

# KNOW!

MAGAZIN FÜR FORSCHUNG UND NEUES WISSEN | ENERGIE

FARBSTOFF AUS ALGEN

**Wie Solarstrom noch grüner  
werden kann**

WINDENERGIE

**Heute forschen für die  
Offshore-Riesen von morgen**

SOLARPARKS IM SENEGAL

**Wischmaschine aus Hamburg  
gegen Staub aus der Sahara**



# Editorial

## Liebe Leserin, lieber Leser!

Kaum ein Thema ist im Moment so aktuell wie das Thema Energie. Durch den russischen Angriff auf die Ukraine und die sich zuspitzende Gas- und Stromkrise ist eine nachhaltige Energieversorgung drängender denn je. Dabei scheinen sich verschiedene Interessen zu widersprechen: Versorgungssicherheit versus Umweltverträglichkeit. Beides ist elementar für eine gute Zukunft. Ohne eine extreme Absenkung der Treibhausgasemissionen wird sich die Erde noch drastischer erwärmen. Ohne eine bezahlbare und sichere Energieversorgung droht ein kaum wiedergutzumachendes Massensterben in Industrie und Wirtschaft.

Aber wir sind nicht machtlos! Das wird bei der Lektüre der zweiten Ausgabe des Forschungsmagazins K|NOW! mit dem Thema „Energie“ klar. Wissenschaftler\*innen an der HAW Hamburg suchen mit viel Engagement und Zuversicht interdisziplinär und länderübergreifend nach Lösungsansätzen. Einige Forschungsprojekte, wie die Optimierung von Windrädern und Solarzellen oder die verbesserte Speicherung elektrischer Energie, sind aktueller denn je. Andere Themen, wie die Erforschung der europaweiten Stromnetzstabilität, sind hochrelevant, um uns vor Blackouts zu schützen. Dabei ist es wichtig, dass wir Menschen eine hohe Lebensqualität haben, um voller Energie unsere Zukunft zu gestalten. Dafür benötigen wir Daten über unsere Umgebung die uns ermöglichen, z.B. die Lärm- oder Feinstaubbelastung zu kontrollieren. Und wir müssen über alle (Länder-) Grenzen hinweg wieder in Kontakt miteinander kommen, von Angesicht zu Angesicht, nach einem emissionsfreien Flug oder durch bessere digitale Vernetzung.

Wenn Sie Anregungen oder Rückmeldungen zu den Themen im Magazin haben, freue ich mich auf eine Mail an [KNOW-TI@haw-hamburg.de](mailto:KNOW-TI@haw-hamburg.de).

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen, Ihre



**Prof. Dr. Alexandra von Kameke**  
Prodekanin Forschung der Fakultät  
Technik und Informatik, HAW Hamburg



06



13



16



28



24



32



38

## 06 Zwei, drei, ganz viele!

Windkraft auf hoher See ist High-Tech. Sie hat weltweit ein riesiges Potenzial. Die Off-shore-Anlagen der Zukunft werden wahre Giganten sein – und womöglich ganz anders aussehen als die von heute.

## 13 Ein Quantensprung in Sachen Nachhaltigkeit

Seit 3,5 Milliarden Jahren verwandeln Algen Sonnenlicht in Energie. Ihre Farbstoffe könnten in Solarmodulen problematische Substanzen wie Indium und Cadmium überflüssig machen.

## 16 Läuft und läuft und läuft ...

Die ECO-Box zeigt, wie Sensoren ganz ohne externe Energieversorgung auskommen können und wichtige Daten sammeln, die unsere Städte smarter und nachhaltiger machen können.

## 18 Die Power der vielen Kleinen

Die Energiewende erfordert ein intelligentes Stromnetz, in dem Verbraucher als virtuelles Kraftwerk zeitweise zu Stromlieferanten werden, damit die Versorgung nicht aus dem Takt kommt.

## 24 Forschen für Verlässlichkeit

Wechselrichter gehören zu den kritischen Komponenten in einem Solarpark. Mithilfe eines digitalen Zwillings wollen Forscher und Forscherinnen der HAW Hamburg unvorhersehbaren Ausfällen vorbeugen.

**Mit ihrem Forschungsmagazin K|NOW! gibt die Fakultät Technik und Informatik der HAW Hamburg Einblick in Forschungsprojekte und ihre Ergebnisse. Und sie stellt die Menschen vor, die daran arbeiten, für drängende Probleme unserer Zeit eine Lösung zu finden.**

## 28 Strom aus der Röhre

Manchmal liefern Sonne und Wind mehr Strom, als gebraucht wird. Dann stehen viele Windräder still. Besser wäre es, die überschüssige Energie in einer Redox-Flow-Batterie zu speichern.

## 32 Die Welt zum Guten verändern

Dr. Thomas Flower, Dekan der Fakultät Technik und Informatik, im Gespräch über das Konzept One World Engineering und wie es die Ingenieurwissenschaften für Studierende attraktiver machen soll.

## 34 Starthilfe für neue Lehrstrukturen

Digitalisierung bedeutet Wettbewerbsfähigkeit. Prof. Dr. Marina Tropmann-Frick hilft in zwei internationalen Projekten, dass die Ukraine, Kirgisistan und Tadschikistan hier Schritt halten.

## 38 Bitte regelmäßig staubwischen

Sonne gibt es reichlich im Senegal, aber auch Staub aus der Sahara. Studierende der HAW Hamburg haben eine Maschine entwickelt, um Paneele in den dortigen Solarparks zu reinigen.

### Rubriken:

**04** Kurz notiert

**43** Impressum

**44** Forschungsprojekte

**46** Einer von uns

Prof. Dr. Kay Kochan

**Sie können das Forschungsmagazin als Printausgabe anfordern oder per Mail als pdf erhalten. Bitte wenden Sie sich dazu an Dr. Ariane Ament, Forschungsbüro der Fakultät Technik und Informatik unter [KNOW-TI@haw-hamburg.de](mailto:KNOW-TI@haw-hamburg.de)**



## GRÜNE WENDE IM WÄRMESSEKTOR

**F**ernwärme spielt bei der städtischen Wärmeversorgung eine wichtige Rolle. Aber: Sie basiert zumeist noch auf fossilen Brennstoffen und trägt zur Dekarbonisierung des Wärmesektors wenig bei. Peter Lorenzen hat die Möglichkeiten zur Umstellung von Fernwärmesystemen hin zu mehr Klimafreundlichkeit sowie wirtschaftlicher Effizienz erforscht. In einer mit der Höchstnote „Exzellente“ bewerteten Dissertation hat Peter Lorenzen jetzt einen Rahmen entwickelt, der Politik, Kommunen und Energieversorgern hilft, die Systeme wirtschaftlich effizienter und klimafreundlicher zu machen. ■

## DROHNEN-WETTKAMPF INTERNATIONAL

**D**ie internationale studentische New Flying Competition (NFC) widmet sich alle zwei Jahre dem Design von Flugmodellen. Sechs Teams aus Mexiko, Dänemark, der Tschechischen Republik, Serbien und Deutschland kamen vom 22. bis 26. September nach Hamburg, um mit ihren selbst entwickelten, senkrecht startenden Fluggeräten gegeneinander anzutreten. Bei der Suchmission, die sie durchführen mussten, hatten die Drohnen eine Box von zwei Kilogramm Gewicht zu transportieren. Austragungsort war der Flugplatz Stade. Mit einem leichten und energieeffizient konstruierten Fluggerät bewältigte nur das Team der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg die komplette Aufgabe und sicherte sich so zum zweiten Mal in Folge den Titel. ■  
→ [www.newflyingcompetition.com](http://www.newflyingcompetition.com)

## SPITZENPLÄTZE IM HOCHSCHULRANKING

**D**ie HAW Hamburg ist nach dem Urteil vieler Studierender Spitze. Sie erreicht im aktuellen CHE Hochschulranking in vielen ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen Spitzenplätze. Studierende bewerteten vor allem die gute Unterstützung am Studienanfang wie auch den Kontakt zur Berufspraxis als sehr gut. Spitzenreiter ist das Fach Elektrotechnik der Fakultät Technik und Informatik der HAW Hamburg.

„Die sehr guten Ergebnisse bezogen auf die ausgewählten Fächer zeigen, wie erfolgreich die HAW Hamburg ihren Studierenden den Weg in die berufliche Praxis ebnet. Sie sind uns Bestätigung und Ansporn zugleich, das Studienangebot und unseren Service wissenschaftsbasiert weiterzuentwickeln – und so auch die künftigen Studierenden auf höchstem Niveau auf ihre beruflichen Aufgaben vorzubereiten“, kommentierte Prof. Dr. Micha Teuscher, Präsident der HAW Hamburg das Ergebnis. ■

## DIE INFORMATIK ÜBERNIMMT VERANTWORTUNG

**A**n der Fakultät Technik und Informatik haben sich Professor\*innen, Studierende und wissenschaftliche Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen zur Initiative Computer Science for Future, kurz CS4F, zusammengeschlossen. Prof. Dr. Julia Padberg, Beauftragte für Nachhaltigkeit im Department Informatik und ihre rund 90 Mitstreiter\*innen möchten das Department im Sinne der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen zukunftsfähig machen. Diese reichen von „keine Armut“, „kein Hunger“ über „Maßnahmen zum Klimaschutz“ bis hin zu „weniger Ungleichheiten“. Diese Ziele, die sogenannten Sustainable Development Goals, richten sich nicht nur an alle Regierungen weltweit, sondern auch an die Zivilgesellschaft, die Privatwirtschaft und eben die Wissenschaft. „Es geht nicht nur darum, dass die Informatik sich der eigenen Auswirkungen bewusst wird, sondern tatsächlich interdisziplinär zu Lösungen für globale Probleme beiträgt“, formuliert Prof. Dr. Julia Padberg den Anspruch. ■

## „Informatiker\*innen können durch Technik zum Klimaschutz beitragen.“

JUDITH PEIN, INFORMATIKSTUDENTIN

## PREMIERE FÜR DAS SHANGHAI-HAMBURG COLLEGE

**Z**um allerersten Mal ist ein Jahrgang des Shanghai-Hamburg College (SHC) an der HAW Hamburg für ein Auslandssemester zu Gast. 40 chinesische Elektrotechnik-Studierende aus Hamburgs Partnerstadt werden im Wintersemester an der HAW Hamburg lernen. Sie belegen insgesamt fünf Fachmodule und werden während ihres Aufenthaltes von ehrenamtlichen Studierenden, den sogenannten Buddys unterstützt. Die HAW Hamburg und die University of Shanghai for Science and Technology (USST) kooperieren seit 1995 und haben 2009 gemeinsam das



Shanghai-Hamburg College (SHC) gegründet. Die drei Studiengänge – Elektrotechnik, Maschinenbau sowie Internationale Wirtschaft und Außenhandel – sind bilingual (Chinesisch/Deutsch) organisiert. ■



## MIT KÜNSTLICHER INTELLIGENZ ZU BESSEREN ERNTEN

**D**r. Rebecca Sarku hat das renommierte Forschungsstipendium der Alexander-von-Humboldt-Stiftung verliehen bekommen. Das Stipendium wird hochqualifizierten Wissenschaftler\*innen verliehen, um ihr persönliches Forschungsvorhaben in Deutschland durchzuführen. Die junge Frau aus Ghana hat ihre Dissertation in den Niederlanden an der Universität Wageningen geschrieben. Darin ging sie der Frage nach, inwieweit

sich Bauernweisheiten in Ghana eignen, das Wetter vorherzusagen. In der Forschungsgruppe MARS (Multi-Agent Research and Simulation) rund um Informatik-Professor Dr. Thomas Clemen wird sie in den kommenden zwei Jahren erforschen, wie Künstliche Intelligenz eingesetzt werden kann, um in Zeiten des Klimawandels den Anbau von Getreide in Westafrika nachhaltiger zu gestalten. ■

## KARRIEREZIEL PROFESSOR\*IN

**D**ie HAW Hamburg, ist eine von 34 deutschen Hochschulen, die in den kommenden sechs Jahren mit Unterstützung des Bundes besonders daran arbeiten werden, junge Wissenschaftler\*innen für eine professorale Karriere zu begeistern. Tandemprogramme mit Partnern aus Wissenschaft und Praxis richten sich an noch unerschlossene Zielgruppen wie Postdocs oder Berufspraktiker\*innen. Mit dem neu geschaffenen Konzept der Schwerpunktprofessur ermöglicht die HAW Hamburg herausragenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, verstärkt ihren Forschungsaktivitäten nachzugehen. ■

## ROBOTER-OLYMPIADE FÜR KIDS

**A**m 17. Juni 2022 fand am Berliner Tor der Regionalwettbewerb der World Robot Olympiad (WRO) statt. „Wir möchten technikbegeisterte Kinder und Jugendliche zu uns an die Hochschule holen und erste, positive Berührungspunkte mit uns als Hochschule schaffen“, sagt Prof. Dr. Thomas Frischgesell, der am Department Maschinenbau und Produktion lehrt. Die WRO ist ein internationaler Roboterwettbewerb für Kinder und Jugendliche im Alter von 8 bis 19 Jahren. Er findet in über 90 Ländern statt, mit mehr als 28.000 Teams. ■

→ [www.worldrobotolympiad.de](http://www.worldrobotolympiad.de)

## VDI-PREIS FÜR HERAUSRAGENDE MASTERARBEIT

**P**edelecs sind die Hybride unter den Fahrrädern. Es gibt Nachrüstsätze, mit denen man ein normales Fahrrad umbauen kann. Allerdings ist das Fahrverhalten nicht sonderlich komfortabel. Julian Potthoff hat im Rahmen seiner Masterthesis dafür eine Lösung entwickelt und dafür den Hamburger VDI-Preis für junge Ingenieur\*innen erhalten. Titel der Arbeit: „Entwicklung eines Drehmomentsensors und Einbindung in das hybride Antriebssystem eines Pedelecs“. Der Sensor misst die Kraft, die beim Treten der Pedale aufgebracht werden muss. Diese Information

wird von einem Controller ausgewertet, um so die Motorleistung bedarfsgerecht zu dosieren. Die Lösung der selbst gewählten Aufgabestellung war auch deshalb besonders anspruchsvoll, weil Potthoff sich dazu in elektrotechnische Fachgebiete wie Werkstoffkunde und Konstruktionstechnik einarbeiten musste. „Für mich ist dies eine über alle bisher von mir betreuten Abschlussarbeiten herausragende Masterarbeit“, lautete das Fazit von Erstprüfer Prof. Dr. Michael Röther vom Department Informations- und Elektrotechnik der HAW Hamburg. ■

## KÜNSTLICHE INTELLIGENZ GEGEN DEN MÜLLBERG

**I**n Deutschland werden pro Jahr rund 412 Millionen Tonnen Abfälle produziert. Mehr als die Hälfte davon sind Bau- und Abbruchabfälle. Diese und andere große Abfälle, wie zum Beispiel Sperrmüll, zu recyceln, ist oft schwierig und erfordert nach wie vor teure Handarbeit. In zwei vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) mit insgesamt 680.000 Euro geförderten Verbundprojekten werden an der HAW Hamburg Konzepte entwickelt, die mithilfe von Künstlicher Intelligenz aus Sperrmüll Wertstoffe machen. „Holz und Kunststoff richtig sortiert können eine wichtige Ressource und als Brenn- oder Recyclingstoffe von hohem Wert sein“, sagt Prof. Dr. Tim Tiedemann, Professor für Intelligente Sensorik. Die Projekte sind am Forschungs- und Transferzentrum Smart Systems (FTZ SMSY) der Fakultät Technik und Informatik angesiedelt. ■



## TRAINING FÜR WISSENSTRANSFER

**D**as FTZ 3i (Forschungs- und Transferzentrum intelligent industrial innovations) entwickelt zusammen mit der Chalmers University (Schweden), der TalTech (Estland) und der TUAS (Finnland) innovative Lernkonzepte im Maschinenbau. An der HAW Hamburg fand nun ein Training statt, in dem die internationalen Partner in Sachen digitale Labore geschult wurden. Das FTZ 3i beschäftigt sich mit dem Technologie- und Wissenstransfer im 3D-Druck, der Schweißtechnik, der Industrie- und Servicerobotik sowie Virtual- (VR) und Augmented Reality (AR). ■

→ [www.ftz-3i.de](http://www.ftz-3i.de)

# Zwei, drei, ganz viele!

ALLE MODERNEN WINDRÄDER HABEN DREI FLÜGEL. ZUKÜNFTIGE OFFSHORE-WINDPARKS KÖNNTEN ABER GANZ ANDERS AUSSEHEN.

**E** TEXT: JAN OLIVER LÖFKEN

Erfindungsreichtum treibt die Windkraft immer weiter voran. Leisteten die größten Windkraftanlagen Mitte der 1990er-Jahre noch ein halbes Megawatt, vervierfachte sich die Leistung binnen fünf Jahren. Danach wuchsen die Windräder stetig heran – auf fünf, sieben, zwölf Megawatt Leistung. Aktuell peilen erste Hersteller die 15-Megawatt-Marke an. Diese rasante Entwicklung überflügelt Prognosen aus den Anfangsjahren der Windkraft um ein Vielfaches. Die Türme werden immer höher, die Rotorblätter immer länger. Große Fortschritte in der Generatorentwicklung, Materialforschung, Regelungstechnik und Aerodynamik machen es möglich. Aber ein wesentliches Merkmal von Windrädern blieb über die Jahre unverändert: Fast alle weltweit installierten Anlagen fangen den Wind mit drei Rotorblättern ein.

„Für immer größere Windkraftanlagen bieten Windräder jenseits des dominierenden Drei-Blatt-Designs einige Vorteile“, sagt Dr. Vera Schorbach, Professorin für

Windenergie und virtuelle Produktentwicklung am Department Maschinenbau und Produktion der HAW Hamburg. Genau diese Vorteile lotet die Windkraftexpertin mit nur zwei statt drei Rotorblättern aus.

## PARTNER IN EINEM BOOT

Ihr Kollege Peter Dalhoff, Professor für Windtechnik am selben Institut der Hochschule, setzt auf ein anderes, ebenfalls vielversprechendes Design: einen Multirotor. Bei diesem Konzept werden viele kleinere Windräder mit jeweils drei Rotorblättern in einer einzigen Multimegawatt-Anlage vereint. Beide Ansätze sollen mit den etablierten Drei-Blatt-Riesen konkurrieren und signifikant Kosten bei Aufbau und Wartung einsparen. Sowohl Dalhoff als auch Schorbach lassen ihre Ergebnisse in das Forschungsprojekt X-Energy einfließen, das bis 2025 mit insgesamt 10,7 Millionen Euro vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ge-

fördert wird. X-Energy ist eine strategische Partnerschaftsinitiative der HAW Hamburg mit dem Ziel, die Hochschule als ein führendes Innovationszentrum für die Entwicklung zukunftsfähiger klimaneutraler Energiesysteme in der Metropolregion Hamburg zu positionieren. Sie besteht aus rund 20 regionalen und überregionalen Unternehmenspartnern, die in 22 Teilprojekten Lösungen für ein klimaneutrales Energiesystem entwickeln, von der ersten Idee bis hin zur Markteinführung innovativer Produkte und Dienstleistungen. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit von 15 Professor\*innen aus drei Fakultäten der HAW Hamburg (Technik und Informatik, Life Sciences, Wirtschaft & Soziales) schafft dabei wertvolle Synergieeffekte in der wissenschaftlichen Forschung. Windenergie ist einer der drei Forschungsschwerpunkte.

