Methoden untersucht werden können.

Phantomjagd der Zebrafischlarven

Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für medizinische Forschung (MPIImF) in Heidelberg machen sich diese günstigen Eigenschaften der Zebrafischlarve für die Neurobiologie zunutze. Sie wollen verstehen, was in den Augen und im Sehzentrum des Gehirns vor sich geht, wenn Bewegungsabläufe wahrgenommen werden. Im Alter von sieben Tagen misst die Larve etwa 4 mm, und ihr Gehirn ist maximal 0,5 mm dick. Da die Haut durchsichtig ist, können „praktisch alle Bereiche ihres Gehirns unter Verwendung der



Mehrphotonen-Fluoreszenzmikroskopie mit zellulärer Auflösung durchleuchtet werden“, erklärte Dr. Johann Bollmann, der am MPIImF die Forschungsgruppe „Neural Circuits and Behavior“ in der Abteilung Biomedizinische Optik leitet. Die Augen und das Sehzentrum im Mittelhirn der Larve ähneln in ihrem Aufbau prinzipiell den Sehzentren der Säugetiere. Mithilfe dieses Sehsystems und einem damit gekoppelten Beutefangverhalten macht die Zebrafischlarve Jagd auf Wimpertierchen und andere einzellige Organismen im Wasser. Aus der Analyse dieser zielgerichteten Bewegungsabläufe und der dabei erfolgenden elektrischen Signale im Nervensystem erhoffen sich die Forscher, das Zusammenwirken der Neuronen im intakten Gehirn besser zu verstehen.

Zunächst wurde das Schwimmverhalten der Larven mithilfe von Hochgeschwindigkeitskameras festgehalten und aus diesen Informationen eine virtuelle Umwelt für sie geschaffen, in der ihnen ihre Beutetiere als Bildprojektionen präsentiert wurden. Die Larven wurden dazu vorübergehend mit einem schmalen Gelstreifen so gehalten, dass sie Augen- und Schwanzbewegungen in Richtung ihrer virtuellen Beute hin ausführen konnten, ohne sich tatsächlich fortzubewegen. Mit dieser Versuchsanordnung konnten Bollmann und seine Mitarbeiter Bewegungen des Phantom-Wimpertierchens gezielt vorgeben und die Reaktionen des Sehsystems und die darauf erfolgenden Bewegungen der Larve beim Beutefangverhalten exakt messen. Durch optophysiological Ansätze mit transgenen Fischlarven ließen sich außerdem die dabei entstehenden elektrischen Signale im Nervensystem mit dem Fluoreszenzmikroskop sichtbar machen.

Nachweis richtungsempfindlicher Nervenzellen

Die Heidelberger Wissenschaftler verwendeten Fischlarven, in denen der molekulare Marker GFP (grün fluoreszierendes Protein) in einem spezifischen Nervenzelltyp im Dach (Tektum) des Mittelhirns exprimiert wird. In Zusammenarbeit mit der von Soojin Ryu geleiteten Gruppe „Entwicklungsgenetik des Nervensystems“, ebenfalls am MPIImF, wurde außerdem ein Gen für das kalziumempfindliche Protein GCaMP3 so in die Tiere eingeschleust, dass es nur in ganz bestimmten Nervenzellen angeschaltet wird und diese in Gegenwart von Kalzium zum Leuchten bringt.

An der Bewegungswahrnehmung und ihrer Verarbeitung im Sehsystem der Wirbeltiere sind spezielle Nervenzellen beteiligt, die spezifisch auf bewegte Reize reagieren. Solche bewegungsempfindlichen Neuronen (DS-Neuronen: „direction-selective neurons“) – die beispielsweise reagieren, wenn der optische Reiz aus einer bestimmten Richtung erfolgt, nicht aber aus der Gegenrichtung – gibt es schon in der Netzhaut (Retina) des Auges, aber auch in Bereichen der Hirnrinde und im Tektum des Mittelhirns. Die Netzhaut ist direkt mit dem Tektum über so genannte Projektionsneuronen verbunden, deren Eingänge dort so angeordnet

