TECHNISCHE UNIVERSITÄT

Was die Berliner Forschung für Klima und Umwelt leistet

Die Pflanzenzelle – ein Vorbild für die **Grüne Chemie** – *Seite B2*

Es ist **fünf nach zwölf** – Ideen vom Campus zum Klimaschutz – *Seite B4*

Sand ist der **Megastar** des Industriezeitalters. Aber jetzt wird er knapp – *Seite B5*

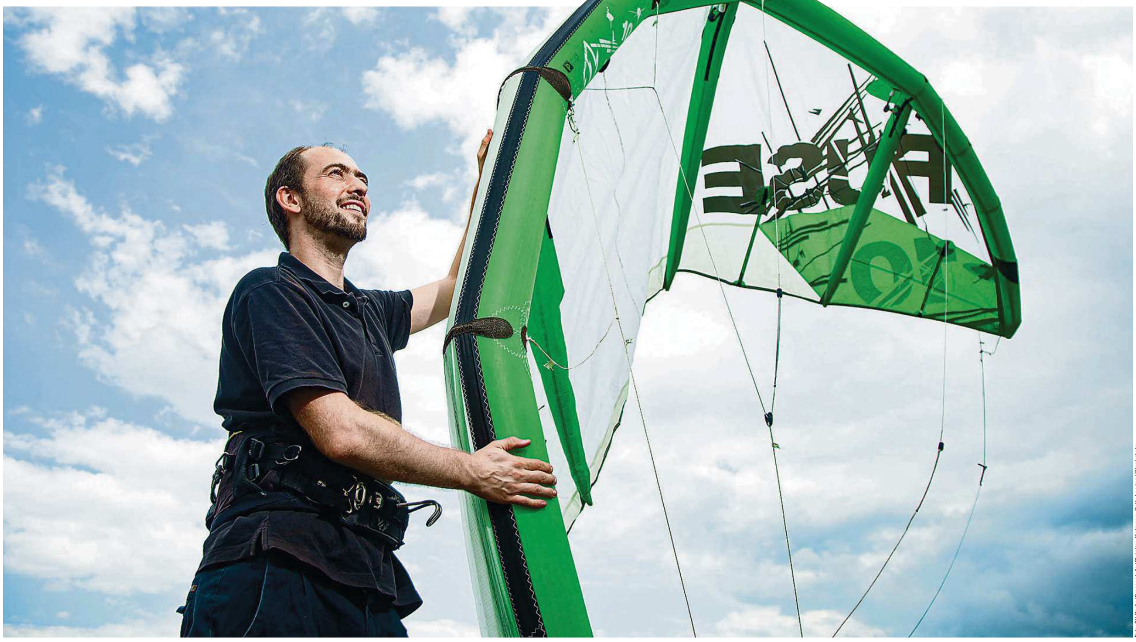


Foto: TU Berlin/Pressestelle/Christian Kielmann; Getty Images/iStockphoto

Aufwärts. *Wind beschäftigt den Wissenschaftler Alexander von Breitenbach im Sport wie im Beruf. Der leidenschaftliche Kite-Surfer gehört zur TU-Forschungsgruppe „Airborne Wind Energy Systems“.*

Frischer Wind für die Energiewende

Fliegende Windkraftanlagen könnten uns den Klimazielen näherbringen. Die Strömungsforschung schafft die Grundlagen dafür

Von Patricia Pätzold

Der Wind steht gut. Er hat ihn im Rücken. Vor Alexander von Breitenbach bläht sich sein grün-weißer Kite auf der Sommerwiese und zerrt ungeduldig an den Leinen. Dann hebt der Flugschirm ab und folgt der leichten Brise in den Himmel über dem Tempelhofer Feld. Das Kitesurfen ist für den TU-Wissenschaftler mehr als ein sportliches Hobby. Er gehört zu der fünfköpfigen TU-Forschungsgruppe „Airborne Wind Energy Systems“ am Fachgebiet Experimentelle Strömungsmechanik von Prof. Dr.-Ing. Oliver Paschereit. Sie verfolgt einen großen Traum: Fliegende Windkraftanlagen sollen der Energiewende „frischen Wind“ verleihen.

„Diese Technologie könnte in naher Zukunft Millionen von Menschen klimaneutralen Strom liefern – kostengünstig und quasi unabhängig vom Standort“, sagt Alexander von Breitenbach. „Das wäre ein evolutionärer Schritt in der Geschichte der Windkraft.“

In Europa sind Windräder seit dem 12. Jahrhundert verbreitet. Die meist dreiblättrigen Windkraftanlagen, die heute weite Landschaftsteile in Europa überziehen und Menschen von fossilen Energieträgern wie Kohle, Gas oder Erdöl unabhängig machen sollen, gibt es erst seit rund 50 Jahren. Seit den 1990er-Jahren ist Windenergie fester Bestandteil des Deutschen Strommixes. 2018 lieferte sie rund 20 Prozent des hierzulande erzeugten Stroms. Doch der weitere Ausbau stößt an seine Grenzen. „Die windintensivsten Standorte Deutschlands sind bereits erschlossen und die Giganten können auch nicht unbegrenzt in windigere Höhen wachsen“, so Alexander von Breitenbach. Abhilfe könnten fliegende Windkraftanlagen schaffen, sogenannte „Airborne Wind Energy Systems“. „Warum sollen wir uns mit den schwachen Winden in Bodennähe zufriedengeben, wenn wir auch hoch hinaus können? Warum sollen wir weiterhin tonnenschwere Türme und Fundamente bauen, um in die Höhe zu kommen, wenn wir, wie bei einem Kinderdrachen, einfach mehr Leine lassen können?“ Winde nehmen mit dem Abstand zum Erdboden zu, und je höher die Windgeschwindigkeit, desto höher die Energieausbeute der Windräder. So sollen die konventionellen Windkraftanlagen immer größer und höher werden. Derzeit, so von Breitenbach, liegen die Naben der Anlagen in rund 130 Metern Höhe. Flugwindkraftanlagen dagegen könnten mehr als dreimal so hoch hinaus und in Höhen von 300 bis 700 Metern agieren, dort, wo der Wind stetiger und stärker weht. Ein weiterer entscheidender Vorteil: Flugwindkraftanlagen sind nicht nur eine ganzjährig zuverlässige Energiequelle, sie versprechen auch immense Einsparungen bei Material und Investitionskosten: Die tonnenschweren Rotorblätter, massiven Türme und Fundamente aus Stahlbeton, die die an der Rotorfläche entstehenden aerodynamischen Kräfte aufnehmen, machen derzeit mehr als 50 Prozent der Investitionskosten aus. Sie werden überflüssig, denn ultraleicht gebaute Flugwindkraftanlagen übertragen die Luftkräfte mittels Seilsystem an die Bodenstation, die auch einen Speicher umfassen kann. Die Bewegung der Seile beim Aufstieg des Kites sowie beim Absolvieren der Flugroute erzeugt an der Bodenstation den Strom, ähnlich wie bei einem Dynamo. Die Station kann mobil sein und damit standortunabhängig. Wälder, Hügel, Berge oder Bebauung dämpfen die Energieausbeute nicht länger wie bei bodennaher Windenergie. Derzeit kommen nämlich konventionelle Anlagen jährlich nur auf eine Volllast von 35 Prozent. Flugwindkraftanlagen könnten 75 Prozent des Jahres auf Volllast Strom produzieren, wie aktuelle Untersuchungen zeigen. Im Off-Shore-Bereich könnten sogar die Fundamente der derzeitigen Anlagen, also eine bereits bestehende Infrastruktur, für die Installation fliegender Windkraftanlagen verwendet werden. Bei den konventionellen Anlagen müssen nämlich nach jeweils wenigen Jahrzehnten Türme und Rotorblätter rückgebaut werden. Dabei entstehen Kosten in Millionenhöhe, die dann ebenfalls eingespart werden könnten.

Simulationen im Windkanal und unter Wasser

„Alle Ideen zum Design fliegender Windkraftanlagen, seien es Drachen, Zeppeline oder andere Luftschiffe, stecken heute noch in den Kinderschuhen“, sagt Dr. Christian Nayeri, der die „Airborne Wind Energy Systems“-Gruppe leitet. „Unser Ziel ist es vor allem, wissenschaftliche Grundlagen für diese Technologie zu schaffen. Dazu gehört die aerodynamische Optimierung der fliegenden Windkraftanlagen oder die Auslegung und Berechnung der optimalen Flugrouten.“ In Computersimulationen und Experimenten mit Modellen in den Windkanälen der TU Berlin werden Parameter wie Druckverteilung, Kräfte, Windgeschwindigkeit und Anströmwinkel untersucht. Sogar unter Wasser sind Strömungsuntersuchungen geplant, wegen der höheren Aussagekraft. Sie werden in der TU-eigenen 250 Meter langen Schlepprinne stattfinden, einem der größten Schleppkanäle Europas. „Die Erkenntnisse sind sehr wichtig auch für die automatisierte Selbststeuerung der Flugwindkraftanlage“, so Nayeri. „Hoch oben über den Wolken muss das Fluggerät schließlich selbstständig seine Höhe regulieren, es muss Windfelder oder Windrichtung in automatisierte Steuerungsentscheidungen einbeziehen.“

Der Traum vom „fliegenden Kraftwerk“ weckt derweil auch das Interesse der Industrie. So arbeitet die Forschungsgruppe nicht nur aktiv an der regenerativen Energiewende, sondern auch eng mit industriellen Partnern zusammen, wie mit dem TU-Start-up „Enerkite“, das schon einen Prototyp gebaut hat.

„Wir müssen neue Energiepotenziale erschließen, um die Klimaziele des Pariser Abkommens von 2015 zu erfüllen und den globalen Klimawandel abzuwenden“, so von Breitenbach. So fliegen vielleicht schon bald nicht nur die Kites der Surfer, sondern auch die ersten Windanlagen hoch in den Wolken über Berlin.

Zwischen Klimademos und Klimakabinett

Deutschland muss liefern – mit einem CO_2-Preis – Einladung zur Climate Lecture an der TU Berlin

Foto: PIK/Phototek

Ökonom und Klimafolgenforscher. *Ottmar Edenhofer hält die Climate Lecture 2019.*

Wenn das Klimakabinett diesen Monat über sein Maßnahmenpaket entscheidet, steht die deutsche Klimapolitik vor einer grundlegenden Neuausrichtung. Denn Deutschland hat sich gegenüber seinen europäischen Nachbarn verpflichtet: Bis 2030 müssen unsere CO_2-Emissionen um fast 40 Prozent gemindert werden. Gelingt das nicht, drohen Deutschland erstmals EU-Strafzahlungen, möglicherweise in Milliardenhöhe.

Die Unzufriedenheit über den bislang geringen klimapolitischen Fortschritt in breiten Teilen der Gesellschaft wächst. Deutschland verfehlt krachend seine selbst gesetzten nationalen Klimaziele 2020. Es sind vor allem die jungen Menschen, die in der Bewegung der „Fridays for Future“ die Lebensgrundlagen ihrer eigenen und die künftiger Generationen in Gefahr sehen. Die Forschung liefert immer neue Belege. Und plötzlich ist die Stabilisierung unseres Klimas in Wahlen und politischen Umfragen zentral.

Daraus resultiert klimapolitischer Handlungsdruck. Als Ökonom sage ich: Dreh- und Angelpunkt dieser Neuausrichtung sollte die umfassende und koordinierte Bepreisung der CO_2-Emissionen sein. Aufbauend auf einer umfassenden CO_2-Preisreform gilt es, den Wettbewerb um die günstigsten Vermeidungstechnologien zu fördern, die Investitionssicherheit zu stärken und die Gesamtkosten möglichst gering zu halten. Das Wichtigste jedoch: die Belastungen müssen gerecht über Haushalte und Unternehmen verteilt werden. Einnahmen aus der CO_2-Bepreisung müssen wieder an die Bevölkerung zurückgehen, damit gerade auch einkommensschwache Haushalte profitieren. Wenn das Klimakabinett tagt, erwarte ich daher ein klares Signal für eine faire und sozial gerechte CO_2-Bepreisung. CO_2-Steuer oder -Emissionshandel: Wofür sich die Politik entscheidet, macht für die Bürgerinnen und Bürger unterm Strich keinen großen Unterschied. Einfach nichts zu tun, wäre jedoch keine verantwortbare Option.

Für das Verfehlen der Klimaziele 2030 müsste Deutschland zahlen – tragen müssten diese Kosten die Bürgerinnen und Bürger. Und nur wenn wir die Erwärmung begrenzen, können wir Schäden durch Wetterextreme, Meeresspiegelanstieg und Klimakonflikte im Griff behalten. Es geht um unsere Sicherheit, unseren Wohlstand, unser Naturerbe. Auch deshalb muss Deutschland liefern und die CO_2-Preisreform endlich anpacken.

— Der Autor ist Professor an der TU Berlin und Direktor des Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Am 19. September, 17 Uhr, hält er die Climate Lecture an der TU Berlin 2019 und diskutiert wirksamen Klimaschutz unter anderem mit Luisa Neubauer (Fridays for Future) und Jakob von Weizsäcker (Chefvolkswirt, Bundesfinanzministerium). Info und Anmeldung unter www.tu-berlin.de/?207914

„Gesellschaft und Klima fordern uns“

TU-Präsident ruft zum Handeln auf

Herr Thomsen, die TU Berlin ist mit der „Berlin University Alliance“ Exzellenzuniversität geworden. Was bedeutet das?