„Wir haben in unserem Projekt direkt Zwei-Blatt-Anlagen mit 20 Megawatt Leistung ins Auge gefasst“, sagt Schorbach. Das klingt sehr ambitioniert, ist aber





sinnvoll, denn angewandte Forschung muss vorausdenken. Es dauert mehrere Jahre, bis auf der Basis von Entwürfen, Berechnungen und Simulationen im Computer ein reales Windrad gebaut werden kann. Würden Schorbach und ihr Team sich an der Gegenwart orientieren und nicht an der Zukunft, wären die Ergebnisse womöglich nicht mehr für die Realität relevant. „Dabei analysieren wir, ob eine große Anlage mit zwei Rotorblättern vor allem wirtschaftlicher sein kann als die konventionellen Drei-Blatt-Windräder“, sagt Schorbach. Das Ziel wäre ein Windrad, das elektrischen Strom über eine Lebensdauer von 25 Jahren günstiger erzeugt als mit etablierter Technologie.

#### EINE A380 WIRKT WINZIG DAGEGEN

Schorbachs Arbeitsgruppe entwirft dazu nicht einfach ein bis zu 300 Meter hohes Windrad mit zwei Rotorblättern. Vielmehr betrachten die Forschenden alle Aspekte, die während der gesamten Betriebszeit →

**In größeren Wassertiefen sind Windkraftanlagen als Halbtaucher ausgelegt, die nicht mehr auf einem festen Fundament auf dem Meeresboden stehen.**



→ Prof. Dr. Vera Schorbach, Professorin für Windenergie und virtuelle Produktentwicklung  
Tel. +49.40.428 75-8751  
vera.schorbach@haw-hamburg.de

eine Rolle spielen. Dazu zählen der Aufbau eines Windrads und der möglichst reibungslose Betrieb, aber auch die regelmäßige Wartung und schließlich der Abbau und das Recycling der Anlage. „Windräder sind heute bereits sehr weit entwickelt und optimiert“, sagt Schorbach. „Aber es lohnt sich schon Einsparungen von fünf bis zehn Prozent, um für die Hersteller interessant zu sein.“

Schritt für Schritt entstand in Schorbachs Computern das Modell eines 20-Megawatt-Zweiflüglers. Knapp 170 Meter erhebt sich der Turm der Anlage, an diesem sind zwei Rotorblätter montiert, von denen jedes fast 125 Meter misst, das ist die eineinhalbfache Spannweite eines Airbus A380. Die detaillierten Simulationen des Betriebs zeigten, dass bei zwei drehenden Blättern stärkere Kräfte auf den Turm wirken als bei drei Blättern. Denn bei einer zweiblättrigen Windenergieanlage sind die Kräfte weniger gleichmäßig über die Rotorfläche verteilt. Für eine ausreichende Stabilität müsste der Turm deshalb mit mehr als 1.600 Tonnen Eigengewicht gut 20 Prozent schwerer ausgelegt werden. Sein Bau käme damit teurer – zumindest bei dieser spezifischen Auslegung. Den Nachteil würde aber der Verzicht auf ein drittes Blatt mehr als aufwiegen.

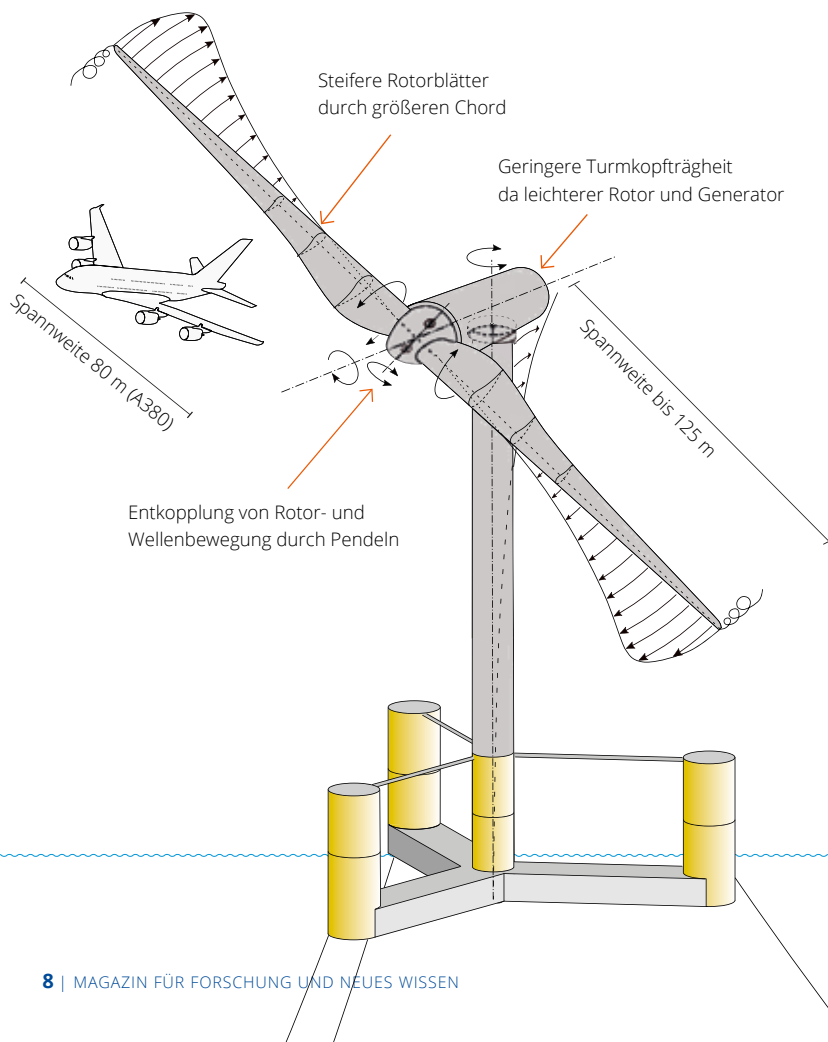
Denn Rotorblätter zählen wegen ihrer ausgefeilten aerodynamischen Form und der verwendeten Verbundmaterialien zu den teureren Komponenten eines Windrads.

Auf ein spezielles Detail ihrer Zwei-Blatt-Anlage ist Schorbach besonders stolz: „Wir haben in unseren Simulationen gesehen, dass ein leicht pendelnder Rotor bei 20 Megawatt sehr sinnvoll ist.“ Bei konventionellen Drei-Blatt-Anlagen lässt sich der Rotor um eine senkrechte Achse in den Wind drehen, verharrt sonst aber möglichst starr. Schorbachs Entwurf mit einem Pendelrotor erlaubt dagegen ein kleines Verkippen der Rotorebene um bis zu fünf Winkelgrade. „Dadurch reduzieren sich die Biegemomente am Blatt“, sagt Schorbach. Es wirken im Betrieb also deutlich geringere Kräfte auf das Getriebe und die Rotorblätter selbst. Die gesamte Anlage wird dadurch geschont und ist weniger wartungsanfällig. „Das ist zwar eine – heute vielleicht wenig übliche – rein mechanische Lösung. Doch sie macht richtig was aus“, sagt die findige Ingenieurin.

Schon beim Bau könnte sich das Konzept „Zwei statt Drei“ kostensparend auswirken. Ein Drei-Blatt-Rotor lässt sich nicht an einem Stück zusammen mit der Gondel und dem Getriebe hochziehen und auf der Turmspitze installieren. Heute wird jedes Bauteil einzeln mit einem Kran gehoben und in schwindelerregender Höhe befestigt. Bei zwei Rotorblättern mit Gondel wäre eine Montage am Stück eher möglich. „Das spart Zeit bei der Installation, die heute einen ordentlichen Teil der Kosten ausmacht“, sagt Vera Schorbach. Bei Windrädern an Land mag das keine große Rolle spielen. Doch in Offshore-Windparks auf hoher See ist bei Wind und Wellengang jeder Arbeitsschritt eine große und teure Herausforderung.

## WINDKRAFT KOMMT INS SCHWIMMEN

So überrascht es nicht, dass Schorbach ihr Zwei-Blatt-Konzept nun auf seine Eignung für schwimmende Windparks – im Fachjargon „Floating Offshore Wind“ – überprüfen wird. Das Nachfolgeprojekt mit dem Namen X2B-floating für weitere 18 Monate ist bereits genehmigt. Es kommt genau zum richtigen Zeitpunkt. Denn mit ersten Windrädern auf schwimmenden Plattformen vor den Küsten Frankreichs, Schottlands oder Koreas nimmt der Aufbau von „Floating Offshore Wind“ gerade Fahrt auf. Windparks auf festen Fundamenten in Nord- und Ostsee waren nur ein erster, glücklicher Anfang. Denn so geringe Wassertiefen von einigen Dutzend Metern finden sich sonst weltweit fast in keiner Küstenregion.







#### Maßstab Mensch: Schon heute sind Offshore-Anlagen riesig.

„Floating Offshore Wind erweitert das Potenzial zur Produktion erneuerbarer Energie aus dem Wind auf See signifikant“, sagt Holger Matthiesen, Geschäftsführer Europa des Unternehmens Mainstream Renewable Power, das bereits heute einige schwimmende Windparks plant. Denn Flächen mit großen Wassertiefen und mit großem Abstand zu den Küsten seien nahezu unerschöpflich.

Auf diese dynamische Entwicklung setzt auch der Professor für Windtechnik am Department Maschinenbau und Produktion, Peter Dalhoff. Er ist zugleich stellvertretender Leiter des CC4E (Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz), an dem auch das X-Energy-Projekt angesiedelt ist. Er forscht schon seit vielen Jahren über Windkraftanlagen mit mehreren Rotoren. Für seine Multirotoren – jeweils ebenfalls auf 20 Megawatt Leistung ausgelegt – sieht er schwimmende Plattformen als ideale Basis. „Diese Kombination ist ausgesprochen spannend. Je mehr wir in Richtung „floating“ denken, desto mehr Vorteile drängen sich auf“, sagt Dalhoff. Diese Vorteile offenbaren sich bei einem genaueren Blick auf das Design einer Multirotor-Anlage.

Dalhoff entwarf mit seiner Arbeitsgruppe im Computer drei Varianten eines Multirotors. Sie unterschieden sich durch die Zahl der Windräder und deren Leistung: fünf große, 22 mittelgroße und sogar 47 kleine, einzelne Rotoren. Um die Varianten vergleichbar zu machen, betrug die Gesamtleistung

in jedem Fall 20 Megawatt. „Je größer die Anlagen werden, desto sinnvoller sind viele kleine Rotoren als ein einziger großer“, sagt Dalhoff. Dieser modulare Aufbau spielt bereits bei der Installation seine Vorteile aus. Denn kleinere Einheiten lassen sich besonders auf hoher See mit entsprechend kleineren Kränen leichter montieren als ein einziger Riesenrotor. Auch bei den regelmäßigen Wartungen müssten nur einzelne Rotoren repariert oder – bei größeren Schäden – ersetzt werden. „Dazu könnte sogar ein fest installierter Kran genutzt werden“, sagt Dalhoff. Die lange Anreise großer Wartschiffe mit entsprechend hohen Kosten ließe sich vermeiden. Außerdem: Fällt ein Rotor oder Generator aus, dann produzieren die übrigen problemlos weiter Energie. →



→ Prof. Peter Dalhoff,  
Professor für Windtechnik  
Tel. +49.40.428 75-8674  
peter.dalhoff@  
haw-hamburg.de

## „Für größere Anlagen bieten Windräder jenseits des Drei-Blatt-Designs einige Vorteile.“

PROF. DR. VERA SCHORBACH

# Die Geschichte der Windkraft

Vom Wind angetriebene Maschinen gibt es seit Jahrtausenden. Seit jeher loten Ingenieur\*innen und Erfinder\*innen die Grenzen des Machbaren aus. Mit Erfolg: Heutige Windkraftanlagen haben das Zeug, die gesamte Menschheit mit sauberem und unschlagbar günstigem Strom zu versorgen.

Windräder gelten neben Photovoltaikanlagen als die günstigsten Kraftwerke überhaupt – sie erzeugen die Kilowattstunde für ein paar Cent. Doch bis dahin war es ein weiter Weg.

Wann und wo wurde das weltweit erste Windrad gebaut? Diese Frage lässt sich gar nicht so einfach beantworten. Sicher ist: Die Perser nutzten den Wind schon vor rund 2.000 Jahren. Ihre Anlagen bestanden aus Lehm, Holz und Stoff, drehten sich um eine senkrechte Achse und waren nur wenige Meter hoch. Die Mauren brachten sie, wie so vieles während ihrer 800 Jahre währenden Herrschaft, auf die Iberische Halbinsel.

Die moderne Form der Windmühlen stammt jedoch aus Flandern. Dort drehte man im 12. Jahrhundert die Rotationsachse in die Waagerechte. Auf diese Weise konnte man viel größere Flügel unterbringen, sodass zum Kornmahlen und Wasserschöpfen viel mehr Energie zur Verfügung stand. Außerdem war man von der Windrichtung unabhängig, wenngleich bei diesen Bockwindmühlen das ganze Mühlenhaus von Hand in den Wind gedreht werden musste – eine mühsame Angelegenheit, vor allem bei wechselnden Winden.



Wegweisend waren die Entwicklungen der Holländer im 16. Jahrhundert. Sie erfanden unter anderem die drehbare Kappe, die auf einen Turm aus Holz oder Mauerwerk gesetzt wurde. Nun war es viel einfacher, die Mühle in den Wind zu drehen. Vor allem konnte man sie jetzt noch größer bauen. Die höchste entstand in Köln durch den Umbau eines Turms der Stadtbefestigung. Die Pantaleonsmühle war 39,5 Meter hoch, ihre Flügel hatten einen Durchmesser von über 40 Metern.

## AERODYNAMISCHE FLÜGEL

Zu Tausenden drehten sich in Holland die Flügel, um das Land zu entwässern, Korn zu mahlen oder mechanische Arbeit zu verrichten. Eine Ansammlung von 500 Anlagen bei Amsterdam gilt als das weltweit erste Industriegebiet. Auch in Deutschland war Wind im vorfossilen Zeitalter eine wichtige Energiequelle. Nach Zählungen der preußischen Regierung waren im Deutschen Kaiserreich 1895 noch 18.362 Windmühlen in Betrieb. Sie hatten fast alles, was moderne Maschinen haben – bis auf den Generator. Den baute der schottische Erfinder James Blyth 1887 erstmals in eine Windmühle.

Dann ging es Schlag auf Schlag. 1891 errichtet der dänische Physiker Poul la Cour auf dem Schulgelände von Askov in Südjütland eine Versuchsanlage. Die Neuerung: Die Flügel waren aerodynamisch geformt und ihre Anzahl reduziert, um die Umdrehungsgeschwindigkeit der Welle zu beschleunigen. In den Folgejahren erforschten zahlreiche Wissenschaftler\*innen die Grundlagen der Windenergie. Einer von ihnen: Albert Betz, Leiter der Aerodynamischen Versuchsanstalt Göttingen. Er formulierte 1919 das Betz'sche Gesetz, wonach maximal 59,3 Prozent der kinetischen Energie des Windes genutzt werden können – es gilt bis heute.

Von der Technik inspiriert, setzte der Erfinder und Windenergiepionier Hermann Honnef zu Höhenflügen an. Er entwarf in den Dreißigerjahren Windturbinen mit einer Leistung von bis zu 20 Megawatt, die bis zu 500 Meter hoch sind und mehrere



Rotoren mit je 160 Meter Durchmesser tragen. Allerdings existierten seine Riesensräder nur auf dem Papier.

In den 1980er-Jahren entstanden weltweit Riesen-Windräder. In Deutschland ging 1983 im Kaiser-Wilhelm-Koog Growian, die „Große Windkraftanlage“, in Betrieb. 100 Meter hoch, 100 Meter Rotordurchmesser, drei Megawatt Nennleistung. Schon 1988 wurde sie wieder abgebaut. Auf dem Gelände entstand mit dem Windenergiepark Westküste der erste Windpark Deutschlands, bestehend aus 30 kleinen Anlagen, deren größte bescheidene 25 Kilowatt Leistung hatte. Ungefähr zur selben Zeit wurden in Kalifornien Tausende kleine Windkraftanlagen installiert.

Nicht nur beim Windkraftboom in Kalifornien, auch in Europa, speziell in Deutschland, spielten die politischen Rahmenbedingungen eine wesentliche Rolle für den Durchbruch der Branche. Ohne das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) wäre die globale Windkraft sicherlich nicht da gelandet, wo sie heute steht. Trotz des Erfolgs: Noch ist die Windkraft ein kleines Licht. Nur etwa vier Prozent des globalen Energiebedarfs werden derzeit von Windstrom gedeckt. Dafür sind die Aussichten umso besser: Beim Global Wind Energy Council in Brüssel heißt es, bis 2050 könne der Wind bis zu 30 Prozent liefern. ■



# „Je größer die Anlagen werden, desto sinnvoller sind viele kleine Rotoren statt eines einzigen großen.“

PROF. PETER DALHOFF

Unter dem Strich verspricht ein Multirotor nach den Berechnungen von Dalhoff eine günstigere Stromerzeugung. Für einen 1.000-Megawatt-Windpark, der aus 50 Anlagen mit jeweils fünf großen Rotoren besteht, steigen die Stromgestehungskosten noch um vier Prozent im Vergleich zu einem Windpark aus einzelnen großen 20-Megawatt-Windrädern. Aber bei der 22-Rotoren-Variante sinken diese Kosten bereits auf 94, bei 47 Rotoren pro Anlage sogar auf 89 Prozent ab.

Die Gründe liegen vor allem in den Skalierungsgesetzen und einer günstigeren Produktion der kleineren Modul-Windräder in einer optimierten Serienproduktion. Die Skalierungsgesetze führen dazu, dass bei identischer überstrichener Rotorfläche in der Summe das Gewicht vieler kleiner Rotoren deutlich geringer ist als das eines großen Einzelrotors. „Zudem gibt es Vorteile in der Logistik. Denn viele kleinere Module lassen sich einfacher und günstiger transportieren als wenige große Bauteile“, so Dalhoff.

## IN DEN WIND GEDREHT

Allein die im Betrieb wichtige Ausrichtung eines Multirotors in die optimale Windrichtung mag auf den ersten Blick kompliziert erscheinen. Doch auch dafür hält Dalhoff eine elegante Lösung parat. So könnte die gesamte schwimmende Plattform gedreht werden. Wie sich dies in die Praxis übertragen ließe, erarbeitet er gerade mit seinen Kolleginnen und Kollegen. Für die Anordnung vieler solcher Plattformen in einem schwimmenden Windpark zeigte

sich dafür ein weiterer, positiver Effekt: Jedes Windrad erzeugt hinter sich eine Wirbelschlepe, das die leewärts liegenden Windräder beeinflusst. Deswegen muss der Abstand zwischen den Windrädern groß genug sein, damit sich das Windfeld wieder regeneriert. Nur so erzeugen auch dahinter liegende Windräder effizient Strom. Diese Abstände können bei Multirotoren kürzer sein, weil kleinere Verwirbelungen schneller verschwinden als große. Damit könnten solche Windparks deutlich kompakter gebaut werden.