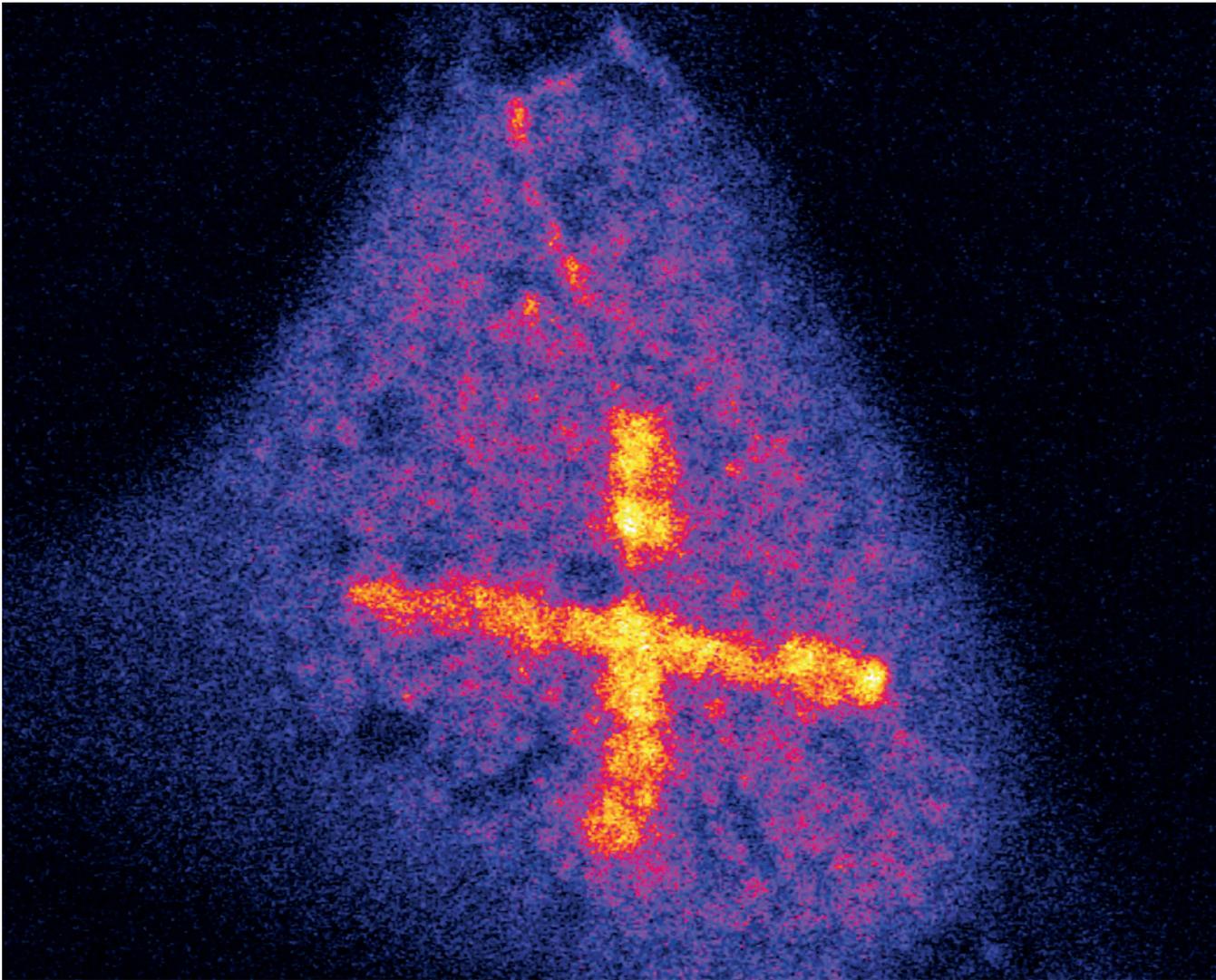
sind, dass räumlich benachbarte optische Reize im Auge auch einander benachbarte Regionen auf der Tektum-Oberfläche aktivieren. Die sensorischen Neuronen sind in Schaltkreisen mit motorischen Neuronen in den tiefer liegenden Schichten des Tektums verbunden, welche Augen- und Kopfbewegungen auslösen können. Diese Schaltkreise sind vor allem durch Experimente in anderen Tiermodellen nachgewiesen worden, in denen einzelne Neuronen mit feinen Elektroden aktiviert und sichtbar gemacht wurden.

Räumliche Anordnung der Bewegungsschaltkreise

Mithilfe neuer Techniken der Fluoreszenzmikroskopie wie der Mehrphotonenmikroskopie ist es möglich, die räumliche und zeitliche Verteilung von Aktivitätsmustern der Nervenzellen zu beobachten. Jetzt entdeckten die Heidelberger Max-Planck-Forscher mit diesen Methoden einen mit der Verarbeitung visueller Bewegungsrichtungen befassten Schaltkreis im Tektum der Zebrafischlarve. In Nervenzellen mit genetisch eingebautem GCaMP3 ließ sich mit der Mehrphotonenmikroskopie auch ihre Richtungsempfindlichkeit bestimmen. In den Zellkörper der identifizierten Nervenzelle wurde mit feinsten Glaspipetten ein roter Fluoreszenzfarbstoff eingebracht, der sich innerhalb weniger Minuten in die weit verzweigten Dendriten der Zelle ausbreitete. Mit derartigen Experimenten konnten zwei Formen von DS-Neuronen mit entgegengesetzten Vorzugsrichtungen der Nervenimpulse unterschieden werden. Zur Überraschung der Wissenschaftler fanden sich die Dendriten der beiden Zelltypen in verschiedenen Schichten des Tektums.

In weiteren Experimenten konnten die Wissenschaftler zeigen, dass auch die von der Netzhaut ausgehenden richtungsempfindlichen Signale der Projektionsneuronen schichtspezifisch im Tektum eintreffen. Unterschiedliche Bewegungsrichtungen werden in unterschiedlichen Schichten repräsentiert. Erstmals konnte damit die räumliche Anordnung der für das Bewegungssehen verantwortlichen Schaltkreise im Gehirn nachgewiesen werden. Wie Bollmann hervorhob, sind diese wichtigen neuen Erkenntnisse nicht zuletzt den für derartige Untersuchungen besonders günstigen Eigenschaften der Zebrafischlarve zu verdanken: ihrer Durchsichtigkeit und Kompaktheit, der genetischen Zugänglichkeit und der auf das optische Erkennen ihrer Beute ausgerichteten Motorik der kleinen Jäger.

Dr. Ernst-Dieter Jarasch / BioRN



Das Bild zeigt einen durch einen Laserstrahl entstandenen DNA-Schaden im Zellkern einer humanen Tumorzelle. Die Schädigung in Form eines Kreuzes wird durch fluoreszenzmarkierte Antikörper sichtbar. (Foto: Elisa May)

Elisa May: Mikroskopisch genauer Blick auf DNA-Schädigungen

DNA-Schädigungen gehören für den menschlichen Organismus zum Alltag: In jeder Zelle kommt es täglich zu tausenden Brüchen der DNA, die die Zelle mit ihren ausgefeilten Reparaturmechanismen in der Regel problemlos beheben kann. In den Fällen, in denen das zelleigene Reparatursystem aussetzt, können allerdings schwere Krankheiten die Folge sein: Unter anderem besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem Versagen der DNA-Reparaturmechanismen und der Entstehung von Krebs. Professorin Elisa May, Leiterin des Bioimaging Center an der Universität Konstanz, untersucht in ihrer Forschung an lebenden Zellen, wie DNA-Schädigungen beseitigt werden.

