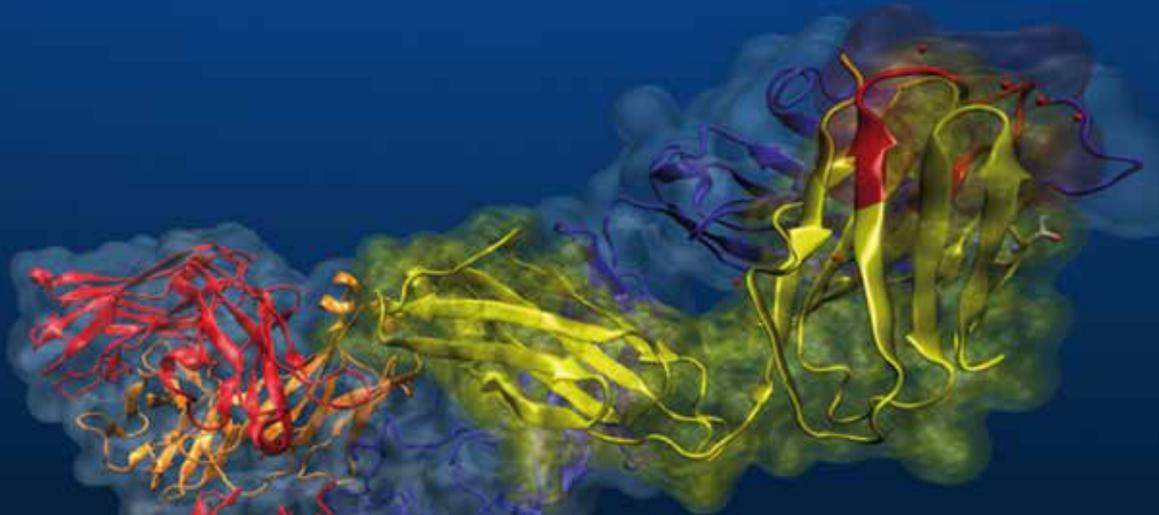


iqjournal



Kleine Teile, große Möglichkeiten:

Engineering auf molekularer Ebene



8

Studierendenwettbewerb:

Biologen und Ingenieure mit
vereinten Kräften



11

Aus dem Bioreaktor:

Wie HZI-Forscher neue
Wirkstoffe entwickeln



14

Reife Leistung:

VDI kürt Ingenieurinnen für
herausragende Arbeit

ZUR SACHE

2 editorial

Zur Sache

3 titel

Konstruieren auf molekularer Ebene
Die gentechnologische Werkzeugkiste
Molekulare Maschinen im Wettstreit
DNA als Baustein für die Mikroskopie
Algen für ein gutes Klima
Antibiotika aus dem Bioreaktor

12 suj

Mikrotechnik rettet Mäuseleben
Stark unter Stress

14 intern

Ingenieurinnen und ihre Leistungen

15 termine & gratulationen

Unsere neuen Mitglieder
Herzlichen Glückwunsch
Neu in unserem Team: Angelina Capelle
Veranstaltungen: Hier geht's hin



*Prof. Dr. Stefan Dübel,
geschäftsführender Leiter
des Instituts für Biochemie,
Biotechnologie und Bioinformatik
der TU Braunschweig*

Liebe Leserinnen und Leser,

die Ingenieurwissenschaft hat ihren Ursprung in Umformung und Umwidmung natürlicher Materialien, zum Beispiel von Astgabeln zu Speerschleudern oder Pflügen – also für Zwecke, welche bei der natürlichen Evolution der Bäume keinerlei Rolle spielten.

Nanobiotechnologie und synthetische Biologie nutzen den gleichen Ansatz, nur in einem milliardenfach kleineren Maßstab. Auch hier werden Komponenten der belebten Natur – typischerweise Zellen und Moleküle – oft von ihrer natürlichen Funktion völlig unabhängig für neue Zwecke eingesetzt.

Ein Beispiel dafür ist *DNA-Origami*: Hier wird DNA, also das Molekül unserer Erbsubstanz, als statisches Konstruktionsmaterial für Nanostrukturen eingesetzt, welche sich sogar in vorprogrammierten Formen selbst zusammensetzt. Auch auf der Ebene der Eiweiße (Proteine) können wir heute verschiedene Moleküle kombinieren, um völlig neue Kombinationen mit vorteilhaften Eigenschaften herzustellen. In dieser Ausgabe des iQ-Journals finden Sie Beiträge, die Ihnen Einblick geben in diese faszinierende Welt.

Ingenieurtätigkeit ist ein konstruktiver Prozess, an dessen Ende ein System mit neuen und für den Menschen nützlichen Eigenschaften zur Verfügung steht, welche nicht aus dem Addieren der Eigenschaften seiner Teile vorhersehbar war. Synthetische Biologie und Nanobiotechnologie folgen diesem Arbeitsprinzip.

Auf dem diesjährigen *4ING-Fakultätentag* in Weimar stellte ich dieses Thema vor und wurde daraufhin gefragt, ob ich mich deshalb selbst als Ingenieur sehen würde. Ich hatte mir diese Frage nie gestellt, aber sie brachte mich auf einen wichtigen Punkt. Ich bin Biologe, aber mein Fach heißt im internationalen Sprachgebrauch *Protein Engineering*.

Meine Fachkollegen sind dennoch meist Naturwissenschaftler – und hier sehe ich die eigentliche Chance für die Ingenieurwissenschaften der Zukunft. Ich bin überzeugt, dass neue technologische Horizonte eröffnet werden, wenn auch Ingenieure mit der ihnen eigenen konstruktiven Kreativität vermehrt die mannigfaltigen Bauteile aus der belebten Natur kennenlernen, verstehen und nutzen.

Ich wünsche Ihnen eine informative Lektüre.

Ihr **Stefan Dübel**

Konstruieren auf molekularer Ebene

Warum uns Nano-Bauteile fantastische Möglichkeiten bieten

Mit der Erfindung der Speerschleuder, geschätzt vor mehr als 15.000 Jahren, begann die Nutzung biologischer Materialien für Zwecke, für die sie die bisherige natürliche Evolution nicht vorgesehen hatte. Ein Ast, von der Natur als Stütze, Wasser- und Nährstoffleiter für die Blätter eines Baumes optimiert, diente plötzlich dazu, Rehe zu töten. Dies war eindeutig ein kreativer und konstruktiver Prozess, welcher die Entwicklung des modernen Menschen voranbrachte. Technik und Ingenieur waren geboren.

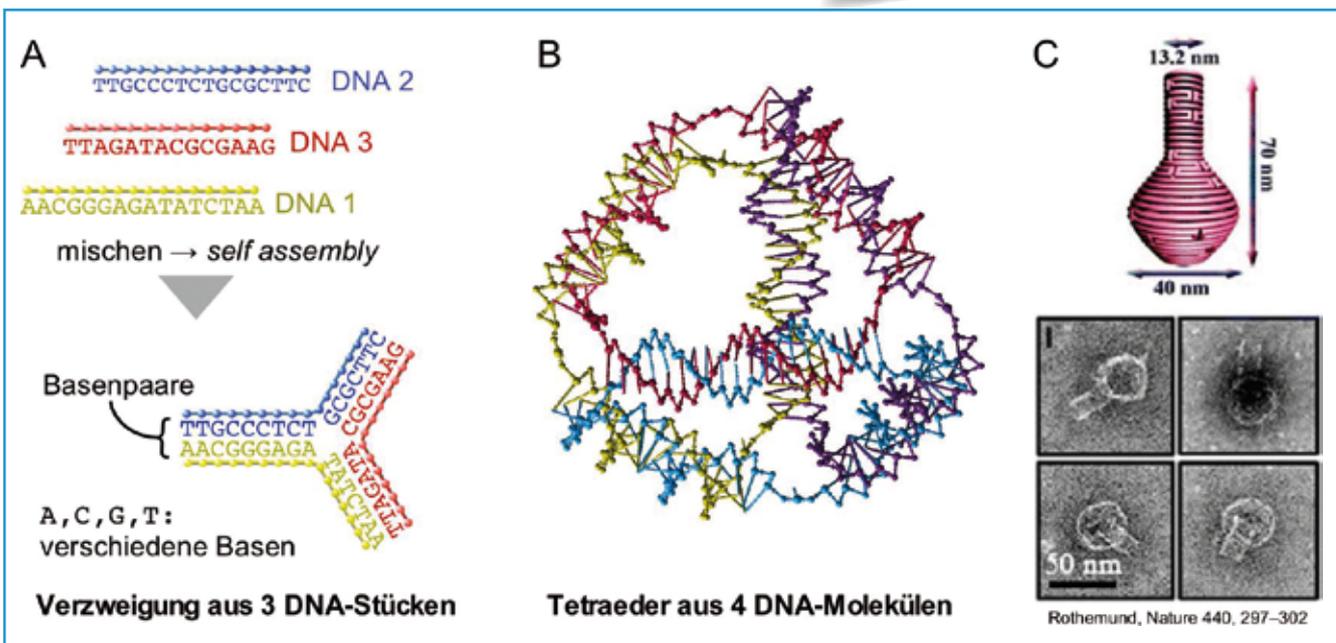
Zwei eng verbundene und stark überlappende Teilgebiete der Biotechnolo-

gie beschäftigen sich seit einigen Jahren damit, dem Erfinder der Speerschleuder nachzueifern, jedoch in einem eine Milliarde Mal kleineren Maßstab. Synthetische Biologie und Nanobiotechnologie setzen die in der belebten Natur vorgefundenen Moleküle konstruktiv für Dinge ein, die bei ihrer evolutionären Entstehung keinerlei Rolle gespielt haben.

Ein Beispiel ist *DNA-Origami*. Hier haben Biowissenschaftler erkannt, dass Nukleinsäuren (etwa unsere Erbsubstanz DNA) außer ihrer Funktion als Informationsspeicher auch andere vorteilhafte Materialeigenschaften haben,

die sie für neuartige technische Anwendungen empfehlen. DNA ist ein langer Faden und sehr reißfest und stabil. Jeder Faden bildet sich aus zwei gegenüberliegenden verdrehten Strängen, die sich in regelmäßigen Abständen mit genau zueinanderpassenden Basenpaaren von vier verschiedenen chemischen Resten berühren und so die bekannte Doppelhelix formen.

DNA (Desoxyribonukleinsäure), unsere Erbsubstanz, ist eine Nukleinsäure, auf der die Baupläne der Proteine codiert sind.