Allerdings könnten Naturschützer\*innen vermuten, dass Multirotoren mit Dutzenden schnell drehenden Windrädern eine wahre Todesfalle für Seevögel seien. Bei einzelnen großen Windrädern hätten die Tiere immerhin eine Chance, zwischen den Rotorblättern zu entkommen. „Diesen Aspekt nehmen wir sehr ernst“, sagt Dalhoff. Simulieren lässt er sich in seinen digitalen Entwürfen allerdings kaum. Doch es liegt nahe, dass Vögel einen Multirotor →

→ Cluster Erneuerbare Energien Hamburg (EEHH)  
Wexstraße 7  
20355 Hamburg  
Tel. +49.40.69 45 73-0  
info@eehh.de  
www.erneuerbare-energien-hamburg.de

## Windhauptstadt Hamburg

Beim Ausbau der nachhaltigen Stromerzeugung und -übertragung übernimmt Norddeutschland eine zentrale Rolle. Das Cluster Erneuerbare Energien Hamburg (EEHH) bietet als zentrales regionales Branchennetzwerk für Energiesysteme der Zukunft seit Herbst 2010 vielfältige Möglichkeiten der Vernetzung und des Informationsaustausches. Gegründet wurde es von der Freien und Hansestadt Hamburg und dem Verein zur Förderung des Clusters der Erneuerbaren Energien Hamburg. Dem EEHH-Cluster gehören rund 220 Unternehmen aus Segmenten wie Finanzierung, Forschung, Produktion und Projektentwicklung an. Das Ziel ist es, vor allem die besonderen Kompetenzen im Bereich Onshore- und Offshore-Windenergie, die Hamburg zur internationalen „Windhauptstadt“ gemacht haben, weiterzuentwickeln. ■

Prof. Peter Dalhoff  
vor einem Modell des  
Multirotors.



© Nina Laskowski



## Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz



→ Prof. Dr. Werner Beba, Leitung CC4E  
werner.beba@haw-hamburg.de

→ CC4E | Competence Center für Erneuerbare Energien und Energie Effizienz  
Am Schleusengraben 24  
21029 Hamburg  
und Steindamm 96  
20099 Hamburg  
www.cc4e.de

Das Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz (CC4E) ist eine der bedeutendsten wissenschaftlichen Einrichtungen für die Energiewende in Norddeutschland. Als fakultätsübergreifende wissenschaftliche und interdisziplinäre Einrichtung bündelt das CC4E die vielfältigen Kompetenzen der HAW Hamburg in diesem Bereich. Die inhaltlichen Kernkompetenzen des CC4E liegen in den Bereichen Windenergie, Wärme, Sektorkopplung und Wasserstoff sowie gesellschaftliche Transformation und Akzeptanz. Beteiligt sind die Ingenieurs-, Natur-, Wirtschafts-, Kommunikations- und Sozialwissenschaften der HAW Hamburg.

„Unsere Motivation ist die Leidenschaft, Wege zu einer nachhaltigen Energieversorgung zu entwickeln, die vor dem Hintergrund des Klimawandels dringlicher werden. Diese Aufgabenstellung kann nur interdisziplinär gelöst werden“, sagt Prof. Dr. Werner Beba, Gründer und Leiter des CC4E.

Gegründet wurde das CC4E im Jahr 2008 mit zunächst nur einer Handvoll Mitarbeiter\*innen, heute sind es rund 80. Im Jahr 2015 wurde das Technologiezentrum Energie-Campus in Bergedorf mit 1.000 Quadratmetern Fläche eröffnet und 2017 ganz in der Nähe der Windpark Curslack mit insgesamt fünf Windenergieanlagen und einer Gesamtleistung von 12,6 Megawatt. Seine Daten werden in die tagesaktuelle Forschung des Energie-Campus integriert.

Das CC4E leitet auch das Projekt X-Energy, einen vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbund von Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft. Ihm steht bis 2025 ein Projektbudget von 10,7 Millionen Euro zur Verfügung. Beteiligt sind rund 20 regionale und überregionale Unternehmenspartner, die in 22 Teilprojekten Lösungen für ein klimaneutrales Energiesystem entwickeln. ■

→ FORTSETZUNG VON SEITE 11

schon aus der Ferne als eine unüberwindbare, ruhende Wand wahrnehmen sollten und entsprechend ausweichen. Diesen möglichen Effekt erklärt Dalhoff mit der gut sichtbaren und nahezu das gesamte Rotorenfeld umspannenden Tragstruktur, an der die Rotoren befestigt sind. So wäre es durchaus vorstellbar, dass Multirotoren sogar ungefährlicher für Vögel sein könnten als einzelne Windräder.

### MUT TUT NOT

Ob Zweiflügler oder Multirotor, die Arbeiten der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der HAW Hamburg zeigen eindrucksvoll, dass jenseits der klassischen Drei-Rotor-Anlagen noch einiges an Optimierungspotenzial schlummert. Doch Berechnungen und Simulationen – so ausgefeilt sie auch

sein mögen – sind das eine, ihre Überprüfung in der Realität das andere. Dalhoff hat zwar schon einen kleinen Prototyp mit neun Rotoren – jeder knapp einen halben Meter groß und angeordnet in einer V-förmigen Struktur – konstruiert, doch damit lassen sich nur eingeschränkt Erkenntnisse gewinnen.

Leicht wird die Suche nach Geldgebern für größere Anlagen allerdings nicht sein. Denn das Verharren auf der erprobten Technologie der klassischen Drei-Blatt-Anlagen birgt das geringere Risiko. „Wir brauchen einen Investor mit viel Mut, der sagt: Wir machen das jetzt einfach“, sagt Vera Schorbach. Aber wenn man das Risiko kennt und auch der mögliche wirtschaftliche Nutzen wissenschaftlich solide belegt ist, dann fällt es schon leichter, den nötigen Mut für den Technologiesprung in eine neue Ära der Windkraft zusammenzunehmen. ■



BLAUALGEN

# Ein Quantensprung in Sachen Nachhaltigkeit

SCHON VOR MILLIARDEN JAHREN GAB ES DIE ERSTEN ORGANISMEN, DIE AUS SONNENLICHT ENERGIE GEWINNEN KONNTEN. BLAUALGEN AUS DER OSTSEE KÖNNTEN DIE BASIS FÜR NEUARTIGE SOLARZELLEN SEIN, DIE NICHT NUR BILLIGER SIND, SONDERN AUCH BIOLOGISCH ABBAUBAR.

**S** TEXT: HEINRICH GROSSBONGARDT

Steinzeit, Bronzezeit, Eisenzeit – seit Jahrtausenden sind es die Werkstoffe, die den Menschen zur Verfügung stehen, die ihre technische und kulturelle Entwicklung bestimmen. Ohne Stahl und ohne Kohlefasern gäbe es weder Flugzeuge noch Windkraftanlagen, ohne hochreine Siliziumkristalle weder Mikroprozessoren noch Photovoltaik. In neuen, heute noch unbekannt Materialien liegt der Schlüssel zu neuen technischen Lösungen auf vielen

Gebieten. Lösungen, die unsere Welt nachhaltiger machen könnten.

Prof. Dr. Pawel Buczek gehört zu denen, die auf der Suche nach Stoffen mit gänzlich neuen Eigenschaften sind. Er ist ein jungenhaft wirkender, freundlicher Mann mit einer sanften Stimme. Von seinem schlichten Büro im zehnten Stock des Gebäudes BT 7 auf dem Campus am Berliner Tor, das er sich mit einem Kollegen teilt, hat man einen

weiten Blick über Hamburg. Nichts deutet hier auf das hin, woran er forscht, auch auf die Themen seiner Vorlesung nicht. „Ich unterrichte eigentlich Mikrocontroller-Software, Steuerungssoftware, eingebettete Systeme“, erzählt er. „Das ist sehr interessant. Wir programmieren auch Rechner für die Raumfahrt.“

Seine Passion als Forscher aber gilt einem Gebiet, das jenseits des sinnlich Erfahrbaren liegt, dem Reich des scheinbar Paradoxen. Es ist das für Laien geheimnisvolle Reich der Quanten. Hier kann etwas zugleich Welle und Teilchen sein. Diese Welt lässt sich mit Isaak Newtons Gesetzen nicht beschreiben. Hier herrschen Unschärfe und Zufall statt Ursache und Wirkung. Und doch ist das, was hier passiert, in mathematische Formeln zu fassen und vorhersagbar. Ohne die Erkenntnisse der Quantenphysik gäbe es weder Handys und Laser noch Energiesparlampen und Solarzellen.

Die Verhältnisse in dieser Welt des Kleinsten bestimmen die Welt, die uns umgibt. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften aller Stoffe sind ein Ergebnis der elektronischen Struktur der Atome und Moleküle, aus denen sie aufgebaut sind. Warum Wasser trotz der geringen Größe der Moleküle bei Raumtemperatur flüssig und nicht gasförmig ist, warum es seine größte Dichte bei vier Grad Celsius erreicht und nicht am Gefrierpunkt, →

→ QR Code scannen für Informationen zum Studiengang Elektrotechnik und Informationstechnik



diese durchaus ungewöhnlichen Eigenschaften lassen sich mithilfe der Quantenmechanik ebenso erklären wie die Tatsache, dass Diamanten hart und durchsichtig sind, das ebenfalls aus reinem Kohlenstoff bestehende Graphit aber weich und undurchsichtig.

### EINE STEINALTE FÄHIGKEIT DER NATUR

Mithilfe der Quantenmechanik ist Buczek, von Haus aus Physiker, Substanzen auf der Spur, die das Tor zu ganz neuen Technologien aufstoßen könnten. „Wir können mit diesen Methoden eine große Klasse von Materialien theoretisch untersuchen“, beschreibt er das Vorgehen. „Bevor man mit ihnen experimentiert, können wir also sehen, ob sie überhaupt Potenzial haben.“

Ein Anwendungsgebiet ist die Untersuchung organischer Pigmente für den Einsatz in der Photovoltaik. Aus Fossilien weiß man, dass es schon dreieinhalb Milliarden Jahre, bevor der Mensch den photoelektrischen Effekt entdeckte und für die Energieerzeugung nutzbar machte, bereits die ersten Organismen gab, die Fotosynthese betrieben und das Sonnenlicht in Energie umwandelten. Zusammen mit seiner Frau Nadine Buczek, die an der Technischen Hochschule Lübeck eine Professur für Grundlagen regenerativer Energien, Nanotechnologie und Photonik innehat, arbeitet Buczek daran, die natürlichen Farbstoffe von Mikroalgen für eine neue Generation von Solarzellen nutzbar zu machen.

Als Farbstoff-Lieferanten hat sich das Team dabei einen Einzeller namens Spirulina auserkoren, eine Blaualge, die vor allem in salzigen Gewässern wie der Ostsee vorkommt. Bei dem Projektpartner Sea & Sun Technology in Trappenkamp bei Neumünster werden die Mikroorganismen gezüchtet. Das Unternehmen hat sich auf Mikroalgen als nachwachsenden Rohstoff spezialisiert. Aus ihnen gewinnt es unter anderem Astaxanthin zur Herstellung von Nahrungsergänzungsmitteln und Kosmetika. Dieser Stoff ist eines der stärksten natürlich vorkommenden Antioxidantien und damit in der Lage, im

Die photoelektrische Wirkung der aus den Blaualgen gewonnenen Farbstoffe erreicht nicht das Niveau heutiger Solarzellen, aber sie lässt sich steigern, indem man sie chemisch modifiziert. Die Preisfrage ist das Wie. „Es gibt da unheimlich viele Möglichkeiten, welche Gruppen man hinzufügt und an welcher Position“, beschreibt Buczek die Herausforderung. Dies im Labor zu versuchen, wäre angesichts der Vielzahl der möglichen Varianten langwierig und kostspielig. Aber hier helfen Quantenmechanik, Mathematik und Rechenpower. Statt alle Varianten in der Praxis durchzutesten, kann Buczek

## „Wer glaubt, die Quantentheorie verstanden zu haben, hat sie nicht verstanden.“

RICHARD PHILLIPS FEYNMAN, AMERIKANISCHER PHYSIKER

Körper freie Radikale zu binden. Diese stehen im Verdacht, unter anderem an der Entstehung von Arteriosklerose, Herz-Kreislauferkrankungen, Arthritis und Krebskrankungen beteiligt zu sein.

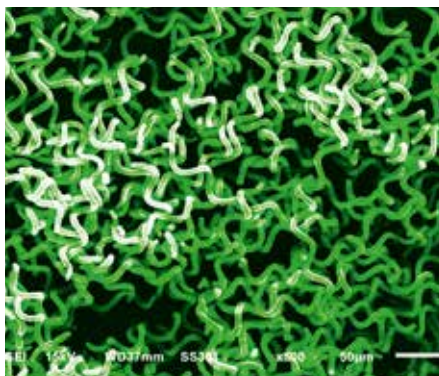
die verschiedenen Möglichkeiten am Computer simulieren, sodass sich das Team seiner Frau bei ihrer Laborarbeit auf die aussichtsreichsten Varianten konzentrieren kann. „Der wichtigste Parameter ist die Bandlücke, vereinfacht gesagt die Energie, die ein Photon haben muss, um ein Elektron aus dem Molekül herauszuschlagen oder es innerhalb des Körpers auf das nächste energetische Niveau zu bringen“, erläutert er.

Die Umweltbilanz von Photovoltaikmodulen auf Basis von Algenfarbstoffen wäre besser als die heutiger Solarpanels. „Man braucht eine Menge Energie, um Siliziumkristalle zu züchten. Algen dagegen wachsen von allein und sind viel billiger“, beschreibt Buczek die Vorteile. Außerdem binden sie CO<sub>2</sub>. Deshalb wären sie auch bei einem geringeren Wirkungsgrad attraktiv, was ganz neue Anwendungsmöglichkeiten eröffnen würde.

© Fotos: Sea & Sun Technology



In vielen Kilometern Glasröhren züchtet Sea & Sun Technology Mikroalgen.



Blaualgen könnten helfen, Solarstrom noch umweltfreundlicher zu machen.



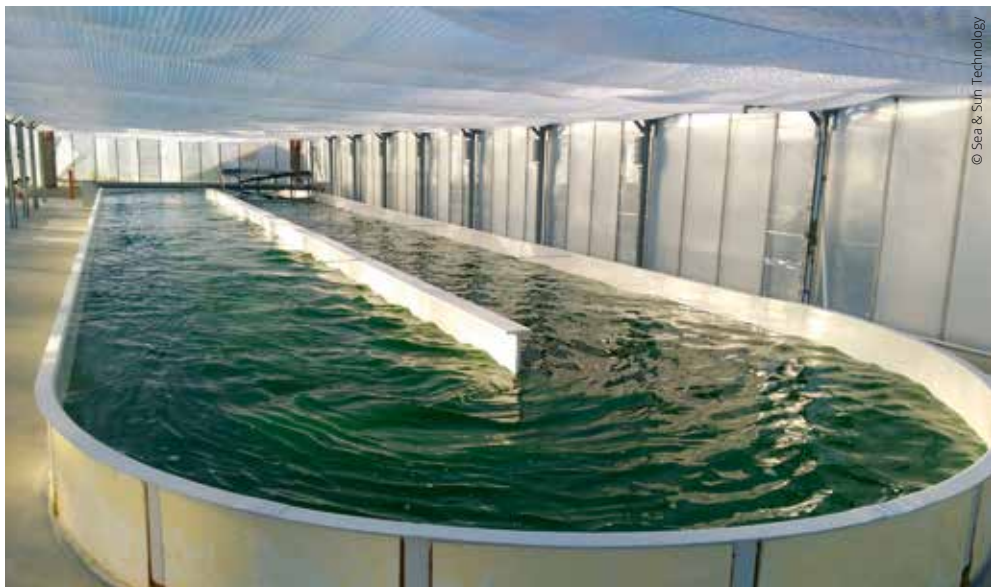
**In einem großen, offenen Wasserbecken werden die Blaualgen, auch Cyanobakterien genannt, gezüchtet.**

Die Solar-Algen sind nur ein Forschungsprojekt, bei dem Buczek die Möglichkeiten der Quantenmechanik für die Energiewende ins Spiel bringt. Ein anderes ist die direkte Umwandlung von Wärme in Strom. 1821 entdeckte der deutsche Physiker Thomas Johann Seebeck diesen nach ihm benannten Effekt. Thermoelektrische Elemente kann man heute für ein paar Euro in jedem besseren Elektronikladen kaufen. Ein gravierender Nachteil von ihnen ist, dass sie giftige Elemente wie Tellur, Blei oder Antimon enthalten.

### STROM AUS RESTWÄRME

Neue, ungiftige und womöglich recyclingfähige Materialien könnten hier ganz neue Anwendungsgebiete erschließen. „Uns interessieren da besonders Silizium und Germanium als Basis, die wir gern im niedrigen Temperaturbereich effizient machen würden“, sagt Buczek. Zu den unschlagbaren Stärken dieser Art der Energieerzeugung gehört, dass die Generatoren ganz wie Solarzellen vollkommen ohne bewegliche Teile auskommen. Wo sich nichts bewegt, gibt es auch keinen Verschleiß, Wartung ist daher in diesem Zusammenhang ein Fremdwort.