DNA-Schädigungen können die unterschiedlichsten Ursachen haben: Möglich ist unter anderem die Einwirkung äußerer Faktoren wie etwa UV-Strahlung, aber auch die altersbedingte Abnahme der DNA-Reparaturfähigkeit kann dazu führen, dass permanente Schädigungen entstehen. „Je nachdem, welche Teile der Doppelhelix betroffen sind, lassen sich verschiedene DNA-Schädigungen unterscheiden“, erläutert Elisa May. Möglich ist sowohl die Unterbrechung eines einzelnen DNA-Strangs als auch die Unterbrechung beider Stränge, wodurch die DNA in zwei Teile zerfällt. Eine solche Unterbrechung der DNA ist gleichbedeutend mit einer Unterbrechung des jeweiligen Chromosoms. „In einigen Fällen entstehen dann chromosomale Deletionen und Translokationen, bei denen Abschnitte eines Chromosoms entweder fehlen oder an ein anderes Chromosom angefügt werden“, erklärt May. Insbesondere bei Krebszellen ist dies ein häufig auftretendes Phänomen.

Spezielles Mikroskop ermöglicht gezielte Schädigung von DNA

Welche Mechanismen bei der Reparatur von DNA-Schädigungen ablaufen, untersucht May mit ihrer Arbeitsgruppe an lebenden



Zellen. Dabei verwendet sie humane Zelllinien, die sie mit einem speziellen Mikroskop, dem so genannten Konfokalmikroskop, beobachtet. „Die Verwendung lebender Zellen bietet dabei den großen Vorteil, dass die Reparatur in Echtzeit genau beobachtet und analysiert werden kann“, so May. Zusätzlich präzisiert wird die Untersuchungsmethodik durch die technischen Möglichkeiten des Konfokalmikroskops. In Ergänzung zu der an jedem Mikroskop vorhandenen Lichtquelle zur Beleuchtung des Untersuchungsobjekts kann ein Laserstrahl über das Mikroskop-Objektiv auf das Objekt gerichtet werden, der aus hochintensiven, ultrakurzen Lichtpaketen, den so genannten Femtosekundenimpulsen, besteht. Dieser Laserstrahl ermöglicht es May, gezielt Schädigungen an einzelnen Stellen des Zellkerns hervorzurufen – ein großer Fortschritt im Vergleich zu früheren Untersuchungsmethoden, bei denen häufig die gesamte Zelle geschädigt wurde.

Fluoreszent markierte Moleküle geben Aufschluss über Reparaturmechanismen

Zur Beobachtung der DNA-Reparaturmechanismen markiert May bestimmte Proteine, so genannte DNA-Reparaturfaktoren, mit einem Fluoreszenzfarbstoff. Liegen in der Zelle noch keine Schädigungen vor, so sind sie homogen im gesamten Zellkern verteilt. Nach der Schädigung kommt es zu einer Akkumulation an der Schadensstelle, die durch die Einfärbung der Moleküle genau beobachtet werden kann. Auf der Grundlage der am Mikroskop aufgenommenen Bildserien ist auch die Erstellung von Diagrammen möglich, die die Aktivität der Reparaturfaktoren quantitativ beschreiben.

Mit dieser Untersuchungsmethodik betrat Elisa May Neuland: Sie wandte Femtosekundenimpulse zur gezielten Schädigung von DNA an und konnte als Erste auch zeigen, dass sich je nach Auswahl der Wellenlänge dieser Laserimpulse selektiv DNA-Strangbrüche hervorrufen lassen. Außerdem konnte sie in ihrer Forschung einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Fehlfunktionen bei der Reparatur von DNA-Schädigungen und dem Auftreten bestimmter Krankheiten feststellen: Eine ihrer Untersuchungen, die in Zusammenarbeit mit der Universität Zürich durchgeführt wurde, konzentrierte sich auf den Reparaturfaktor XPC, der bei der Reparatur von UV-Schädigungen der DNA zum Einsatz kommt. Kinder mit der so genannten „Mondscheinkrankheit“, der Hautkrankheit Xeroderma pigmentosum (XP), besitzen eine veränderte Variante dieses Reparaturfaktors und reagieren äußerst empfindlich auf Sonnenstrahlung. „In unseren Untersuchungen stellte sich heraus, dass eine bei den erkrankten Kindern auftretende Variante des Reparaturfaktors und die gewöhnlich auftretende Form tatsächlich sehr unterschiedlich mit DNA-Schädigungen umgehen“, beschreibt May.

Geeignete Forschungstechnik durch Unternehmenskooperationen

Ermöglicht wurde ihre Forschung durch die Zusammenarbeit mit verschiedenen Unternehmen. Am Anfang ihrer Arbeit stand eine Kooperation mit der Firma Zeiss, die ihre Forschungsarbeit mit einem geeigneten Mikroskop unterstützte. Aktuell arbeitet May mit der Firma Rapp OptoElectronic aus Hamburg zusammen, mit der sie neue Technologien testen möchte, um Laserstrahlen über ihre Proben führen zu können. „Mit herkömmlichen Methoden kann der Laserstrahl verschiedene Stellen im Zellkern nur nacheinander bestrahlen“, erläutert May das Problem. „Mithilfe dieser Firma möchten wir eine Bestrahlungseinheit an das Mikroskop anschließen, die DNA in einem frei wählbaren räumlichen Muster gleichzeitig schädigt.“

Auch innerhalb der Universität setzt May auf Zusammenarbeit: Wichtige Anregungen für ihre Arbeit entstehen im Austausch mit dem Lehrstuhl des Physik-Professors Alfred Leitenstorfer, einem weltweit anerkannten Spezialisten für elementare dynamische Vorgänge in der Materie und die damit verbundenen Femtosekunden-Lasertechnologien. Diese Projekte laufen unter dem Schirm des Konstanzer Centrums für Angewandte Photonik, CAP. Zusätzlich erleichtert wird die Arbeit von May dabei durch die Gelder, die die Universität dank der Exzellenzinitiative einwerben konnte: Die Anschaffung neuer und kostspieliger Geräte wurde damit erheblich erleichtert. Für neue Erkenntnisse zur Reparatur von DNA-Schädigungen sind also beste Voraussetzungen gegeben.