Künstliche, selbstzusammensetzende Molekülstrukturen aus Erbsubstanz (*DNA-Origami*). Durch die Wahl verschiedener Nukleotid-Abfolgen, welche jeweils zu verschiedenen anderen DNA-Stücken komplementär sind, setzen sich komplexe Strukturen im Reißverschlussverfahren selbst zusammen. A: Struktur aus drei DNA-Molekülen mit komplementären Nukleotid-Paaren. B: Tetraeder aus vier farblich unterschiedlich dargestellten DNA-Molekülen. C: dreidimensionale Strukturen aus DNA im Elektronenmikroskop – hier eine Nano-Amphore.

TITEL

Diese Reste greifen also ineinander wie ein Reißverschluss – der aber nur dann schließt, wenn alle gegenüberliegenden Zähne in der richtigen Reihenfolge zueinanderpassen. Dadurch kann man Self-Assembly-Strukturen programmieren: Durch die richtig gewählte Abfolge zusammenpassender Basenpaare hat das Molekül die Fähigkeit, sich selbst mit seinem genauen Gegenstück – aber nur diesem – zu paaren. Hängt man verschiedene Paarungsregionen linear hintereinander, kann man dreidimensionale Strukturen auf Molekülgröße erzeugen – wie in der Abbildung auf der vorherigen Seite.

Mittlerweile gibt es Computerprogramme, welche für komplexere Strukturen automatisch günstige Abfolgen der Basenpaare ermitteln. Diese DNA-Stücke können mittlerweile ohne den Beitrag eines Lebewesens chemisch hergestellt werden und formieren nach dem Zusammenmischen automatisch die gewünschte Struktur. Man nennt diesen Prozess bereits *DNA-3D-Printing*. Hier werden also die Werkstoffeigenschaften von DNA als Strukturmaterialien für Nanogehäuse genutzt – also für technische Zwecke, welche mit ihrer ursprünglichen Funktion, dem Speichern der Baupläne für unsere Eiweiße, nichts mehr zu tun haben.

Biotechnologie: Ingenieurwissenschaft des Lebendigen. Biotechnologen beschäftigen sich damit, durch zielgerichtete Entwicklungen Lebensvorgänge für den Menschen nutzbar zu machen. Das geschieht sowohl durch Konstruktion von Technologie um die Lebensvorgänge herum – um sie technisch kontrollierbar zu machen – sowie heutzutage vermehrt auch durch kontrollierten Umbau der Bestandteile des Lebens selbst auf molekularer Ebene durch Gentechnologie. Beispiele früherer Biotechnologie: Wein, Käse, Brot und Bier. Beispiele moderner Biotechnologie: Humaninsulin aus Bakterien, HPV-Impfstoff gegen Krebs, Malaria Mittel aus gentechnisch veränderten Hefen, nachwachsende Kunststoffrohstoffe aus Pilzen, Biodiesel aus Algen.

Aber auch die natürliche Funktion von Molekülen kann kreativ für die Zwecke des Menschen umgewidmet werden. Kürzlich gelang die erfolgreiche Speicherung eines Films in der Erbsubstanz von Bakterien. DNA als Datenspeicher hat viele theoretische Vorteile. So hat sie sich für diese Funktion buchstäblich seit Milliarden von Jahren bewährt. Die Entschlüsselung der Genome von Neandertaler, Mammut und noch sehr viel älterer Bakterien, welche in der Erde vergraben überdauert hatten, demonstriert eindrucksvoll, dass DNA bei nicht allzu schlechter Lagerung Hunderttausende von Jahren halten kann – länger als alle Bücher, Fotografien, CDs, USB-Sticks oder Magnetbänder.

Bit, Byte und Megabyte

Auch die verfügbare Informationsdichte ist enorm. Ein DNA-Codon kann von Natur aus 64 Zustände annehmen, da es aus drei Kombinationen von vier verschiedenen Basen besteht. Ein DNA-Byte hat also 64 Bit, und eine typische Speichereinheit in Form eines DNA-Ringes in einem *E. coli*-Bakterium enthält tausend bis zweitausend solcher Basenpaar-Triplets hintereinander. Damit kann ein einziges Bakterium etwa vier Megabyte speichern.

Hält man ein kleines Röhrchen mit einem Milliliter einer dichten *E. coli*-Kultur in der Hand, befinden sich darin etwa eine Milliarde Bakterien, also vier Terabyte – das entspricht grob etwa eine Million YouTube-

Protein Engineering: Mithilfe der Möglichkeiten, genetischen Code heutzutage beliebig zu schreiben, können neue Kombinationen von Eiweißen (Proteinen) zusammengesetzt werden, die völlig neue Eigenschaften haben. Auch die molekularen Eigenschaften selbst können optimiert werden, etwa durch Evolutionsrunden im Reagenzglas oder rationales Design. Ein Teilgebiet ist das Antibody Engineering, welches sich mit der Konstruktion von Eiweißen für neuartige Medikamente beschäftigt.

Antikörper, auch Immunglobuline genannt, sind die wichtigsten Abwehrstoffe in unserem Blut gegen Krankheiten und Tumore. Ein Molekül dieser Klasse von Eiweißen bindet jeweils hochspezifisch ein einzelnes Zielmolekül inmitten tausender anderer. Gentechnisch hergestellte menschliche Antikörper stellen mittlerweile die weltweit umsatzstärkste Klasse von Medikamenten dar.

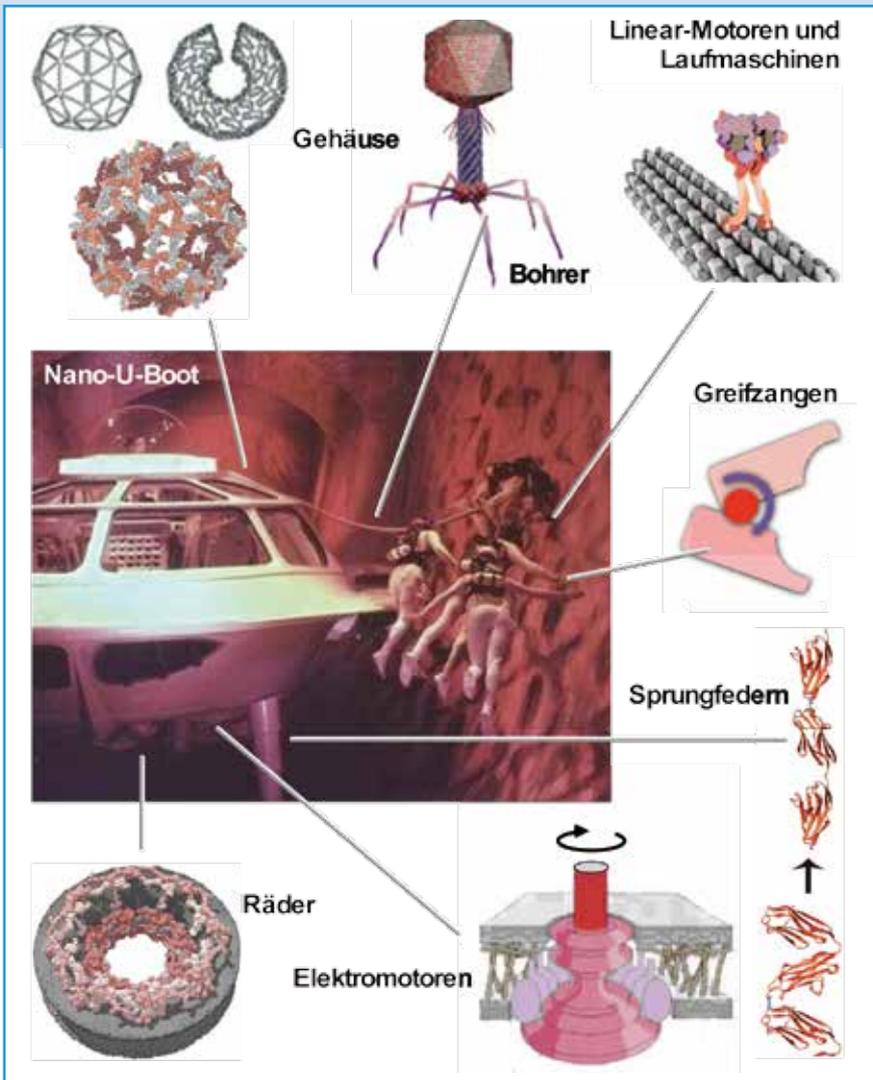
Videos. Mit nur drei Litern Bakterienkultur hätte man genug Speicherplatz für den Gesamtbestand der amerikanischen Kongressbibliothek im Jahre 2000 – neben 20 Millionen Büchern sind dabei bereits auch 13 Millionen Fotos, 500.000 Filme und 3,5 Millionen Musik-CDs erfasst.

Mit dramatisch sinkenden Kosten und überschaubarem Zeitbedarf für die Rückgewinnung der Information durch DNA-Sequenzierung ist auch das Auslesen kein wirkliches Problem mehr. Der Fortbestand der niedlichen Katzen-Videos (und natürlich auch des *Ministry of Silly Walks*-Sketches von Monty Python) sowie anderer Kulturleistungen der Menschheit wäre also auch für jene Zeiten gesichert, in denen aller Stahl bereits längst wieder weggerostet ist.

Auch Eiweiße, die eigentlichen Werkzeuge der Biochemie des Lebendigen, werden vielfältig für Nanobiotechnologie und synthetische Biologie eingesetzt. So wurde kürzlich ein künstliches Molekül für die Krebstherapie zugelassen, welches aus vier verschiedenen Teilstücken zweier verschiedener Antikörper mithilfe zusätzlicher Verbindungselemente künstlich zusammengesetzt wurde. Für die Wirksamkeit dieses Moleküls spielt neben der neuartigen Kombination der Bindungsfunktionen der beiden Antikörper, welche in der Natur so nicht vorkommt, auch die Ver-

ringerung der Größe und die geometrische Anordnung der Teilstücke eine große Rolle.