Wir sind sehr glücklich über den Erfolg unseres gemeinsamen Projektes mit FU, HU und Charité. Es wird der Forschung eine enorme Schubkraft verleihen und der Metropolregion eine starke internationale Leuchtkraft. Im vergangenen Jahrzehnt mussten unsere Hochschulen radikal sparen. Es gab tiefe Einschnitte. Aber wir haben daraus etwas gemacht und schmiedeten Allianzen – eine wichtige davon ist die Berlin University Alliance. Nun erleben wir eine Zeit des Gestaltens. Dieser Wandel wird Berlin positiv verändern – die Stadt ist auf dem Weg zu einer großen, bedeutenden Wissensmetropole. Jetzt heißt es, unseren gemeinsamen Weg konsequent voranzugehen und die „Ärmel hochkrempeln“.

Welche Ideen stecken dahinter?

Unser Verbund will sich unter anderem großen gesellschaftlichen Herausforderungen, die von einer einzelnen Forschungseinrichtung allein gar nicht zu bewältigen wären, widmen. Dazu gehört die Digitale Transformation, ein Thema, das die TU Berlin mit ihrer informations- und ingenieurtechnischen Expertise stark vorangetrieben hat. Ein zweites ist der gesellschaftliche Zusammenhalt.

Auch das Thema „Klimakrise“ hat große Bedeutung. Wie steht die TU Berlin dazu?

Die Fridays for Future-Bewegung ist richtig, sie ist wichtig, sie ist für unsere Zukunft bedeutend. Sie ist schon jetzt aktiver Teil unserer TU. Viele Studierende und Wissenschaftler*innen engagieren sich, und wir als Universitätsleitung haben uns den Forderungen der Bewegung angeschlossen. Das habe ich auf der Demonstration mit Greta Thunberg im Juli in Berlin verkündet. Wir als Wissenschaft haben jetzt die Chance, unsere Expertise in den notwendigen Veränderungsprozess einzubringen. Gleichzeitig müssen wir uns noch mehr Gehör verschaffen - insbesondere bei der Politik. Und die Politik muss noch häufiger auf die Wissenschaft zugehen! Es gibt neben Berlin keine andere deutsche Stadt, in der Wissenschaft und Politik örtlich so nah beieinander sind. Berlin hat diesen Vorteil, den wir nutzen werden. Außerdem, und das ist mir wichtig, müssen wir vom Diskutieren zum Handeln kommen. Deshalb wollen die drei großen Universitäten und die Charité ein neues Forschungszentrum für Klimawandel gründen. Dafür zeigen bereits Unternehmen und Organisationen Interesse und wollen es fördern. Auch der Regierende Bürgermeister von Berlin unterstützt unser Anliegen. Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft müssen jetzt gemeinsam handeln. Um das zu verdeutlichen, beteiligen wir uns an der weltweiten Klimademo am 20. September. Die TU Berlin wird mit vielen Personen ans Brandenburger Tor kommen. Außerdem lade ich alle Interessierten zur öffentlichen Climate Lecture am 19. September an die TU ein. Auch Luisa Neubauer, Klima-Aktivistin von der Fridays-for-Future-Bewegung, wird dabei sein.

Foto: David Ausserhofer

Christian Thomsen

— Die Fragen stellte Stefanie Terp

INHALT

Weg vom Rohöl **B3**
Die Wissenschaft ist auf der Suche nach Ersatz.

Clevere Verwertung **B3**
Wie Bakterien aus Abfallfetten Bioplastik machen - ohne Erdöl.

Sauberer Transport **B6**
TU-Ingenieure entwickeln mit „Elektra“ erstmalig ein emissionsfreies Schiff. Jetzt wird es gebaut.

Der Pflanzenzelle abgeschaut

Die Grüne Chemie der Zukunft ist das Ziel des Exzellenzclusters UniSysCat an der Technischen Universität Berlin

Von Katharina Jung

Pflanzenzellen sind effektive chemische Allround-Talente: Aus einem winzigen Samenkorn wachsen allein mit Hilfe von Lichtenergie, Wasser, CO_2 und einigen Mineralstoffen meterhohe Bäume. Schädliche Emissionen, unerwünschte Nebenprodukte oder ein hoher Energieverbrauch? Fehlanzeige!

Wie schaffen es Zellen, so effizient, selektiv und ressourcenschonend verschiedenste Prozesse zu koppeln? Das ist eine der zentralen Leitfragen, die den Exzellenzcluster UniSysCat (Unifying Systems in Catalysis) an der TU Berlin umtreibt. Katalytische Prozesse sind der Dreh- und Angelpunkt dieser effektiven Minifabriken. In dem Exzellenzcluster arbeiten die Wissenschaftler*innen interdisziplinär daran, genau diese Prozesse und deren Regulation zu entschlüsseln. „Wenn es uns gelänge, auch nur einige dieser effektiven Prozessketten komplett zu verstehen und dieses Wissen in die chemische Industrie zu transferieren, dann wären wir dem Ziel der Grünen Chemie einen großen Schritt nähergekommen“, so Prof. Dr. Arne Thomas, Sprecher des Clusters und Professor für Funktionsmaterialien an der TU Berlin.

Dabei arbeitet der Cluster so, wie man ein 10 000-Teile-Puzzle zusammensetzt: Einige Wissenschaftler*innen beschäftigen sich eher mit dem Rand des Bildes, andere setzen Objekte im Inneren zusammen, wieder andere schaffen Querverbindungen.

„Das Faszinierende an der Natur ist nicht die Effizienz einzelner Prozesse. Diese sind technisch oft effizienter zu lösen. Der Knackpunkt liegt in der effektiven Kopplung und parallelen Steuerung“, so Niklas Hausmann vom Fachgebiet Metallorganische Chemie und Anorganische Materialien der TU Berlin, der sich unter

Die Projekte des Clusters greifen ineinander

anderem mit der Wasseroxidation beschäftigt, wie sie auch in der Pflanze stattfindet. Bei dieser Reaktion entstehen Wasserstoff und Sauerstoff und sie gilt als eine Schlüsselreaktion für die Nutzung von Wasserstoff als regenerativer Energieträger. „Technisch ist das bereits machbar, aber nur in einem extrem sauren oder basischen Medium“, so Niklas Hausmann. „Wir entwickeln spezielle Katalysatoren, um diese Reaktion auch in einem neutralen Medium durchzuführen. Dadurch könnte man sie mit weiteren Reaktionen koppeln.“

Sind die molekularen Details einer Reaktion verstanden, geht es auch darum, katalytische Zentren zu immobilisieren, um sie zum Beispiel in einem Reaktor nutzen zu können. Hier setzt die Forschung von Arne Thomas ein: „Wir testen, wie man katalytische Zentren in eine Umgebung einbringen kann, die nicht so komplex ist wie die natürliche Proteinhülle eines Enzyms, aber eine ähnliche Funktionalität aufweist.“ Aufgabe der Proteinhülle eines Enzyms ist zum Beispiel der Transport von Reaktanten zu und von dem katalytischen Zentrum. „Wir wissen inzwischen, dass das eine wichtige Rolle für die Selektivität und Effizienz der katalytischen Prozesse spielt.“ Daher immobilisiert Arne Thomas zum Beispiel die katalytischen Zentren in hochporösen Polymernetzwerken. Die Porengröße und -funktionalität bringt Selektivität: Nur bestimmte Reaktanten gelangen an die katalytischen Zentren.

Den Katalyse-Verlauf – also den Weg der Reaktanten über Zwischenprodukte zum Produkt – untersucht Rhea Christodoulou in einem speziellen Profilreaktor. „Der Reaktor ermöglicht es, in jedem Stadium der Reaktion räumlich und zeitlich aufgelöst zu messen, welche und wie viele Zwischenprodukte entstehen oder verbraucht werden. Das ist unter anderem besonders interessant für die Verwendung mehrerer Katalysatoren, die aufeinanderfolgende Reaktionsschritte ermöglichen: Müssen die katalytischen Zentren in räumlicher Nähe sitzen, also in einer homogenen Mischung, oder ist eine komplexere Verteilung der Katalysatoren im Reaktor nötig, um einen Abstand zu erzeugen?“, so die Doktorandin am Fachgebiet für Verfahrenstechnik, die am BasCat arbeitet, einem gemeinsamen Labor der BASF und der TU Berlin.

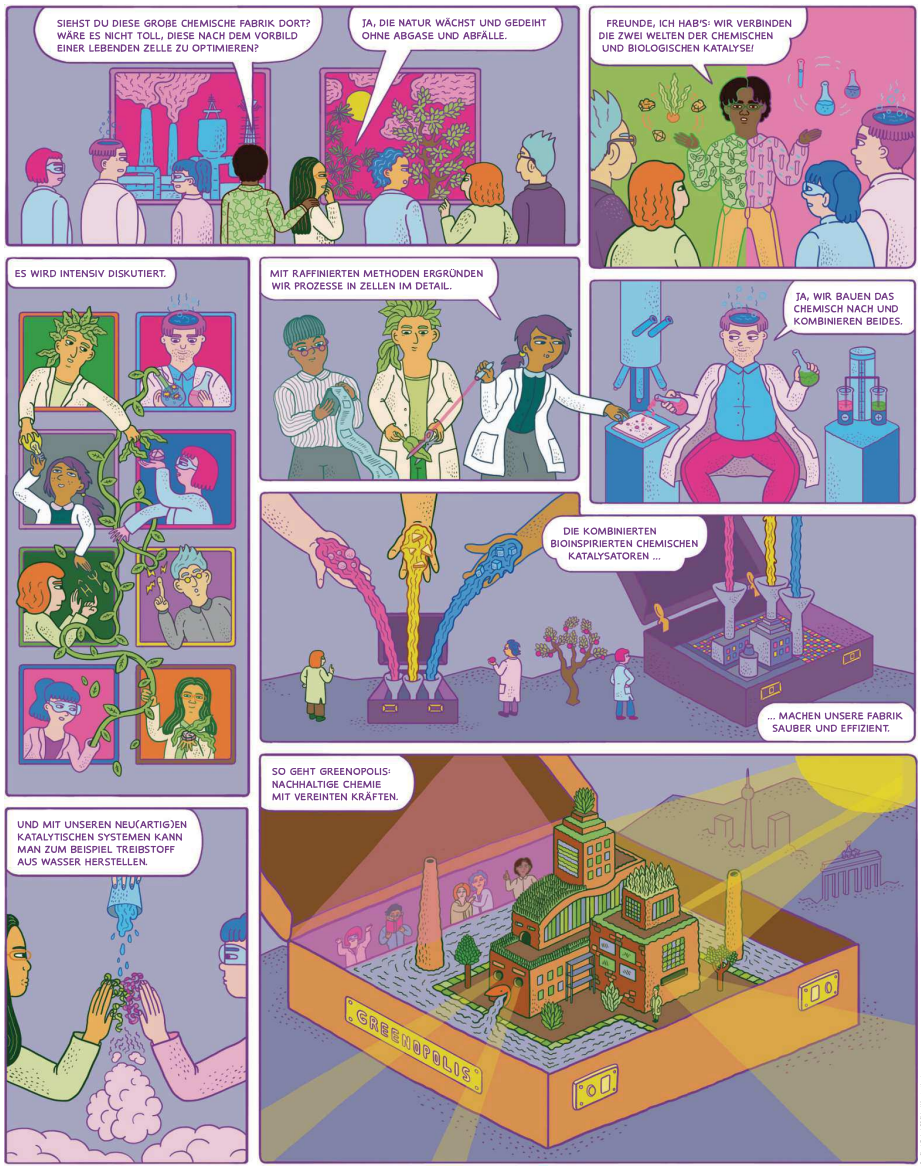
Eine interdisziplinäre Schlüsselposition in dem breiten Forschungsfeld hat Prof. Dr. Andrea Mroginski, Professorin für die Modellierung biomolekularer Systeme an der TU Berlin: „Unsere Aufgabe ist es, strukturelle und dynamische Eigenschaften von Makromolekülen mathematisch zu simulieren. Zum Beispiel schaue ich mir das Enzym Hydrogenase an, welches die Bildung von Wasserstoff aus

Mit Katalysator-Enzymen die biologische Energie nutzen

Wasser, sowie die Rückreaktion katalysieren kann und damit ein großes Potential für die Erzeugung und Nutzung dieses chemischen Energieträgers unter anderem in Brennstoffzellen hat. Solche Moleküle können an verschiedenen Stellen verschiedene Reaktionen katalysieren. Wir möchten verstehen, welche strukturellen oder dynamischen Veränderungen innerhalb des Moleküls eine Kopplung bewirken. Dazu vergleiche ich die experimentellen Ergebnisse mit den Daten aus den mathematischen Modellen: Welche elektrostatischen Kräfte wirken, welche chemischen Bindungen werden gespalten oder gebildet, wie werden Elektronen transferiert und welche Auswirkungen hat das auf die reaktiven Zentren des Moleküls.“

Weiter auf der Anwendungsseite forscht Ammar Al-Shameri, Doktorand im Fachgebiet Biophysikalische Chemie der TU Berlin. „Ich arbeite daran, die biologische Energie, die bei der Wasserstoffspaltung durch die Hydrogenase entsteht, in einer sogenannten ‚One-pot‘-Reaktion, also innerhalb des gleichen Reaktors, zu nutzen. Wir wollen damit in zwei weiteren, durch Enzyme katalysierten Schritten, wichtige Vorläuferprodukte für die chemische und pharmazeutische Industrie herstellen.“ Eine klassische Herangehensweise der Grünen Chemie.