Iria Sorge-Röder / BioLAGO

▶ INFO

Zur Person:

Nach ihrem Studium der Biochemie an der Universität Tübingen promovierte Elisa May am Max-Planck-Institut für Biochemie in München über Photorezeptoren in Archaeobakterien. An der Universität Konstanz habilitierte sie sich im Jahr 2005 in den Bereichen Zellbiologie und Molekulare Toxikologie und leitet dort seit 2008 das Bioimaging Center (BIC).

Weitere Informationen:

Prof. Dr. Elisa May
Bioimaging Center
Universität Konstanz
Tel.: (+49) 07531 - 88 40 54
E-Mail: Elisa.May@uni-konstanz.de



Prof. Dr. Eve-Marie Engels ist Inhaberin des Lehrstuhls für Ethik in den Biowissenschaften der Universität Tübingen und war Mitglied des Strategiekreises Bioökonomie im Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg. (Foto: Christa Zebisch)

Die Natur ist kein Selbstbedienungsladen für den Menschen

Die Vorräte unserer fossilen Rohstoffe neigen sich dem Ende zu. Sparsamkeit ist angebracht, aber auch die Suche nach Alternativen ist gefragt. Die Bioökonomie setzt ebenso auf nachwachsende Rohstoffe wie auch auf neue Technologien. Prof. Dr. Eve-Marie Engels ist als Inhaberin des Lehrstuhls für Ethik in den Biowissenschaften an der Universität Tübingen und ehemaliges Mitglied des Strategiekreises Bioökonomie im Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg Expertin auf dem Gebiet. Im Gespräch mit Dr. Petra Neis-Beeckmann erläutert die Wissenschaftlerin ihre Sicht von Bioökonomie. Sie plädiert für mehr Schonung und einen wesentlich nachhaltigeren Umgang mit der Natur.

Was ist Ihr persönliches Verständnis vom Begriff „Bioökonomie“?

Unter „Bioökonomie“ verstehe ich persönlich die Bündelung verschiedener Anliegen und Initiativen, von denen jede für sich schon bedeutend ist und verfolgt werden sollte. Wir werden gegenwärtig mit ganz unterschiedlichen Problemen konfrontiert, die alle hochbrisant sind und die es auch vor der Prägung des Begriffs schon gab.

„Bioökonomie“ ist ein griffiger Ausdruck dafür, allerdings dadurch auch missverständlich. Er weckt ganz unterschiedliche Assoziationen, und es besteht die Gefahr, dass damit alles und letztlich nichts Konkretes bezeichnet wird. Nach einer allgemeinen Definition, die in der Literatur zu finden ist, versteht man darunter das Bemühen, von einer erdölbasierten zu einer biobasierten Wirtschaft zu kommen.

Geht es der Bioökonomie also hauptsächlich um Alternativen zu fossilen Rohstoffen?

Nein, letztlich geht es um weit mehr als dies. Es geht um eine konzentrierte Änderung unseres gesamten Umgangs mit der Natur: mehr Schonung und nachhaltige Nutzung im Dienste der außermenschlichen Natur – der Tiere und Pflanzen – und im Dienste der Menschen, die ja auch Teil der Natur sind. In diesem Zusammenhang sind „Biodiversität“ und „Nachhaltigkeit“ zentrale Begriffe. „Biodiversität“ bezeichnet die Vielfalt der lebendigen Natur, die es zu erhalten gilt. Der Begriff ist also positiv konnotiert und beinhaltet einen Appell an uns. „Nachhaltigkeit“ steht für eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der gegenwärtigen Generation Rechnung trägt, ohne die Möglichkeit zukünftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu erfüllen. Damit sind vor allem auch die Bedürfnisse der Armen gemeint. Nachhaltigkeit beinhaltet also immer ein Gleichgewicht zwischen Nutzung und Erneuerung der Natur.

Im Begriff „Bioökonomie“ sind die Elemente „Bios“ und „Ökonomie“ enthalten, „Bios“ für das Leben. Und mit „Ökonomie“ verbindet man häufig die Idee vom wirtschaftlichen Wachstum. Der Begriff beinhaltet aber auch die Bedeutung von Sparsamkeit und sorgsamer, schonender Nutzung natürlicher Ressourcen, weil diese nicht unbegrenzt sind. Lange wurde angenommen, dass die Natur ein unerschöpfliches Reservoir, ein Selbstbedienungsladen für den Menschen ist, in dem man allerdings nicht einmal bezahlen muss. Zum Schluss kommt man jedoch an die Kasse und muss zahlen, was man im Einkaufswagen hat. In Bezug auf unseren Umgang mit der Natur haben wir die Kasse aber vergessen. Nun bekommen wir die Rechnung für unsere Maßlosigkeit. Die Rechnung ist das, was wir überall in den Medien hören, wenn wir von der globalen Erwärmung, dem Anstieg des Meeresspiegels oder dem Schmelzen der Pole hören. Wir leben in einer Zeit, in der die Informationsmöglichkeiten unbegrenzt sind: Wir wissen, was auf uns zukommt. Aber es gibt leider noch keine allgemeine Bereitschaft, dieses Wissen in Handeln umzusetzen. Um auf Ihre Frage zurückzukommen: Es geht also um wesentlich mehr als um Alternativen zu fossilen Rohstoffen.

Welche Bereiche sind also noch Schwerpunkte in der Bioökonomie?

In der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030. Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft“ und im Abschlussbericht des Strategiekreises Bioökonomie des MWK Baden-Württemberg



werden fünf Handlungsfelder genannt: Weltweite Ernährung sichern, Agrarproduktion nachhaltig gestalten, gesunde und sichere Lebensmittel produzieren, nachwachsende Rohstoffe industriell nutzen sowie Energieträger auf der Basis von Biomasse ausbauen.