Auch Stoffe, die natürlicherweise keinerlei Beziehung zueinander haben, kann man kombinieren, um neue Eigenschaften zu erreichen. So gelang es unserem Labor, ein Verdauungsenzym aus dem menschlichen Darm mithilfe der Verknüpfung mit einem Zielsuchkopf in Form eines Antikörpers dazu zu



Der reichhaltige natürliche Baukasten von Nanomaterialien ermöglicht neue Visionen für deren Kombination. Im Science-Fiction-Film „Die phantastische Reise“ aus dem Jahr 1966 lassen sich Ärzte verkleinern und in einem U-Boot in einen Wissenschaftler injizieren, um in dessen Blutbahn eine komplizierte Operation vorzunehmen. Eigentlich haben wir die Bauteile für ein solches U-Boot heute bereits zusammen: Titin-Federn aus den Muskeln, Elektromotoren aus Bakteriengeißeln oder ATPasen, Linearmotoren mit Dynein, Myosin oder Kinesin, Bohrer aus T-Bakteriophagen, Gehäuse und Streben aus Viren oder DNA-Origami, Räder aus Proteinringen.

bringen, gezielt Krebszellen zu töten. Auch nützliche Maschinenteile lassen sich aus Eiweißen konstruieren. Calmodulin, ein Eiweiß, welches Kalzium und andere Proteine bindet, vollführt dabei starke Änderungen in seiner Form – man kann also Calmodulin zwischen verschiedenen Zustandsformen hin- und herschalten. Wir haben das genutzt, indem wir ein Calmodulin-Molekül zwischen zwei Binderegionen eines

Antikörpers eingebaut haben. Die starke Änderung der Calmodulin-Form bewirkt nun, dass dessen Binderegion geöffnet oder geschlossen wird. Damit haben wir quasi eine Zange in der Größe eines einzigen Moleküls geschaffen. Da wir auch seit Jahren bereits Methoden beherrschen, um Zehntausende verschiedener Antikörper herzustellen, welche jeweils ein anderes Zielmolekül erkennen und binden, kann man sich vorstellen, damit eine riesige Vielfalt molekularer Zangen für beliebige andere Moleküle zu erzeugen.

Die Natur stellt uns also einen extrem reichhaltigen Baukasten zur

Proteine (Eiweiße) sind die eigentlichen biochemischen Mittler des Lebens. Sie verdauen unsere Nahrung, kopieren unsere Erbsubstanz. Auch unsere Haut und Haare bestehen aus Proteinen. Antikörper sind ebenfalls Proteine.

Verfügung. Wir finden auch viele andere Maschinenelemente: riesige Federn, Elektromotoren, Linearmotoren, Bohrer, Gehäuse und vielerlei andere Bauteile, deren technische Anwendbarkeit wir noch gar nicht erkannt haben – wie in der Abbildung auf dieser Seite.

Was kann man nun mit dieser Schatzkiste voller molekularer Nano-Bauteile anfangen? Es bedarf meiner Überzeugung nach einer engeren Zusammenarbeit von Naturwissenschaftlern, welche die Konstruktionsarbeit mit diesen Bauteilen erschlossen haben, mit Ingenieuren, die ihre konstruktive Kreativität einbringen. Dann wird die Nanotechnologie technische Lösungen hervorbringen, die bald weit über das heute Vorstellbare hinausgehen.

Prof. Dr. Stefan Dübel, geschäftsführender Leiter Institut für Biochemie, Biotechnologie und Bioinformatik, TU Braunschweig

Nukleinsäuren – DNA oder Ribonukleinsäure (RNA) – sind lange, aus vier verschiedenen aneinandergelagerten Bausteinen (Nukleotiden) zusammengesetzte Molekülketten. Unzählige Kombinationen verschiedener Abfolgen von Nukleotiden ermöglichen die Informationsspeicherung. DNA ist dadurch das wichtigste Molekül der Vererbung, während RNA die Übersetzung der Informationen in die Proteinwelt vermittelt.

Synthetische Biologie: Eine Unterform der Biotechnologie, welche sich zur Aufgabe gesetzt hat, durch kreativen Umgang mit den Elementen der belebten Natur völlig neuartige technische Anwendungen zu ermöglichen. Beispiel: DNA-Origami. Unsere Erbsubstanz DNA trägt im lebenden Organismus die Baupläne für Eiweiße – sie kann aber auch zum Bau selbstorganisierender molekularer Gerüststrukturen oder als Speichermedium für Filme eingesetzt werden.

TITEL

Der Griff in die gentechnologische

Wie wir im Bunde mit unserer Immunabwehr lebenswichtige

Antikörper sind die wichtigsten Moleküle unserer erworbenen Immunabwehr. Sie schützen uns gegen infektiöse Eindringlinge genauso wie gegen Krebs. Die Braunschweiger Yumab GmbH entwickelt für Unternehmen aus der ganzen Welt neue und natürliche humane Antikörper als Grundlage pharmazeutischer Wirkstoffe.

Dabei legt die Yumab großen Wert darauf, dass diese biologischen Wirkstoffe möglichst ähnlich, wenn nicht sogar identisch mit Proteinen sind, die der menschliche Körper bereits enthält. Das Engineering dabei besteht zum einen im biotechnologischen Nachbau

der natürlichen Vorgänge, welche menschliche Antikörper erzeugen. Dazu werden mehrere grundlegende Mechanismen der menschlichen Immunabwehr für ihre Verwendung im Reagenzglas nachkonstruiert. Zum anderen sind die Antikörper selbst auf molekularer Ebene so verändert, dass die Methode mit hoher Effizienz verfahrenstechnisch in Bakterien – statt der menschlichen Blutbahn – funktioniert. Die Natur erzeugt in unserem Blut eine wahre Armee hochspezifischer Abwehrmoleküle, die sogenannten Antikörper. Diese haben alle die gleiche Y-förmige Grundstruktur, unterscheiden sich aber in der detaillierten molekularen Struktur an den Enden, die wie Greifarme fremde Stoffe, Viren oder Bakterien festhalten können. Die jeweiligen genauen Endstrukturen der beiden Greifarme werden während unserer Kindheit in großer Vielfalt durch zufällige Kombination

von Genstücken erzeugt – so entstehen mehr als eine Milliarde unterschiedlicher Antikörper.

Gut gegen Böse: Polizisten bekämpfen Gangster

Jeder dieser Antikörper bindet mit seinen Greifarmen nur eine einzelne, komplementäre und mit atomarer Auflösung genau definierte molekulare Struktur. Man kann sich die Funktion dieser Armee von Antikörpern so vorstellen: Sie sind eine Milliarde verschiedene Polizisten, die jeweils nur einen bestimmten

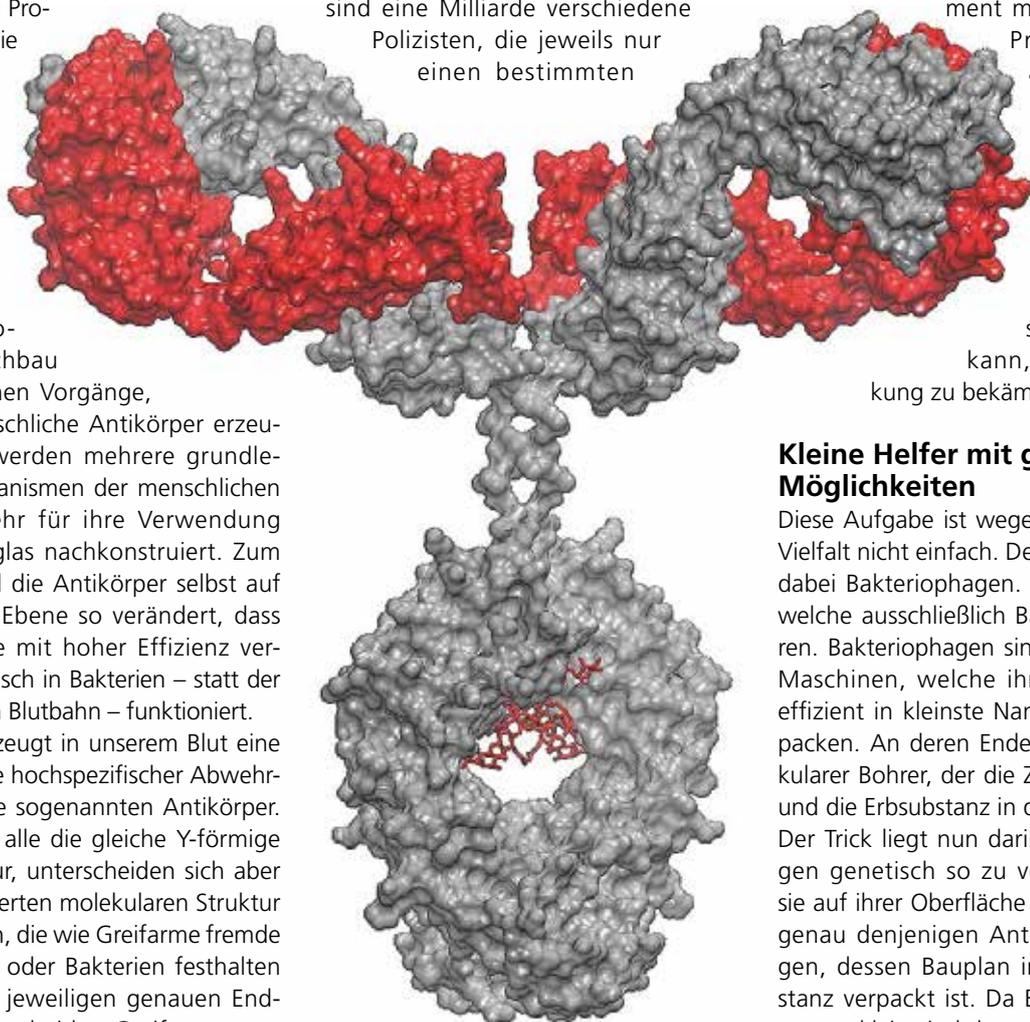
Gangster (zum Beispiel Krankheitserreger) festhalten, sollte er in den Körper eindringen.

Die meisten dieser Polizisten werden wir im Leben niemals benötigen. Da die Spezifität ihrer Greifarme durch Zufallsmechanismen entsteht, haben wir im Blut meist schon Polizisten auch gegen solche Krankheitserreger, mit welchen weder unsere Vorfahren noch wir vorher jemals Kontakt hatten. Für die Verwendung von Antikörpern als Medikament mussten wir das

Problem lösen, aus einer Milliarde verschiedener Polizisten genau den einen zu finden, der einem anderen Menschen helfen kann, seine Erkrankung zu bekämpfen.