„Die interdisziplinäre Kooperation in dem universitätsübergreifenden Exzellenzcluster UniSysCat wird es nach und nach ermöglichen, die einzelnen ‚Puzzleteile‘, die im Rahmen des Clusters erforscht werden, zu großen Bildern zusammenzusetzen und somit nicht nur einzelne Prozesse, sondern effektive Prozessketten zu gestalten“, so Arne Thomas.



Wie Forschungsfragen entstehen

Chemie, die von der Natur lernt – das ist die gemeinsame Vision der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Exzellenzclusters UniSysCat. In einem Comic haben sie ihre Idee ins Bild gesetzt.

Sisyphos, die Wissenschaft und die Kunst

Giorgi Jamburia über seine Performance „Transformation und Ausbruch aus der Normalität“ – eine Kooperation mit der Universität der Künste

Herr Jamburia, zur Auftaktveranstaltung des Exzellenzclusters Unifying Systems in Catalysis wird eine Performance von Studierenden der Universität der Künste, der UdK, unter Ihrer Regie zu sehen sein. „Transformation und Ausbruch aus der Normalität“. Worum wird es gehen?

Zunächst einmal: Es geht nicht um eine theatralische Darstellung des Inhalts des Clusters. Unser Ansatz war es, zu schauen, was den wissenschaftlichen und den künstlerischen Schaffensprozess ausmacht. Gibt es einen Bezug zwischen beidem, etwas Verbindendes?

… und gibt es etwas?

Ja! Jede Künstlerin, jeder Künstler hat den Anspruch, etwas Neues zu schaffen, sich die Wirklichkeit neu anzuverwandeln, aus der Normalität auszubrechen. Prof. Dr. Matthias Drieß, einer der stellvertretenden Sprecher des Clusters, war auf uns zugekommen, und in vorbereitenden Gesprächen mit ihm, entdeckten wir, dass Wissenschaftler*innen ähnlich ticken. Sie sind getrieben von der Neugier, Neues zu entdecken. Denken Sie nur an den Traum vom Fliegen. Das war ein Ausbruch aus der Normalität menschlichen Seins. Wissenschaft hat diesen Traum wahr werden lassen. Und wir UdK-Studierende stellten außerdem fest, dass der wissenschaftliche wie der künstlerische Prozess etwas nie Endendes, etwas immer Fortdauerndes ist. So sind wir schließlich beim Thema Sisyphos angekommen.

Szenen der Wissenschaft. *Giorgi Jamburia sucht Gemeinsamkeiten im wissenschaftlichen und künstlerischen Schaffen.* Foto: Privat

Bei Sisyphos aus der griechischen Mythologie, der verdammt ist, immer wieder den Stein den Berg hinaufzurollen? Der für die Sinnlosigkeit menschlichen Tuns schlechthin steht? Das verstört jetzt sehr, auch vor dem Hintergrund, dass die Veranstaltung der Auftakt für ein großes wissenschaftliches Projekt sein soll.

Sie sehen in der Sinnlosigkeit offenbar etwas Negatives. Für mich hat sie eher Entlastendes. Und ich möchte auf Albert Camus verweisen, der in seinem berühmten Essay zu einer ganz anderen Deutung kommt. Er schreibt, dass wir uns Sisyphos als einen glücklichen Menschen vorstellen müssen. Zwar kommt Sisyphos zu keinem Ende, aber er ist tätig, er nimmt die Tätigkeit immer wieder auf und ist in diesem Tun glücklich. Ob es sinnlos ist, ist ja auch eine Frage der Interpretation. Ich empfinde es für mein künstlerisches Tun als äußerst befreiend, wenn es gelingt, sich von dieser Sinnsuche frei zu machen, wenn man nicht um des Ergebnisses, sondern um des Prozesses willen kreativ ist.

Dass dieses sinnfreie Tun etwas Befreiendes für Sie hat, lässt mich an ein kleines Kind denken. Es kann exzessiv immer wieder das Gleiche tun, und je länger dieses Wiederholen andauert, desto fröhlicher wird es.

Sie haben gerade unsere Gruppenarbeit für die Performance zu der Kick-off-Veranstaltung beschrieben. Wir denken uns gemeinsam etwas aus, wiederholen es, wandeln es ab und je öfter wir das tun, desto mehr Spaß macht es uns. Besonders die Schauspielstudierenden der UdK haben sich diese Seite des Kindseins bewahrt.

Und was werden wir sehen?

Ich kann Sie erst einmal insofern beruhigen, als dass wir keine Steine bergauf wälzen werden. Die 20-minütige Performance wird aus Text, Gesang und Tanz bestehen. Lassen Sie sich doch einfach überraschen.

— Das Gespräch führte Sybille Nitsche. Die Performance „Transformation und Ausbruch aus der Normalität“ ist während der Auftaktveranstaltung des Exzellenzclusters zu sehen (Informationen zum Programm siehe Kasten rechts).

KICK-OFF-EVENT

Neue Dimensionen der Katalyse

Am 27. September 2019 wird der Exzellenzcluster UniSysCat der TU Berlin, der sich mit Katalyseforschung beschäftigt, feierlich eröffnet.

Gearbeitet, geforscht und gelehrt wird schon seit dem 1. Januar 2019. Jetzt soll auch gefeiert werden: Am 27. September 2019 begehen der Exzellenzcluster der TU Berlin **UniSysCat** (Unifying Systems in Catalysis) und das **Einstein Center of Catalysis** (EC^2) ihre offizielle Eröffnung mit einem großen Fest – alle Interessierten sind herzlich von 16.30 bis 18.30 Uhr zur **Auftaktveranstaltung** „Neue Dimensionen der Katalyse“ ins Audimax im Hauptgebäude der TU Berlin eingeladen.

In Vorträgen werden die **Forschungsinhalte** des Clusters erläutert: Einzelne katalytische Reaktionen sind bereits gut erforscht. Jetzt geht es darum, Reaktionsnetzwerke in der **chemischen und biologischen Katalyse** in Raum und Zeit zu entschlüsseln, damit diese dann **kontrolliert** und vor allem auch **simuliert** werden können. Wie werden chemokatalytische und biokatalytische Netzwerke kontrolliert und gesteuert? Wie kann man in chemischen und biologischen Prozessen katalytische **Systeme mit neuen Funktionen** schaffen? Den **Festvortrag** „Designing Heterogeneous Catalysts for Selectivity and Energy Efficiency“ hält Prof. Dr. **Cynthia Friend**, Professorin für Chemie an der Harvard University, USA (auf Englisch).

Auch eine **künstlerische Performance,** „Transformation und Ausbruch aus der Normalität“, widmet sich dem Thema Katalyse. Schauspiel- und Musicalstudierende, eine Kostümbildnerin und ein Soundkünstler der **Universität der Künste Berlin** präsentieren das 20-minütige Stück. Der Regisseur **Giorgi Jamburia** studiert an der UdK Szenisches Schreiben. Ein Interview mit ihm finden Sie auf dieser Seite. *kj*

Anmeldungen zur Veranstaltung: www.unisyscat.de

„Wir müssen weg von der Rohöl-Monokultur“

Ein „neues Öl“ wird es nicht geben. Doch woran arbeitet die Wissenschaft, um den Rohstoff zu ersetzen?

Foto: Getty Images/iStockphoto

Alternative Ressourcen. *Alle Produkte aus fossilen Rohstoffen kann man aus moderner Biomasse herstellen. Auch Erdöl war einst Biomasse. Doch der Aufwand ist hoch.*

Von Katharina Jung

Was haben Plastikflaschen, Fahrradhelme, Zahnpasta, Farben, Notebooks, Autoarmaturen und Medikamente gemeinsam? Sie bestehen zu einem großen Prozentsatz aus sogenanntem schnittfesten Rohöl. Für die Herstellung dieser Produkte greift die Industrie auf einen ziemlich kleinen Baukasten aus Vorläufersubstanzen zurück, die unmittelbar aus der Erdölchemie stammen. Im Jahr 2018 wurden allein in Deutschland 113 Millionen Tonnen Rohöl verbraucht, rund 1,25 Tonnen Erdöl pro Einwohner. Dabei verwenden wir laut Zahlen des Mineralölwirtschaftsverbandes nur rund 20 Prozent des Öls als Ausgangsbasis für Produkte der chemischen Industrie. Allein 60 Prozent des Öls verbrennen wir: In Form von Diesel, Benzin, Kerosin oder auch Flüssiggas. Weitere 20 Prozent nutzen wir zum Heizen.

Nicht erst seit der Fridays for Future-Bewegung wird gefordert, den Verbrauch von fossilen Rohstoffen wie Erdöl, Erdgas oder Kohle zurückzufahren. Die Allgegenwertigkeit von Öl in unserem Alltag macht deutlich: Es wird nicht die eine Lösung für alle Anwendungen geben: „Wir müssen wegkommen von der Rohöl-Monokultur, mit der wir heute die Bedürfnisse nach Mobilität, Energie und chemischen Werkstoffen befriedigen“, so Reinhard Schomäcker, Professor für Reaktionstechnik an der TU Berlin: „Für die unterschiedlichen Anwendungen müssen unterschiedliche Lösungen gefunden werden. Energiewende und Rohstoffwende können nur zusammen gedacht werden.“ Hier ist vor allem die Wissenschaft gefordert, neue Energie- und Rohstoffquellen als Alternativen aufzuzeigen. Dementsprechend breit aufgestellt hat sich die Forschung an der TU Berlin: Von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung haben sich viele Wissenschaftler*innen die Schonung der natürlichen Ressourcen auf die Fahnen geschrieben.

„Aus zehn bis 20 Bestandteilen des Rohöls stellt die Werkstoffchemie fast alle benötigten Kohlenwasserstoff-Materialien her“, weiß Reinhard Schomäcker. Diese durch andere, nicht Rohöl-basierte Substanzen – zum Beispiel Biomasse – zu ersetzen, „ist theoretisch möglich“, so der Forscher. Alle Produkte, die heute aus fossilen Rohstoffen hergestellt werden, lassen sich potenziell auch aus Biomasse herstellen. Letztlich war Rohöl vor vielen Jahren auch Biomasse. Die Frage ist nur, mit welchem Aufwand und damit auch zu welchen Kosten. „Wir arbeiten heute nicht zuletzt mit Erdöl, weil während der Jahrmillionen, in denen die Mineralisierung stattfand, bereits viele Bearbeitungsschritte vorweggenommen wurden: Ein Problem der Biomasse – sie ist nass. In den fossilen Rohstoffen wurde nicht nur das Wasser weitgehend entfernt, sondern auch sogenannte Hetero-Atome wie Stickstoff oder Schwefel. Das macht die Weiterverarbeitung deutlich einfacher als die von Biomasse.“

Genau hier setzt der Sonderforschungsbereich InPROMPT an, der bei Prof. Dr. Matthias Kraume, Fachgebiet Verfahrenstechnik, beheimatet ist: „Wir beschäftigen uns damit, wie langkettige Kohlenwasserstoffe aus Biomasse möglichst unmittelbar in gängige Prozessketten der chemischen Industrie eingebunden werden können, ohne diese vorab aufwändig um- und aufzuarbeiten. Dazu entwickeln wir flüssige Mehrphasensysteme von der Miniplant bis zur Ausarbeitung großtechnischer Prozesskonzepte.“ Neben den Ingenieuren sind auch die Mitarbeiter*innen von Reinhard Schomäcker an der Herstellung von sogenannten Plattformchemikalien – Vorläuferprodukten für die Chemie-Industrie – beteiligt. „Wir erforschen neben biobasierten Rohstoffen aber auch die oxidative Kopplung von Methan, einem reaktionsträgen Bestandteil von Erdgas, um daraus den wertvollen Grundstoff Ethylen herzustellen, der bislang aus Erdöl gewonnen werden muss“, so Reinhard Schomäcker.