Im Rahmen dieser Ziele sind konkrete Maßnahmen zu ergreifen. Dies kommt auch Natur- und Tierschutzziele entgegen, die viele Menschen bewegen. So würde der Verzicht auf Massentierhaltung, welche durch übermäßigen Fleischkonsum in den Industrienationen gefördert wird, zu einer Verringerung der Treibhausgase und damit zu einer Verbesserung des Klimas mit allen positiven Folgen führen. Die Felder, auf denen großflächig Tierfutter für die Massentierhaltung angebaut wird, könnten für die Erzeugung von Getreide und Früchten zur Ernährung, auch von Menschen in Ländern der Dritten Welt, genutzt werden.

Aber es geht natürlich auch um wirtschaftliche Aspekte, um die Ankurbelung der Wirtschaft in bestimmten Bereichen, um einen Anreiz für Investitionen, die zugleich nachhaltig im Sinne von Umwelt- und Naturschutz und ökonomisch lukrativ sind. Allerdings darf dabei das Wohl der Betroffenen nicht aus dem Auge verloren werden. Daher sind bei allen bioökonomischen Aktivitäten stets die ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekte zu berücksichtigen. Andernfalls wird unter dem Deckmantel des Naturschutzes und der Nachhaltigkeit der Ausverkauf der Natur weiter betrieben.

Wie kommen Sie persönlich als Philosophin zur Bioökonomie?

Ich habe einen Lehrstuhl für Ethik in den Biowissenschaften an der Universität Tübingen – den einzigen in Deutschland, der mit dieser Denomination in einem Fachbereich Biologie und einer Naturwissenschaftlich-Mathematischen Fakultät angesiedelt ist – und beschäftige mich daher mit ethischen Fragen, die den Umgang des Menschen mit der lebendigen Natur betreffen. Dies sind gerade auch die Themen der interdisziplinären anwendungsbezogenen Ethik, die an meinem Lehrstuhl bearbeitet werden. Wir stehen heute angesichts des globalen Klimawandels, der Umweltzerstörung und anderer Auswüchse unseres maßlosen und rücksichtslosen Umgangs mit der Natur vor der Notwendigkeit, radikal umzudenken und unsere bisherige Lebensweise, insbesondere die der letzten 60 bis 70 Jahre, infrage zu stellen und zu ändern. Zu den von mir behandelten Themen gehört auch unsere moralische Einstellung zur Natur – etwa, ob wir die Natur als Eigenwert oder nur als Instrument zur Erfüllung unserer Bedürfnisse betrachten.

Welche ethischen Aspekte hat die Bioökonomie, wo ist die Schnittmenge zur Bioethik?

Die Bioökonomie beinhaltet eine ganze Reihe sowohl allgemeiner ethischer als auch spezieller bioethischer Aspekte. Dabei geht es beispielsweise um die Frage des moralisch vertretbaren Umgangs

mit der Natur, um Fragen der Gerechtigkeit, um Konsumverhalten, um die Ernährung, häufig Überernährung der Menschen in den Industrienationen im Vergleich zu den Menschen in Ländern der Dritten Welt.

Der Philosoph Hans Jonas hat bereits 1979 in seinem Buch „Das Prinzip Verantwortung: Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation“ eine neue Ethik gefordert, weil die Verheißung der modernen Technik in Bedrohung umgeschlagen sei. Mit der Technik wollten wir die Natur beherrschen, nun hat die Technik Macht über uns gewonnen. Sie hat eine Eigendynamik entwickelt, die wir in den Griff bekommen müssen – ein großes Problem.

Was sind die negativen Seiten?

Im Dienste bioökonomischer Maßnahmen können neue Probleme erzeugt bzw. alte Probleme verschärft werden. So kann die Herstellung von Biokraftstoffen dazu führen, dass der Anbau der zu ihrer Produktion notwendigen Rohstoffe mit einer großflächigen Zerstörung der Natur verbunden ist, wie das Beispiel der Abholzung tropischer Regenwälder zeigt. Dadurch werden Pflanzen und Tiere von unschätzbarem Wert vernichtet. Verwiesen sei auch auf die mit dem Stichwort „Tank oder Teller?“ angesprochene Flächenkonkurrenz. Der Wechsel von einer erdöl- zu einer biobasierten Wirtschaft darf also nicht zu einer weiteren Naturzerstörung und zu einer Verfestigung oder gar Vertiefung der Kluft zwischen armen und reichen Ländern führen.

Wo liegt der Gewinn bei Wirtschaft und Industrie – ist er rein finanziell?

Durch die Bioökonomie im recht verstandenen Sinne kann auch die Industrie neue Zweige entwickeln, die einen schonenderen Umgang mit der Natur fördern. Dies kann auch wirtschaftlich lukrativ sein. Ein Beispiel aus der Gastronomie: Restaurants mit einem reichhaltigen oder ausschließlich vegetarischen und veganen Angebot können einen Gewinn in ökonomischer, ökologischer und sozialer Hinsicht bedeuten.

Die Verbraucher sind zudem heute sensibler geworden. Wir erleben eine Bewegung hin zu einem schonenden Umgang mit der Natur. Es gibt einen destruktiven Egoismus, andererseits aber auch einen konstruktiven Egoismus oder gar eine Kooperation mit der Natur: Immer mehr Verbraucher haben auch das Wohl der Natur beim Einkauf gesunder Produkte im Auge.

Wie würde unser Leben in der Bioökonomie der Zukunft idealerweise aussehen?

Zum Beispiel weitgehend vegetarisch, auf jeden Fall viel weniger Fleisch, weniger Autoverkehr und eine Verringerung der Kluft zwischen den Industrienationen und den Ländern der Dritten Welt.