Kleine Helfer mit großen Möglichkeiten

Diese Aufgabe ist wegen der enormen Vielfalt nicht einfach. Der Yumab helfen dabei Bakteriophagen. Das sind Viren, welche ausschließlich Bakterien infizieren. Bakteriophagen sind faszinierende Maschinen, welche ihre Erbsubstanz effizient in kleinste Nanoröhrchen verpacken. An deren Ende sitzt ein molekularer Bohrer, der die Zielzelle erkennt und die Erbsubstanz in diese einbringt. Der Trick liegt nun darin, Bakteriophagen genetisch so zu verändern, dass sie auf ihrer Oberfläche zusätzlich noch genau denjenigen Antikörper anhängen, dessen Bauplan in ihrer Erbsubstanz verpackt ist. Da Bakteriophagen extrem klein sind, kann damit eine riesige Kollektion der verschiedenen Baupläne für alle Antikörper aus dem Blut



Ein Antikörpermolekül mit seinen zwei Greifarmen.

Werkzeugkiste

Medikamente gewinnen

vieler verschiedener Spender – letztlich also die gesammelte Immunabwehr der Menschheit – in einem kleinen Röhrchen gesammelt werden.

Wertvolle Baupläne aus dem Reagenzglas

Aus dieser Sammlung an unterschiedlichen Bakteriophagen kann dann der gewünschte Antikörper isoliert werden, indem sie mit einem ganz bestimmten Gangster in Kontakt gebracht wird. Der richtige Polizist greift zu, das heißt, ein einzelner Bakteriophage bleibt dank seines Oberflächen-gekoppelten Antikörpers hängen – und kann so samt dem korrekten genetischen Bauplan aus dem Gemisch herausgefischt werden.

Kleiner geht's nicht – eine einzelne molekulare Bindung zwischen Polizist (Bakteriophagen) und Gangster (Krankheitserreger) ist ausreichend, um den wertvollen Bauplan in Form der Erbsubstanz des Bakteriophagen zu isolieren. Dieser enthält den Bauplan eines

menschlichen Antikörpers – ohne jede Immunreaktion oder Tierversuch und komplett im Reagenzglas erzeugt. So wird die Entwicklung eines neuen Medikamentes ermöglicht, welches den Gangster in der Blutbahn von Patienten bekämpft.

Strategie gegen Krebszellen

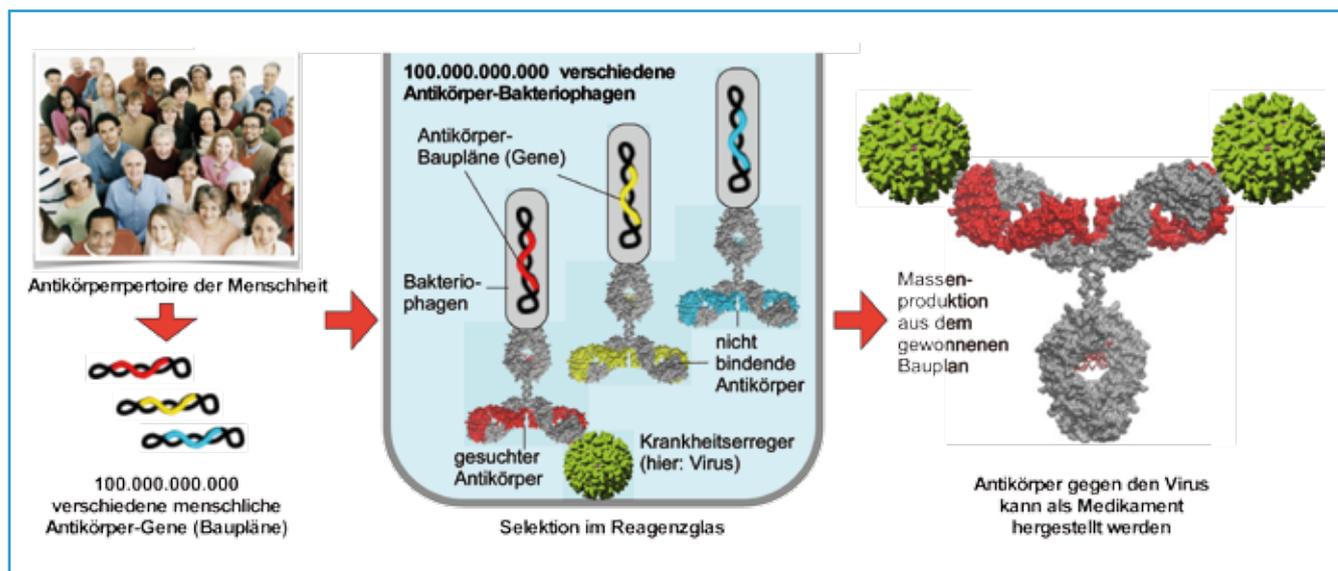
Damit sind die Möglichkeiten aber noch lange nicht am Ende – denn durch Isolation des Bauplans der Antikörper kann sofort im Anschluss eine Weiterentwicklung durch molekulares Engineering durchgeführt werden. Heute können Erbsubstanzen leicht chemisch hergestellt und damit buchstäblich mit atomarer Auflösung programmiert werden. Die Eigenschaften von Antikörpern können so in vielfältiger Weise an bestimmte Anwendungen angepasst und verbessert werden.

So gehen die Funktionen vieler solcher Engineered Antibodies – also konstruierter Antikörpermoleküle – bereits weit über das hinaus, was die Natur selbst

mit diesem Molekültyp erreichen kann. Verschiedene Antikörper können zusammengesetzt und so neu kombiniert werden, um zum Beispiel solche Krebszellen zu bekämpfen, die den körpereigenen Antikörpern entweichen. Auch ihre Bindungsfähigkeit – und damit Effizienz als Medikament – kann verbessert werden, oder sie können stabiler gemacht werden, um ihre Haltbarkeit als Medikament zu verbessern.

Die schnell wachsende gentechnologische Werkzeugkiste zur Verbesserung und Anpassung von Antikörpern an die verschiedensten Anwendungen in der Medizin wird in Zukunft deren Einsatzbereich dramatisch erweitern – die Visionen reichen dabei vom Virusdetektor in Handygröße bis zu personalisierten Medikamenten, die an einzelne Patienten angepasste Wirkstoffe enthalten.

*Dr. Thomas Schirrmann und
Dr. André Frenzel, Yumab GmbH*



Einer aus einer Milliarde: Auf diesem Weg lässt sich aus der Vielzahl an Antikörpern der gesuchte isolieren.

TITEL

Molekulare Maschinen im Wettstreit

iGEM: Biologen und Ingenieure mit vereinten Kräften

Die vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Boston ins Leben gerufene *International Genetically Engineered Machine Competition* – kurz: iGEM – ist der bedeutendste internationale Wettbewerb für synthetische Biologie und *Biological Engineering* weltweit. Jedes Jahr treten dort Tausende junge Menschen in mehr als hundert Studententeams gegeneinander an.

Die Teams setzen sich hierbei aus Studenten unterschiedlicher Jahrgänge der Biologie, Biochemie, Bioinformatik und Biotechnologie zusammen. Die Interdisziplinarität nimmt zu: So finden sich von Jahr zu Jahr immer mehr Kooperationen mit Studenten des Maschinenbaus, der Informatik, aber auch der Elektrotechnik und sogar der Kommunikationswissenschaft und des Marketings – jeder kann hier seine Stärken einbringen.

Wie die Projekte aussehen und auf welchen Nutzen sie abzielen, ist völlig offen. So hat das Team der TU Braunschweig im Jahr 2014 den Versuch unternommen, eine Alginat-Pille für die Kuh zu entwi-

ckeln, die als Futterzusatzmittel direkt im Pansen entstehendes Methan abbauen sollte. Ziel war nichts Geringeres als die Bekämpfung der Erderwärmung.

Im Jahr davor überlegte sich das Team der TU Braunschweig einen genetischen Mechanismus, der zwischen verschiedenen Bakterienstämmen eine Symbiose erzeugt, die sich normalerweise gegenseitig nicht tolerieren würden. Anwendung könnte ein solcher Mechanismus bei der Abwasserreinigung in Klärwerken finden, um eine große Arbeitserleichterung zu erzielen. Mit diesem Projekt wurden die Braunschweiger Studierenden im Finale in Boston sogar Weltmeister der Kategorie *Best New Application*.

Viele Themen, viele Ideen

Betrachtet man die Projekte, so stößt man auf eine enorme Vielfalt an Anwendungsbereichen und Ideenreichtum: auf Projekte zum biologischen Abbau von Mikroplastik in Gewässern über Probiotika gegen Herzkrankheiten bis hin zu Aufklebern auf Fleischverpackungen zur

Detektion verdorbener Lebensmittel. Logische Schaltkreise werden aus Genen aufgebaut, Sonnenenergie auf neue Weise nutzbar gemacht und Medikamente verbessert oder nach völlig neuartigen Konzepten gefunden oder produziert. Kaum ein Tätigkeitsfeld bleibt ausgespart – die Biotechnologie scheint sich auf jeden Bereich des Lebens nützlich anwenden zu lassen.

Auffällig ist bei vielen Projekten die völlig undogmatische Vermischung der Naturwissenschaft Biologie mit den traditionellen Ingenieurbereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik.

Das Konzept von iGEM sieht vor, dass jedes Team am Ende seines Projekts diejenigen biologischen Bausteine in eine Datenbank einspeist, die sie genutzt oder sogar eigens für ihr Projekt neu entwickelt haben. Diese sogenannten *BioBricks* werden von iGEM gesammelt, katalogisiert und den Teams in den folgenden Jahren zur Verfügung gestellt. Diese können sie dann für ihre Projekte nutzen, neu kombinieren, erweitern oder sogar verbessern.

Auf diese Weise entsteht eine wachsende Datenbank biologischer Bausteine, die neue Ideen schürt und Neukombinationen ermöglicht und erleichtert. In Analogie zur Open Source Software wird so Open Source Wetware – also biologische Elemente, molekulare Maschinen und Zelllinien – gesammelt und fleißig von nachfolgenden Projekten genutzt.

Neue biologische Technologien entwickeln und sie in die Anwendung überführen – das ist eine zentrale Zukunftsaufgabe der gesamten Menschheit. Der iGEM-Wettbewerb zeigt, dass es genügend Ideen und kluge Köpfe dafür gibt.



Die Teilnehmer am iGEM-Wettbewerb 2014. Das markante Rot in der Mitte markiert das Team der TU Braunschweig.

Melanie Philippi, Yumab GmbH

Kleine Lineale, große Wirkung

Wie wir DNA als Baustein für die Mikroskopie nutzen können

Die GATTAquant GmbH ist ein junges Unternehmen aus Braunschweig, das neuartige Proben für die optische Mikroskopie herstellt. Im Jahr 2014 wurde GATTAquant – mit Unterstützung des BMWi-Förderprogramms *EXIST-Forschungstransfer* – an der TU Braunschweig gegründet. Seitdem hat sich das Unternehmen zu einem weltweit agierenden Partner in der Mikroskopie-Branche etabliert.