Neben der chemischen Industrie ist Mobilität ein wichtiger Faktor der Rohstoff- und Energiewende. Elektromobilität benötigt vor allem saubere und effiziente Möglichkeiten zur Energiespeicherung und zur Energieumwandlung. „Erneuerbare Elektrizität aus Sonne oder Wind ist heute noch nicht grundlastfähig, kann die konstante Hauptlast des deutschen Elektrizitätsbedarfs aufgrund des schwankenden Anfalles und Verbrauchs nicht abdecken“, weiß Prof. Dr. Peter Strasser, Professor für Technische Chemie an der TU Berlin. „Wir benötigen zum einen effizientere Batterien, um die überschüssige Energie kurzfristig zu speichern.“ Für die langfristige Speicherung eignet sich die chemische Energiespeicherung in Form von flüssigen oder gasförmigen Molekülen. Hochgehandelt wird in diesem Ansatz der Wasserstoff. Dabei wird Wasser mittels Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. In einer gekoppelten Brennstoffzelle kann die elektrische Energie aus dem Wasserstoff durch eine direkte elektrochemische Umsetzung ohne Verbrennung wieder freigesetzt werden. Die Technologie existiert im Pilotanlagenmaßstab, aber: „Benötigt wird eine großformatige Wasserelektrolyse im Bereich von Gigawatt, kombiniert mit Brennstoffzelltechnologie“, erläutert Peter Strasser. Der Wissenschaftler und sein Team befassen sich aktuell unter anderem mit dem Einsatz seltener Metalle im Rahmen dieser Technologien: „In den Wasserstoffbrennstoffzellen wird Platin als Katalysator eingesetzt, in den modernen Wasserelektrolyseuren Iridium - das seltenste Metall der Erde. Geht man von einer Installation von Wasserelektrolyseuren im Gigawatt-Bereich aus, könnte der Preis von Iridium explodieren. Im Rahmen unserer Forschung suchen wir nach Strategien, um den Einsatz dieser Metalle zu reduzieren oder ganz zu vermeiden und parallel die Effizienz der Prozesse zu optimieren.“

Die Energiewende wird die Struktur der Energiebranche verändern

Biogas-Anlagen sind ebenfalls in der Diskussion als Lieferanten regenerativer Energie und haben einen wesentlichen Vorteil: Ihre Substrate sind lagerfähig. „Dies ermöglicht eine von Umwelteinflüssen unabhängige grundlastfähige Energieproduktion“, so Matthias Kraume. Aktuell stellt Biomasse rund die Hälfte aller erneuerbaren Energien in Deutschland bereit. „Sinnvoll wäre es, die Erzeugung von Energie aus Biogas flexibel an die Wetterbedingungen anzupassen. Wir erforschen unter anderem, wie sich die hochsensible mikrobielle Lebensgemeinschaft der Biogasanlagen auf variable Produktionsbedingungen anpassen lässt“, so der Verfahrenstechniker.

Neue Forschungsergebnisse müssen sinnvoll in bestehende Strukturen eingebettet werden, wenn sie in die Anwendung gehen sollen. Diese Thematik der Energie- und Rohstoffwende bearbeiten die Wissenschaftler*innen des Energie- und Ressourcenmanagements der TU Berlin. „Im Rahmen des großen interdisziplinären Kopernikusprojektes Energiewende Navigationssystem (ENavi) geht es um die Auswirkungen der Energiewende auf die Gasversorgung. Wie kann man zum Beispiel Erdgas durch Biogas ersetzen, welchen Beitrag kann die bestehende Infrastruktur leisten oder welche neue wird benötigt?“, so Prof. Dr. Joachim Müller-Kirchenbauer von der TU Berlin. In einem zweiten Teilprojekt haben die Wissenschaftler*innen analysiert, wie die Energiewende die Struktur der Energiebranche verändert.

Clevere Verwertung von Resten

Aus Abfallfetten wird Bioplastik – ohne Erdöl

Jährlich werden 450 Millionen Tonnen Plastik weltweit produziert. Ein zaghafter Ansatz der Plastikplage Herr zu werden ist PHA. Die drei Buchstaben stehen für Polyhydroxyalkanoate. Es sind Biopolymere und werden als Bioplastik bezeichnet, weil es ähnlich thermoplastisch verformbar ist wie Plastik aus fossilen Rohstoffen. „Aber das war es dann an Gemeinsamkeiten“, sagt Dr.-Ing. Sebastian L. Riedel, der mit Dr.-Ing. Stefan Junne an der Herstellung von PHA forscht. Und auch Bioplastik ist nicht gleich Bioplastik. „Die Hälfte der zwei Millionen Tonnen Bioplastik, die derzeit pro Jahr produziert werden, ist biologisch nicht abbaubar und die andere Hälfte teilweise nur schwer“, weiß Riedel. Da ist PHA aus anderem „Schrot und Korn“. Es wird im Wasser und Boden vollständig zu Kohlenstoffdioxid und Wasser abgebaut und ist für die Gesundheit kein Risiko.

Es kann aus vielen Stoffen gewonnen werden – aus Mais, Zucker oder Palmöl. Sebastian L. Riedel begann seine Forschungen an dieser Substanz vor zehn Jahren in den USA am Massachusetts Institute of Technology (MIT) mit Palmöl. „Das ist ein unkomplizierter Ausgangsstoff für die Produktion von Bioplastik“, so Riedel. Aber die Palmölplantagen rücken dem Regenwald zu Leibe. Als er 2012 an die TU Berlin kam, stellte er seine Forschungen mit Palmöl ein. „Ersatz für Plastik gefunden, Regenwald abgeholzt – das kann ja nicht das Ergebnis von Forschung sein“, begründet Riedel seine Entscheidung. Seit 2017 baut er seine Forschung mit biogenen Reststoffen am Fachgebiet Bioverfahrenstechnik aus.

Plastikplage. *Vermüllte Strände sind die Kehrseite.* Foto: Getty Images

Das neue Ausgangsprodukt, das Riedel und Junne vorschwebte, sollte soweit wie möglich kein Nahrungs- oder Futtermittel sein, wie zum Beispiel Mais. Auf der Suche nach einer Alternative entschieden sie sich unter anderem für Abfallfette, die in der Landwirtschaft (Tierkadaver), in der Gastronomie oder bei der Verarbeitung von Lebensmittelabfällen anfallen. Abfall, für sie jedoch wertvolle Rohstoffe.

Wie aber wird aus stinkendem braunem Fett jener Grundstoff, der einmal wie Seidenpapier daherkommt oder die Konsistenz von Waschpulver oder Popcorn haben kann? „Das bewerkstelligen Bakterien namens Cupriavidus necator, auch als Knallgas-Bakterien bekannt. Die lassen wir für uns ‚malochen‘“, lacht Riedel. „Wir setzen sie in eine Mineralsalzlösung, füttern sie mit Stickstoff, Phosphor, Sauerstoff und Kohlenstoff. Den Kohlenstoff geben wir in Form von Abfallfetten hinzu. Dann lassen wir sie wachsen. Nach einer bestimmten Zeit entziehen wir den Bakterien den Stickstoff. Auf diesen Mangel reagieren sie, indem sie den nun überschüssigen Kohlenstoff im Abfallfett als Energiereserve in ihren Zellen anlegen und in PHA umwandeln. Würden wir nach einer gewissen Zeit Stickstoff wieder hinzugeben, würden die Bakterien erst einmal das intrazellulär gespeicherte PHA als Energiequelle nutzen. Das machen wir natürlich nicht, denn wir wollen die in den Zellen produzierte Substanz ja gewinnen, also extrahieren wir es mit Lösungsmitteln, die teilweise wieder zurückgewonnen werden können“, erklärt Riedel.

Sybille Nitsche

Die Schlüsselreaktion der Moderne

Chemische Prozesse lösten historische Umbrüche aus – heute dominiert die Katalyse

Steinzeit, Bronzezeit, Eisenzeit – in weiter archäologischer Ferne werden ganze Epochen auf bestimmte Materialien bezogen. Aber was ist der Stoff der Gegenwart? Silizium oder Erdöl? Glasfaser oder Plutonium? Eine zentrale Rolle für die Moderne spielt vermutlich weniger ein einzelner Stoff als vielmehr die chemische Gestaltbarkeit von Prozessen: Die Moderne ist das Zeitalter der Katalyse.

Ein guter Grund für uns im Exzellenzcluster UniSysCat, nicht nur naturwissenschaftliche Katalyseforschung zu betreiben, sondern sich auch mit den gesellschaftlichen Auswirkungen zu beschäftigen. Es waren gesellschaftliche Bedürfnisse, die chemische Innovationen ermöglicht haben, umgekehrt haben diese wiederum neue technische und politische Spielräume eröffnet. Archäologen der Zukunft werden anhand von Stoffen und deren Verbreitung die Moderne als scharf von vorherigen Epochen abtrennbare Zeitschicht identifizieren: durch Kunstdünger massiv angewachsene Biomasse, Kunstfasern und Plastikpartikel sowie weitere Milliarden Tonnen Produkte der Petrochemie.

Wilhelm Ostwald prägte 1901 die Definition des Katalysators: „Ein Katalysator ist jeder Stoff, der, ohne im Endprodukt einer chemischen Reaktion zu erscheinen, ihre Geschwindigkeit verändert.“ Ab dem späten 19. Jahrhundert entwickelte sich die chemische Industrie auf der Basis dieser Erkenntnisse von einem randständigen Gewerbe zu einem der bedeutendsten Antreiber der historischen Dynamik.

Katalysatoren ermöglichen Reaktionen, die wie im Falle der Haber-Bosch-Synthese genauso viel Stickstoff binden und in die Biosphäre einspeisen wie alle Bakterien des Globus zusammen. Chemie im Labormaßstab greift auf diese Weise in große, planetarische Zeitläufe ein. Die Wucht und die Geschwindigkeit, mit der katalytische Innovationen die Moderne seit 1900 geformt haben, ist beeindruckend: Als erster historischer Meilenstein gilt die Entwicklung des Schwefelsäurekontaktverfahrens in den 1890er-Jahren bei BASF.

Platinkatalysatoren ermöglichen die massenhafte Verfügbarkeit eines bis heute zentralen Schlüsselstoffes. Ab 1910 lässt sich mit dem Haber-Bosch-Verfahren zur Hochdrucksynthese Ammoniak aus Luftstickstoff herstellen. Sprengstoffe und Düngemittel aus Ammoniak werden zum strategischen Faktor des Ersten Weltkriegs. Düngemittel prägen bis heute die industrialisierte Landwirtschaft und machten das globale Bevölkerungswachstum überhaupt erst möglich.

Parallel dazu lässt sich an dem Verfahren aber auch Überdüngung und der Verlust von Biodiversität sowie Artensterben festmachen. Mit dem Einsatz künstlicher Katalysatoren in der Kohlenwasserstoffchemie werden ab den 1930er- und 1940er-Jahren weitere Schlüsselstoffe des „modern way of life“ massenhaft produziert: Motorenkraftstoffe für den Zweiten Weltkrieg wurden unter anderem durch die Herstellung flüssiger Kohlenwasserstoffe aus Kohle ermöglicht. Gleichzeitig wurde so ein Grundstein für die globale Welle der Automobilisierung, der Zersiedelung und des Flugverkehrs gelegt. Petrochemisch basierter Kunststoff fand 1953 massenhafte Verbreitung, nach Einführung des Ziegler-Natta-Verfahrens zur Niederdruck-Polymerisation von Olefinen.

Zeitversetzt schießen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts weltweit zahlreiche sozio-historische Parameter steil nach oben: Bevölkerungswachstum, Verkehrszahlen, Verstädterung, Klimadynamiken, Rohstoffverbrauch, Verlust von Artenvielfalt, CO_2-Konzentration. Diese „Great Acceleration“ im 20. Jahrhundert ist ohne ihre chemische Basis nicht zu deuten. Nicht selten werden frühere Weltlösungsprojekte wie etwa günstige Plastikprodukte heute als globales Problem diskutiert. Daher steht die Chemie heute in der Pflicht, Langzeit- und Fernwirkungen jetziger Entscheidungen von Anfang an mitzudenken. Gerade wenn Technik über künstliche Moleküle in alle historischen und gesellschaftlichen Prozesse oder sogar in unsere eigene Biochemie eingreift, ist Geschichte nur als System aus gesellschaftlichen und wissenschaftlichen, aus strategischen und ökonomischen Wirkmechanismen zu deuten. Bei aller Sorge über die aktuellen Herausforderungen bietet diese Ambivalenz jedoch auch Hoffnung, die Potenziale der Katalyse in Richtung neuer, nachhaltiger Ziele zu nutzen.

Benjamin Steininger

— Dr. Benjamin Steininger ist Visiting Postdoctoral Fellow am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte in Berlin und Wissenschaftler im Exzellenzcluster der TU Berlin UniSysCat.

Geschichte der Katalyse

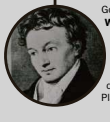
Döbereiner Feuerzeug in der nach 1826 allgemein üblichen Form
a. Glaszylinder
b. unten offene Flasche
c. Draht
d. Zinkstück
e. Hahn
f. Düse
g. Platinschwamm (Platin diente als Katalysator)

Jöns Jakob Berzelius definiert derartige Kontaktreaktionen als **„Katalyse“** und prägt das Kunstwort als Spezialform der gewöhnlichen „Analyse“.

Wilhelm Ostwald definiert den Katalysator als Beschleuniger einer Reaktion, der sich in dieser Reaktion nicht verbraucht, aus einer unklaren Kraft wird ein **Werkzeug der Industrie**.

Mit den billigen **Mehrstoffkatalysatoren** von Alwin Mittasch und der Hochdruckapparatur von **Carl Bosch** wird das Verfahren auf den Maßstab der Industrie übertragen.

1823 **1835** **1894** **1909** **1913** **1953**



Goethe-Freund **Johann Wolfgang Döbereiner** entzündet in Weimrer Salons ein **Knallgasgemisch** aus Wasserstoff und Sauerstoff durch Kontakt mit Platin.