Dr. Petra Neis-Beeckmann / BioRegio STERN



Im Jugendforschungszentrum Schwarzwald-Schönbuch e.V. können Schüler im Labor außerhalb der Schule experimentell arbeiten. (Foto: JFZ)

Neugier wecken und Nachwuchs sichern

Learning by doing, das ist die Methode des Jugendforschungszentrums Schwarzwald-Schönbuch e.V. Im Jugendforschungszentrum in Nagold werden Schüler für Naturwissenschaften und Technik begeistert. Mit eigenen Projekten nehmen sie an Wettbewerben wie „Jugend forscht“ teil oder werden zu Juniormentoren ausgebildet und geben ihr Wissen an jüngere Schüler weiter. So wird dafür gesorgt, dass der Nachwuchs in den MINT-Ausbildungs- und -Studiengängen nicht ausgeht.

Naturwissenschaftliche Experimente dauern häufig länger als eine Schulstunde, daher ist es in der Schule schwierig, komplexe Experimente durchzuführen. Anders ist dies im Jugendforschungszentrum Schwarzwald-Schönbuch e. V. (JFZ). „Bei uns kann man die Geräte bis zu ein Jahr lang stehen lassen, so dass die jungen Leute ohne Prüfungszwang naturwissenschaftlich arbeiten können“, erklärt Prof. Dr. Helmut Günther, einer der Leiter des JFZ.

Gemeinsam mit Prof. Dr. Uwe Klein organisiert er die Arbeit am JFZ. „Dabei teilen wir uns die Aufgaben: Während Professor Klein für die Forschungsprojekte zuständig ist, übernehme ich eher die organisatorischen Aufgaben“, so Günther. Das JFZ ist als Verein organisiert.

Die Finanzierung erfolgt über Zuschüsse der Stadt Nagold und des Landkreises Calw sowie aus Spenden. „Wir kommen im Moment mit den Finanzen gerade so zurecht. Müssen jedoch das ganze Jahr rennen und springen und die Unternehmen davon überzeugen, dass das Thema Nachwuchsförderung wichtig ist“, berichtet Professor Günther, der unter anderem auch für die Akquise zuständig ist.

„Wir möchten den Jugendlichen ermöglichen, außerhalb der Schule experimentell zu forschen“, so Günther. Und Professor Klein ergänzt: „Im Jugendforschungszentrum bieten wir Jugendlichen die Möglichkeit, Dingen auf den Grund zu gehen. Sozusagen die kreative Ergänzung zur Alles-auf-Knopfdruck-Mentalität und zu den flinken Nachschlagemöglichkeiten in der heutigen Zeit.“ Dadurch, dass die Jugendlichen sich im JFZ im MINT-Bereich ausprobieren können, fällt ihnen die Berufswahl später leichter. Etwa 90 Prozent der Teilnehmer absolvieren danach eine Ausbildung oder ein Studium im MINT-Bereich.

MINT: auch für Mädchen interessant

Das JFZ wird jedes Jahr von etwa 250 Jugendlichen durchlaufen, davon sind 30 bis 40 Prozent Mädchen. Das Kernteam des JFZ, das bei den Wettbewerben „Jugend forscht“ und „Schüler experimentieren“ teilnimmt, umfasst etwa 40 bis 50 Schüler. Hinzu kommen die Teilnehmer aus Ferienprogrammen und Hochschulvorbereitungskursen. „Wir arbeiten eng und vertrauensvoll mit unseren schulischen Partnern von den Gymnasien und den Realschulen zusammen“, erklärt Prof. Günther. Die Jugendlichen werden von Prof. Klein und weiteren externen Betreuern angeleitet. „Die Betreuer sind hauptsächlich Studenten und Doktoranden, von Fachhochschulen und Universitäten, die in der Forschung auf dem neusten Stand sind“, erklärt Günther. „Zudem gibt es den Vorteil, dass die Themen von jung zu jung besser überkommen.“

Erfolgreich bei „Jugend forscht“

Dass am JFZ erfolgreich geforscht wird, stellten die jungen Leute beim diesjährigen Wettbewerb „Jugend forscht“ unter Beweis. Mit dem Thema „Impedanzspektroskopischer Sensor zur Ermittlung der optimalen Waschleistung von Waschmaschinen“ gewannen Wolfgang Köbele und Dana Tran vom Otto-Hahn-Gymnasium Nagold den Sonderpreis im Bereich Physik und erhielten eine Einladung zum International Stockholm Junior Water Prize des Stockholm International Water Institute. Die optimale Waschleistung eines Waschmittels wird erst oberhalb der kritischen Mizellbildungskonzentration (CMC, critical micelle concentration) erreicht. Die Mizellen bilden sich durch die waschaktiven Substanzen in den Waschmitteln, den Tensiden. Tenside verringern die Oberflächenspannung von Wasser, indem sie sich an der Wasseroberfläche sammeln und ab einer bestimmten Konzentration, der CMC, Mizellen ausbilden. Die Oberflächenspannung bleibt oberhalb der CMC konstant. Bei der Bildung dieser kugelförmigen



Aggregate richtet sich die wasserliebende (hydrophile) Seite des Moleküls nach außen, und die wassermeidende (hydrophobe) Seite nach innen. Die Mizellen sind die Grundlage der Waschleistung eines Waschmittels, da sie die Schmutzpartikel einschließen.

Die Jugendlichen wollten die CMC messen, um so die optimale Waschmittelmenge für die Wäsche zu bestimmen und damit Waschmittel zu sparen und die Umwelt zu schonen. Während der Messung wird an die Waschlauge eine Wechselfspannung angelegt. Mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit kann dann über eine selbst entwickelte Apparatur die optimale Waschmittelkonzentration individuell für jedes Waschmittel ermittelt werden. Das Projekt wurde von der ROBERT SEUFFER GMBH & CO. KG aus Calw unterstützt. Ein gemeinsames Patent ist bereits angemeldet. Diese Kooperation zeigt deutlich, dass das JFZ eng mit der Industrie zusammenarbeitet. Das Projekt von Dana Tran und Wolfgang Köbele wurde im Rahmen der „Engineering Academy by JFZ“ unter anderem von der Agentur für Arbeit gefördert.