Mit der Entwicklung neuer Fluoreszenzmikroskope, sogenannter Superauflösungsmikroskope, gelang es in den vergangenen Jahren, die Auflösungsgrenze der Systeme bis hin zu wenigen Nanometern zu verschieben. Doch die neue Bildqualität hatte auch ihre Nachteile, gab es noch keine standardisierten Testproben, die die Auflösung auf der Nanometerskala verifizieren konnten. Mit Hilfe einer neuartigen Technologie hat es GATTAquant geschafft, diese Lücke zu schließen und standardisierte Nanometerlineale für die Fluoreszenzmikroskopie zu kommerzialisieren.

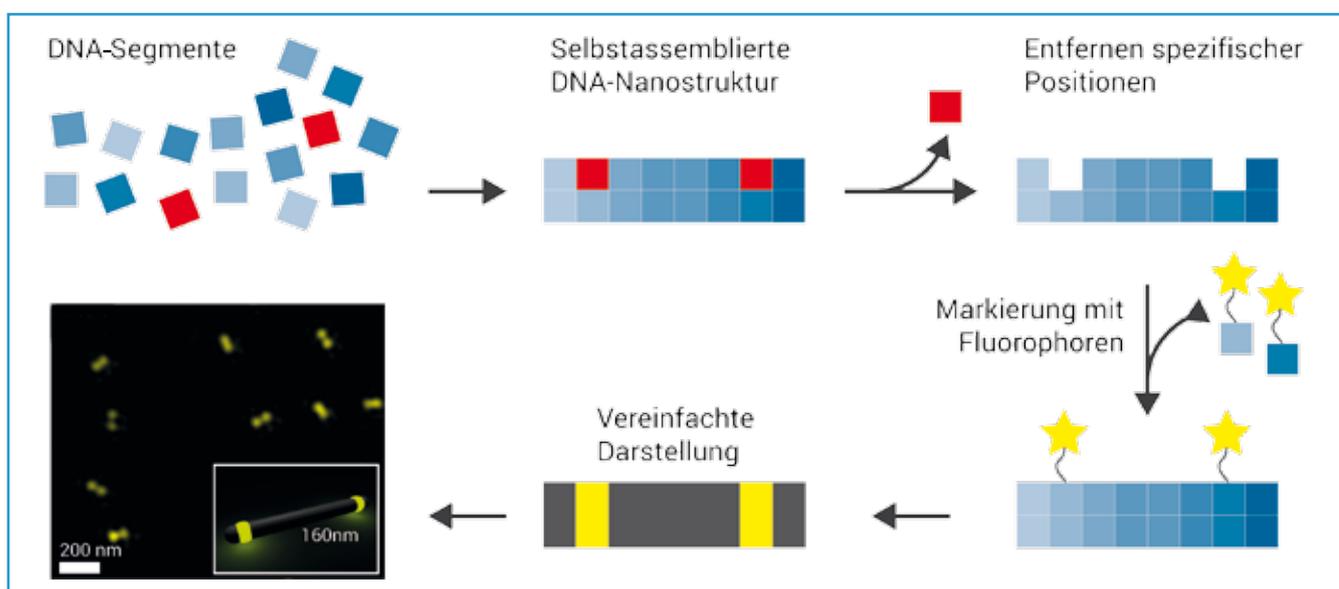
Diese Nanometerlineale nutzen DNA als Baumaterial, um damit präzise und mikroskopisch kleine Strukturen zu konstruieren, die erst den Aufbau der Lineale ermöglichen. Die angewandte Technik nennt sich DNA-Origami – angelehnt an die japanische Papierfaltkunst – und nutzt die Programmierbarkeit der DNA-Sequenz, die normalerweise zur Speicherung von genetischer Information dient. Da die chemischen und physikalischen Eigenschaften der DNA detailliert erforscht und bekannt sind, kann man kurze DNA-Segmente als eine Art Lego-Baustein verstehen. Durch die Programmierbarkeit lassen sich nun viele Hunderte solcher Bausteine präzise und definiert zusammenfügen oder zusammenstecken, sodass sich am Ende nanoskalige Strukturen wie kleine Rechtecke oder Stäbchen aus DNA ergeben, die nur wenige hundert Nanometer groß sind. Ein weiterer Vorteil der DNA ist ihre chemische Modifizierbarkeit. So kann man fluoreszente Farbstoffe kovalent an DNA-Segmente koppeln, welche wiederum in

die Nanostruktur eingebaut werden. Da jede Position in der Nanostruktur einzigartig ist, kann man einzelne Positionen gezielt austauschen bzw. markieren.

Wählt man also eine Position am einen Ende der Struktur und eine weitere Position hundert Nanometer davon entfernt und versieht beide mit je einem Farbstoffmolekül, so erhält man zwei fluoreszente Markierungen mit einem definierten Abstand von hundert Nanometern. Die zwei Markierungen sind äquivalent zu Markierungen auf einem Lineal – und somit ist eine neue Klasse von Strukturen geschaffen: die fluoreszenten Nanometerlineale.

Mit Hilfe der DNA-Nanotechnologie kann erstmals die Auflösung superauflösender Mikroskope quantitativ bestimmt und überprüft werden. Die Nanometerlineale finden dabei sowohl Anwendung bei den Mikroskop-Herstellern als auch in der Forschung oder bei Trainings und Workshops.

Dr. Max Scheible, GATTAquant GmbH



TITEL

Algen für ein gutes Klima

Über die CO₂-Anreicherung im flexiblen Bioreaktor



Airlift-Bioreaktor zur biogenen CO₂-Anreicherung mit Parallelkulturen von Cyanobakterien (1), Rotalgen (2) und Grünalgen (3).

2017 wird das dritte Mal in Folge das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen und zugleich das mit der höchsten CO₂-Konzentration seit 800.000 Jahren. Kohlenstoffdioxid wird bei Verbrennungsprozessen freigesetzt und reduziert als ein Treibhausgas die Wärmeabstrahlung der Erde – mit dem Effekt der

Erderwärmung und des Klimawandels. Das bei Verbrennungsprozessen freigesetzte CO₂ dabei nicht in die Atmosphäre zu entlassen, sondern durch biotechnologischen Einsatz der uralten Erfindung der Evolution, der Photosynthese, zu binden, wird derzeit an der Ostfalia untersucht. Photosynthese beschreibt den Prozess der Fixierung gasförmigen Kohlenstoffdioxids in organische Verbindungen mit Hilfe von Lichtenergie und speziellen Pigment- und Enzymkomplexen. Dazu fähig sind phototrophe Organismen: Pflanzen, Algen und einige Bakteriengruppen. Im Labor kultivieren lassen sich davon am einfachsten die einzelligen planktonisch lebenden Mikroalgen und Cyanobakterien.

An der Ostfalia wurde für die Kultivierung von Mikroalgen in einem studentischen Projekt ein besonderer Bioreaktor gebaut, der die beiden Inhalte des Studiengangs der Bio- und Umwelttechnik, Naturwissenschaft und Ingenieurwesen, ideal verbindet. Ergebnis dieses *Bio + Engineering*-Projekts ist ein robuster und flexibler Airlift-Photobioreaktor mit sechs Parallelschlaufen aus PE-Schlauchfolie, deren Volumen durch flexible Einbauten zwischen zehn und zwanzig Liter verändert werden kann.

Auf die richtige Mischung kommt es an

Für die Studien zur CO₂-Anreicherung durch Mikroalgen und Cyanobakterien ist das Gasgemisch besonders wichtig, das über einen Kompressor in den sogenannten Riser eingebracht wird, wodurch infolge aufsteigender und ausperlender Gasblasen Dichteunterschiede zwischen Auf- und Abstromsäule entstehen und die Zirkulation des Kulturmediums einsetzt. Gefördert werden diese Gasgemische aus Gasbeuteln, die zuvor mit dem jeweils gewünschten Volumen aus PE-Folie hergestellt und in der zu testenden Gaszusammensetzung befüllt werden.

Für die Untersuchung der CO₂-Anreicherung werden derzeit Schlaufen mit einzelligen Grünalgen der Spezies *Desmodesmus subspicatus*, der Rotalge *Porphyridium purpureum* und des Cyanobakteriums *Arthrospira platensis* kultiviert und mit Druckluft bzw. einem Gasgemisch aus CO₂ und Raumluft belüftet. Im Parallelbetrieb kann dabei Zellzahlentwicklung bzw. optische Dichte sowie Entwicklung von Trockensubstanz und organischer Trockensubstanz (oTS) von mit Druckluft belüfteter Kontrollschleife und mit Gasgemisch belüfteter Testschleife verglichen werden. Die Zusammensetzung des in den Gasbeutel zurückströmenden Gases wird am Ende einer Belüftungseinheit gemessen.

Nach dem guten Vorbild der OECD

Die biogene CO₂-Anreicherung lässt sich zum einen über die Konzentrationsdifferenz im Gasgemisch annähern und über die oTS-Zunahme bilanzieren. Durch den erweiterten Labormaßstab werden mit dem Airlift-Schlaufenreaktor ausreichende Biomassen für Versuche zur nachfolgenden stofflichen Nutzung produziert. Dabei ist eine kaskadenförmige Nutzung nach der von der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) formulierten 5F-Kaskade anzustreben.

Das Potenzial zur letzten Stufe, der energetischen Nutzung, wird derzeit an der Ostfalia in Biogasbatchtests untersucht. Die Nutzung der Algenbiomasse als Biogassubstrat könnte letztlich den Kreislauf des Kohlenstoffs wieder schließen – weitestgehend unter Ausschluss von CO₂-Freisetzung in die Atmosphäre.

*Professor Dr. Elke Wilharm,
Institut für Biotechnologie und
Umweltforschung, Ostfalia Hochschule*

Antibiotika aus dem Bioreaktor

Wie HZI-Forscher aus Mikroorganismen Wirkstoffe gewinnen

Immer mehr Krankheitserreger entwickeln Resistenzen gegen gängig eingesetzte Antibiotika. So werden zum Beispiel die gefürchteten Krankenhauskeime zunehmend zu einer Gefahr für die Patienten und zu einer Herausforderung für das Gesundheitssystem. Gegen andere Infektionskrankheiten wie Malaria, Tuberkulose oder AIDS ist dagegen die Versorgung mit wirksamen Arzneimitteln besonders in ärmeren Ländern oft nicht ausreichend, da diese lebensnotwendigen Medikamente nicht im Fokus der Industrie stehen. Um die Entwicklung neuer Wirkstoffe dennoch voranzutreiben, nutzen Forscher des Helmholtz-Zentrums für Infektionsforschung (HZI) in Braunschweig Mikroorganismen als Wirkstoffquelle.