Bis zu acht Prozent Wirkungsgrad erreichen heutige Thermogeneratoren. Das klingt nicht viel, dennoch ist das Potenzial riesig, weil sie in der Lage sind, aus der Rest- und Streuwärme, die bisher nutzlos in die Umwelt entweicht, Elektrizität zu gewinnen. Im Haushalt kann dies die Abwärme des Geschirrspülers sein oder die des heimischen PC. „Die Mengen an Strom sind nicht groß, aber es gibt eben eine Menge geeigneter Wärmequellen“, skizziert der Professor die Anwendungsmöglichkeiten. Rechenzentren zum Beispiel produzieren eine Menge Abwärme, die man mit herkömmlichen Wärmekraftmaschinen nicht nutzen kann. Dafür ist die Temperaturdifferenz zu niedrig. Deutsche Rechenzentren verbrauchen mit 16 Milliarden Kilowattstunden so viel Strom wie die Stadt Berlin, eine Folge der fortschreitenden Digitalisierung mit stark steigender Tendenz. In Frankfurt, dem größten Internetknoten weltweit, machen Rechenzentren rund ein Viertel des



© Sea & Sun Technology



© TH Lübeck

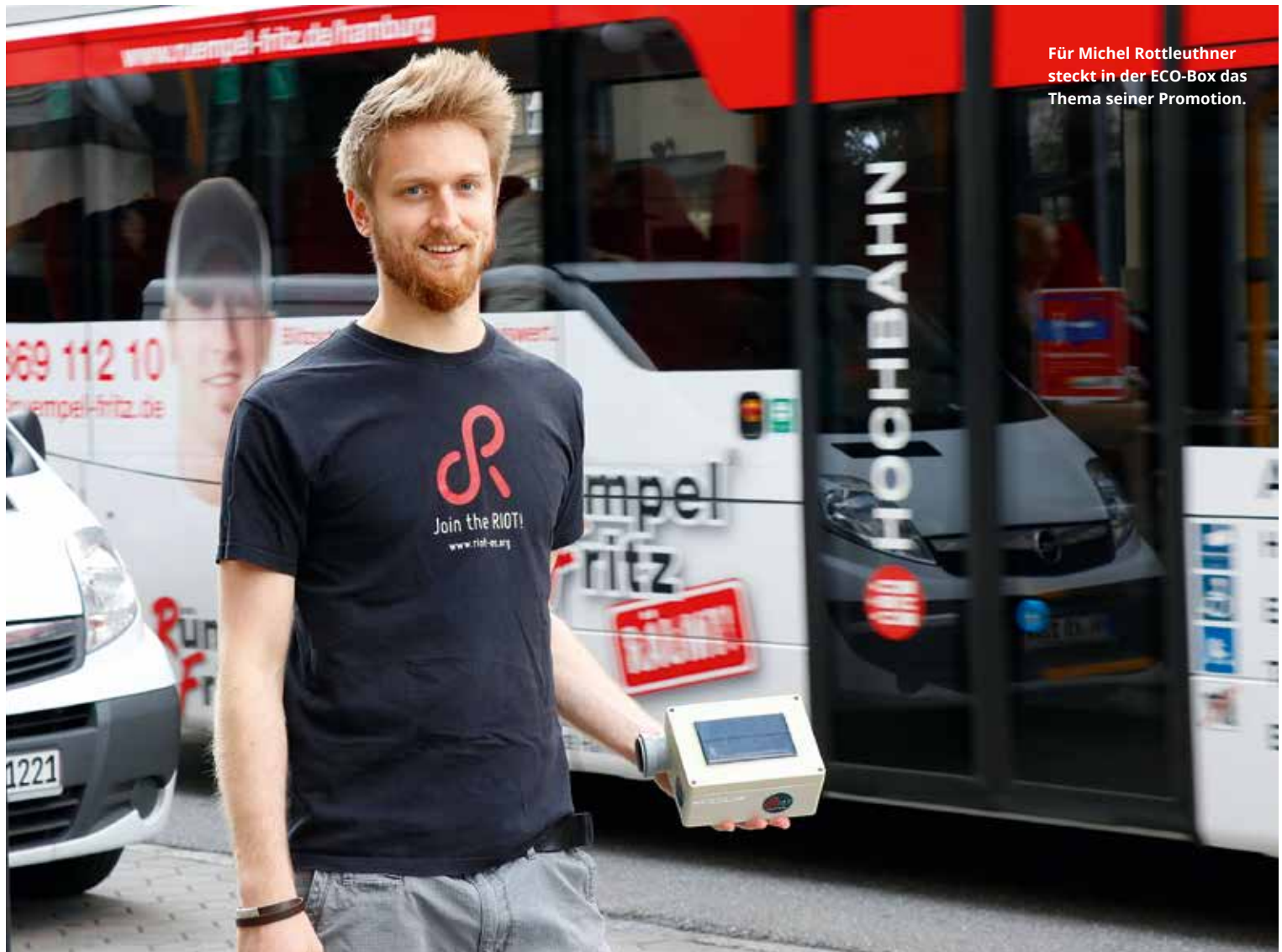
**Prof. Dr.-Ing. Frank Osterwald (li.) von der Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein, Prof. Dr. Mark Elbing und Prof. Dr. Nadine Buczek von der TH Lübeck sowie Prof. Dr. Pawel Buczek (re.) von der HAW Hamburg mit Mikroalgen und Prototypen von Farbstoff-Solarzellen.**

Stromverbrauchs aus. Thermogeneratoren könnten helfen, einiges davon zurückzugewinnen.

Ein anderes Einsatzgebiet sind Brennstoffzellen. Sie produzieren ebenfalls Abwärme. Nachgeschaltete thermoelektrische Elemente würden ihren Wirkungsgrad erhöhen und auf diese Weise helfen, kostbare Energie zu sparen. Dasselbe gilt für viele industrielle Prozesse. Und dann ist da der ganze Bereich des Internets of Things und der Wearable Electronics von der Smart Watch bis hin zu Hörgeräten und Sensoren, die bei Herzkranken den Blutdruck messen und bei Zuckerkranken den Glucosespiegel. Sie werden allein mit der Körperwärme betrieben. Weil Akkus damit überflüssig würden, wäre das nicht nur in Hinblick auf den Komfort für die Nutzer\*innen, sondern auch für die Umwelt ein echter Quantensprung. ■



→ Prof. Dr. Pawel Buczek, Professor am Department Informations- u. Elektrotechnik  
Tel. +49.40.428 75-8443  
pawel.buczek@haw-hamburg.de



AUTARKE SENSOREN

# Läuft und läuft und läuft ...

**EIN KLEINER KASTEN FÄHRT BUS UND SAMMELT DATEN. ER IST, WAS VIELE HEUTE GERN WÄREN: SELBSTVERSORGER IN SACHEN ENERGIE.**

TEXT: HEINRICH GROSSBONGARDT

# U

Unsere Stadt soll smarter werden – Hamburg und alle anderen auch. Das Konzept der Smart City soll Städte grüner, nachhaltiger, effizienter und nicht zuletzt auch lebensfreundlicher machen – weniger Stress für die Umwelt und weniger Stress für jeden. Smart sein heißt: digital sein. Dezentralisierte Energieversorgung, neuartige Mobilitätskonzepte, eine optimale Ladeinfrastruktur für E-Mobile, intelligente Verkehrsleitsysteme – was immer in diesem Zusammenhang auch an Bausteinen diskutiert wird, braucht Daten als Input für Steuerung und Vorhersage. Dies alles soll nicht an den Bürger\*innen vorbei passieren. Sie sind vielmehr Teil des Ganzen, als

Lieferanten von Daten und als Nutzende. Für die großen Internetfirmen sind wir alle das schon längst. Aber das kann nicht die Zukunft sein.

Hamburg, im vorigen Jahr vom Branchenverband der IT-Industrie Bitkom zum dritten Mal in Folge zur smartesten Stadt Deutschlands gekürt, will das besser machen. Mit dem Projekt SANE (Smart Networks for Urban Participation) sollen die Grundlagen dafür geschaffen werden, ein derartiges Netz und damit auch den entsprechenden Informationsraum für eine smarte Stadt zu realisieren – einschließlich eines Rahmenwerks zur sicheren und privatsphären-schützenden Bereitstellung, Abfrage, Verknüpfung



und Verarbeitung der verteilt erhobenen und für alle zugänglichen Informationen. Beteiligt an diesem Projekt sind die HAW Hamburg mit der Forschungsgruppe Internet Technologies sowie die Universität Hamburg.

Zehntausende Sensoren, über die ganze Stadt verteilt, werden laufend Informationen liefern. Sie werden Temperatur, Windgeschwindigkeit, Niederschlag und Luftqualität messen, Fußgänger\*innen, Radfahrende und Autos zählen oder in Echtzeit den aktuellen Stromverbrauch bis zur einzelnen Haus-

mithilfe eines Lasers die Zahl der Staubpartikel gezählt werden. Diese Kammer muss regelmäßig gereinigt werden. Dazu pustet ein integrierter Lüfter sie kräftig durch. Das zieht viel Strom aus den vier Superkondensatoren, die der Box als Energiespeicher dienen.

Die Software, die das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten steuert, basiert auf RIOT, einem frei verfügbaren Betriebssystem für das Internet der Dinge, das maßgeblich von der HAW Hamburg mitentwickelt wurde. Eine internationale Community von inzwischen rund 300 Mitgliedern trägt zu seiner

Weiterentwicklung und Verbreitung bei. „Dies ist eine der großen Erfolgsgeschichten der HAW Hamburg“, erzählt Schmidt.

Auch das ausgefuchste Energiemanagement der ECO-Box basiert auf RIOT. Es ist notwendig, damit Dunkelheit oder längere Phasen von schlechtem Wetter und schwacher Sonneneinstrahlung, wie sie in Hamburg gerade im Winter gang und gäbe sind, nicht dazu führen, dass der kleine Kasten dauerhaft seinen Dienst versagt. Dazu misst die Software, wie viel

Strom die Solarzellen liefern und wie viel Energie die einzelnen Komponenten des Systems verbrauchen. Auf dieser Basis passt die Box die Häufigkeit, mit der sie Daten erfasst und sendet, selbsttätig an die jeweiligen Bedingungen an.

Drei Jahre ist die ECO-Box schon ohne Probleme unterwegs. „Die ECO-Box ist ein in jeder Hinsicht erfolgreiches Projekt“, freut sich Schmidt. Es zeigt einen praktikablen Weg auf, wie es zum Beispiel möglich ist, Umweltdaten auch an Stellen zu gewinnen, die schwer zugänglich sind und wo man nicht mal schnell eine Batterie wechseln kann. Das Prinzip, nach dem das System funktioniert, taugt dabei durchaus als Generalmotto für unser aller Energiezukunft: Auskommen, mit dem, was da ist. ■



→ Prof. Dr. Thomas C. Schmidt, Professor für Rechnernetze und Internettechnologien/ Informatik  
Tel. +49.40.428 75-8452  
t.schmidt@haw-hamburg.de

## „Die ECO-Box ist ein in jeder Hinsicht erfolgreiches Projekt.“

PROF. DR. THOMAS C. SCHMIDT

nummer und Ladesäule hinunter melden. Es wird Myriaden heterogener Datenpunkte geben, aus denen sich mithilfe von Big-Data-Verfahren nutzbare Informationen destillieren lassen, zum Beispiel eine detaillierte Karte der aktuellen Schadstoffbelastung im Stadtgebiet. Je autonomer diese Sensoren arbeiten und je weniger Wartung sie benötigen, desto besser.

### EIN AUTONOMES SYSTEM

Seit drei Jahren fährt auf dem Dach eines HVV-Busses ein Messgerät durch Hamburg, das neben Standort, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck den Feinstaubgehalt der Luft misst. Diese Daten werden per Funk zur Auswertung an einen Server übertragen. Das Besondere an der sogenannten ECO-Box ist, dass sie völlig autark arbeitet. Ihren Energiebedarf deckt sie, wie man das auch von Taschenrechnern kennt, allein mithilfe der Sonne über ein kleines Photovoltaik-Element. Viel Energie kommt dabei nicht rum, und vor allem gibt es sie nicht dauerhaft und regelmäßig. Deshalb heißt es, nicht nur knausrig sein, sondern auch gut haushalten.

Genau darum ging es Prof. Dr. Thomas Schmidt und seinem Team: ein autonomes System zu entwickeln, das einfach zu installieren ist und dann ohne externe Stromversorgung über lange Zeit zuverlässig seinen Dienst verrichtet. Um die Latte besonders hoch zu legen, integrierten sie in die ECO-Box einen Feinstaubsensor. „Wir haben einen Sensor gewählt, der energetisch besonders teuer ist“, berichtet Schmidt. Sein Kernstück ist eine Messkammer, in der



→ Mehr Infos zum Studiengang Angewandte Informatik

Seit drei Jahren ist die clevere Box auf dem Dach eines HVV-Busses unterwegs.





SMARTES STROMNETZ

# Die Power der vielen Kleinen

---

HEUTE SICHERN KRAFTWERKE DIE STABILITÄT DER STROMNETZE. DIE ENERGIEWENDE ERFORDERT EIN INTELLIGENTES NETZ, IN DEM VIELE VERBRAUCHER ZEITWEISE ZU ENERGIELIEFERANTEN WERDEN.





TEXT: HEINRICH GROSSBONGARDT

# 50

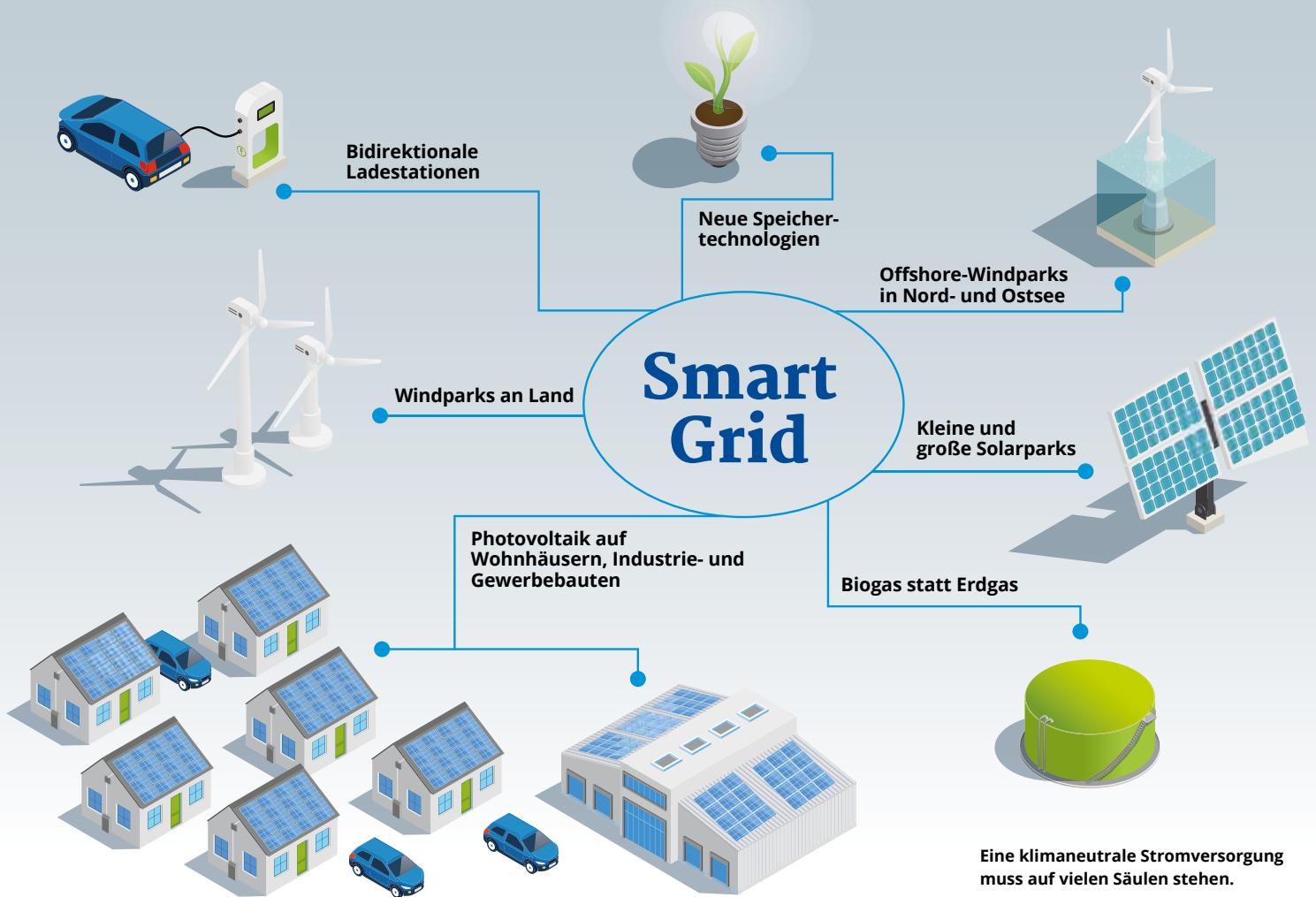
50 Hertz, das ist der Pulsschlag unserer Gesellschaft. 50-mal pro Sekunde wechseln Plus- und Minuspol, fließt der Strom in unseren Elektrizitätsnetzen in die eine Richtung, 50-mal in die andere. Auch bei ein paar Hertz mehr oder weniger würde kein Computer seinen Dienst einstellen, keine Lampe ausgehen und keine Waschmaschine stehen bleiben. Aber in den Schaltzentralen der großen Stromnetzbetreiber wird die Netzfrequenz mit Argusaugen überwacht. Wie der Drehzahlmesser eines Motors zeigt sie an, ob das in jeder Sekunde notwendige Gleichgewicht zwischen Stromerzeugung und Stromverbrauch gestört ist. Denn Strom muss in dem Augenblick verbraucht werden, in dem er erzeugt wird. Strom selbst kann man nicht speichern, nur als mechanische Energie oder in einer Batterie als chemische Energie.

## WENN DAS NETZ AUS DEM TAKT KOMMT

Am 21. Januar 2021 geriet das Stromnetz aus dem Takt, Europa schrammte an einem Blackout vorbei. Um 14:04:59 Uhr sank die Frequenz von einem Augenblick auf den nächsten um 250 Millihertz ab. Ein Viertel Hertz sind kein großes Ding, könnte man meinen. Aber das entsprach einem Defizit von 5,8 Gigawatt. Es fehlte also plötzlich die kombinierte Leistung mehrerer Großkraftwerke.

Die Ursache fand sich später in Kroatien. Dort hatte eine automatische Kupplung in einem Umspannwerk wegen Überlast zwei Hochspannungsleitungen unterbrochen, die Strom vom Balkan nach Mitteleuropa transportieren. Sogleich gab es in diesem Teil des europaweiten Stromverbundnetzes einen Leistungsüberschuss.

Wie Wasser, das nicht abfließen kann, suchte sich der Strom sofort neue Wege. In schneller Folge wurden in Kroatien, Serbien und Rumänien weitere nach Norden führende Leitungen wegen Überlast automatisch unterbrochen. Sofort gingen innerhalb des verbleibenden Stromverbundes kurzfristige Leistungsreserven in Form von Wasserkraftwerken ans Netz. Aus Skandinavien und Großbritannien wurde zusätzlicher Strom importiert. →



**Eine klimaneutrale Stromversorgung muss auf vielen Säulen stehen.**

Einzelne Großverbraucher in Deutschland, Frankreich und Italien wurden vom Netz genommen, Unternehmen, die dem vorab zugestimmt haben und das Abschaltisiko in Form eines niedrigeren Strompreises vergütet bekommen.

Nach wenig mehr als einer Stunde war alles wieder intakt. Eine weitergehende Destabilisierung des Netzes und damit ein großflächiger Zusammenbruch der Stromversorgung in Europa war verhindert worden. Ereignisse wie dieses sind selten. Der letzte große Blackout liegt schon 16 Jahre zurück. Damals waren Teile von Deutschland, Frankreich, Belgien, Italien, Österreich und Spanien für bis zu zwei Stunden ohne Strom.