Gewinnung von Erdgas

In einem weiteren Projekt befassten sich die Schüler mit der mikrobiologischen Herstellung von Erdgas. Wie kann man erneuerbare Energie für eine sichere und konstante Energieversorgung nutzen? Jan Zudock vom Otto-Hahn Gymnasium Nagold und Luca Zipfel vom Christophorus Gymnasium Altensteig suchten nach Möglichkeiten, ungenutzten Windkraftstrom chemisch zu speichern. Am besten dafür geeignet hat sich Erdgas. Hierfür haben sie ein spezielles Verfahren entwickelt. Im ersten Schritt wird elektrische Energie durch Elektrolyse in Wasserstoff umgewandelt und Kohlendioxid in geeigneter (stöchiometrischer) Menge zugemischt. Im zweiten Schritt werden diese Produkte über einen Bioreaktor durch den Mikroorganismus *Methanosarcina barkeri* in Erdgas umgeformt. Dieses Erdgas lässt sich dann direkt in das deutschlandweite Gasnetz einspeisen. Das Projekt wurde betreut von Herrn OStR Bernd Kaiser vom Otto-Hahn-Gymnasium Nagold.

Dr. Ariane Pott / BIOPRO

▶ INFO

Weitere Informationen:

Jugendforschungszentrum Schwarzwald-Schönbuch e.V.
Calwer Straße 37/1
72202 Nagold
Tel.: 07452 - 600 32 42
Fax 07452 - 600 36 45
Jugendforschungszentrum@t-online.de
www.jugendforschungszentrum.de

Neue Möglichkeiten für das Studium der Medizintechnik

Zwei Abschlüsse in viereinhalb Jahren: Dies ermöglicht das duale Studium nach dem „Ulmer Modell“. Neben dem Bachelor of Engineering in Medizintechnik oder Mechatronik können die Studierenden in einem Ausbildungsbetrieb zusätzlich einen IHK-Facharbeiterbrief erlangen. Für das duale Studium werden noch weitere Partnerunternehmen gesucht, die zum Mechatroniker, Industriemechaniker oder Elektroniker ausbilden.

Seit dem Jahr 2000 bietet die Hochschule Ulm das duale Studium nach dem „Ulmer Modell“ in den Fakultäten Maschinenbau und Elektrotechnik an. Zum Wintersemester 2014/2015 wird es nun auch eine duale Studienmöglichkeit in den Fakultäten Mechatronik und Medizintechnik geben. Das neue duale Studium baut auf den akkreditierten Bachelor-Studiengängen Medizintechnik und Mechatronik auf. Während die Inhalte der beiden Studiengänge im Grundstudium noch gleich sind, gibt es im Hauptstudium deutliche Unterschiede. In der Mechatronik geht es um Fahrzeuge, Photonik und Fertigungstechnik, wohingegen der Fokus in der Medizintechnik auf Biomechanik, Medizinelektronik oder apparativer Biotechnologie liegt.

Das „Ulmer Modell“ ermöglicht es den Studierenden, zwei Abschlüsse in relativ kurzer Zeit zu erwerben. „Doch die Doppelqualifikation führt natürlich auch zu einer Doppelbelastung“, so Lau. Die sonst im Studium so beliebten Semesterferien fallen im „Ulmer Modell“ weg. Denn hier arbeiten die Studierenden in der Regel in den Unternehmen und absolvieren so ihre Ausbildung oder bereiten sich auf die Facharbeiterprüfung vor. Die Studierenden werden während des Studiums von den Unternehmen bezahlt, sodass ein zusätzlicher Studentenjob nicht benötigt wird.

Weitere Informationen:

Fakultät Mechatronik und Medizintechnik
Prof. Dr. Bernhard Lau
Tel.: 0731 - 50 285 00
Fax: 0731 - 50 285 05
E-Mail: lau@hs-ulm.de



Die Bioökonomie hat das Ziel, aus Biomasse, wie zum Beispiel Reststoffen, Wertstoffe zu gewinnen. Dadurch könnten fossile Rohstoffe ersetzt werden.
(Foto: BIOPRO/Bächtle)

Die Zukunft beginnt jetzt – und die BIOPRO arbeitet daran mit

Als die innovativste Region Europas ist Baden-Württemberg sehr gut aufgestellt, um die anstehenden Herausforderungen des 21. Jahrhunderts anzugehen. Mit Gesamtausgaben von rund 19,5 Milliarden Euro im Jahr 2011 für Forschung und Entwicklung (FuE) erreicht Baden-Württemberg eine FuE-Intensität (Anteil der FuE-Ausgaben bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt) von 5,1 Prozent – ein internationaler Spitzenwert.

Voraussetzung hierfür ist die exzellente Forschung: Auch in der zweiten Phase der Exzellenzinitiative bleibt Baden-Württemberg das erfolgreichste Bundesland. Mit den Universitäten Heidelberg, Konstanz und Tübingen befinden sich drei der bundesweit elf Exzellenzuniversitäten in Baden-Württemberg. Von 85 bundesweit bewilligten Anträgen in der Exzellenzinitiative II entfallen 22 auf baden-württembergische Universitäten, von denen 11 und damit die Hälfte dem Bereich Lebenswissenschaften zuzuordnen sind.

Mit der BIOPRO Baden-Württemberg steht seit 10 Jahren eine vom Ministerium für Finanzen und Wirtschaft und dem

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst gemeinsam getragene Landesgesellschaft zur Verfügung, die den Standort national und international vertritt und – durch die im Jahr 2013 erfolgte neue Ausrichtung auf die Gesundheitsindustrien und die Bioökonomie – Impulse zur Standortentwicklung setzt.