Myxobakterien zum Beispiel leben im Erdboden und produzieren eine Vielfalt chemischer Substanzen, mit denen sie sich vor Nahrungskonkurrenten, Fressfeinden und Parasiten schützen. So haben Forscher am HZI kürzlich aus einem Myxobakterium die völlig neue Wirkstoffklasse der Cystobactamide entdeckt, die eine Breitspektrumwirkung gegen fast alle bekannten bakteriellen Problemkeime besitzt. Auch Pilze geben biologisch aktive Substanzen ab, die mitunter medizinisch relevante Wirkungen haben. Denn sie sind gegen Bakterien oder Viren gerichtet und kommen daher als mögliche Wirkstoffkandidaten infrage.

Internationale Zusammenarbeit: Proben aus aller Welt

Die HZI-Wissenschaftler um Professor Marc Stadler, der die Abteilung *Mikrobielle Wirkstoffe* leitet, sammeln im Rahmen internationaler Kooperationen weltweit Proben in verschiedenen Habitaten ein und isolieren daraus interessante Bakterien- oder Pilzstämme. „Um an neue Mikroorganismen zu gelangen,

brauchen wir Umweltproben aus der ganzen Welt“, sagt Stadler.

So hat sein Team in den vergangenen Jahren zum Beispiel in Zusammenarbeit mit Forschern in Kenia und Thailand bereits mehr als 50 neue Wirkstoffe gefunden. „Es besteht weltweit ein immenser Nachholbedarf bei der Entwicklung neuer Antibiotika für die Therapie bakterieller Infektionen. Dabei reicht es nicht aus, potenzielle Wirkstoffkandidaten zu identifizieren. Man braucht die Wirkstoffe auch in ausreichender Menge und Qualität.“

Reaktoren mit mehreren hundert Litern Volumen

Dazu müssen die Forscher zunächst die idealen Wachstumsbedingungen für die jeweiligen Bakterien- und Pilzstämme bestimmen, unter denen sie am meisten Naturstoffe bilden. Das geschieht in Bioreaktoren, in denen sich die Wachs-

tumsbedingungen Schritt für Schritt optimieren lassen. Über verschiedene Extraktionsmethoden können die Forscher die Naturstoffe schließlich aus der Biomasse isolieren. Ist ein Wirkstoffkandidat besonders interessant und soll für die präklinische Entwicklung aufbereitet werden, sind Mengen bis zu einem halben Kilogramm erforderlich. Dazu müssen die biotechnologischen Verfahren auf einen größeren Produktionsprozess übertragen werden. Am HZI stehen dafür Bioreaktoren mit mehreren hundert Litern Volumen bereit. Denn der Weg zur Medikamentenentwicklung – zusammen mit Industriepartnern – ist nur möglich, wenn der Wirkstoffkandidat in ausreichender Menge und Reinheit zur Verfügung steht.

Professor Dr. Marc Stadler und Dr. Andreas Fischer, Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung Braunschweig



Die Wissenschaftler des HZI nutzen Bioreaktoren, in denen Bakterien- und Pilzstämme Naturstoffe mit medizinisch relevanter Wirkung produzieren.

Mikrotechnik rettet Mäuseleben

Woran arbeitet das IMT? Ein Hiwi-Erfahrungsbericht

Was in den Laboren des Instituts für Mikrotechnik (IMT) der TU Braunschweig entsteht, sieht ganz klein aus – wenn man es überhaupt sehen kann. Allerdings haben die kleinsten Dinge bekanntlich die größte Bedeutung und so ist es, wie ich im Rahmen meiner Tätigkeit als studentische Hilfskraft (Hiwi) am IMT erfahren konnte, auch hier. Ein flexibler Sensorpatch für die Atemüberwachung von Säuglingen, ein mikrofluidisches System zur Durchführung von Medikamententests oder ein Mikrogreifer für die Zellmanipulation sind beispielhaft für die Forschungsergebnisse am IMT.

Das Institut wurde 1996 eingeweiht und steht seit 2012 unter Leitung von Professor Andreas Dietzel. Wie viele wissenschaftliche Bereiche ist auch die Mikrotechnik stark international geprägt. Dies zeigt sich auch am Werdegang des

Institutsleiters, der zuvor eine Professur an der TU Eindhoven innehatte. Seine Entscheidung, dem Ruf der TU Braunschweig zu folgen, fußte darauf, dass schon damals interdisziplinäre Kooperationen mit den Lebenswissenschaften einen hohen Stellenwert in Braunschweig hatten und gute Perspektiven boten.

Das Team des IMT forscht mit akademischen und industriellen Partnern an einer Vielfalt von spannenden Projekten – darunter das von Kai Mattern, der zusammen mit Forschern aus der Pharmazie ein Pancreas-on-a-Chip-System entwickelt. Der grundlegende Ansatz solcher Systeme ist es, die *In-vivo*-Lebensbedingung der Zellen in einer mikrotechnischen Umgebung zu simulieren. Mit einem derart nachgebildeten, nur aus wenigen relevanten Zellen bestehenden Organ (hier die Bauchspeicheldrüse) können Medikamente getestet werden.

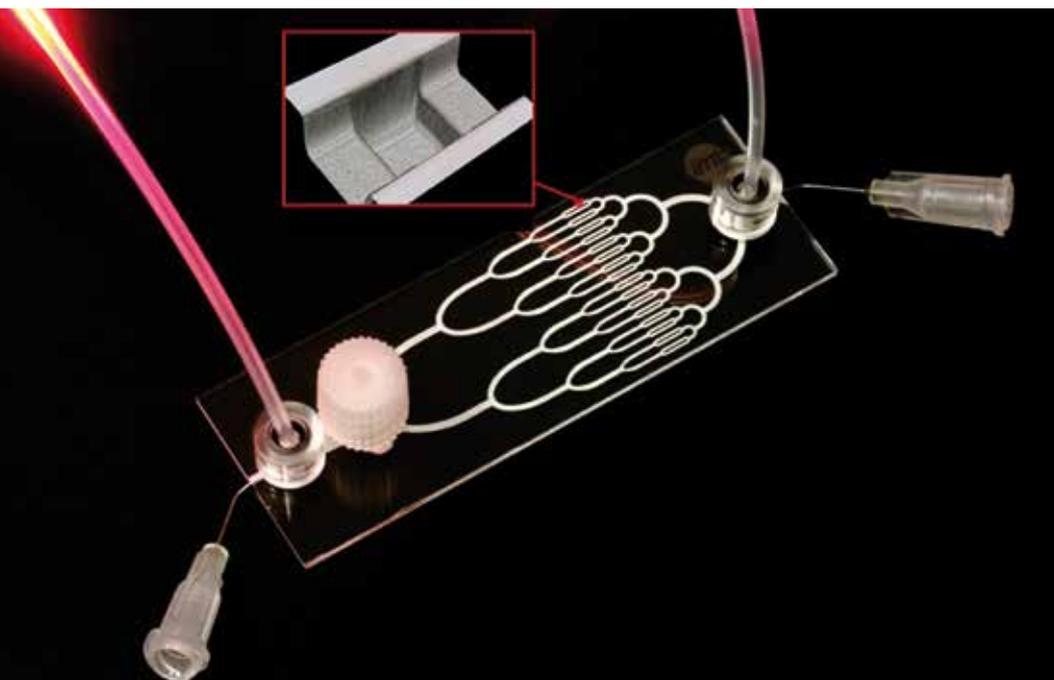
Das Ziel von Organ-on-Chip sei die Präzisierung der Vorhersage von Medikamenteneinflüssen im menschlichen Körper bei gleichzeitiger Reduktion der Anzahl notwendiger Tierversuche in der präklinischen Testung, so Professor Andreas Dietzel. Laut Kai Mattern kann mit seinem System die Anzahl der benötigten Mäuse um etwa 50 Prozent gesenkt werden.

Simulation des Organismus

In bisher zweieinhalb Forschungsjahren an Pancreas-on-a-Chip-Systemen am IMT wurde unter anderem das Mikrosystem entwickelt, das das Bild zeigt. Die abgebildeten Wells (Vertiefungen in den Kanälen) nehmen die zu untersuchenden Zellinseln auf. Aufgrund der optischen Transparenz des Systems besteht die Möglichkeit, die Reaktion der Zellen auf die vorbeiströmenden Stoffe mit optischen Verfahren zu untersuchen.

In Zukunft könnten solche Systeme, die anderenorts bereits für die Lunge und weitere Organe entwickelt wurden, Tierversuche nahezu vollständig ablösen. Ein weiteres Ziel ist die komplette Simulation des menschlichen Organismus. Eines der aktuellen Forschungsprojekte am IMT befasst sich mit der Nachahmung der Blut-Hirn-Schranke.

Die Herstellungsverfahren solcher Systeme sind vielfältig und variieren je nach Einsatzgebiet und Art der Systeme stark, sodass ich mich als Hiwi nicht nur mit der Bedienung von Lasern, sondern auch anderen Mikroproduktionstechnologien im Reinraum wie Sputtern von Metallschichten und Flußsäure-Ätzen von Glas vertraut machen konnte. Diese außergewöhnliche Vielfalt zeichnete meine Hiwi-Tätigkeit aus. Mein Resümee der vergangenen Monate ist, dass große Ideen auch mit ganz kleinen Dingen umgesetzt werden können.