Emil Fischer begreift das Zusammenwirken von Enzymen und Substraten nach dem **Schlüssel-Schloss-Prinzip**: unerreichtes Vorbild zahlreicher industrieller Katalysen.

Fritz Haber gelingt mit einem Osmiumkatalysator die **Hochdrucksynthese** von Ammoniak aus Stickstoff und Wasserstoff.

Karl Ziegler vom MPI für Kohlenforschung in Mülheim an der Ruhr gelingt mit **Titankatalysatoren** die Polymerisation von Polyethylen.

Fotos: GDCh; Illustration: Wikipedia/Mikhail Ryazanov; Tsp/Bayhan

Ein Video zur Forschung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN: Beilage der Technischen Universität Berlin/Stabsstelle Kommunikation, Events und Alumni, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin, in Zusammenarbeit mit dem Tagesspiegel. Redaktion: Stefanie Terp (verantwortlich), Patricia Pätzold-Aigner. Für den Tagesspiegel: Tanja Buntrock (verantwortlich), Felix Apel, Birgit Rieger. Anzeigen: Philipp Nadler. Verleger: Verlag Der Tagesspiegel, Askanischer Platz 3, 10963 Berlin

Wissenschaftler*innen und Studierende gemeinsam auf der Straße: Die TU Berlin unterstützt die „Fridays-for-Future“-Bewegung.

Fotos: TU Berlin/PR/Susanne Cholodnicki, TU Berlin/PR/Felix Noak (2), L. Pollacek (2), Peter Himsel, Privat

Es ist fünf nach zwölf

Forschungsergebnisse, Studieninhalte und Campusinitiativen – die TU Berlin nimmt ihreVerantwortung für die Gestaltung einer umweltgerechten Gesellschaft ernst.

Aktuell beschäftigen sich mehr als 400 Forschungsprojekte an der TU Berlin direkt mit Klima und Klimaneutralität. Das reicht von der Entwicklung neuer Gasturbinen über urbane Landwirtschaft bis hin zu innovativen Stadtklimamodellen oder zur Erprobung von Satellitenschwärmen im All für globale Frühwarnsysteme. Doch die Ingenieurwissenschaften allein reichen bei weitem nicht aus, um die globalen Fragen anzugehen und den großen Innovationsdrang zu stillen. Das ist an einer der größten technischen Universitäten Deutschlands keine Neuigkeit. Belegt wird es aktuell durch den erfolgreichen Exzellenzcluster UniSysCat, der sich mit der volkswirtschaftlich wichtigen Katalyse beschäftigt. So will man verstehen, wie es Pflanzenzellen schaffen, so effizient, selektiv und ressourcenschonend zu funktionieren, um dieses Wissen in der chemischen Industrie zu nutzen. Die Vision ist ein „Greenopolis für nachhaltige Chemie“.

Darüber hinaus wird auch Methoden- und Planungswissen den Studierenden vermittelt. Sind sie es doch, die künftig die klimagerechte Umgestaltung unserer Gesellschaft vorantreiben. Dafür gibt es starke Studiengänge in der Stadt- und Regionalplanung, der Landschaftsplanung und der Architektur. Gerade in diesem Sommer erlebten die Fächer „Nachhaltiges Management“ sowie „Ökologie und Umweltplanung“ eine sprunghafte Nachfrage.

Neben diesen Angeboten, die in der DNA einer technischen Universität als Forschungs- und Bildungsstätte festgeschrieben sind, richtet sich die TU Berlin auch in anderen Bereichen strategisch aus. Mit ihrer „grünen Wissenschaft“ und der „grünen Lehre“ wird sie auch als „grüne Institution“ vorangehen.

Sie hat als eine der wenigen Universitäten deutschlandweit einen Vizepräsidenten für Nachhaltigkeit und Digitalisierung. Ein Nachhaltigkeitsrat berät TU-Gremien und Hochschulleitung. Viele TU-Angehörige gehören zu den Mit-Initiatoren und Unterstützern von „Scientists for Future“. Auch die studentische Gruppe von „Fridays for Future“ ist sehr aktiv: Ihr erster TU-Nachhaltigkeitsmarkt fand im Juni 2019 statt, Gespräche mit dem Präsidenten laufen seit dem Frühsommer. Auf den Freitagsdemos sieht man nicht nur Studierende und Forscher*innen mit TU-Plakaten, auch die Hochschulleitung nimmt daran teil. Darüber hinaus melden sich immer mehr TU-Wissenschaftler*innen selbst zu Wort, sie twittern, sitzen auf Podien oder stellen sich den Fragen der Journalisten. Ihnen wird ein breites Weiterbildungsangebot für Wissenschaftskommunikation geboten.

Die TU Berlin beginnt auch mit dem klimaneutralen Umbau auf dem eigenen Campus. Das ist ein langer Weg. Seit 2016 untersucht ein Forschungsprojekt rund 49 Campushäuser auf ihre energetische Bilanz. 1000 Einzelmaßnahmen wurden daraus bereits abgeleitet, um das Energieeinsparziel zu erreichen. Rund 5 Millionen Euro vom Bundesforschungsministerium fließen in das Projekt.

STEFANIE TERP

ERDGAS IST DIE KOHLE VON GESTERN UND GEHÖRT ABGESCHAFFT

Prof. Dr. Christian von Hirschhausen, Leiter des Fachgebietes Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik:
Die Dekarbonisierung des Energiesystems ist notwendig, um das Ziel des Pariser Klimaschutzabkommens zu erreichen: die Erderwärmung auf höchstens zwei Grad Celsius, möglichst weniger, zu begrenzen. Da Technologien zur CO_2-Abscheidung, -transport und -speicherung auf absehbare Zeit nicht verfügbar sind, ist Dekarbonisierung gleichbedeutend mit einem Umstieg auf 100 Prozent erneuerbare Energien. Eine aktuelle Veröffentlichung aus meinem Fachgebiet zeigt, dass dies global bis 2050 möglich ist, und für Deutschland auch.

Natürlich muss der Anstieg des Energieverbrauchs möglichst geringgehalten werden, und Energieeffizienz ist eine bisher

stark vernachlässigte Ressource. In diesem Zusammenhang sind Preissignale sinnvoll. So beziffert das Umweltbundesamt die Umweltschäden von einer Tonne CO_2 mit 180 Euro, während der Preis derzeit nur bei 20 bis 30 Euro pendelt. Jedoch reicht dies nicht, um die „große Transformation“ des Energiesystems anzustoßen beziehungsweise zu beschleunigen.

Auch infrastrukturelle Unterstützung und Ordnungsrecht, wie zum Beispiel ein Kohle- oder Erdgasausstiegsgesetz, sind notwendig. Es sollte sich von selbst verstehen, dass Atomkraft wegen der radioaktiven Strahlung und ungelöster Lagerfragen für Abfälle die gefährlichste aller Energiequellen ist und deshalb weder technisch noch ökonomisch eine Alternative darstellt.

Nicht nur die internationale Staatengemeinschaft, auch Deutschland ist von den gesetzten Klimaschutzzielen weit entfernt. Das deutsche Klimaziel für 2020, eine 40-prozentige Reduktion der Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990, wird gerade krachend verfehlt. Bisher fokussierte sich die Diskussion auf den Kohleausstieg, der – unseren Berechnungen nach – bis 2030 machbar ist. Im Schatten der Kohleausstiegsdiskussion ist jedoch von der fossilen Energiewirtschaft ein Narrativ entwickelt worden, das die Energiewende und den Klimaschutz wiederum ad absurdum führt: das Narrativ des „sauberen Erdgases“ als Brückenenergieträger.

Nichts ist falscher als das, insbesondere ist die Bedeutung von fossilem Erdgas (Methan) als Treibhausgas lange unterschätzt worden. Aufgrund seines Absorptionsspektrums wirkt Methan aber in den ersten zwei Jahrzehnten etwa 100-mal stärker auf die Erderwärmung als CO_2; der Methangehalt in der Atmosphäre hat sich seit der vorindustriellen Zeit verdreifacht und trägt somit circa 25 Prozent zur globalen Aufwärmung bei. Zum Vergleich: Der CO_2-Gehalt hat sich „nur“ verdoppelt. Erdgas ist nicht sauber, sondern ist die Kohle von gestern und gehört daher aus dem Energiesystem entfernt.

Das Bundeswirtschaftsministerium hat die Dramatik der Situation noch nicht verstanden und versucht im Gegenteil, den Erdgassektor mit hohen staatlichen Subventionen zu päppeln. Tatsächlich muss der Ausbau der Erdgasinfrastruktur unterbleiben: Das betrifft die Pipeline Nord Stream 2 genauso wie Flüssiggas-Importe aus den USA oder Erdgasbohrungen in Deutschland. Es ist absurd, dass 60 Kilometer nördlich von Berlin nahe des Biosphärenreservats Schorfheide-Chorin nach Erdgas gebohrt werden soll oder dass wenige Kilometer östlich der Stadtgrenze von Berlin noch eine neue Erdgaspipeline gelegt wird.

PACKEN WIR'S AN

Prof. Dr. Tilman Santarius, Professor für Sozialökologische Transformation und Nachhaltige Digitalisierung an der TU Berlin und am Einstein Center Digital Future (ECDF):
Ist es bereits fünf nach Zwölf? Ist das künftige Aussterben der Spezies Homo Sapiens nicht mehr verhinderbar? Sind unsere Handlungsoptionen für eine Lösung der großen Probleme der Menschheit – Hunger, Klimawandel, Artensterben – ausgereizt? Ich meine, es ist nie zu spät für die Überzeugung, dass es noch nicht zu spät ist!

Meine spezielle Forschung befasst sich mit der Frage nach Chancen und Risiken der Digitalisierung für soziale und ökologische Nachhaltigkeit. Hier nähern wir uns tatsächlich schon der „Fünf vor Zwölf“. Die Digitalisierung ist durch soziale Medien, Smartphones, vernetzte Roboter, das wachsende Internet der Dinge und andere bereits weit vorangeschritten. Wenn wir diesen Megatrend politisch und normativ stärker gestalten wollen, drängt die Zeit.

Dass Digitalisierung automatisch die Lösung für menschgemachte Probleme ist, haben wir viel zu lange angenommen. Es scheint, als ob sich Digitalisierungsprozesse künftig noch wesentlich stärker entfalten werden und gegenwärtige Machtverhältnisse in der digitalen Ökonomie bereits stark zementiert sind, so dass Handlungsspielräume für eine „nachhaltige Digitalisierung“ nur noch sehr klein sind. Wenn wir wollen, dass es nicht weiter zum Wohlstandsgefälle zwischen Arm und Reich beiträgt, dass der Material- und Energieverbrauch für Hardware und für die Anwendung digitaler Geräte nicht durch die Decke geht, und dass es künftig mehr digitale Anwendungen gibt, die einen echten Beitrag zu einer zukunftsfähigen Wachstumswende in Energie, Mobilität und Konsum leisten – dann ist es wahrlich fünf vor Zwölf!

Doch ein erster Schritt ist getan: Digitalisierung, ökologische Nachhaltigkeit, soziale Gerechtigkeit und ihre Zusammenhänge werden endlich öffentlich diskutiert und sind auch in der Politik angekommen. Die große Vernetzungs-Konferenz „Bits & Bäume“ an der TU Berlin im letzten November, auf der knapp 2000 Menschen aus der Tech-Gemeinde und der Nachhaltigkeitscommunity eine nachhaltige Digitalisierung diskutierten und forderten, sowie unser Buch „Smarte grüne Welt?“ konnten dazu wesentlich beitragen.

Im Juli 2019 haben wir den Konferenz-Band „Was Bits und Bäume verbindet“ veröffentlicht. Darin ist aufgezeigt, welche Ideen, Initiativen und (neuen) Allianzen nun antreten, die Digitalisierung zu einem Motor für eine zukunftsfähige Gesellschaft zu machen. Doch um etwas zu bewegen, brauchen wir noch deutlich mehr fundierte Nachhaltigkeitsforschung. Sie muss sich den vielfältigen Herausforderungen der Digitalisierung widmen und sie muss interdisziplinär sein. Informatik, Ingenieurwissenschaften, Ökonomie, Sozialwissenschaften und andere müssen gemeinsam Handlungswissen und -optionen erarbeiten.

Ich meine, gute Wissenschaft muss aktiv zur Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen beitragen! Ferner dürfen couragierte politische Akteure nicht länger wie das Kaninchen auf die Schlange auf neue Produkte aus dem Silicon Valley starren, sondern müssen Digitalisierung im Sinne gesellschaftlich ausgehandelter Ziele gestalten. Packen wir's an, solange es noch viele Handlungsspielräume gibt!