→ Prof. Dr. Kolja Eger, Professor für Informationstechnik für verteilte Energiesysteme [kolja.eger@haw-hamburg.de](mailto:kolja.eger@haw-hamburg.de)

### DEZENTRALER, VERNETZTER UND KOMPLEXER

Im Zuge der Energiewende wird der delicate Balanceakt im Stromnetz deutlich anspruchsvoller. Bislang fließt die Energie praktisch nur in eine Richtung, von den Kraftwerken durch überregionale Hochspannungsleitungen und regionale Mittelspannungsnetze zu den örtlichen Transformatorstationen, wo die Spannung auf Haushaltsniveau heruntergebracht wird. Auch wenn inzwischen ein Drittel des Stroms von Windfarmen und Solarparks kommt, liefern Großkraftwerke mit mehreren Hundert Megawatt Leistung eine verlässliche Grundlast.

Die neue Welt der Elektrizitätsversorgung dagegen ist dezentral, vernetzt und damit ungleich komplexer. Kohle- und Atommeiler, bislang für die

Grundlast zuständig, wurden oder werden abgeschaltet. Statt ihrer gilt es, eine Vielzahl neuer regenerativer Quellen zu koordinieren: Offshore- und Onshore-Windparks, Biogaskraftwerke und die ganze Welt der Photovoltaik von den großen und kleineren Solarparks bis hinunter zum Mikrokraftwerk auf dem Dach eines Einfamilienhauses. Sieht man vom Biogas einmal ab, ist allen eines gemeinsam: Sie sind volatil. Wann sie Energie erzeugen und wie viel, hängt von der Natur ab und nicht mehr vom Menschen.

Damit auch unter diesen Bedingungen die Lichter nicht ausgehen, muss ein Smart Grid her, ein Netz, in dem nicht nur Strom fließt, sondern auch Daten. „Früher war man auf der Niederspannung, also in den Ortsnetzen, blind, denn was dort an Energie verbraucht wurde, war in Menge und Zeitverlauf gut abzuschätzen“, sagt Prof. Kolja Eger. Er ist Professor für Informationstechnik für verteilte Energiesysteme an der HAW Hamburg und war vorher in leitender Stellung in der IT eines großen Energieversorgers tätig. „Jetzt muss man auch auf dieser Ebene messen. Man braucht intelligente Trafostationen und intelligente Zähler in jedem Haus.“ Allein die Umrüstung darauf ist eine Riesenaufgabe. „2030 sollen 80 Prozent des Stroms aus erneuerbaren Quellen kommen. Dafür müssen wir in den Netzen bauen, bauen, bauen.“ Eger ist zugleich Koordinator des Studiengangs Regenerative Energiesysteme und Energiemanagement, in dem Ingenieur\*innen ausgebildet werden, um den Weg in unsere Energiezukunft zu gestalten (siehe Seite 22).



# „Wissenschaft ist kontrolliertes Versagen. Nur dadurch lernt man.“

DR. TIM PLATH, GRÜNDER VON ENERGIEDOCK

Mit den bisherigen Methoden allein wird es in einem hochkomplexen, von regenerativen Energiequellen gespeisten Elektrizitätsnetz nur mit großem Aufwand möglich sein, die Erzeugung und Nachfrage im Gleichgewicht zu halten. Man kann häufig sehen, dass in Windparks Anlagen stillstehen, obwohl der Wind doch stark genug weht. Das liegt daran, dass es für den Strom, den sie erzeugen könnten, gerade keinen Abnehmer gibt. Volkswirtschaftlich ist das einigermmaßen unsinnig. Den Betreibern der Windparks gehen mögliche Einnahmen verloren, während Energieversorger zu anderen Zeiten für Hunderte Millionen Euro Strom zukaufen müssen, um die Spitzenlasten abzudecken.

## VON FORSCHERN ZU UNTERNEHMERN

Das Team des Hamburger Start-ups EnergieDock will das ändern. Die drei Gründer des Start-ups, Tim Plath, Tim Dethlefs und Thomas Preisler haben sich an der HAW Hamburg kennengelernt. Sie arbeiteten gemeinsam im Department Informations- und Elektrotechnik an dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Forschungsprojekt Flexhub. In diesem Rahmen beschäftigten sie sich mit der Frage, wie man die Flexibilität der einzelnen Lieferanten und Endkunden nutzen könnte, um die Stromversorgung insgesamt wirtschaftlicher, effizienter und umweltfreundlicher zu machen.

Die Umstellung auf Wärmepumpen und die wachsende Zahl von E-Autos stellt die Energieversorger vor eine riesige Herausforderung. Durch die Umstellung der Wärmeversorgung von Öl und Gas auf elektrisch betriebene Wärmepumpen wird sich der Verbrauch in den normalen Haushalten vervielfachen. Und wenn in Zukunft in einer Straße alle, die abends nach Hause kommen, gleichzeitig Strom tanken wollen, wird es eng werden mit der Kapazität des örtlichen Netzes.

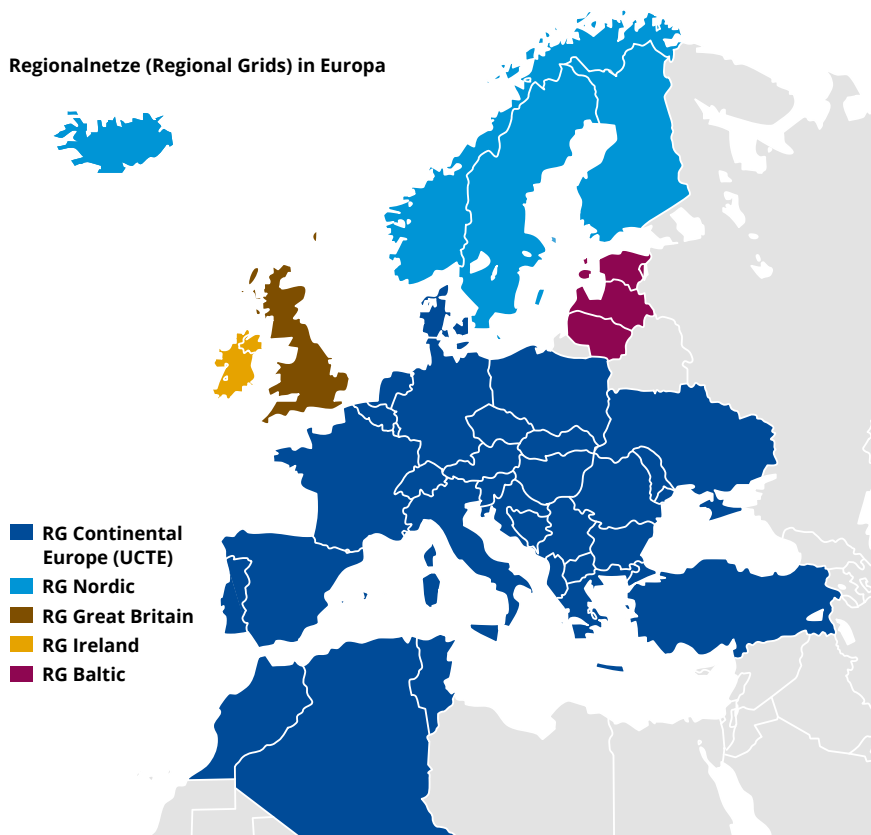
Für das Team von EnergieDock, das auf dem Weg von der Wissenschaft ins Unternehmertum vom Gründungsservice der HAW Hamburg begleitet wurde, sind E-Mobilität und Wärmepumpen kein Problem, sondern Teil der Lösung. Den meisten Menschen ist es herzlich egal, wann genau der Akku ihres Autos aufgeladen wird. Hauptsache er ist morgens voll. Also kann man das zu Zeiten machen, wenn genug Strom vorhanden ist oder sogar →

→ Der Gründungs-Service der HAW hilft, Fördergelder oder -stipendien zu beantragen. Kontakt: Angela Borchert Jungestraße 10 20535 Hamburg Tel. +49.40.428 75-9880 [angela.borchert@haw-hamburg.de](mailto:angela.borchert@haw-hamburg.de)

## Europaweit verbunden

Schon 1951 beschlossen die Staaten Westeuropas, ihre Stromnetze miteinander zu verknüpfen. Heute reicht das Kontinentale Europäische Verbundnetz von der Nordspitze Dänemarks bis in die Westsahara und von Gibraltar bis Ost-Anatolien. Erst im März wurden auch die Ukraine und die Republik Moldau angeschlossen. Die jeweiligen nationalen Netze sind durch grenzüberschreitende Leitungen – sogenannte Interkonnektoren – verknüpft. Diese „Strombrücken“ machen die nationalen Netze nicht nur sicherer, sondern den Strom in Europa insgesamt auch billiger. Muss beispielsweise ein Kraftwerk in Deutschland ungeplant vom Netz gehen, kann ein anderes in der Nachbarregion den benötigten Strom über diese Verbindung liefern. ■

Regionalnetze (Regional Grids) in Europa



# „In der Energiewende spielt die Digitalisierung eine wichtige Rolle.“

PROF. DR. KOLJA EGER

## Karriere unter Strom

Die neue Welt der Energieversorgung wird ganz anders aussehen als die von heute. Sie braucht daher Kompetenzen, die in den klassischen Studiengängen so nicht vermittelt werden. Mit dem Studiengang **Regenerative Energiesysteme und Energiemanagement – Elektro- und Informationstechnik, kurz REE**, hat die Fakultät TI der HAW Hamburg ein Lehroffer aufgelegt, das genau darauf abzielt. Von dem Wort **Management** darf man sich dabei nicht in die Irre leiten lassen, hier geht es um **elektronische Schaltungen, Regelungstechnik, Energieverteilung und Energieeffizienz**, also um alles, was man braucht, um die **Energiewende aktiv mitzugestalten**. Der **Praxisanteil** ist vom ersten Semester an hoch, **Photovoltaik und Windkraft** sind dabei wichtige Schwerpunkte. Das **fünfte Semester** ist als **Praxissemester** mit einem **Praxisanteil im Umfang von 20 Wochen** ausgelegt, damit die Studierenden Erfahrungen bei der Umsetzung der erworbenen Kenntnisse machen können. Im **siebten Semester** beginnen die Studierenden mit der **Abschlussarbeit** in einem der **fünf Labore des Departments**, in einer externen Institution oder in einem Unternehmen. Das **Besondere** an dem Studiengang ist, dass er **Erstsemestern** nicht nur die üblichen **Grundlagenvorlesungen** bietet, sondern von **Anfang an** durch **Schwerpunktthemen und Projekte** integriert. Dabei sind die **Veranstaltungen** nach dem Konzept der **fächerintegrierend-themenorientierten Lehre** miteinander verzahnt. Dieses **Lehrkonzept** erhielt 2017 vom **Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA)** den mit **100.000 Euro** dotierten **VDMA-Hochschulpreis „Bestes Maschinenhaus“**. Das Studium kann **übrigens** auch als **Teilzeit- oder als Duales Studium** absolviert werden. ■



→ QR Code scannen für mehr Informationen zum Studiengang **Regenerative Energiesysteme und Energiemanagement**.

→ **EnergieDock GmbH**  
Heidenkampsweg 58  
20097 Hamburg  
Tel. +49.40.237 247 590  
info@energie dock.de

Das **Gründerteam** von **EnergieDock**: **Tim Dethlefs, Tim Plath** und **Thomas Preissler**.

Windräder abgestellt werden müssten. Dieser Strom wäre dann auch noch besonders billig zu haben. Umgekehrt könnte man die **Akkus der Autos** und die **Speicher von privaten Photovoltaikanlagen** anzapfen, um **kurzfristige Lastspitzen** auszugleichen. Jeder einzelne mag nur ein paar **Kilowatt Leistung** liefern können, aber wenn **Zehntausende** elektronisch aktiviert werden, dann entsteht ein **virtuelles Kraftwerk**.

**EnergieDock** hat eine **Vielzahl von Geräten** ausgemacht, die sich als **Puffer** eignen. „Das kann eine **Wärmepumpe** sein oder die **Kühltheke im Supermarkt**“, erklärt **Tim Plath** das Prinzip. „Es kommt in **Zukunft** darauf an, dass wir den **Verbrauch** clever **timen**.“ Durch diese **kooperative Form** des **Lastmanagements** entsteht eine **Situation am Energiemarkt**, von der **alle Teilnehmer** profitieren. Die **Energieversorger** sparen, weil sie **weniger Geld** für den **Einkauf** kurzfristig verfügbarer, **teurer Strommengen** an der **Leipziger Strombörse** ausgeben müssen. Die **Netzbetreiber** können **Überlastungen** und **Engpässe** vermeiden. Die **Stromkund\*innen** können zum **Beispiel**





die Akkus ihrer Autos dann laden, wenn der Strom reichlich vorhanden und damit am billigsten ist. Sie verkaufen sozusagen ihre Bereitschaft zur Flexibilität an den Energieversorger. Und schließlich würden alle einen niedrigeren Strompreis zahlen, weil die Netzbetreiber ihre Einsparungen von Gesetzes wegen an die Kunden weitergeben müssen.

Die Umsetzung dieses einleuchtenden Konzeptes ist komplex. EnergieDock hat dafür eine Handelsplattform entwickelt, die alle Akteure zusammenbringt. In NEMO.spot ist die Flexibilität jedes einzelnen Stromkunden hinterlegt. Diese wird mithilfe entsprechender Algorithmen gebündelt und kann wie die Leistung eines Kraftwerks an der Strombörse gehandelt werden. Das läuft vollkommen automatisch. Einzelne Stromkund\*innen merken davon gar nichts, es sei denn beim Blick auf die Stromrechnung. „Wir achten sehr auf die Kundenbedürfnisse. Für den Kunden darf das unter keinen Umständen zu einem Komfortverlust führen. Dann macht er da nicht mit“, erzählt Plath.

## WAS WISSENSCHAFTLER UND UNTERNEHMER EINT

Bisher wird NEMO.spot erst in Pilotprojekten eingesetzt. Das liegt auch daran, dass erste wenige Stromkund\*innen über ein Smart-Meter verfügen, einen internetfähigen Stromzähler. Ihr Einbau läuft, wenngleich von einem flächendeckenden Einsatz noch nicht die Rede sein kann. Aber die Zeit arbeitet für EnergieDock, denn mit jedem Elektroauto und jeder Wärmepumpe, die hinzukommt, und mit jedem konventionellen Kraftwerk, das vom Netz geht, steigt der Druck, das Stromnetz smarter zu machen. Und auch die gesetzlichen Anforderungen an die Stromwirtschaft werden immer strenger.

Plath und seine beiden Mitgründer stehen dafür in den Startlöchern: „In dem Moment, wo die regulatorischen Voraussetzungen geschaffen sind und der erste Netzbetreiber unser System nutzen will, können wir den Hebel umlegen und loslegen.“ Bis dahin sind Geduld und Beharrlichkeit gefragt. Aber die jungen Unternehmer sind gut gerüstet: Über lange Zeit unbeirrbar an etwas zu arbeiten und das Ziel auch bei Rückschlägen nicht aus den Augen zu verlieren, das haben sie in ihrer Arbeit als Wissenschaftler gelernt. ■

## EINE GUTE WAHL:

### LAURA VERSEMANN STUDIERT IM SIEBTEN SEMESTER REGENERATIVE ENERGIESYSTEME UND ENERGIE-MANAGEMENT – ELEKTRO- & INFORMATIONSTECHNIK. SIE SPRACH MIT K|NOW! ÜBER IHRE ERFAHRUNGEN UND IHRE PLÄNE.



#### Wie sind Sie zu diesem Studium gekommen?

Das Thema regenerative Energie hat mich schon immer sehr interessiert, vor allem Windenergieanlagen fand ich superspannend. Ich habe zunächst Sozialökonomie an der Uni Hamburg studiert. Aber ich habe relativ schnell gemerkt, dass ich etwas Handfestes wollte, etwas, wo man richtig anpacken und richtig etwas beitragen kann.

#### Das war sicher kein leichter Sprung, oder?

Ich muss sagen, ich bin von der HAW Hamburg positiv überrascht worden. Ich hatte zum Beispiel nur einen Grundkurs Mathematik in der Oberstufe, keinen Leistungskurs und damit kein Mathe im Abi. Trotzdem bin ich in den beiden ersten Semestern glatt durch die Klausuren gekommen. Das liegt auch daran, dass die Professor\*innen viel geholfen haben und wirklich für uns Studierende da waren. Und auch der Zusammenhalt in der Gruppe unter uns Studierenden war sehr gut.

#### Und der Studiengang selbst?

Der ist super und macht mir viel Spaß! Ich sehe aber auch immer wieder, dass der Begriff „Energie-management“ in die Irre führt, obwohl die Elektro- und Informationstechnik auch im Namen steckt. Aber es gibt immer wieder Studierende, die eben kein elektrotechnisches Studium erwartet haben und deshalb abbrechen. Das ist schade.

#### Wie war Ihr Praxissemester?

Mein Praxissemester habe ich bei Hanse Windkraft gemacht. Das ist eine Tochter der Stadtwerke München, die ältere Windkraftanlagen aufkauft, um sie zu betreiben. Weil das Unternehmen nur neun Mitarbeiter hat, konnte ich überall mal reinschauen, vom Ankauf der Windenergieanlagen bis zu Betrieb und Wartung. Da habe ich einen guten Überblick gekriegt.

#### Und wie geht es für Sie jetzt weiter?

Ich werde meine Bachelorarbeit in Greifswald am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik schreiben.

#### Ist das nicht ein ganz anderes Thema?

Nein ganz und gar nicht. Ob man jetzt die Energie durch Windenergieanlagen bekommt oder durch Kernfusion, es läuft beides aufs Selbe raus, nämlich dass wir klimaneutral werden. ■



## Room for Research

Im Room for Research finden junge Wissenschaftler\*innen ein maßgeschneidertes Umfeld mit erstklassigen Arbeitsbedingungen zum Forschen, zum Netzwerken und um ihre Ideen voranzubringen. Zur Ausstattung gehören neben modernen Arbeitsplätzen auch Laborplätze für eigene Experimente. Zwei Meetingräume erlauben konzentrierte Besprechungen und hybride Meetings. Die Promovierenden, die hier arbeiten, schätzen besonders die Möglichkeit zum interdisziplinären Austausch. ■

PHOTOVOLTAIK

# Forschen für Verlässlichkeit

AN DER HAW HAMBURG BETEILIGEN SICH DREI FORSCHUNGSGRUPPEN AM VERBUNDPROJEKT „DIGITAL TWIN SOLAR“. BEI IHM GEHT ES DARUM, DEN BETRIEB VON PHOTOVOLTAIK-ANLAGEN WARTUNGSÄRMER UND FEHLERFREIER ZU MACHEN.



Valeriya Titova forscht seit Langem auf dem Gebiet der Solarenergie.





© Stefan Albrecht

Im Room for Research laufen die Fäden des Verbundprojektes zusammen.