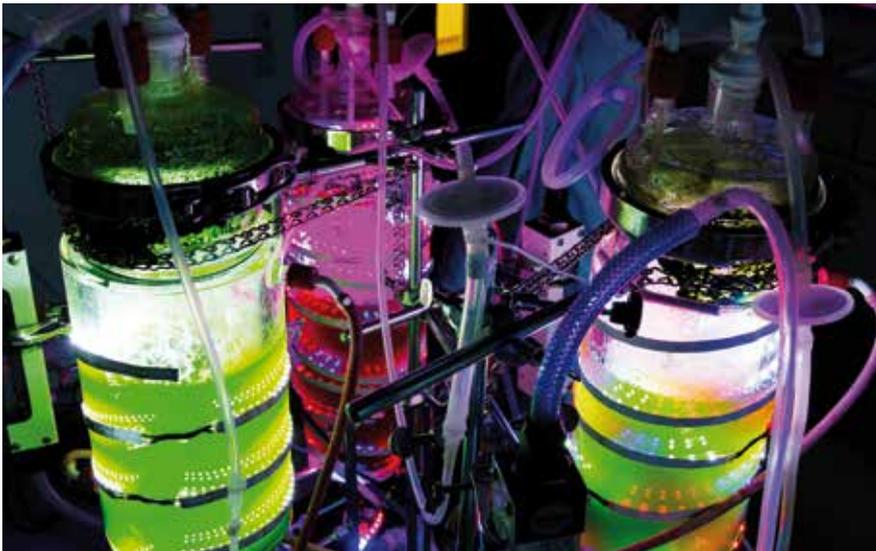


Pancreas-on-a-Chip-System von Kai Mattern. Kanalbreite und Welltiefe betragen 300 Mikrometer (die Abmessungen des Glassystems: 26 x 76 Millimeter).

Victoria Fiebach VDI, SuJ Braunschweig

Stark durch Stress

In Algen steckt Potenzial – auch für die Landwirtschaft



Photobioreaktoren zur Untersuchung der optimalen Wachstumswellenlänge für phototrophe Mikroorganismen.

Seit jeher nutzt der Mensch Pflanzen und Sonne zur Produktion von Wertstoffen. Hauptsächlich handelt es sich hierbei um die Produktion von Nahrung und Baustoffen in der Forst- und Landwirtschaft, welche aufgrund der geringen Wachstumsraten und der Anbauform zeit- und arbeitsintensiv sind. Um durch eine höhere Wachstumsrate und einfachere Kultivierungsbedingungen diesen Umstand auszugleichen, wird seit Mitte des vergangenen Jahrhunderts an phototropen Mikroorganismen geforscht. Auch ich habe mich mit diesem Thema beschäftigt – im Rahmen meiner Bachelorarbeit.

Anhand von Organismen wie *Spirulina platensis* (mehr als 70 Prozent Protein pro Gramm Trockenmasse) wurde gezeigt, dass eine Nahrungsmittelproduktion in Cyanobakterien mit bis zu 33 Tonnen pro Hektar und Jahr (t/

ha*a) möglich ist. Im Vergleich dazu liefert Mais einen Ertrag von ungefähr 10 t/ha*a. In der Biodieselproduktion wurde mit Mikroalgen ein sehr hoher Ertrag an pflanzlichem Rohöl erreicht, welcher den Ertrag von Rapsöl übersteigt. Trotz der höheren Produktion erweisen sich hierbei die Produkte aufgrund der hohen Kosten als nicht marktfähig.

Unter der Lupe: Astaxanthin

Eine Ausnahme bilden hochpreisige Produkte aus den Bereichen Pharmazie, Kosmetika und Nahrungsergänzungsmittel.

Beispielhaft wurde die Astaxanthinbildende Alge *Haematococcus pluvialis* unter semi-kontinuierlicher Prozessführung in Prototyp-Photobioreaktoren an der Hochschule Biberach in meiner Bachelorarbeit untersucht. Astaxanthin ist ein starkes Antioxidati-

onsmittel, welches auch aufgrund seiner roten Farbe als Pigment in der Kosmetikindustrie verwendet wird.

Gute Ausbeuten

H. pluvialis bildet Astaxanthin intrazellulär als Antwort auf externe Stressfaktoren wie UV-Bestrahlung oder Nährstoffmangel. Somit ist die Menge der Biomasse ausschlaggebend für die Produktivität und stand im Mittelpunkt meiner Prozessoptimierung. Erste Ergebnisse zeigen, dass durch die semikontinuierliche Prozessführung in noch nicht optimierten Prototypen bereits Ausbeuten von etablierten Laborverfahren wie Schüttelkolben erreicht werden können.

Marvin Gruber VDI, 29 Jahre, hat sein Grundstudium der Industriellen Biotechnologie an der Hochschule Biberach absolviert. Derzeit studiert er den Masterstudiengang Bio- & Chemieingenieurwesen an der TU Braunschweig.



Wer wissen möchte, was bei den Studenten und Jungingenieuren Braunschweigs los ist: Einfach den QR-Code scannen und auf Facebook mehr erfahren. Etwa über die Exkursion zur Siemens AG, Division Mobility (Bahntechnik) in Braunschweig. Und über eine liebgewonnene Tradition: das jährliche VDI-VDE-Grillen im Gaußpark.



INTERN

Eine reife Leistung

VDI-Wettbewerb: Ingenieurinnen auf Platz zwei

Ingenieurinnen und ihre Leistungen heißt ein Wettbewerb, den das VDI-Ingenieurinnen-Netzwerk *Frauen im Ingenieurberuf* alljährlich ausschreibt. Die Teams mit den interessantesten Beiträgen bekommen die Möglichkeit, sich auf der Hannover Messe auf dem Stand des VDI zu präsentieren. In diesem Jahr ist ein Team unseres Bezirksvereins vor Ort gewesen. Europas modernstes Automobilwerk hat circa 3.000 Arbeitsplätze und eine Produktionskapazität von jährlich 100.000 Fahrzeugen in 69 Varianten. Und auch etwa 220 Hektar Grundstück, davon 110 Hektar Baufeld, acht Gebäude und Gebäudekomplexe, sieben Kilometer Schienen, viele Kilometer Straßen und Regenwasserkanäle sowie Wasser-, Abwasser-, Strom- und Gasleitungen und viele Hektar Parkplätze. Die Rede ist vom Crafter-Werk von Volkswagen Nutzfahrzeuge, das im vergangenen Herbst im polnischen Wrzesnia die Produktion aufnahm und dessen Investitionssumme sich auf 800 Millionen Euro beläuft.

Auf Seiten des Generalplaners wurde es von einem überwiegend weiblichen Team realisiert: Die Gesamtprojektleitung der Planung hatte die Architektin

Claudia Thormeyer inne, und für fünf der acht Teilprojekte zeichneten die Architektinnen und Bauingenieurinnen Sandra Artal y Hillebrandt, Isabella Dabrowski, Silvia Rattey, Heike Thal und Antje Yousofi verantwortlich.

Kommunikation & Kreativität

Herausfordernd waren dabei nicht nur die Dimensionen des Werkes, sondern vor allem der Zeitplan: Allen Beteiligten, den Frauen und ihren Teams und Subunternehmern standen lediglich sechs Monate Planungsvorlauf und 23 Monate Bauzeit zur Verfügung. „Solch ein Projekt in solch kurzer Zeit umzusetzen, funktioniert nur mit sehr guter Kommunikation“, resümiert Sandra Artal y Hillebrandt. Die Bauingenieurin verantwortete die Infrastruktur des Werks. Als ausschließlich weibliche Domäne sieht sie Kommunikationsfähigkeit nicht: „Es geht ja nicht nur um die Kommunikation im Team, sondern auch darum, sich ständig mit dem Bauherren auszutauschen und abzustimmen.“

Geschafft! Den Termin gehalten und den Kostenrahmen eingehalten. Und das Verhältnis zum Bauherren Volkswagen Nutzfahrzeuge war so gut, dass dieser

die Frauen bei ihrer Bewerbung für den VDI-Wettbewerb tatkräftig unterstützte. Dabei war noch einmal Kreativität gefragt, um die Leistung messetauglich aufzubereiten. „Bei einem Bauprojekt denkt man zuerst an ein 3-D-Modell. Aber uns stand am Messestand nur eine Fläche von maximal einem Quadratmeter zur Verfügung. Hätten wir das Werk maßstabsgetreu auf diese Fläche umgerechnet, hätten wir allenfalls Raufasertapete auslegen können“, erläutert Sandra Artal y Hillebrandt. Die Lösung waren ein Film und Foto-Ringbücher im Format A2, mit denen das Team den Besuchern des VDI-Standes Eckpunkte und wichtige Details seiner Arbeit auf Deutsch und Englisch vorstellte.

Für das Braunschweiger Team reichte es zum zweiten Platz. Sandra Artal y Hillebrandt: „Ich war fast die gesamte Messe hindurch am Stand, wo sich viele gute Gespräche mit Besuchern ergaben. Die und die Erfahrungen rund um den Wettbewerb haben den Aufwand der Bewerbung gelohnt.“

*Karin Brandt VDI,
Arbeitskreis Frauen im Ingenieurberuf*



Kira Kastell, Vorsitzende des VDI-Netzwerks Frauen im Ingenieurberuf, mit Mitgliedern des zweit- und des erstplatzierten Team, Sylvia Rattey, Heike Thal, Claudia Thormeyer, Linda Rupp, Christiane Kurka, Katharina Volk und Sandra Artal y Hillebrandt (von links).

NEUZUGÄNGE/GRATULATIONEN

NEUZUGÄNGE

Wir begrüßen herzlich unsere neuen Mitglieder (bis 1. August) im VDI Braunschweig. Schön, dass Sie da sind. Wir wünschen Ihnen viele neue Kontakte und einen interessanten Erfahrungsaustausch mit Kolleginnen und Kollegen.