EIN OBSTGARTEN AUF DEM CAMPUS

Fabian Lambertz, Masterstudent Technischer Umweltschutz:
Gemeinsam mit Kommilitonen entwickelten wir im Rahmen der Projektwerkstatt „Campus in Transition“ die Idee, auf dem TU-Campus Obstbäume zu pflanzen. Wir entschieden uns für alte, regionale und reproduzierbare Obstsorten. Die neun Obstbäume wiederum sind Teil des Projekts „Essbarer Campus“, mit dem wir das Augenmerk auf eine regionale und bewusstere Ernährung legen wollen. Als Städter hat man ja kaum noch eine Vorstellung, was es bedeutet, Lebensmittel herzustellen. Darüber hinaus soll der Obstgarten ein Ort der offenen Kommunikation werden. Dafür wird die Projektwerkstatt „Benchmark Reloaded“ Bänke aufstellen. Hier kann über Privates genauso wie über Gesellschaftliches – Ernährung, Klima, Nachhaltigkeit – gesprochen werden. Für mich ist Nachhaltigkeit etwas Ganzheitliches und beginnt mit Kommunikation auf Augenhöhe, Wertschätzung und hierarchiearmem Arbeiten. In der Projektwerkstatt „Campus in Transition“ habe ich hierarchiearmes Arbeiten gelernt, was mich dazu befähigte, mit anderen diese Gartenidee umzusetzen. Wenn wir zu einem wirklich nachhaltigen Handeln kommen wollen, müssen wir uns von diesen strengen Hierarchien, in denen ein Chef das Sagen hat und die unsere Gesellschaft bestimmen, verabschieden. Eine andere Welt braucht andere Strukturen. So eine andere Struktur bieten zum Beispiel die Kooperativen der solidarischen Landwirtschaft. In einer bin ich Mitglied.

Die Ideen und Initiativen aus der TU Berlin wurden aufgezeichnet von Katharina Jung, Patricia Pätzold und Sybille Nitsche.

WISSEN ÜBER STOFFSTRÖME VERBESSERN

Prof. Dr.-Ing. Vera Susanne Rotter, Leiterin des Fachgebietes für Kreislaufwirtschaft und Recyclingtheorie:
Technische Lösungen gegen den vom Menschen verursachten Klimawandel werden mit Hochdruck entwickelt: Solar- und Windkraftanlagen, Elektro- und Wasserstofffahrzeuge, energieeffiziente Gebäude. Sie alle reduzieren den Kohlenstoffumsatz auf der Erde, benötigen aber steigende Mengen an teils knappen oder in der Gewinnung umweltbelastenden Rohstoffen. Um sicherzustellen, dass auch künftige Generationen von klimafreundlichen Technologien profitieren können, müssen nachhaltige Rohstoffgewinnung und geschlossene Kreisläufe bei der Produktplanung berücksichtigt und dokumentiert werden – eine Aufgabe, die Konstrukteure heute oft noch zu wenig beachten. Damit ist es aber noch nicht getan, da die Lebensdauer der Produkte lang ist und Recyclinginfrastrukturen erst zeitversetzt aufgebaut werden. Das Wissen hierzu muss dennoch heute schon bereitgestellt werden. Die Rolle der Forschung ist es, eine Brücke zu bilden zwischen Industrien und Unternehmen, die Produkte erzeugen oder Abfälle entsorgen, sowie staatlichen Institutionen mit der Aufgabe der Daseinsvorsorge und Zukunftssicherung. Nur gemeinsam können sie die Grundlage für nachhaltiges, zirkuläres Wirtschaften aufbauen.

Den aktuellen Herausforderungen können wir nur begegnen, wenn wir Stoffströme absolut reduzieren, über reine Effizienz- und Recyclingstrategien hinaus. Der Rohstoffbedarf für Konsumprodukte und Infrastrukturen in Deutschland und anderen industrialisierten Ländern ist zu hoch. Wichtige Maßnahmen zur Verringerung des Primärrohstoffbedarfs sind die Verlängerung der Lebensdauer, Wieder- und Weiterverwendung von Materialien, aber auch Re-Design von Produkten und Produktsystemen. Werden Smartphones vier oder fünf statt nur zwei Jahre genutzt, Wasser aus der Leitung statt aus Einweg-Plastikflaschen getrunken oder Kinderspielzeug Second-Hand gekauft, senkt dies den Rohstoffbedarf sowie die Umweltbelastungen deutlich.

Der schnelle und extensive Stoffumsatz macht Städte zu idealen Orten, um neue Ansätze einer abfallarmen und zirkulären Wirtschaft zu testen. Innovationen im Umgang mit Materialien könnten in „urbanen Zentren für zirkuläres Wirtschaften“ entstehen. Die umfassen sowohl den physischen Ort, wo gebrauchte Materialien gesammelt, damit experimentiert und wiederverwendet werden, als auch das Netzwerk von Akteuren, die hier zusammenarbeiten. Diese Zentren sollen den Zweck erfüllen, Praktiken zum nachhaltigen Konsum und zur Abfallvermeidung sowie Wiederverwendung, Reparatur und Wiederaufbereitung zu testen. So sollen Erfahrungen gesammelt und zudem ihre Wirkung und Umsetzbarkeit im größeren Maßstab bewertet und alltagsfähig gemacht werden – forschen im Reallabor!

Es sind die täglichen Entscheidungen und Handlungen eines jeden Einzelnen, die über den Rohstoffbedarf und die globalen Umweltbelastungen entscheiden. Als Wissenschaftlerin sehe ich eine besondere Verantwortung, dazu beizutragen, dass zukunftsfähige Entscheidungen in der Praxis getroffen werden.

MIT „TERRA PRETA“ GEGEN DEN KLIMAWANDEL

Hannah Sachße, Masterstudentin Technischer Umweltschutz:
Im Studium wächst bei vielen das Bewusstsein für die Probleme unserer Welt. Das ist einerseits positiv, andererseits erlebe ich, dass es die Studierenden frustriert, weil vieles auf einer theoretischen Ebene bleibt. Bloßes Wissen ändert nichts, obwohl man weiß, dass sich der

Umgang mit Ressourcen dringend verändern muss. Da sind die studentischen Projektwerkstätten an der TU Berlin großartig: Sie ermöglichen, etwas Praktisches auf den Weg zu bringen, im Tun zu lernen.

Ich bin Tutorin des Projekts „Terra Preta – Kohlenstoffspeicher und Nährstoffkreislauf in der Stadt“. Terra Preta heißt „schwarze Erde“ und ist ein fruchtbarer, wasserspeicherfähiger Boden, der ursprünglich von indigenen Kulturen im Amazonasbecken geschaffen wurde. Dieser Boden speichert CO_2 langfristig in Form von Pflanzenkohle und wird deshalb als eine Technik angesehen, dem Klimawandel zu begegnen.

In unserem Projekt haben wir eine Trockentoilette und einen Holzvergaserofen gebaut. Mit deren Hilfe werden wir auf einem Areal in der Friedrichstraße Terra-Preta-Substrat selbst herstellen und Versuchsbeete düngen. Es ist spannend zu erleben, wie aus gemeinsam erarbeitetem Wissen, etwas Konkretes entsteht. Mit meinem Engagement möchte ich Studis Mut machen, Dinge anzupacken.

PFLANZENANBAU IN AUFBEREITETEM GRAUWASSER

Andreas Horn, Masterstudent Urban Design:
Für den Klimaschutz ist von der Politik, Wirtschaft, Landwirtschaft und im Verkehr, aber auch von der Zivilgesellschaft bislang viel zu wenig unternommen worden. Dabei verfügt unsere westliche Welt über so viel Wissen, aber es führt viel zu langsam zu einem Umdenken.

Ich engagiere mich in dem studentischen Projekt Roof-Water-Farm. Dort beschäftigen wir uns mit hydroponischem, also erdlosem Pflanzenanbau in einem städtischen Umfeld. Es geht darum, die von der Stadt abgekoppelte Produktion von Lebensmitteln wieder in die Stadt zurückzuholen, um Transportwege und damit den CO_2-Ausstoß zu minimieren und Ressourcen effizient zu nutzen. Das Wasser, in dem unsere Pflanzen wachsen, ist aufbereitetes Grauwasser der umliegenden Häuser. Ziel ist es auch, hauptsächlich nährstoffreiche Pflanzen mit einem hohen Proteingehalt wie Bohnen anzubauen. Ich lerne in diesem Projekt, wie ressourcenschonendes Bauen integraler Bestandteil der Stadtplanung werden kann.

Als ausgebildeter Stadtplaner möchte ich in meiner späteren beruflichen Tätigkeit solche nachhaltigen Systeme in der Stadtplanung verankern. Persönlich fahre ich nur Fahrrad, ernähre mich Bio, baue mein Gemüse auf meinem Balkon an und nutze zum Gießen das Regenwasser aus der Regenrinne meines Hauses.

Megastar der industriellen Zeit

Sand zum Bauen wird knapp auf der Welt – Baustoff-Experten erforschen wie Beton recycelt werden kann

Von Patricia Pätzold

Sand gibt es wie Sand am Meer. Oder nicht? Nach Wasser ist Sand der meistgehandelte Rohstoff weltweit, stellten die Vereinten Nationen unlängst fest. Er sei der Megastar des industriellen Zeitalters, heißt es. In Glas, Kosmetika, Smartphones, Zahnpasta, in Haarspray und sogar in Flugzeugtriebwerken, überall steckt Sand drin.

Vor allem aber im Bau. Sand und Kies sind der Grundstoff für Beton. Und der Bauboom der letzten 20 Jahre hat die Nachfrage verdreifacht. Mehr als 30 Milliarden Tonnen wurden allein 2014 weltweit verarbeitet. Doch gerade Wüstensand, massenhaft vorhanden und leicht abzubauen, eignet sich nicht für Beton. Er haftet nicht, weil er zu feinkörnig und glatt ist. Chemische Versuche, ihn mit Kunststoffen, Erdöl oder Flugasche „klebriger“ zu machen, sind noch nicht ausgereift und umweltpolitisch fragwürdig. So müssen nicht nur die wachsenden Megastädte Asiens, sondern auch die Wüstenstaaten für ihre großen Bauprojekte oder die USA für das Fracking zur Gasgewinnung Millionen Tonnen Sand importieren. Das ist wegen der langen Transportwege teuer, belastet die Umwelt und ruft sogar Kriminelle auf den Plan.

Von einer weltweit agierenden „Sand-Mafia“ ist inzwischen die Rede. Sie tragen vor den Küsten der Welt Sand in riesigen Mengen ab, Inseln kommen ins Rutschen, Ufer brechen ein, Überschwemmungen drohen – doch der Hunger nach Bausand wächst weiter. TU-Bau-Ingenieure und Architekten entwickeln nun neue Methoden, „Recycling-Beton“ zu gewinnen.

„Ein einzelnes Sandkorn für Bausand ist 0,063 bis zwei Millimeter groß, Baukies bis 63 Millimeter“, erklärt der Experte für Baustoffe und Bauchemie Prof. Dr. Dietmar Stephan. „Rund 250 Millionen Tonnen werden davon jährlich in Deutschland abgebaut.“ Knapp werde in Deutschland zwar nicht der Sand, aber die gute Qualität zum kleinen Preis. „Manche Inhaltsstoffe im Kies lösen beispielsweise eine Alikali-Kieselsäure-Reaktion aus und verursachen Schäden im Beton: ‚Betonkrebs‘“, erklärt Stephan. „Preiswert ist Sand als Baugrundstoff nur, wenn man ihn regional abbauen kann. Je weiter er transportiert werden muss, desto teurer wird er. Der CO_2-intensive Transport belastet zudem die Umwelt.“ So könnte Recycling-Beton ein Weg aus der Misere sein, denn: „Sand und Kies wachsen nicht nach, aber rund 80 Prozent des Betons kann man hochwertig verwenden.“

Foto: Getty Images/iStockfoto

Ungeeignet. *Wüstensand ist zwar massenhaft vorhanden, doch man kann nicht damit bauen. Besonders Asien und Nordafrika müssen für ihre riesigen Bauvorhaben viel Sand importieren, wie für die künstlich aufgeschütteten Inseln in Dubai.*

Obwohl Deutschland sehr reich ist an Sand, kündigen sich auch hier Engpässe an. „Die großen Sandvorkommen liegen in der norddeutschen Tiefebene, im Norden Ostdeutschlands, im Münsterländischen Becken, am Nieder- und Oberrhein und im Alpenvorland“, erklärt TU-Geowissenschaftler Dr. Robert Bussert. „Außerdem sind Meersande und -kiese in Nord- und Ostsee vorhanden.“ Doch man weiß wenig über den genauen Umfang und die Qualitäten des Sandes, die abhängig sind von der Entstehung. Es sind Urstromtalsande, Dünen- und Schmelzwassersande von den am Ende der Eiszeit abschmelzenden Gletschern, Flusssande oder Sand-Kiesfächer, die am Rande der Gletscher entstanden. „Und jeder Abbau verändert natürlich das Gesicht der Landschaft, es entstehen große Baggerseen und Kiesgruben, Hügel und Hänge verschwinden“, erklärt Prof. Dr. Wilhelm Dominik vom Fachgebiet Explorationsgeologie. „Das Wasser der Baggerseen reichert oft Abbaustoffe an, die lebensfeindlich für Fische sein können.“ Viele Vorkommen liegen zudem unter Städten und Dörfern und Anwohner fürchten um ihre touristische Anziehungskraft, obwohl der Sandabbau nicht immer zum Schaden der Natur ist. „Es entstehen auch viele neue Biotope in Kiesgruben und Steinbrüchen“, erklärt Bussert. „Uferschwalben nisten beispielsweise bevorzugt dort, weil sie Steilwände für ihre Brutröhren benötigen.“

Genehmigungen zum Sandabbau seien heute dennoch schwierig zu bekommen. Geforscht wird daher in viele Richtungen. Beispielsweise hat der Geologe Wilhelm Dominik zusammen mit Baustofforschern in der Mongolei Kupferlagerstätten untersucht, um zu prüfen, ob sich Material daraus für einen regionalen Baustoff eignet, denn Sand ist in dieser Bergregion nicht vorhanden. „Für die großen Industrienationen ist jedoch Recycling ein Muss, denn es steht viel Material aus Rückbauten zur Verfügung“, so Dietmar Stephan. Doch fehlen Erfahrungen, Geräte und Normen, die Verarbeitung ist schwierig und teuer: der Abriss-Schutt müsse zur Aufbereitung transportiert, geschreddert und gebrochen werden, um die richtige Korngröße zu erreichen, dann gefiltert und analysiert, um Fremdstoffe wie Kunststoffe, Holz oder Ziegel auszusortieren.