**E** TEXT: ANDREAS BEERLAGE

Es steht drauf, was drin ist. Wer die hellgrau gestrichene Doppeltür aus Metall mit etwas Krafteinsatz aufstößt, landet in einem hellen, hohen Büroraum. Topmodern sieht es hier aus, im nagelneuen Room for Research der Fakultät Technik und Informatik. Von einem der weißen Schreibtische steht Valeriya Titova auf und führt den Gast in den Besprechungsraum. Auf einem Teller hat sie kleine Schokoladen-Plättchen arrangiert. „Die habe ich aus Almaty mitgebracht“, erzählt sie mit einem Lachen. Bis vor ein paar Tagen noch war sie in ihrer Heimat, in Kasachstan, zum ersten Mal seit dreieinhalb Jahren. Heiß war es dort, die Sonne schien meist unerbittlich, „kontinentales Klima“, sagt sie. Womit man schon mitten im Thema ist, denn die Wissenschaftlerin fokussiert ihren Forscherdrang auf die Stromgewinnung durch Sonnenenergie.

Sie ist in Kasachstan auf eine deutsche Schule gegangen, hat dann ihren Bachelor of Science in Energie- und Umwelttechnik an der Deutsch-Kasachischen Universität in Almaty gemacht. Im Rahmen eines Doppelabschlussprogramms hat sie ihn durch einen Bachelor-Abschluss in Umwelttechnik an der HAW Hamburg ergänzt und dort anschließend auch den Master of Science Regenerative Energiesysteme erworben. Am Institut für Solarenergieforschung (ISFH) in Hameln hat sie dann promoviert und ist jetzt zurück in Hamburg.

Das Wort „Photovoltaik“ hat es längst in den allgemeinen Wortschatz geschafft und auch mit der Abkürzung PV können beinahe alle etwas anfangen – ein Zeichen, wie weit die Energiewende in den Köpfen schon vorangeschritten ist. Entlang von Autobahnen, auf Einfamilienhäusern – überall sind heute PV-Anlagen zu sehen. Schon im September 1990 hatte die deutsche Bundesregierung das „1000-Dächer-Photovoltaik-Programm“ gestartet, um den Stand dieser Technik zu ermitteln. Deren Grundstein wurde im Jahr 1954 von den Bell Laboratories gelegt, wo man die erste funktionierende Solarzelle auf Basis von Silizium präsentierte.

#### AUS DATEN WIRD WISSEN

Am 18. Juli 2022, einem Sonntag und Sonnentag, wurde erstmals die Leistung von über 40 Gigawatt Solarstrom ins deutsche Netz eingespeist. Das ist mehr als die Gesamtleistung aller Atommeiler, die je in Deutschland am Netz waren. Eine ausgereifte Technik, sollte man also meinen. Aber es gibt durchaus noch Luft nach oben, sagt Titova: „Das Verbund-Forschungsprojekt ‚Digital Twin Solar‘, an dem ich mitarbeite, will mit Künstlicher Intelligenz und Maschinellen Lernen den Betrieb von Solaranlagen verbessern.“ Dafür werden unter anderem die Datenflüsse aus Anlagen angezapft und nach Auffälligkeiten durch- →

# „Wir wollen aus den Daten frühzeitig Anomalien im Betrieb erkennen.“

DR. VALERIYA TITOVA

sucht, die für Probleme im Betrieb zuständig sein könnten. Wer solche Stolpersteine schon im Voraus entdecke, „der kann auf mögliche zukünftige Ausfälle hinweisen und gleichzeitig Handlungsempfehlungen geben, damit die Anlage reibungslos weiter betrieben werden kann“.

Viele Jahre ging es in der Photovoltaik-Forschung um den Wirkungsgrad der Solarzelle selbst, also darum, wie viel der im Sonnenlicht enthaltenen Energie in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Im Labor kratzt man an der 50-Prozent-Marke, aber die im Einsatz befindlichen kommerziellen PV-Module liegen zumeist bei knapp 20 Prozent. Auch bei der Dissertation von Titova, die am Institut für Solarenergieforschung (ISFH) in Hameln in der Arbeitsgruppe PV-Materialforschung mit einem Stipendium der Deutschen Bundesstiftung Umwelt promovierte, ging es um diesen Aspekt.

Aber was nutzt der tollste Wirkungsgrad, wenn der so bei schönstem Sonnenschein erzeugte Strom wegen eines technischen Fehlers nicht abgeführt werden kann. Beim Digital Twin Solar soll deshalb der gesamte Prozess optimiert werden, um einen robusten Betrieb zu garantieren und Ausfallzeiten zu minimieren: „Dabei versuchen wir, das Verhalten komplexer Systeme mithilfe mathematischer Modelle zu formulieren, um sie berechenbar zu machen.“

## WECHSELRICHTER SIND HERZ UND HIRN

Für die Energiewende zählt jede Sonnenstunde. Mit dem Forschungsprojekt Digital Twin Solar wird seit dem 1. Mai 2020 die Zuverlässigkeit der Solaranlagen vorangetrieben. Das Verbundvorhaben mit Partnern aus Industrie und Hochschulforschung (siehe Infobox Seite 27) wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) unter dem Dachbegriff „Digitalisierung der Energiewende“ über eine Laufzeit von drei Jahren mit rund 3,5 Millionen Euro gefördert. Projektkoordinator ist der Wechselrichterhersteller SMA Solar Technology AG mit Sitz in Kassel. Wechselrichter sind Herz und Hirn von PV-Anlagen, sie steuern die Umwandlung des gewonnenen Gleichstroms in Wechselstrom, wie er durch unsere Netze fließt. „Digital Twin“ – das klingt nach einer exakten digitalen Spiegelung oder einem Klon. Tatsächlich gibt es in manchen Bereichen der Industrie bereits solche Zwillinge, die eine Anlage eins zu eins



→ Prof. Dr. Martin Lapke, Professor für Grundlagen der Elektrotechnik  
Tel. +49.40.428 75-8023  
martin.lapke@haw-hamburg.de

nachbilden und parallel zum Betrieb laufen – in der Stahlindustrie zum Beispiel. „So ist das bei uns aber nicht gemeint“, erwidert Titova. „Wir fokussieren uns stattdessen auf ganz konkrete Anwendungsfälle, sogenannte Use Cases, und auf sinnvolle Anwendungen im Bereich der Gesamtanlagen, wo der Einsatz von Künstlicher Intelligenz und Machine Learning die Anlagen verbessern soll.“ Die tatsächliche Umsetzung der Ergebnisse liegt dann allerdings in den Händen der Industrie.

Titovas Team unter der Leitung von Prof. Dr. Martin Lapke aus dem Department Informations- und Elektrotechnik der HAW Hamburg hat sich im Verbundprojekt ganz auf die Entwicklung eines physikalischen Zwillingsmodells eines Wechselrichters konzentriert: „Das bot sich an, weil unser Projektkoordinator SMA einer der größten europäischen Wechselrichterhersteller ist.“ „Physikalisch“ bedeute, das Objekt digital abzubilden, unter Einschluss der speziellen Bedingungen, zum Beispiel des konkreten Anlagenstandorts. „So soll ein möglichst naturnaher Zusammenhang zwischen der Realität und dem Modell dargestellt werden.“ Sobald das Modell eines Wechselrichters fertiggestellt ist, soll der Vergleich zwischen den realen und betrieboptimalen Daten aus diesem Modell die Früherkennung von Anomalien im Betrieb einer PV-Anlage ermöglichen.

Dafür wurden 820 Gigabyte anonymisierter Daten aus dem Betrieb von 166 weltweit verteilten Wechselrichtern betrachtet und analysiert. Ein Großteil der Wechselrichter lief ohne Probleme. In 19 Betriebsverläufen mit gleichartigem Fehler wurden Zeitreihendaten von mindestens 100 Tagen Vorlauf betrachtet. Diese Daten sind dafür vorgesehen, im Laufe des Forschungsprojektes herauszufinden, wie gut sich technische Probleme mit intelligenter Datenanalysetechniken frühzeitig identifizieren lassen, sodass man den Austausch der jeweiligen Komponenten rechtzeitig planen und einen Ausfall der Anlage verhindern kann.

## DEN FEHLERN AUF DER SPUR

Bei größeren PV-Anlagen ist der Wechselrichter in einem Container von etwa der Größe eines Kleinwagens untergebracht. Einzelne Bauteile der Elektronik können im Betrieb besonders heiß werden, andere leiden mehr unter erhöhter Feuchtigkeit – was heißt, dass innerhalb des Wechselrichters an verschiedenen Orten Sensoren sinnvoll sind, um einerseits relevante Daten zu erheben und andererseits Probleme an den einzelnen Bauteilen vorhersagen zu können – das sind Beispiele „physikalisch motivierter“ Unterschiede. Diese Daten sollen das Modell nun vervollständigen: So haben die Forschenden der





**Photovoltaik deckt hierzulande derzeit rund zehn Prozent des Bruttostromverbrauchs.**

HAW Hamburg und SMA die Installation neuer Sensoren abgesprochen, um für den weiteren Verlauf des Projekts den Betrieb des Wechselrichters einer Solaranlage nahe Kassel zu beobachten: „Wir wollen genauer wissen, was sich im Innenleben der Anlagen abspielt, sollte es zu Ausfällen oder Problemen kommen.“ Dafür arbeitet die Gruppe von Lapke mit vielen verschiedenen Simulationsprogrammen. Die so entstandenen Daten werden dann mit realen Daten verglichen.

Eigentlich wäre das Projekt auf der Zielgeraden, laut Ausschreibung läuft es im April 2023 aus. Weil Corona sich als Bremsklotz erwies, wird es nun womöglich bis Ende 2023 fortgeführt, „kostenneutral“, wie Titova hinzufügt. Und für diese Verlängerung hat man sich noch einmal viel vorgenommen: „Im September haben wir uns mit allen Projektpartnern und darüber hinaus mit vielen Vertretern aus der PV-Industrie getroffen, um noch einmal sehr genau nach deren Bedürfnissen zu fragen. Dabei haben wir tolle Anregungen für unsere weitere Arbeit erhalten.“

Im September hatten Dr. Valeriya Titova und Prof. Dr. Martin Lapke noch einen weiteren wichtigen Termin: Beim Weltsolkongress in Mailand, der 8th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, hielten sie zusammen mit Forschungsverbund-Kolleg\*innen von SMA einen Vortrag zu ihrem ersten physikalisch motivierten Wechselrichtermodell. Noch ist ihr Ansatz eher eine Ausnahme. Aber angesichts der Vorteile, die er bietet, wird er sich durchsetzen, davon ist Valeriya Titova überzeugt: „Mit dieser Technologie wird man dann auch kleinere PV-Anlagen verlässlicher betreiben können!“ ■



→ **Prof. Dr. Sarah Hallerberg, Professorin für Mathematik, Maschinelles Lernen und angewandte Informatik**  
Tel. +49.40.428 75-8789  
sarah.hallerberg@haw-hamburg.de

## Die Projektpartner: Sechs für Photovoltaik

**Koordiniert wird das Projekt von SMA Solar Technology aus Niestetal bei Kassel. Das 1981 gegründete Unternehmen ist einer der größten Wechselrichterhersteller der Welt. Das ebenfalls in Kassel ansässige IT-Unternehmen eoda steuert seine Expertise in den Bereichen Data Science und KI bei. Der Partner Tesvolt aus Wittenberg entwickelt und baut Batterien, die den Strom aus erneuerbaren Energiequellen besonders effizient speichern. KEO aus Köln ist auf Konnektivität und Energiemanagement spezialisiert. Die Universität Kassel integriert Datenanalysen mithilfe Künstlicher Intelligenz (KI) und Maschinellem Lernen (ML). An der HAW Hamburg beschäftigt sich eine Gruppe um Prof. Sarah Hallerberg mit Maschinellem Lernen und Datenanalyse rund um das Thema Predictive Maintenance. Eine weitere Gruppe kümmert sich unter anderem um moderne Sensorik und Dateninfrastruktur. Prof. Martin Lapke und sein Team schließlich entwickeln das physikalische Zwillingmodell eines Wechselrichters und anderen Komponenten einer PV-Anlage. ■**

## ENERGIESPEICHER

# Strom aus der Röhre

**LEISTUNGSFÄHIGE AKKUS SIND DER DREH- UND ANGELPUNKT DER ENERGIEWENDE. MAN BRAUCHT SIE IM KLEINEN, UM MIT DEM E-AUTO EINE VERNÜNFTIGE REICHWEITE ZU ERZIELEN, UND IM GROSSEN, UM DIE ERZEUGUNG UND DEN VERBRAUCH VON ENERGIE ZUR DECKUNG ZU BRINGEN.**

TEXT: ANDREAS BEERLAGE

# T

Thorsten Struckmann forscht zur Energiewende. Genauer gesagt: zur zwischenzeitlichen Speicherung von Energie. Das ist ein wichtiges Puzzle-Teil im großen Bild des Wandels. Denn Deutschland kann zwar auf beträchtliche Erfolge schauen, immerhin sind Stand 1.8.2022 im 30-Tage-Schnitt genau 50 Prozent des erzeugten Stroms aus erneuerbarer Energie gewonnen worden.

Doch Wind ist flatterhaft, und die Sonne macht jede Nacht aufs Neue Pause. „Das ist die Herausforderung: Im momentanen Überschuss erzeugter Strom muss kostengünstig und ohne große Verluste zwischengespeichert werden können“, sagt Struckmann. Dieser Bedarf steigt ständig, weil der Anteil nicht gleichmäßig verfügbarer erneuerbarer Energien am Strom-Mix ebenfalls stetig wächst. Der Forschungs-Pfad, auf den sein kleines Team sich begeben hat, führt zu genau solchen Energie-Zwischenlagern in Form von Redox-Flow-Batterien (RFB), die sich sehr gut für kurzzeitige und oftmalige Zwischenspeicherung von Energiespitzen eignen.

### DER GRÖSSTE AKKU DER WELT

Als Speichermedium dienen zwei flüssige Elektrolytlösungen, die in externen Tanks gespeichert und nur zum Laden und Entladen durch die eigentlichen Batteriezellen gepumpt werden. Weil die Elektrolyte

**Prof. Dr. Thorsten Struckmann mit einem Labormodell der tubulären Elektrolysezelle.**



© pixabay

© Stefan Albrecht







in Tanks ausgelagert werden können, sind RFB im Prinzip beliebig skalierbar – im Gegensatz zu Lithium-Ionen-Batterien, bei denen die interagierenden Medien zu einer Einheit verpackt werden und somit die Kapazität der Batterie ein für alle Mal festgelegt ist. In China wurde die bisher größte RFB gebaut. Sie hat eine Kapazität von 800 Megawattsunden und könnte für vier Stunden so viel Leistung ins Netz einspeisen wie ein mittelgroßes Kraftwerk. Es gibt sogar Überlegungen für einen Megaspeicher, bei dem zwei Salzkavernen mit einem Fassungsvermögen von jeweils einigen Hunderttausend Kubikmetern als Tanks für die Elektrolytlösungen dienen. Von ihrem Alter her könnte die brandaktuelle Technologie schon längst in Rente gehen: „Das Redox-Flow-Verfahren zur Speicherung elektrischer Energie in Flüssigkeiten wurde nämlich schon 1949 von Walther Kangro von der Technischen Universität Braunschweig patentiert“, erzählt Professor Struckmann. Vor 73 Jahren also. Seit den 1970er-Jahren wird es ernsthaft

getestet und weiterentwickelt: „Nach dem Reaktor-Crash von Fukushima und der anschließenden Fokussierung auf ‚Erneuerbare‘ hat die RFB-Forschung noch mehr an Fahrt aufgenommen.“

#### LANGLEBIG UND SICHER

Ausprobiert wurden bereits mehr als 50 RFB-Typen mit unterschiedlichen Elektrolyten. Die von Struckmanns Team in den Fokus genommene Version mit in Schwefelsäure gelösten Vanadium-Salzen ist noch immer der Champion: „Vanadium-Redox-Flow-Batterien spielen ihre Stärke aus, wenn sie möglichst häufig auf- und wieder entladen werden.“ 10.000 Zyklen sind kein Problem, das bringt ihr im Vergleich zu Blei-Säure-Batterien eine vielfach größere Lebensdauer. Ein weiterer Vorteil: Diese Batterien können nicht explodieren. Aktuell werden die einzelnen Batteriezellen, die später zu „Stapeln“ – den „Stacks“ – verbunden werden, aufwendig als eine →

→ QR Code scannen für Informationen zum Studiengang Maschinenbau und Produktion



Mit fünf zusammengesetzten Röhren aus extrudierten Teilen kann eine kleine Vanadium-Redox-Flow-Batterie betrieben werden.

© S. Albrecht



→ Prof. Dr. Thorsten Struckmann, Professor für Mathematik und Informatik am Department Maschinenbau und Produktion  
Tel. +49.40.428 75-8737  
thorsten.struckmann@haw-hamburg.de

Art mehrschichtiger Rahmen gefertigt. In diesen Rahmen fließen in den positiven und negativen „Halbzellen“, die durch eine Membran voneinander getrennt sind, die von einer Pumpe transportierten Elektrolyte. Die einzelnen Zellen müssen, Stück für Stück, an allen Seiten abgedichtet werden, damit die Elektrolyte nicht austreten: „Unter anderem deshalb sind die Stacks Preistreiber bei der Batterie-Produktion“, sagt Struckmann.