BIOPRO unterstützt Innovationen im Bereich Gesundheit

Baden-Württemberg ist ein starker Gesundheitsstandort und besticht durch eine hohe Dichte an Medizintechnik-, Pharma- und Biotechnologie-Unternehmen im Tätigkeitsfeld Gesundheit. So werden im Land über 600 Medizintechnik- und 141 pharmazeutische Unternehmen gezählt. Diese werden ergänzt durch 160 Unternehmen aus der Biotechnologie. Damit ist Baden-Württemberg bundesweit der größte Pharma- und Medizintechnikstandort und der drittgrößte Biotechnologiestandort.

Die enge Vernetzung der drei Branchen Biotechnologie, Medizintechnik und pharmazeutische Industrie untereinander ist ein entscheidender Faktor, um Innovationen voranzutreiben, da sich gerade an den Schnittstellen der Disziplinen neue Ansatzpunkte für Innovationen ergeben. Mit einer Zuständigkeit für alle drei Branchen in Baden-Württemberg ist die BIOPRO der ideale Partner, der Forschungseinrichtungen und Unternehmen aller relevanten Bereiche zusammenführt.



Die Baden-Württembergische Gesundheitsindustrie, mit den Feldern Medizintechnik, pharmazeutische Industrie und Biotechnologie, ist eine wirtschaftlich bedeutende Branche. (Fotos: Bächtle / BIOPRO, Aesculap AG, psdesign1 / fotolia.com, adimas / fotolia.com, Alexander Raths / fotolia.com, iStock.com / UygurGeographic)

Die BIOPRO ist engagiert bei der Etablierung einer Bioökonomie

Fossile Rohstoffe sind derzeit noch das Rückgrat der Weltwirtschaft. Aber fossile Rohstoffe sind endlich. Daher müssen Alternativen geschaffen werden. Die Bioökonomie ist eine Alternative. Sie basiert auf nachwachsenden Rohstoffen, und es werden unter anderem Pflanzen, Pflanzenreste und Bioabfälle für industrielle Prozesse und die Wertschöpfung eingesetzt. Die Bioökonomie soll den Weg in eine Wirtschaft möglich machen, die nach wie vor auf der Grundlage von chemischen Grundstoffen agiert, aber nachwachsende Rohstoffe nutzt.

Den Biowissenschaften kommt in der Bioökonomie eine besondere Rolle zu. Auf der Basis biowissenschaftlicher Forschung werden Rohstoffe erzeugt, zugleich aber Ökosysteme geschützt und die Biodiversität gefördert. Neben chemisch-thermischen Verfahren werden biotechnologische Verfahren Teil der Wertschöpfung sein, wenn Biomasse in Zwischen- und Endprodukte umgesetzt wird. Als zuständige Landesgesellschaft unterstützt die BIOPRO Baden-Württemberg die Initiative der Landesregierung, die Bioökonomie regional zu entwickeln. Wir vernetzen Akteure, damit neue Wertschöpfungsketten entstehen können. Wir stehen im Dialog mit jenen, die bereits

heute bioökonomische Handlungsprinzipien umsetzen wollen. Der Schwerpunkt der Aktivitäten der BIOPRO ist es, die Branchen Chemie / Kunststoffindustrie, Energie und Umwelttechnologie auf ihrem Weg in die Bioökonomie der Zukunft zu begleiten. Wir arbeiten aber auch daran, diejenigen Branchen für Bioökonomie zu begeistern, denen dieses Zukunftsthema bisher nur wenig bekannt war.

Die BIOPRO informiert die Gesellschaft

Der Wissenszuwachs in der Gesundheitsindustrie und in der Bioökonomie ist enorm und für Laien nicht immer verständlich. Daher übernimmt die BIOPRO Baden-Württemberg in ihrer Öffentlichkeitsarbeit die Rolle eines Dolmetschers: Informationen werden allgemein verständlich aufbereitet und tragen damit zu einem besseren Verständnis bei.

Die BIOPRO berät Gründer

Die BIOPRO Baden-Württemberg unterstützt auch Gründer und junge Unternehmen auf vielfältige Weise: Mit den EXI-Gründungsgutscheinen steht ein von uns betreutes Programm zur Verfügung, das für Interessierte in der Vorgründungsphase Unterstützung und Coaching fördert. Als Partner von VC-BW engagieren wir uns für Gründer, die Kapital benötigen, um ihre Ideen schnell in die Realität umzusetzen.

Dr. Barbara Jonischkeit / BIOPRO

Impressum

Herausgeber:

BIOPRO Baden-Württemberg GmbH
Breitscheidstraße 10
70174 Stuttgart
Phone + 49 (0) 711 - 21 81 85 00
Fax + 49 (0) 711 - 21 81 85 02
E-Mail: redaktion@bio-pro.de

Internet: www.bio-pro.de

Vertretungsberechtigter Geschäftsführer:

Dr. Ralf Kindervater

Registergericht: Amtsgericht Stuttgart

Registernummer: HRB 23470

Umsatzsteuer-Identifikationsnummer

gemäß § 27a Umsatzsteuergesetz:

DE 227283342

V.i.S.d.P.:

Dr. Ralf Kindervater

Chefredaktion:

Dr. Barbara Jonischkeit

Redaktion:

Dr. Ariane Pott

Ann-Kristin Fiala

Lektorat:

Textstudio Eva Wagner, Dorfen

Autoren dieser Ausgabe:

Dr. Ursula Göttert

Stephanie Heyl

Dr. Ernst-Dieter Jarasch

Dr. Barbara Jonischkeit

Heike Laue

Dr. Heike Lehmann

Dr. Petra Neis-Beeckmann

Dr. Ariane Pott

Walter Pytlík

Iria Sorge-Röder

Michael Statnik

Gestaltung:

Designwerk Kussmaul, Weilheim

Namentlich gekennzeichnete Artikel müssen nicht die Meinung des Herausgebers widerspiegeln. Alle Produkte und Dienstleistungen sind Marken der jeweiligen Unternehmen. Die in diesem Magazin veröffentlichten Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers ist der Nachdruck verboten.

© BIOPRO Baden-Württemberg GmbH,
März 2014

www.bio-pro.de