Abriss-Schutt gibt es genug. Doch die Verarbeitung ist noch schwierig.

Stephan ist sich jedoch sicher: „Je eher man Ergebnisse hat, Normen und Methoden einführt, desto besser auch für die Umwelt. Im Recycling-Beton steckt viel Potenzial. Für den normalen Gebäudebau wird er allemal ausreichen. So kann man dauerhaften Ultra-Hochleistungsbeton sparsam verwenden und ausschließlich dort einsetzen, wo Recycling nicht funktioniert.“ Holz ist aus Stephans Sicht keine massentaugliche Alternative, denn diese Ressource würde nicht so schnell nachwachsen, wie sie gebraucht wird und ist als Baumaterial nicht überall einsetzbar. Eins ist ihm jedoch gewiss: „Neben technischen Innovationen hilft gegen den massiven globalen Rohstoff-Abbau nur ein radikales Umdenken. Sparen ist das Gebot der Stunde, auch im Bau; an Material, an Wohnraumgrößen, oder allein genutztem Wohnraum. „Wir müssen überflüssigen Konsum reduzieren.“

Eine Revolution im Brückenbau

Innovativer Carbonbeton könnte Rettung bringen

Einsturzgefahr, Sperrungen, Investitionen in Milliardenhöhe. An Tausenden deutschen Auto- und Eisenbahnbrücken nagt der Zahn der Zeit – und der Rost. Von den rund 40 000 Stahlbeton-Brücken in Deutschland, die zwischen 1960 und 1985 gebaut wurden, müssen etwa die Hälfte in naher Zukunft ersetzt werden. Durch feine Risse in den Beton eingedrungenes Wasser setzt der Bewehrung zu. Aber nicht nur Brücken droht die Korrosion. Tunnel, Dächer oder Gebäudefassaden sind ebenfalls betroffen. Auch bei dem tragischen Brückeneinsturz in Genau 2018 wurde ein Versagen der Stahlbewehrung vermutet. Hoffnungsträger ist nun ein innovativer Verbundbaustoff: Carbonbeton. Schon seit einigen Jahren erforschen TU-Bauingenieure gemeinsam mit anderen Forschungseinrichtungen und industriellen Partnern das Potenzial dieses Baustoffs in dem größten Bauforschungsprojekt Deutschlands „C^2-Carbon Concrete Composite“. Die Vorteile liegen auf der Hand. Eine Bewehrung mit Carbonseilen ist bis zu fünfmal fester und rostet nicht. So können die Spannseile mit weniger Beton ummantelt werden, sind dadurch leichter, wesentlich billiger und verbrauchen weniger Beton, der aus Sand besteht und so nach Wasser das weltweit meist verwendete und in der Herstellung höchst CO_2-intensive Material ist.

Doch bis der Baustoff eingesetzt werden kann, um die Brücken zu retten, ist noch einiges an Forschung nötig. Für experimentelle Untersuchungen steht daher seit Mai 2019 die weltweit erste integrale vorgespannte Carbonbetonbrücke, 20 Meter lang, in der Peter-Behrens-Halle des TU-Instituts für Bauingenieurwesen auf dem historischen AEG-Gelände in Berlin-Wedding. „Nur mit vorgespannten Carbonbändern in einem Tragwerk aus Beton kann man dieses Hochleistungsmaterial voll auslasten“, sagt Dr.-Ing. Alex Hückler, der das Projekt am TU-Fachgebiet Entwerfen und Konstruieren – Massivbau von Professor Mike Schlaich leitet.

Die in den Beton eingebetteten Litzen und Seile aus Carbon müssen das Gewicht über die gesamte Länge tragen, Schwingungen zulassen, bruchfest und stabil sein. Zur Begutachtung sind in entsprechende Kanäle Kameras und Messgeräte eingebaut. Mit dem neuen, strapazierfähigen und ressourcenschonenden Material steht eine Revolution nicht nur im Brückenbau bevor, sind die Wissenschaftler*innen überzeugt. Auch Berlin ist interessiert, eine Testbrücke für Fußgänger und Radfahrer in der Hauptstadt zu bauen.

Patricia Pätzold

Viel Energie sparen bei geringen Kosten

Wie auf dem Campus von TU Berlin und UdK das Wärmewendeziel erreicht werden kann

Das Rechenzentrum der TU Berlin strotzt vor Energie. Jährlich produzieren die Server 4,7 Gigawattstunden (GWh) Abwärme. Beim TU-Hauptgebäude entstehen durch Kälteanlagen pro Jahr sogar 5,8 GWh Abwärme. „Mit diesen 10,5 GWh könnte man etwa 20 Prozent des jährlichen Wärmebedarfs der TU Berlin und der Universität der Künste (UdK) decken“, sagt Prof. Dr.-Ing. Martin Kriegel vom Fachgebiet Gebäude-Energie-Systeme. Dies ergab eine Analyse im Rahmen des Forschungsprojektes „Energieeffizienter Hochschulcampus Berlin-Charlottenburg“, das er leitet. Doch bislang verpufft diese Energie.

Das soll sich ändern. Bis 2023 wollen die Wissenschaftler*innen einen Plan entwickeln, wie das Energiewendeziel der Bundesregierung bei der Wärmeversorgung von Gebäuden – bis 2050 80 Prozent des Primärenergiebedarfs auf erneuerbare Energien umzustellen – auch auf dem Campus von TU Berlin und UdK umgesetzt werden kann. In Deutschland kommt die Energie für die Wärmeversorgung von Gebäuden gerade einmal zu zehn Prozent aus erneuerbaren Rohstoffen. Der Strom, den die TU Berlin verbraucht, speist sich bereits zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien. Anders sieht es bei der Wärmeversorgung aus, also beim Heizen und Kühlen von Räumen und Laboren. „Die Stromwende haben wir an der TU Berlin vollzogen, nun brauchen wir eine Wärmewende“, so Kriegel. Um das zu bewerkstelligen, soll unter anderem Abwärme und erneuerbare Wärme genutzt werden.

Wärme zurückgewinnen statt Fenster sanieren

Die Wissenschaftler*innen untersuchten die 49 Gebäude der beiden Hochschulen auf ihre energetische Bilanz und leiteten daraus 1000 Einzelmaßnahmen ab, um das Wärmewendeziel zu erreichen. Da die Hochschulen das Geld für Baumaßnahmen aus dem Landeshaushalt erhalten, wollen die Wissenschaftler*innen die Wende so kostengünstig wie möglich vollziehen. Dieser Nutzen-Kosten-Ansatz führte sie zu einer neuen Methode: „Wir verabschieden uns davon, jedes einzelne Gebäude energetisch komplett sanieren zu wollen. Stattdessen betrachten wir das Areal von TU Berlin und UdK als ganzheitlichen ‚Organismus‘ und stimmen die energetischen Maßnahmen bei den Gebäuden so aufeinander ab, dass das Wärmewendeziel erreicht wird.“

Diese Methode soll bei der Hochschul-Standort-Entwicklungsplanung eingesetzt werden, mit dem der Sanierungsstau an den TU- und UdK-Gebäuden in den nächsten Jahren aufgehoben wird. Da wollen die Wissenschaftler beratend zur Seite stehen, wenn es darum geht zu entscheiden, was im Zuge einer Sanierung energetisch sinnvoll ist. „Das Eugene-Paul-Wigner-Gebäude der TU Berlin hat einen extrem hohen Strom- und Wärmeverbrauch. Wir analysierten, dass eine Fenstersanierung kaum Energie spart, aber hohe Kosten verursacht. Mit dem Einbau einer Wärmerückgewinnungsanlage ließe sich jedoch der Energieverbrauch halbieren und das Geld dafür hätte sich nach einem Jahr rentiert“, so Martin Kriegel.

Sybille Nitsche

Lebenslicht für Mensch und Tier

Für besseren Artenschutz entwickelt die Lichttechnik umweltverträgliche Beleuchtung

Wir haben die Dunkelheit besiegt, zumindest im globalen Norden der Welt. Neun Millionen Straßenleuchten, Symbole des Wohlstands, geben allein auf deutschen Straßen im Dunkel der Nacht ein Gefühl von Sicherheit. Für Milliarden von nachtaktiven Insekten dagegen bildet das nächtliche Strahlen eine Barriere bei der Futtersuche, es bedeutet für sie Hunger, Erschöpfung – und den sicheren Tod. Doch nicht nur für sie. Durch ihr Sterben fehlt Vögeln, Fischen und Fledermäusen die Nahrung, Pflanzen fehlen die Bestäuber. Das alles geschieht ungesehen – bei Nacht. Im Projekt „Artenschutz durch umweltverträgliche Beleuchtung“ entwickeln Forscher*innen vom Fachgebiet Lichttechnik der TU Berlin nun ein Straßenbeleuchtungsdesign, das den Anziehungsradius des Lichts für Fluginsekten minimieren soll, Beleuchtungsstandards der Verkehrssicherheit jedoch beachtet. Das Vorhaben ist Teil eines Verbundprojekts, das vom Berliner Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) koordiniert wird und im Rahmen des Bundesprogramms Biologische Vielfalt mit rund 2,37 Millionen Euro vom Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesumweltministeriums gefördert wird.

Etwa 70 Kilometer nordwestlich von Berlin, im Havelland, ist es dunkel. Hier kann man die Milchstraße sehen und manchmal sogar Polarlichter, künstliche Beleuchtung gibt es wenig. Die International Dark Sky Association (IDA) hat den Naturpark Westhavelland 2014 sogar als ersten Sternenpark Deutschlands anerkannt. Dort liegt das Experimentierfeld des IGB. Die Forscher*innen haben dort bereits mit Insektenfallen und konventionellen Leuchten untersucht, wie sich deren Licht auf nachtaktive Insekten auswirkt. „In einem Umkreis von rund 23 Metern ziehen Straßenleuchten die Nachtfalter wie Staubsauger an“, so Projektleiter Dr. Franz Hölker. Doch auch ein Radius von 25 bis 40 Metern, der durchschnittliche Abstand deutscher Straßenleuchten, erhöhe die Barrierewirkung für die Tiere bereits, vermutet er.

„Die Forderung, störendes Licht in den primären Lebensräumen der bedrohten Nachtfalter- und Fluginsektenpopulationen zu reduzieren, ist bereits in das Lichtkonzept des Berliner Senats eingeflossen“, so Prof. Dr.-Ing. Stephan Völker, Leiter des TU-Fachgebiets Lichttechnik. „Allerdings fehlen dafür bisher wissenschaftlich hinreichend validierte konkrete Kriterien, die auf einer Optimierung zwischen Verkehrssicherheit und Artenschutz beruhen. Deshalb ist es unser Ziel, diskutierte Kriterien in neu zu entwickelnden adaptiven Leuchten zu testen, um daraus konkrete Empfehlungen für die Beleuchtung abzuleiten.“ Diese sollen dann Grundlage werden, in naturnahen Gebieten die Beleuchtung zukünftig neu zu gestalten. Dafür werden unter anderem Stärke und Verteilung des Lichts, seine spektrale Zusammensetzung, also die Lichtfarbe, an die Erfordernisse des Insektenschutzes angepasst.

Die Aussichten, ein passgenaues, intelligentes Design zu finden, sind gut. Die Lichttechnik hat sich in den vergangenen Jahren rasant entwickelt. Sie gehört in Deutschland zu den wachsenden Zukunftsindustrien mit erheblichem Exportanteil. Dabei spielt Licht nicht nur für die eigentliche Beleuchtung eine große Rolle, sondern unter anderem auch in der Kultur. Das „Festival of Lights“, das seit Jahren Berlin als Gesamtkunstwerk zum Strahlen bringt und Millionen Besucher anzieht, ist hierfür ein Beispiel. „Die entscheidende Innovation auf dem Gebiet der Lichttechnik im letzten Jahrzehnt ist der weltweite Siegeszug neuer Leuchtmittel auf Halbleiterbasis, der LEDs, Licht emittierende Dioden oder kurz: Leuchtdioden“, so Stephan Völker, der angesichts der wachsenden Bedeutung der Themen Lichtverschmutzung, Verkehrssicherheit und Klimaschutz schwerpunktmäßig zur Entwicklung intelligenter Konzepte für die Außenbeleuchtung forscht. Die vielfältigen Möglichkeiten, Licht mit Hilfe der LED-Technologie gezielt zu steuern und zu verteilen, können Interessierte übrigens auch auf der 1500 Meter langen Demonstrations- und Forschungsstrecke „LED-Laufsteg“ auf dem Gelände des Deutschen Technikmuseums in Berlin erfahren.