### ENDLOS GUT

Endlos Strom speichern. Womit man bei dem ganz speziellen Forschungsansatz von Struckmann und seinem Team wäre: „Wir haben eine neue Form von Batteriezelle in Form einer Röhre entwickelt, also ‚tubulär‘. Diese Abschnitte muss man dann nur noch oben und unten abdichten.“ Die Zelle kann nun, so die Idee, in Form einer „endlosen Röhre“ produziert

werden. Die muss, im Querschnitt betrachtet und rundum übereinandergeschichtet, alle Schichten aufweisen, die im üblichen Zellen-Rahmen aufeinanderliegen. Um das zu gewährleisten, hat sich Struckmann einen Industrie-Partner mit speziellem Know-how gesucht. Er fand ihn in dem in Unterfranken ansässigen Automobil-Zulieferer Uniwell Rohrsysteme. Der konnte tatsächlich die Schichten der gewünschten Röhren herstellen. Ein weiterer wichtiger Partner ist der Membranen-Spezialist Fumatech. Die Idee funktioniert. Thorsten Struckmann nimmt zum Beweis den Schlüssel in die Hand, um das Labor ein Stockwerk höher aufzuschließen. Dort präsentiert er den Stack, der am Ende der Förderzeit des vierjährigen Projekts StaTuR (Stacks aus tubulären Redox-Flow-Batterien) die Machbarkeit des Ansatzes bewiesen hat: fünf zusammengesetzte Röhren aus extrudierten Teilen, mit denen eine kleine Vanadium-Redox-Flow-Batterie betrieben werden kann. „Wir haben damit potenziellen Investoren eine neue Produktionsmöglichkeit präsentiert, die RFB in Zukunft um einiges günstiger machen können“, freut sich Struckmann. Wenn er wir sagt, meint er das gesamte Team, das ist ihm wichtig: „Mein früherer Doktorand Simon Ressel hat das Projekt initiiert und wesentlich gestaltet. Er hat mit Peter Kuhn, Fabian Brandes, Armin Laube, Niklas Janshen und einigen Studierenden die Hauptarbeit geleistet.“ Dazu kam der Input der externen Partner: „Ohne die Beiträge von Uniwell, Fumatech und den Kollegen vom DECHEMA-Research Institute in Frankfurt wären wir nie so weit gekommen!“

Das wäre jetzt ein schönes Ende, aber die Energiewende geht ja weiter, und wenn man in den vergangenen Monaten eines gelernt hat, ist das wohl, bei der Abhängigkeit von endlichen Ressourcen Vorsicht walten zu lassen. Zwar war Struckmann letzters auf einer Konferenz, bei der Minenbetreiber sagten, Vanadium sei ausreichend vorhanden, man müsse sich keine Sorgen machen. Andererseits möchte man von einigen der Staaten, die den Rohstoff exportieren, nicht irgendwann erpressbar sein. Der Abbau lohnt sich in nur wenigen Ländern. Brasilien, China und Russland sind ganz vorne mit von der Partie. Wenn der Preis für Vanadium steigt, werden die Batterien teurer. Deshalb will Struckmann sich in dem bereits beantragten Folgeprojekt an der Suche nach organischen Alternativen beteiligen, für eine noch „grünere“, tubuläre Redox-Flow-Batterie. ■

# „Der Überschuss an erzeugtem Strom muss kostengünstig zwischengespeichert werden können.“

PROF. DR. THORSTEN STRUCKMANN



# Ladung macht bunt!



→ Dr. Florian Rittweger  
florian.rittweger@  
haw-hamburg.de



→ Prof. Dr. Karl-Ragmar  
Riemschneider ist  
Professor für Digitale  
Informationstechnik  
Tel. +49.40.428 75-8350  
karl-ragmar.  
riemschneider@  
haw-hamburg.de

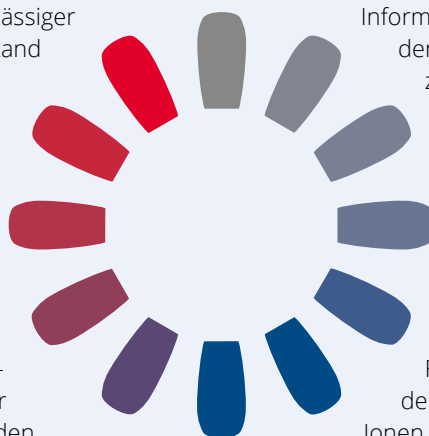
Für einen effizienten und langfristig stabilen Betrieb ist es wichtig, den Ladezustand einer Batterie stets im Blick zu haben. Ein weiterer Forschungsfokus von Thorsten Struckmanns Team gilt deshalb der Frage, wie man Ladung und Kapazität von Vanadium-Redox-Flow-Batterien zuverlässiger überprüfen kann. Auch der Zustand des Elektrolyts ist ein wichtiger Faktor, denn seine Bestandteile können durch die Membran diffundieren und so im Laufe der Zeit die Kapazität der Batterie verringern. Im Projekt VaMoS soll ein einfaches, wartungsarmes und kostengünstiges Sensorkonzept entwickelt werden, das beide Faktoren mithilfe verschiedener kombinierter Messwerte quantifiziert. So werden zum Beispiel auch die Dichte und Zähigkeit der Elektrolyte gemessen. Auch die Beobachtung der Elektrolyte bei verschiedenen Lichtwellenlängen per optischer Spektroskopie fließt mit in die Beurteilung ein.

Die Automobilindustrie kennt das Problem ebenso. Der Lithium-Ionen-Akku ist die mit Abstand teuerste Komponente eines E-Autos. Es empfiehlt sich also, ihr bestmögliche Pflege angedeihen zu lassen. Kennt man den Zustand der Batterien präzise, kann man sie schonend betreiben und letztlich ihre Lebensdauer verlängern. Ohne exakte Kenntnisse des Batteriezustandes hingegen lassen sich ungünstige Betriebszustände kaum vermeiden, durch die diese Batterien irreparable Schäden erleiden können. Heute nutzt man Spannungsmessungen als Indikator für den

Ladezustand. Diesen Messungen müssen noch komplizierte Korrekturrechnungen nachfolgen. Dennoch verschätzen sich die Systeme nicht selten.

Im Rahmen des Projektes LImES arbeitet Dr. Karl-Ragmar Riemschneider, Professor für Digitale Informationstechnik, an einer Methode, den Ladezustand auf optischem Wege zu ermitteln. Sein Forschungsteam aus Promovierenden und Studierenden hat ein Messsystem entwickelt, das die Ioneneinlagerung in die Elektroden während Ladung und Entladung mithilfe von videomikroskopischer Beobachtung direkt sichtbar macht. Es konnte einen Zusammenhang von Färbung und elektrischer Ladung demonstrieren. Die Einlagerung der Ionen in die Elektroden verändert ihre

Reflexionseigenschaften und damit ihre Farben: Aus Grau wird Blau und dann Rot. Sind am Ende des Ladevorgangs sehr viele Ionen in der Elektrode eingelagert, dann entsteht sogar ein glänzender, goldfarbener Farbeffekt.



## DIE ELEKTRODE IM BLICK

In ihrem Labor arbeiteten die Wissenschaftler\*innen mit kleinen Batteriezellen mit transparentem Glasfenster, die in Zusammenarbeit mit einem Hamburger Start-up entstanden. Durch das Glasfenster war der Blick frei auf die Elektroden, der Ladevorgang konnte per Video aufgezeichnet werden. Für die großen Batteriezellen in einem Elektroauto musste ein anderer Weg gefunden werden: Die Rolle des Fensters übernimmt eine eingebaute Glasfaser, die Kamera wird durch einen einfachen Lichtsensor ersetzt. Diese Sensoren vermitteln die Farbveränderungen aus dem Inneren der Batterie nach außen. Das sorgt für zusätzliche Informationen, um den Ladezustand genauer zu ermitteln, als das bisher möglich ist.

Die Entwicklung der optischen Sensorik und der zugehörigen Elektronik ist Teil eines Verbundprojektes mit BMW, Infineon, Varta und der TU München. Dafür wurde das Forschungsteam durch den Physiker Dr. Florian Rittweger als Postdoc verstärkt. Der Weg aus dem Hochschullabor in den Alltag ist auch in diesem Fall lang. „Die Methode funktioniert sehr gut, aber es sind noch viele Entwicklungsschritte bis zur Verwendung im Fahrzeug notwendig“, sagt Florian Rittweger. ■

Schonendes Laden erhöht die Lebensdauer von Lithium-Ionen-Akkus.



# Die Welt zum Guten verändern

**DR. THOMAS FLOWER IST DER DEKAN DER FAKULTÄT TECHNIK UND INFORMATIK. ER HAT MIT DER INITIATIVE „ONE WORLD ENGINEERING“ EINEN TRANSFORMATIONSPROZESS GESTARTET, DER LEHRE UND FORSCHUNG UMFASST. IM ZENTRUM STEHEN DIE GLOBALEN HERAUSFORDERUNGEN, DIE WIR ALS GESELLSCHAFT ZU BEWÄLTIGEN HABEN.**

INTERVIEW: TIZIANA HILLER

# Ü

**Überschwemmungen, Waldbrände, Hunger – es scheint, als würde der Klimawandel in diesem Jahr besonders stark durchschlagen. Inzwischen ist uns allen klar, dass es ein „weiter wie bisher“ nicht mehr geben kann. Inwieweit kann eine Hochschule dazu beitragen, den Klimawandel abzufedern?**

Eine Hochschule kann auf vielfältige Weise wirken: Sie kann der Gesellschaft beispielsweise öffentlichkeitswirksam die wissenschaftliche Expertise ihrer Lehrenden und vor allem ihrer Forscher\*innen anbieten und damit eine ausgewogene Bewertung von politischen Handlungsoptionen und Entscheidungen möglich machen. Das hat der bekannte Virologe Prof. Christian Drosten im Rahmen der Coronapandemie vorbildlich gemacht.

Sie kann auf der anderen Seite aber auch eine Vorbildfunktion einnehmen. Beispielsweise in Sachen nachhaltiges Energiemanagement, Mobilität und Materialverbrauch und dies offensiv sichtbar machen. Hier haben wir als HAW Hamburg selbst aktuell noch viele Hausaufgaben zu lösen.

Schlussendlich und hier langfristig am wirkungsvollsten kann sie über die Lehre junge Menschen dazu befähigen, aktiv Problemlösungen für die globalen He-

erausforderungen zu finden und zu implementieren. Hier sehe ich uns als Fakultät Technik und Informatik in einer besonderen Weise gefordert, da dies gerade Ingenieur\*innen und Informatik\*innen sehr wirkungsvoll können.

**Sie haben im Jahr 2021 an der Fakultät Technik und Informatik das Projekt One World Engineering gestartet. Was haben Sie vor – was genau ist das Ziel?**

Ursprünglich haben wir uns damit beschäftigt, was wir tun müssen, um die Studiengänge der Fakultät in den Augen der Studieninteressierten attraktiver erscheinen zu lassen. Dies war eine Reaktion auf die Beobachtung, dass die Bewerber\*innenzahlen für Ingenieurstudiengänge in den letzten Jahren auffällig rückläufig waren. Im Verlauf der Bearbeitung des Themas wurde der Spieß umgedreht, und wir haben verstanden, dass wir uns damit beschäftigen müssen, was wir bei uns ändern müssen, damit unsere Angebote relevanter für unsere Zielgruppe werden. Nebenbei wurde der Begriff „One World Engineering“ entdeckt und ist als Name der Initiative haften geblieben. Seitdem verstehen wir darunter eine Neuorientierung der Aktivitäten der Fakultät TI an den globalen Herausforderungen.



**Dr. Thomas Flower, Dekan der Fakultät Technik und Informatik sowie Initiator von One World Engineering.**



Diese werden auch in den Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen beschrieben: beispielsweise Klimawandel, Artenvielfalt, Ressourcenverbrauch usw.

### **Wo stehen Sie mit dem Projekt gerade – was haben Sie bisher erreicht und was sind die nächsten Schritte?**

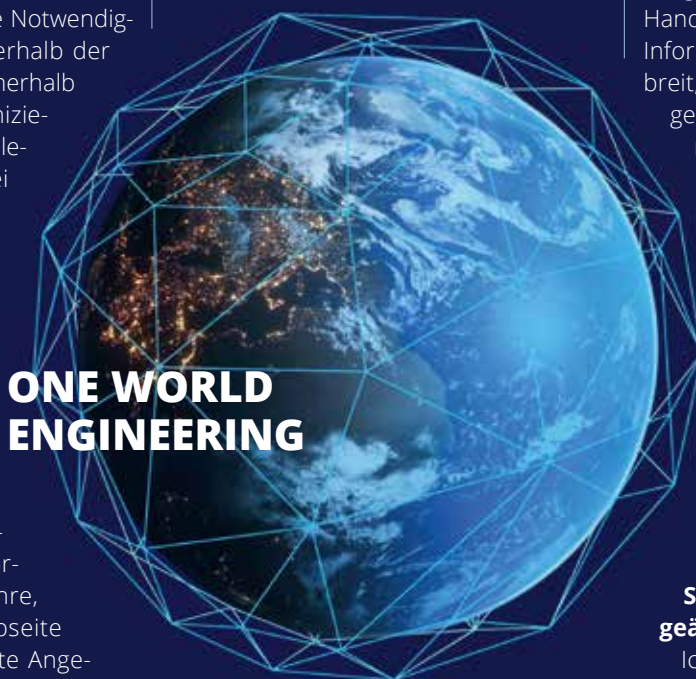
Die Leitungsebene der Fakultät hat sich im September 2021 in einem Manifest zu den Zielen von One World Engineering verpflichtet. Im letzten Jahr haben wir viel Zeit und Mühe investiert, die Notwendigkeit zu Veränderungen innerhalb der Fakultät und auch breiter innerhalb der Hochschule zu kommunizieren und uns der Kritik der Kollegenschaft zu stellen. Dabei gab es erstaunlich viel Zuspruch und positive Rückmeldungen. Darüber hinaus haben wir ein One-World-Engineering-Office gegründet, um die Aktivitäten innerhalb der Fakultät TI voranzubringen.

In die Zukunft geblickt wollen wir einerseits unsere One-World-Engineering-Angebote, sowohl in der Forschung als auch in der Lehre, ausbauen und unsere Webseite nutzen, um bereits etablierte Angebote besser sichtbar zu machen.

### **Hochschulen sind träge Systeme, Veränderung vollzieht sich nur sehr langsam. Auf welche Probleme sind Sie gestoßen, die Sie nicht vorhergesehen haben?**

Zunächst würde ich die These der Hochschule als träges System etwas differenzierter beschreiben. Zum Beispiel ist die Lehre unserer Hochschule im Frühjahr 2020 wegen der Coronakrise quasi über Nacht von fast rein Präsenz zu fast rein digital gewechselt. Anderes Beispiel: Innerhalb der beschlossenen Prüfungsordnungen finden auf Arbeitsebene ständig Veränderungen und Weiterentwicklungen unserer Lehre statt, getrieben durch persönliche Initiative der Mitglieder der Hochschule. Schwieriger wird es, wenn sich die Organisation als solche ändern soll. Hier

haben wir institutionelle Einschränkungen, die einen Bestandsschutz für alle Mitglieder der Hochschule bieten und die schnelle Veränderungen behindern. Wenn eine Veränderung ein Konsens unter nahezu allen Mitgliedern der Hochschule voraussetzt, so ist der entsprechende Beteiligungsprozess sehr langsam. Das größte Problem, auf das ich gestoßen bin, war der Diskurs mit einer breiten Studierendenschaft zu den Zielen von One World Engineering. Bislang sind wir hier nicht erfolgreich gewesen,



**ONE WORLD  
ENGINEERING**

sondern haben lediglich mit gewählten Studierendenvertreter\*innen Gespräche führen können, die dafür allerdings umso inhaltvoller waren.

### **Wenn Sie sich die Absolventinnen und Absolventen der Zukunft vorstellen – welches Skillset wünschen Sie sich?**

An erster Stelle steht das, was wir seit vielen Jahren und Jahrzehnten sehr gut machen, nämlich eine fachlich wissenschaftliche Expertise, die es den Absolvent\*innen ermöglicht, in der Wirtschaft unmittelbar wirksam sein zu können oder sogar Leitungsfunktionen wahrnehmen zu können. Aufgrund der Zuspitzung der diversen gesellschaftlichen Herausforderungen habe ich in meiner Kommunikation im letzten Jahr folgendes

Zielbild vorgeschlagen: Die Menschheit beeinflusst und beherrscht die Welt – Land, Meer und Luft! Die Menschheit ist umfassend verantwortlich für ihren eigenen Fortbestand. Die Natur kann unser Fehlverhalten nicht mehr kompensieren. Unsere Absolventinnen und Absolventen müssen alle stets ihr Wirken als Ingenieur\*innen und Informatiker\*innen in Bezug zu ihren globalen Auswirkungen erfassen.

Um dieses Zielbild erfüllen zu können, muss man sehr interdisziplinär sprachfähig sein, da die Auswirkungen des Handelns von Ingenieur\*innen und Informatiker\*innen sehr vielfältig und breit, auch in unerwarteten Feldern erfolgen. Ich bin überzeugt, dass wir dies nur erfüllen können, wenn alle lernen, in Teams kollaborativ zu arbeiten. Da die globalen Krisen nicht regional oder national verstanden und gelöst werden können, sehe ich auch die Notwendigkeit, als Absolvent\*in international denkend und der englischen Sprache mächtig zu sein.

### **Stellen Sie sich die Fakultät Technik und Informatik in zehn Jahren vor. Was wünschen Sie sich, dass sich bis dahin geändert hat?**

Ich würde mich sehr freuen, wenn an dieser Fakultät unsere Lehre zukünftig getragen wird von kollaborativen Teams, die gemeinsam, forschend, an realen gesellschaftlichen Herausforderungen lernen und studieren – dafür gibt es den Anglizismus „Challenge Based Learning“ – und zwar vom ersten Lehrjahr an.

Mein Wunsch wäre darüber hinaus auch, dass die Studierenden ermächtigt werden, ihr Studium selbst nach Interessen, Fähigkeiten und Neigungen gestalten zu können. Das setzt einerseits die Vorbereitung der Studierenden auf diese Eigenverantwortlichkeit voraus als auch die Möglichkeit, im Studium einen persönlichen Verlauf gestalten zu können. ■



→ Für Termine und weitere Infos zu One World Engineering QR Code scannen



INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT

# Starthilfe für neue Lehrstrukturen

---

**DIE DIGITALE ZUKUNFT BRAUCHT GUT AUSGEBILDETE INGENIEUR\*INNEN UND INFORMATIKER\*INNEN. DIE HAW HAMBURG HILFT DER UKRAINE, TADSCHIKISTAN UND KIRGISISTAN, DIE EHEMALS ZUR SOWJETUNION GEHÖRTEN, DIE AKADEMISCHE AUSBILDUNG IN DIESEM BEREICH ZU MODERNISIEREN UND AN INTERNATIONALE STANDARDS ANZUPASSEN.**





**Bildung ist der Schlüssel zu wirtschaftlicher Entwicklung. Aber auch das Lehren will gelernt sein.**

TEXT: MARGARITA ILIEVA

# D

Digitale Technologien transformieren unser Wirtschaftsleben mit ungeahnter Geschwindigkeit. Sie zu beherrschen, ist von zentraler Bedeutung für internationale Wettbewerbsfähigkeit geworden. Den Anschluss zu gewinnen, ist daher für viele Volkswirtschaften essenziell. Digitalisierung ist Voraussetzung für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung.

Die HAW Hamburg ist seit November 2020 zusammen mit Hochschulpartnern aus Litauen, Slowenien und Großbritannien an den EU-geförderten Projekten DigEco und DERECKA beteiligt. Hochschulen in Kirgisistan, Tadschikistan und der Ukraine sollen von europäischem Know-how profitieren, um sie in die Lage zu versetzen, die für die Digitalisierung notwendigen Fachkräfte besser auszubilden. Die Ausgangslage in den postsowjetischen Staaten ist sehr unterschiedlich. Während etwa Kasachstan es im Digitalisierungsindex des International Institute for Management Development in Lausanne durchaus mit EU-Staaten wie Tschechien und Slowenien aufnehmen kann, gibt es in der Ukraine einen großen Aufholbedarf, was gerade mit Blick auf den Status des Landes als EU-Beitrittskandidat von Bedeutung ist. Tadschikistan und Kirgisistan tauchen in diesem Index gar nicht erst auf. Tadschikistan verabschiedete 2016 eine Entwicklungsstrategie, die auf verstärkte Industrialisierung und mehr Investitionen bis 2030 abzielt.

Im Rahmen des von der EU geförderten Projektes DigEco hilft die HAW Hamburg zusammen mit weiteren europäischen Hochschulpartnern, die Lehre an den Hochschulen in der Ukraine und in Tadschikistan auf einen zeitgemäßen Stand zu bringen. Davon sollen vor allem die Lehrenden profitieren. Denn das Ziel ist es, die Lehre in Inhalt und Methodik

auf die Bedürfnisse der digitalen Gesellschaft auszurichten. Zu den Partnern gehören neben der HAW Hamburg die Mykolas-Romeris-Universität in Vilnius und die Universität Maribor. Dabei ist die HAW Hamburg zusammen mit den Kolleg\*innen in Slowenien für die inhaltliche Wissensvermittlung und den Unterricht verantwortlich, während das Gesamtprojekt von Litauen koordiniert wird.