Julius Abendroth, Braunschweig
Nico Albrecht, Bad Harzburg
Dorothee Amante, Jembke
Tobias Bahr, Braunschweig
Safak Baltaci, Clausthal-Zellerfeld
Timo Bartels, Braunschweig
Jan Becker, Gifhorn
Marvin Becker, Braunschweig
Christian Beyr, Clausthal-Zellerfeld
Xu Bo, Clausthal-Zellerfeld
Adam Bode, Braunschweig
Gregor Bödicker, Braunschweig
Julius Böhmer, Braunschweig
Lennart Böttner, Wolfenbüttel
Nils Brehme, Vechelde
Roelf-Erik Carsjens, Goslar
Johannes Dechow, Braunschweig
Antonio Depardon, Braunschweig
Jonathan Dierks, Braunschweig
Philipp Döriges, Braunschweig
Pedro Donadelli, Wolfenbüttel
Lennart Düren, Meine
Christopher Dunkel, Braunschweig
Louisa-Madeline Engler, Goslar
Lukas Feldmann, Wolfenbüttel
Sebastian Fischer, Wolfenbüttel
Bennet Freiling, Braunschweig
Niklas Gabisch, Peine
Peter Gers-Barlag, Braunschweig
Mozhgan Ghalamikermanshahi, Clausthal-Zellerfeld
Stephan Gierke, Braunschweig
Eileen Gottschalk, Braunschweig
Ina Greiling, Clausthal-Zellerfeld
Paul Günther, Braunschweig
Bastian Gumbrecht, Braunschweig
Helmi Haddaji, Braunschweig
Mohamed Hafiane, Braunschweig
Jan Hellmuth, Braunschweig
Annika Henke, Clausthal-Zellerfeld
Jakob Hennig, Braunschweig
Philipp Herfurth, Wolfenbüttel
Steffen Hoffmann, Remlingen
Fabian Holldorf, Braunschweig
Leonard Holtmann, Wolfsburg
Tatjana Hopfauf, Peine
Jana Huchtkötter, Clausthal-Zellerfeld
Marcel Hüsig, Wolfsburg
Babak Jafari, Braunschweig
Sascha Jonscher, Salzgitter
Hauke Jürgens, Braunschweig
Thomas Jungblut, Braunschweig
Maximiliane Jungels, Clausthal-Zellerfeld
Marion Jury, Clausthal-Zellerfeld
Felix Käune, Braunschweig

Lars Kintscher, Wendeburg
Sarah Koch, Braunschweig
Lukas Kollé, Braunschweig
Lauri Kröger, Braunschweig
Marwin Kühler, Meine
Philipp Küster, Krebeck
Angela Kwedom, Clausthal-Zellerfeld
Fabian Lange, Braunschweig
Felix Lange, Braunschweig
Jana Langenhan, Braunschweig
Marvin Lauenstein, Bad Sachsa
Gerrit Lehning, Wolfsburg
Dorian Lenk, Braunschweig
Ga Loi, Clausthal-Zellerfeld
Katja Mahal, Braunlage
Yanick Mbemo, Clausthal-Zellerfeld
Katja Metzler, Braunschweig
Peter Meyer, Braunschweig
Yinan Miao, Clausthal-Zellerfeld
Jan Moellmann, Braunschweig
Amr-Ismael Musa, Braunschweig
Elsayed Nasr, Clausthal-Zellerfeld
Charlotte Neufeldt, Wolfenbüttel
Chris Phong Nguyen, Seesen
Kamile Ozbek, Clausthal-Zellerfeld
Adriana Perez, Braunschweig
Niklas Petersen, Burgdorf
Juan Felipe Ramirez, Seesen
Isabell Ramming, Braunschweig
Andreas Richter, Clausthal-Zellerfeld
Jan-Hendrik Rieso, Clausthal-Zellerfeld
Bianca Romanski, Braunschweig
Tobias Rücker, Wolfenbüttel
Jannik-Silas Schäfer, Wolfenbüttel
David Schierholz, Braunschweig
Jan Schipper, Braunschweig
Meike Schlichte, Clausthal-Zellerfeld
Mike Schlote, Duderstadt
Jennifer Schulz, Wolfenbüttel
Kai Schulze, Braunschweig
Ramona Schwemin, Salzgitter
Wladimir Serenz, Wolfenbüttel
Tobias Serwatka, Braunschweig
Alexander Simonowski, Braunschweig
Siddharth Singh, Braunschweig
Sebastian Spinin, Wolfenbüttel
Henrik Stöber, Braunschweig
Patrick Luther Takoutsap, Clausthal-Zellerfeld
Yuqi Tang, Braunschweig
Behzad Tavakoli, Clausthal-Zellerfeld
Cedric Joel Tehaenkam, Clausthal-Zellerfeld
Philipp Terasa, Clausthal-Zellerfeld
Silvia Thal, Braunschweig

Hendrik Thölking, Braunschweig
Pierre Trenkner, Wolfenbüttel
Jenny Tuchtenhagen, Goslar
Tabea von Bronk, Bad Sachsa
Jürgen von Keßinger, Heiningen
Zhijun Wang, Braunschweig
Janina Wecken, Clausthal-Zellerfeld
Julian Weitkamp, Clausthal-Zellerfeld
Marwin Wentzel, Braunschweig
Ralf Wichmann, Braunschweig
Marco Wiechert, Braunschweig
Shiyi Yu, Clausthal-Zellerfeld
Benjamin Zander, Braunschweig
Florian Zschka, Braunschweig

GRATULATIONEN

OKTOBER

85 Jahre, Ing. Manfred Hübner, Braunschweig • **85 Jahre**, Ing. (grad.) Peter Kufner, Wolfsburg • **65 Jahre**, Prof. Dr.-Ing. Walter Schumacher, Ohrum • **65 Jahre**, Ing. (grad.) Norbert Achterberg, Peine

NOVEMBER

80 Jahre, Dipl.-Ing. Karl-Heinz Soffner, Wolfsburg • **75 Jahre**, Dipl.-Ing. Wilhelm Evers, Wolfenbüttel • **75 Jahre**, Dipl.-Ing. Josef Thomas, Braunschweig • **70 Jahre**, Reinhard Voges, Wolfenbüttel • **70 Jahre**, Dipl.-Ing. Joachim Papke, Schwülper • **70 Jahre**, Dipl.-Ing. Hartmut Wand, Wolfsburg

DEZEMBER

96 Jahre, Dipl.-Ing. Hans-Karl Köhler, Braunschweig • **85 Jahre**, Ing. Peter Valentin, Braunschweig • **80 Jahre**, Dr.-Ing. Klaus Andresen, Braunschweig • **70 Jahre**, Hartmut Geißler, Salzgitter • **70 Jahre**, Dipl.-Ing. Reinhard Carmincke, Isenbüttel • **65 Jahre**, Dipl.-Wirtschaftsing. Peter Peckedra, Braunschweig

TERMINE

OKTOBER

18. Oktober, 19 Uhr

AK Frauen im Ingenieurberuf, Leitung: Dipl.-Ing. (BA) Lena Wolf. **Stammtisch.** Die Apotheke, Schuhstraße 4, Braunschweig.

26. Oktober, 20 Uhr

AK Fahrzeug- und Verkehrstechnik, Leitung: Dr. phil. Dipl.-Ing. Fritz Schael. Vortrag: **Der neue ARTEON von Volkswagen** – ein avantgardistischer Gran Turismo. Referent: Ralf Fruet, Volkswagen AG. TU Braunschweig, Pockelsstraße 4, Hörsaal PK 4.3.

28. Oktober

VDIni-Club des VDI Braunschweig: **Workshop im Protohaus.** Protohaus gGmbH, Braunschweig. Online-Anmeldung über www.vdi-bs.de.

NOVEMBER

7. November, 19 Uhr

AK Produktion, Logistik und Qualität, Leitung: Dipl.-Ing. Bernd Diekmann. **Arbeitskreissitzung und Stammtisch.** Restaurant Löwenkrone, Braunschweig.

15. November, 19 Uhr

AK Frauen im Ingenieurberuf. **Stammtisch.** Die Apotheke, Schuhstraße 4, Braunschweig.

20. November, 19 Uhr

AK Luft- und Raumfahrt, Leitung: Dipl.-Ing. Josef Thomas. Vortragsreihe „Luftfahrt der Zukunft“ in Zusammenarbeit mit DLR, DGLR und NFL: **Deutsche Luftfahrtindustrie – mit Innovationen in die Zukunft.** Referent: Dipl.-Ing. Heiko Lütjens, General Manager & Managing Director, Liebherr Aerospace & Transportation SAS. Haus der Wissenschaft Braunschweig, Pockelsstraße 11.

23. November, 20 Uhr

AK Fahrzeug- und Verkehrstechnik. Vortrag: **Das elektrische Antriebssystem des Opel Ampera-e.** Referent: Roland Matthe, Opel AG, Rüsselsheim. TU Braunschweig, Pockelsstraße 4, Hörsaal PK 4.3.

DEZEMBER

11. Dezember, 19 Uhr

AK Luft- und Raumfahrt. Vortragsreihe „Luftfahrt der Zukunft“: **Nachhaltiges Wachstum der Luftfahrt – wie viel Energiewende ist möglich?** Referent: Prof. Dr.-Ing. Jens Friedrichs, Institut für Flugantriebe und Strömungsmaschinen, TU Braunschweig. Haus der Wissenschaft Braunschweig, Pockelsstraße 11.

12. Dezember, 19 Uhr

AK Produktion, Logistik und Qualität: **Arbeitskreissitzung und Stammtisch.** Restaurant Löwenkrone, Braunschweig.

Neu an Bord: Angelina Capelle

Angelina Capelle hat seit Juli 2017 die wissenschaftliche Assistenz für das Projekt *Braunschweig/Wolfsburg – die Ingenieurregion* inne. Bis Ende des Jahres befasst sie sich vor allem mit der inhaltlichen und perspektivischen Entwicklung der digitalen Plattform *ingenieurregion.de*. Die 26-Jährige studiert den interdisziplinären Master *Kultur der technisch-wissenschaftlichen Welt* an der TU Braunschweig und arbeitet als studentische Hilfskraft am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Aufgewachsen in Braunschweig, absolvierte sie ihren Bachelor in Italienisch und Anglistik an der Humboldt-Universität zu Berlin. Ein Auslandssemester verbrachte sie in Neapel.



IMPRESSUM

HERAUSGEBER & REDAKTION

Verein Deutscher Ingenieure
Braunschweiger Bezirksverein e.V.
Vertretungsberechtigter Vorstand:
Prof. Dr.-Ing. Harald Bachem,
Dipl.-Ing. Josef Thomas,
Dr.-Ing. Martin Bartuschat
v.i.S.d.P.: Stefan Boysen (boy)
E-Mail: redaktion@vdi-bs.de

Anschrift: Brabantstraße 11,
38100 Braunschweig
E-Mail: kontakt@vdi-bs.de
Tel: 0531 - 473 76 76, Fax: 0531 - 473 75 67

TITELFOTO

Institut für Biochemie, Biotechnologie und Bioinformatik

FACH- UND REDAKTIONSBEIRAT

Dipl.-Ing. Josef Thomas (Schriftleiter)
Prof. Dr. techn. Reinhard Leithner
Markus Mejauschek, M. Sc.
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtschaftsing. Peter Peckedrath
Dipl.-Ing. Peter Rüschemann
Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Hans Sonnenberg
Dipl.-Ing. Rüdiger Wendt

LAYOUT

Ilka Isensee, isidesign

DRUCK

Maul-Druck GmbH & Co. KG

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz Prüfung durch die Redaktion nicht übernommen werden. Mit Übergabe von Manuskripten und Abbildungen an die Redaktion oder den Verlag erteilt der Verfasser dem Verlag das Recht zur Veröffentlichung. Namentlich gekennzeichnete Artikel geben nicht unbedingt die Meinung des Herausgebers wieder. Für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos oder Grafiken keine Gewähr. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.