Foto: Getty Images/iStockphoto

Grelle Beleuchtung. *Damit finden viele Insekten den Tod. Sie fehlen im Ökosystem und dem Menschen. TU-Forschende entwickeln optimierte Lichtmodelle für Stadt und Land.*

Das im Hinblick auf Lichtverteilung, Lichtfarbe und Mastgestaltung im Projekt optimierte Beleuchtungsdesign soll zunächst im havelländischen Experimentierfeld installiert und seine Wirkung auf die Fauna untersucht werden, unter anderem auch seine Wirkung auf Verhalten und Vermehrung aquatischer Insekten. Viele davon legen ihre Brut im und am Wasser ab und schlüpfen nur im Dunkeln. Anschließend werden die neuen Leuchten in vier Gemeinden in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Hessen zunächst unter naturnahen Bedingungen erprobt. Nach der Umstellung sind bei der Insektenzählung auch Bürgerwissenschaftler*innen gefragt.

„Durch eine breite Bürgerbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit wollen wir auch den Astro-Tourismus unterstützen sowie generell zu einem verantwortungsvollen Umgang mit Beleuchtung aufrufen“, so die Projektkoordinatorin Dr. Sibylle Schroer (IGB). Lichtverschmutzung könne man auch privat reduzieren, etwa durch optimierte Bewegungsmelder, Wege- und Fassadenbeleuchtungen. Stephan Völker dazu: „Wenn es gelingt, die Forderung durchzusetzen, dass jegliche Nutzung von künstlichem Licht in der Nacht begründbar sein muss, und dieses Licht artenschutzgerecht und umweltverträglich ist, dann haben wir viel gewonnen.“

Patricia Pätzold

Stapellauf für „Elektra“

Das weltweit erste emissionsfreie Schubboot für den Gütertransport, von TU-Ingenieuren entwickelt, wird jetzt gebaut

Von Patricia Pätzold

Zuerst legen die Schiffbauer den Kiel, wenn sie ein neues Schiff bauen. Die Kiellegung ist so wichtig wie die Grundsteinlegung beim Hausbau. Noch spannender ist sie, wenn es um einen völlig neuen Schiffstypus geht, wie „Elektra“. Sie ist das erste emissionsfreie und energieeffiziente Schubboot. Bisher verpesten Güter- und Passagierschiffe die Luft mit tonnenweise Ruß und schädlichen Abgasen. Nicht so „Elektra“. Sie fährt hybrid, mit Wasserstoff-Brennstoffzellen und E-Akkus und produziert als Abgas ausschließlich Wasserdampf. „Elektra“ ist das weltweit erste emissionsfreie Kanalschubboot, entwickelt am TU-Fachgebiet Entwurf und Betrieb Maritimer Systeme. Gebaut wird sie im sachsen-anhaltinischen Derben. Dort

„Elektra“ soll eine Vorbildfunktion haben, besonders in sensiblen Regionen

ist ihre Kiellegung im Oktober 2019 geplant, rund ein Jahr später der Stapellauf. Fahren soll sie ab Ende 2020 auf der Strecke Berlin – Hamburg.

Fast 140 dieselbetriebene Schubboote gibt es in Berlin und Brandenburg, dazu 120 Güterschiffe sowie mehr als 200 Fahrgastschiffe und Fähren. Außerdem queren Hunderte, die vorwiegend unter ausländischer Flagge fahren, die Hauptstadt im Transitverkehr. Sie alle blasen tonnenweise Stickstoff-, Schwefel- und Kohlendioxide in die Berliner Luft. Weltweit stößt der maritime Transportverkehr jährlich 940 Millionen Tonnen CO_2 aus. „Entscheidend ist die erhebliche Stickoxid-, Ruß- und Feinstaubbelastung“, erklärt Peter Segieth, Wissenschaftler im Projekt. „Unser hybrid angetriebenes Schubboot ‚Elektra' wird nur Wasser ausstoßen.“ Übergeordnetes Projektziel sei die Beteiligung des Verkehrsträgers Binnenschiff an den klimapolitischen Zielen der Bundesrepublik. Gefördert wird das Projekt daher auch vom Bundesverkehrsministerium. „Mit ‚Elektra’ wollen wir, gemeinsam mit Partnern, vor allem mit dem großen Berliner Logistik-Dienstleister BEHALA, ein Vorbild schaffen für ein emissionsfreies Binnenschiff, insbesondere für die Fahrt in sensiblen Regionen und im Stadtverkehr“, so Fachgebietsleiter Prof. Dr.-Ing. Gerd Holbach. So soll die rund 20 Meter lange und 8,5 Meter breite „Elektra“ mit einem Tiefgang von 1,25 Metern, sogenannte Leichter, schieben, schwimmende Transporter für Stückgut, Kies, Schrott oder Kohle.

Vor allem aber soll sie „Ursus“ schieben, den ebenfalls vom Fachgebiet zusammen mit der BEHALA entwickelten Spezial-Leichter für Schwergut, der die 520 Tonnen schwere und weltweit leistungsstärkste Siemens- Gasturbine sicher und auf kürzestem Weg von einer eigens gebauten Roll-on- Roll-off-Rampe am Neuen Ufer in Moabit zum Westhafen bringt oder sogar gleich zu den Küstenhäfen für den Export.

„Mit diesem Kanalschubboot können wir erstmals dieses hybride Energiekonzept demonstrieren und das dynamische Zusammenwirken sowie die Reichweiten der Energietechnologien im laufenden Betrieb erforschen und optimieren“, so Holbach. Denn für den wirtschaftlichen Betrieb eines solchen Schiffs wird entlang der Wasserstraßen auch der Aufbau einer entsprechenden Lade- und Bunkerinfrastruktur notwendig. Im regionalen Betrieb halten die Akkus bei einer Schublast von 1400 Tonnen derzeit etwa acht Stunden lang oder 65 Kilometer, bei einer überregionalen Fahrt kommt „Elektra“, hybrid-elektrisch mit Brennstoffzellen und Akkus angetrieben, auf eine Betriebsdauer von etwa 16 Stunden oder rund 130 Kilometer täglich. Schubkraft liefern die Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Akkus. Für die Versorgung an Bord ist zusätzlich noch eine Fotovoltaik-Anlage angeschlossen.

An Wasserstoff für die Brennstoffzellen schleppt „Elektra“ sechs Bündel à 20 Flaschen mit sich. Sie beinhalten 750 Kilogramm Wasserstoff und stehen unter einem Druck von 500 bar. Ein Verbrennungsmotor ist nicht an Bord. „„Elektra’ ist das erste Schiff ohne Angst-Diesel“, so die Wissenschaftler stolz. Nachladen könnte sie auf dem Weg nach Hamburg im Hafen von Lüneburg. Dort wird eine starke Ladestation für die Akkus stehen, ebenso wie im Westhafen Berlins und in Hamburg. Als alternativer Antrieb ist außerdem noch eine Methanol-Brennstoffzelle im Rumpf des Schiffes integriert.

In den vergangenen Jahren haben die Wissenschaftler auch viele Stunden mit Experimenten und Messungen im 200 Meter langen Schleppkanal bei der berühmten Rosa Röhre verbracht, der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau der TU Berlin. In computerbasierten Simulationen und am Modell mussten hier unter anderem Wasserwiderstände ermittelt werden, um die notwendige Antriebsleistung und den tatsächlichen Energieverbrauch zu errechnen. Denn „Elektra“ muss nicht nur das eigene Gewicht durchs Wasser schieben – sie verdrängt etwa 130 Tonnen – plus einzelne Leichter, sondern sogar einen Schubverband, also mehrere aneinandergekoppelte Frachtleichter.

Ein emissionsfreies, umweltfreundliches Frachtschiff ist sowohl technisch als auch finanziell realisierbar. Das haben die TU-Wissenschaftler*innen damit nachgewiesen. Anfang Juni 2019 kam aus Straßburg die Empfehlung der CESNI, dass das Schiff auf deutschen Wasserstraßen zugelassen werden darf. Die CESNI ist der Europäische Ausschuss zur Ausarbeitung technischer Standards für die Binnenschifffahrt. Jetzt kann also endlich, unter Leitung des TU-Fachgebiets, gebaut werden.

Und nicht nur der Güterschifffahrt gibt die Forschung zu hybriden Schiffsantrieben Hoffnung im Kampf gegen die Umweltbelastung. Gerd Holbach: „Mit ‚Elektra’ haben wir eine Blaupause geschaffen, die auch den Bau von Fracht-, Arbeits-, Fähr- bis hin zu Flusskreuzfahrtschiffen revolutionieren kann. Es bestehen sogar gute Chancen, den Schiffsverkehr global zukünftig emissionsfrei zu gestalten – inklusive der Herstellung der benötigten Energie.“

— „Elektra“ im Video: https://youtu.be/gdBwdcOnRTo

Foto: TU Berlin/ EBMS

Sauberes Schiff. *„Elektra“ soll auf der Strecke Hamburg - Berlin fahren sowie im innerstädtischen Verkehr in der Hauptstadt.*

NACHRICHTEN

Queen’s Lecture: Kreislauf des Kohlenstoffs

Die umfangreichen Buschbrände in Kalifornien waren nur eine Momentaufnahme der wachsenden Probleme, die von unseren CO_2-Emissionen ausgelöst werden, sagt Professorin Corinne Le Quéré. Die aus Kanada stammende Klimawissenschaftlerin und Ozeanografin von der University of East Anglia wird die traditionelle Queen’s Lecture an der TU Berlin halten und über die engen Wechselwirkungen zwischen dem Klimawandel und dem CO_2-Kreislauf sprechen. Sie ist eine der hervorragendsten britischen Expertinnen zu diesem Thema. Bis 2018 leitete sie das interdisziplinäre Tyndalll Centre for Climate Change. Nun zeichnet sie verantwortlich für die jährliche Fortschreibung des Global Carbon Budget im Global Carbon Project. Sie gehört ebenfalls zu den Verfasserinnen der letzten drei Sachstandsberichte des Weltklimarates. Die Queen’s Lecture ist öffentlich. *pp*

Foto: Duncan.Hull

C. Le Quéré

— 11. November 2019, 17 bis 20 Uhr, Audimax der TU Berlin, Straße des 17. Juni 135; Anmeldung: www.tu-berlin.de/?27956

Fridays for Future: Workshops und Klimakongress

Zu einem großen Klimakongress lädt die Initiative „Fridays for Future TU Berlin“ am 25. September 2019 ab 17 Uhr in den Lichthof der Universität ein. Schüler*innen, Studierende und TU-Wissenschaftler*innen wollen zusammen mit Berliner Vereinen und Firmen Lösungen erarbeiten, die künftig in der Stadt und im Alltag umgesetzt werden können, um etwas zu verändern. Zuvor werden sich mehr als 200 Schüler*innen in Vorträgen über Themen wie Klimagerechtigkeit, Mobilitätswende, Nachhaltiges Bauen, Solarenergie oder Wasserversorgung informieren und in Workshops bearbeiten. Abends werden ihre Ergebnisse auf dem Kongress präsentiert. Die Initiative möchte mit der Veranstaltung zeigen, dass Veränderungen möglich sind, wenn man sich dafür einsetzt. *pp*

— www.facebook.com/fridaysforfuture.tu-berlin

ANZEIGE

FUTURE MEDICINE SCIENCE MATCH 2019

BIH Berlin Institute of Health Charité & MDC

TAGESSPIEGEL

SINGLE CELLS IN TRANSLATIONAL RESEARCH · SMART DATA AND TRANSLATIONAL MEDICINE · TRANSLATIONAL CANCER RESEARCH

Der Tagesspiegel und das Berlin Institute of Health (BIH) gemeinsam mit der Charité – Universitätsmedizin Berlin und dem Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin versammeln am 7. November 2019 zum vierten Mal herausragende Gesundheitsforschende aus aller Welt. Konferenzsprache Englisch.

Keynote:

Dr. Michel J. W. Sadelain, MD
Memorial Sloan Kettering Cancer Center, New York (USA)

Referentinnen und Referenten, u.a.:

Dr. Priya Chudasama
Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ) Heidelberg, Heidelberg

Dr. Kerstin Haase
Charité – Universitätsmedizin Berlin, Berlin

Dr. Martin Seychell
Europäische Kommission, Brüssel

Dr. Siegfried Throm
vfa – Verband forschender Arzneimittelhersteller e. V., Berlin

TICKETS UND INFORMATIONEN: WWW.SCIENCE-MATCH.INFO

BERLIN SCIENCE WEEK 1–10 NOV 2019

Die Veranstaltung ist Teil der Berlin Science Week.

Diese Veranstaltung wird unterstützt von:

Wissenschaftliche Partner: CHARITÉ Universitätsmedizin Berlin · MDC Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin in der Helmholtz-Gemeinschaft

Programmpartner: vfa. Die forschenden Pharma-Unternehmen

Konferenzpartner: Biomedical Alliance in Europe

Akademische Partner: Fakultät für Gesundheitswissenschaften Brandenburg · MHB Medizinische Hochschule Brandenburg

Netzwerkpartner: Health&Care Management · HEARTBEAT LABS · young+restless