Das Projekt DERECKA wird ebenfalls von der EU im Rahmen des Programms Erasmus+ gefördert. Hier sind neben der federführenden HAW Hamburg die Brunel University in London und die Technische Universität Vilnius beteiligt. Der Projektname steht für Development of Doctoral Education and Research Capacities of Kyrgyzstani Academia. Das Ziel ist es, an insgesamt sieben kirgisischen Hochschulen aller Fachrichtungen den PhD-Grad nach westlichem Vorbild zu etablieren.

## DIE SPUREN DES SOWJETISCHEN SYSTEMS

Derzeit ist die akademische Ausbildung im zentralasiatischen Land noch gemäß dem sowjetischen Vorbild strukturiert. Bei diesem sehr langwierigen Prozess, wie er seinerzeit auch in der DDR gebräuchlich war, wird man zunächst „Kandidat der Wissenschaft“, der eher einem erweiterten Master gleicht. Der Übergang zur nächsten und letzten Stufe, dem „Doktor der Wissenschaft“ folgt erst zehn und mehr Jahre später. Dabei bietet dieses aus westlicher Perspektive überholte System keine konsequente akademische Weiterbildung, da es beim „Kandidat der Wissenschaft“ oftmals an der für den Dokortitel →

# „Vor allem der Transfer europäischer Werte wird mit Freude angenommen.“

PROF. DR. MARINA TROPMANN-FRICK

erforderlichen wissenschaftlichen Kompetenz mangelt. Vor allem aber ist keine Vergleichbarkeit mit dem PhD-Grad gegeben, wie er in Europa und den angelsächsischen Ländern vergeben wird und der eine Art internationaler Standard für wissenschaftliche Qualifikation ist.

Zusammen sollen nun beide Projekte die beteiligten Länder in die Lage versetzen, ihre Kapazitäten für die Entwicklung eigener innovativer Technologien auszubauen, „um den Herausforderungen des globalen Marktes durch die Ausbildung hochqualifizierter Fachkräfte, den besten Praktiken der EU und dem Bologna-Prozess gerecht zu werden“, wie es offiziell seitens der EU heißt. Für beide Initiativen ist aufseiten der HAW Hamburg Marina Troppmann-Frick, Professorin für Data Science an der Fakultät Technik und

Informatik, verantwortlich. Sie wurde in Kirgisistan geboren und hat daher eine besondere Verbindung zur Projektregion. Zentralasien und seine Baustellen sind für sie eine Herzensangelegenheit: „Wir gehen an die Universitäten in der Ukraine und Tadschikistan und zeigen, wie wir die technischen Fächer bei uns lehren. Wir bringen unsere Erfahrung mit und helfen, Module zu gestalten und die Curricula neu auszurichten.“ Aus Tadschikistan

beteiligen sich am Projekt DigEco zwei Universitäten aus der Hauptstadt Duschanbe und eine aus Chudschand, der zweitgrößten Stadt des Landes.

## TROTZ KRIEG KEIN STILLSTAND

Auf ukrainischer Seite sind sieben Hochschulen involviert. Vor Beginn des Angriffskrieges Russlands gegen die Ukraine im Februar 2022 lief die Arbeit am Projekt auf



### → KIRGISISTAN

**Einwohner\*innen:** 6,5 Mio.  
**Fläche:** 200 Tsd. km<sup>2</sup>  
**Währung:** Som  
**Staatsform:** Präsidentielle Republik  
**Hauptstadt:** Bischkek (1 Mio. Einwohner\*innen)  
**Anzahl Hochschulen:** 50  
**Eingeschriebene Studierende:** 231.394  
 (davon 70.524 Internationale) (2022)

Die junge Demokratie verfügt über zunehmend qualifizierte Nachwuchsfachkräfte und junge Wissenschaftler\*innen. Dank der guten Leistungen im Lehr- und Forschungsbetrieb gibt es immer mehr internationale Hochschulkooperationsprojekte. Diese ermöglichen die Mobilität zwischen den Projektpartnern, aber auch stabile Beziehungen untereinander durch langjährige Kooperationen. Trotz seiner instabilen Wirtschaft und einer weit verbreiteten Korruption, gibt es in dem Land eine relativ hohe akademische, aber auch Meinungs- und Pressefreiheit (Platz 72 von 180 im Press Freedom Index 2021).



### → TADSCHIKISTAN

**Einwohner\*innen:** 9,5 Mio.  
**Fläche:** 143 Tsd. km<sup>2</sup>  
**Währung:** Somoni  
**Staatsform:** Präsidentielle Republik  
**Hauptstadt:** Duschanbe (863 Tsd. Einwohner\*innen)  
**Anzahl Hochschulen:** 40  
**Eingeschriebene Studierende:** 230.000 (2020)

Das Hochschulsystem Tadschikistans wird zentral gesteuert. Die Hochschulen werden einem von der Regierung ernannten Rektor geleitet und führen lediglich die Vorgaben der Regierung aus. Die Studienpläne werden zentral vorgegeben. Die Relevanz des Curriculums ist wegen der Abkopplung der Ausbildung von den Anforderungen des Arbeitsmarkts oft mangelhaft. Daher ist auch die Arbeitsmarktfähigkeit vieler Absolvent\*innen gering. Der Zugang zu tertiärer Bildung hängt sehr stark von Geschlecht und sozio-ökonomischem Status ab. 60 Prozent ihres Budgets wird von den Hochschulen selbst erwirtschaftet.



### → UKRAINE

**Einwohner\*innen:** 42 Mio.  
**Fläche:** ca. 604 Tsd. km<sup>2</sup>  
**Währung:** Hrywnja  
**Staatsform:** Semipräsidentielle Republik  
**Hauptstadt:** Kiew (3 Mio. Einwohner\*innen)  
**Anzahl Hochschulen:** 282  
**Eingeschriebene Studierende:** 1,4 Mio.  
 (davon 75.600 Internationale) (2019)

Ein wichtiger Aspekt des durch den Maidan initiierten gesellschaftspolitischen Umbruchs in der Ukraine ist eine umfassende Hochschulreform, die am 1. Juli 2014 in Kraft trat. Sie soll die höhere Bildung aktualisieren und die Korruption im Bildungswesen bekämpfen. Die Ergebnisse sind bemerkenswert. Sechs ukrainische Universitäten wurden in die Times Higher Education World University Rankings 2020 aufgenommen, weitere sechs schafften es in die Top 700 der QS World University Rankings 2020. Ukrainer\*innen gehören zu den zehn größten Gruppen internationaler Studierender in Deutschland.





**Das Weiße Haus in Bischkek ist der Sitz des Dschogorku Kengesch, des kirgisischen Parlaments.**

**Marina Tropmann-Frick bei einem Vortrag in Bischkek.**



vollen Touren – ein erster Pilot-Teaching-Besuch vor Ort mit Fokus auf den Wissensaustausch unter den Projektpartnern hätte im März stattfinden sollen. Dann kam der Krieg und warf auch hier alle Pläne über den Haufen. „Das war sehr tragisch und ist es immer noch. Wir haben Kooperationen mit den Universitäten aus Mariupol, aus Mykolajiw, aus Odessa und noch anderen Universitäten, die jetzt gar nicht mehr existieren“, berichtet Tropmann-Frick. Sie wurden im Krieg zerstört.

Die Bilder, die die ukrainischen Kolleg\*innen schicken, sind schwer zu verarbeiten. Doch die Beteiligten finden Wege, um ihre Arbeit trotz des Krieges fortzusetzen. Im Frühling organisierte Tropmann-Frick eine Konferenz in Hamburg, an der einige der Lehrenden aus der Ukraine teilnehmen konnten: „Auch wenn es keine Uni mehr gibt, sind sie trotzdem Wissenschaftler und versuchen deshalb, ihre Arbeit irgendwie fortzuführen.“

Es gibt viele kulturelle Hürden zu überwinden: Vorlesung als Frontalunterricht, die in einem wortwörtlichen Vorlesen aus dem Lehrbuch bestehen, ein fehlendes Grundverständnis für wissenschaftliches Arbeiten und Eltern, die ihre Kinder als gerade mal 17-jährige Studienanfänger\*innen nicht aus den Augen lassen mögen. Und auch die Sprache erweist sich teilweise als Hindernis, denn ohne Russisch kommt man in vielen Ländern der ehemaligen Sowjetunion auch heute nicht weit. Diese Erfahrung musste Tropmann-Frick vor Ort in Tadschikistan

und Kirgisistan machen, wo ihre Sprachkenntnisse die Wissensvermittlung zum Teil überhaupt erst möglich machten.

Um in einem möglichen Nachfolgeprojekt Aspekte wie Big Data Management und Data Science berücksichtigen zu können, bedarf es weiterer Hilfe aus Europa, etwa bei der Anschaffung einer zeitgemäßen technischen Ausstattung. Aber es würde sich lohnen. Das gewonnene Wissen und Können würden sich dann nach einiger Zeit in der praktischen Anwendung in der Wirtschaft widerspiegeln. Maßstab des Erfolges sind daher neben der Anzahl der Studierenden, die nach den neuen Curricula ihren Abschluss machen, auch Kooperationen zwischen Unternehmen und Studierenden. Aktuell steckt all das noch in den Kinderschuhen und es ist ein langer Weg, der aber mit europäischer Hilfe erfolgreich zurückgelegt werden kann: „Ich denke, dass es durchaus im eigenen Interesse der Europäischen Union ist, den technologischen Fortschritt und die europäischen Werte auch in diese Länder zu bringen“, ist Tropmann-Frick überzeugt.

### PHD NACH WELTSTANDARD

Im Projekt DERECKA dagegen gibt es andere Hürden zu bewältigen: „Sie liegen vor allem bei dem dortigen Wissenschaftsrat. Die dort vertretenen Wissenschaftler\*innen haben ihren Doktor nach dem damaligen sowjetischen System gemacht und möchten dieses System nicht ablösen. Die Politik dagegen schon“,

erläutert Tropmann-Frick die Situation. Eine positive Bilanz lässt sich nach fast zwei Jahren seit Projektbeginn dennoch ziehen: An fast allen beteiligten Universitäten wurden bereits PhD-Programme eingeführt. Das sei nicht zuletzt der starken Motivation der Studierenden zu verdanken. Der akademische Doktorgrad nach westlichem Vorbild hat einen hohen Stellenwert für die jungen Menschen in Kirgisistan, die diesen als eine international anerkannte akademische „Währung“ betrachten.

Ein Ziel der zukünftigen Projektarbeit ist es deswegen, PhD-Programme auf der politischen Ebene zu etablieren, sodass die Vergabe des Dokortitels durch die Universität und nicht wie aktuell durch den kirgisischen Wissenschaftsrat erfolgen kann. Dies würde die Autonomie der Wissenschaft stärken und die Gleichwertigkeit des akademischen Titels auf der internationalen Ebene fördern: „Sie möchten auf der wissenschaftlichen Ebene eine Rolle spielen und mitwirken können. Sie möchten gerne, dass ihre Wissenschaftler\*innen auch von der westlichen Welt profitieren“, schließt Tropmann-Frick. ■



→ Prof. Dr. Marina Tropmann-Frick, Professorin für Data Science am Department Informatik  
Tel. +49.40.428 75-8418  
marina.tropmann-frick  
@haw-hamburg.de



SOLARENERGIE IM SENEGAL

# Bitte regelmäßig staubwischen

**EIN MENSCH IM SENEGAL VERURSACHT IM GANZEN JAHR ETWA SO VIEL CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN WIE WIR IN EINEM MONAT, UND DAS GANZE LAND SO VIEL WIE HAMBURG ALLEIN. DER AUSBAU DER REGENERATIVEN ENERGIEN SOLL DIE BILANZ DES LANDES NOCH BESSER MACHEN. STUDIERENDE DER HAW HAMBURG HELFEN DABEI DURCH DIE LÖSUNG EINES KNIFFLIGEN PROBLEMS.**



Senegal setzt auf Photovoltaik. Doch Saharastaub verringert den Wirkungsgrad der Module.





TEXT: SILKE UMBACH

# D

Der Fund ist riesig. Vor der Küste Senegals schlummern 420 Milliarden Kubikmeter Erdgas im Boden, womöglich sogar mehr. Deutschland hofft, dass ein Teil davon vom kommenden Jahr an bei uns landet, als Ersatz für russisches Gas. Senegal selbst könnte sich damit von Energieimporten ein ganzes Stück unabhängiger machen. Aber das Land geht den Weg in Richtung Klimaneutralität. Noch stützt sich die Stromversorgung des Senegal zu rund 90 Prozent auf fossile Energieträger und macht das Land abhängig von den Weltmarktpreisen für Rohöl. Aber schon bis 2025 will es seine CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 2018 um 37 Prozent senken. Dabei soll ein anderer Schatz helfen, mit dem das Land reichlich gesegnet ist: die Kraft von Sonne und Wind.

Maschinenbau-Professorin Anna Usbeck hat familiäre Bindungen in den Senegal und verbrachte dort 2017/18 ein Sabbatical-Jahr. Sie knüpfte Kooperations-Kontakte mit Forschenden vor Ort und erkundete das Potenzial der nachhaltigen Energieerzeugung im Land: „Einige Zeit zuvor hatte ich eine Masterarbeit zum Ausbau der Regenerativen betreut. Darin wurde das Entwicklungsszenario genau beschrieben: Es gab zehn oder zwölf Projekte – zwei Windparks und zehn Solarparks. Ich habe viel recherchiert und den laufenden Ausbau dann im Land angeschaut. Tatsächlich wurden alle bisherigen Planungen umgesetzt, bis auf einen Windpark, der steht noch nicht, aber wir haben mittlerweile zehn große Solarparks und einen Windpark, die laufen.“ Auch Wasserkraft wird im Land bereits verstromt. →



# „Wenn man ein Jahr lang nicht putzt, erreichen die Solarmodule nur noch 70 Prozent ihrer Leistung.“

MELISSA FERRARA,  
HAW-HAMBURG-STUDENTIN MASCHINENBAU

Hier, in Äquatornähe, hat Sonnenenergie einen besonderen Standortvorteil unter den Regenerativen: Es gibt auf diesen Breitengraden nur geringfügige Schwankungen in der Tageslänge, morgens wie abends nur eine kurze Dämmerung und während des Tages einen hohen Sonnenstand. Waagrecht ausgerichtet, erreichen die Solarzellen wegen des steilen Lichteinfalls bereits einen hohen Wirkungsgrad, während man in unseren Breiten vielerorts auf stark geneigte Photovoltaikmodule trifft, teils sogar noch mit Nachführeinrichtungen, um sie über den Tag sonnenwärts zu drehen. Im Senegal, wie in der ganzen Region, gibt es dafür aber eine andere Herausforderung: „Ich stellte fest, dass unsere Prognosemodelle für die Solarstrom-Erzeugung den Messwerten der Anlagen sehr gut entsprechen – die Solarzellen tun vor Ort, was erwartet wurde. Aber ein Faktor fehlte im Modell. Was wir nicht mit eingerechnet hatten, war der Staub“, sagt Anna Usbeck.

## PROBLEM SAHARASTAUB

Den gibt es in dieser Weltregion überreichlich: Die Sahara ist die größte Einzelquelle mineralischer Staubpartikel in der Erdatmosphäre. Von dort weht der Nordostpassat, der hier Harmattan heißt, was soviel bedeutet wie „Dunstzeit“, nach Westafrika. Dieser Wind trägt Schwebeteilchen bis in den Senegal – und sogar über den Atlantik, wo er mit 40 Millionen Tonnen jährlich die Regenwälder des Amazonasbeckens düngt. Aber im Senegal stört er.



→ Prof. Dr.-Ing. Anna K. Usbeck, Professorin für Konstruktion und Produktentwicklung  
Tel. +49.40.428 75-8707  
annakerstin.usbeck@haw-hamburg.de

Übers ganze Jahr gesehen, vor allem aber in der Trockenzeit zwischen Oktober und Mai, deponiert er geschätzte 200 Gramm Staub auf jedem Quadratmeter. Bereits in kürzester Zeit verringert dieser die elektrische Leistung von Solarmodulen massiv. Daten der neun Solarfarmen im Senegal zeigen, dass die Leistungseinbuße bei einigen von ihnen mehr als 20 Prozent beträgt. Je feiner der Staub und je geringer der Neigungswinkel der Solarmodule, umso größer wird das Problem. Der Staub des Harmattan, der ironischerweise überwiegend aus Silizium besteht, demselben funktionalen Material wie die Solarzellen, muss also herunter von den Panel-Oberflächen der Sonnenenergie-Kraftwerke. Die manuelle Reinigung ist bei 30 Grad und bis zu 90 Prozent Luftfeuchtigkeit eine harte Arbeit. Aber wie kann eine wirkungsvolle und kostengünstige Alternative aussehen?

## MIKROFASER GEGEN MIKROSTAUB

Ein studentisches Projekt, von Prof. Dr. Anna Usbeck betreut, hat jetzt für den Zwei-Megawatt-Solarpark von Diamniadio, etwa 30 Kilometer Luftlinie östlich von Dakar gelegen, eine rein mechanische Reinigungslösung vorgeschlagen und evaluiert. „Um Gewinn zu erwirtschaften, muss diese Anlage mindestens einmal pro Woche vollständig gesäubert werden“, erläutert Melissa Ferrara, gelernte Fluggerätmechanikerin und Bachelor-Studentin im Fach Maschinenbau. „Bisher geschieht das ausschließlich in Handarbeit, mit auf lange Stöcke gewickelten Tüchern.“

Das bedeutet in der Praxis, dass die Reinigungskräfte unentwegt im Einsatz sein müssen: „Der Stock wird dann quasi geworfen, mit einem langen Hebelarm, auf sehr beschwerliche Weise, um den Staub wieder herauszubekommen. Es ist ein sehr feiner, hartnäckig haftender Staub.“ Eine wesentliche Erleichterung wäre bereits eine clever konstruierte Vorrichtung, die von Hand betrieben wird. Auf

**Fatima Lachheb erforscht die Leistung von Solarkraftwerken im Senegal. Im Rahmen eines Pro-Exzellenzia-Stipendiums arbeitet sie derzeit an der HAW Hamburg.**





komplexe mechatronische oder wartungsintensive Systeme sollte sie nicht angewiesen sein, aber den eigentlichen Wisch-Prozess deutlich effizienter machen als das schweißtreibende Abwedeln mit den meterlangen Stangen.

Ein solches Gerät steht nun vorführbereit in einem Keller von Haus D des HAW-Hamburg-Campus am Berliner Tor: ein mächtiger Rahmen aus Aluminium-Konstruktionsprofilen, fast siebeneinhalb Meter lang, knapp eineinhalb Meter breit. Gestützt ist das ganze Gerät auf acht kleine Fahrwerke mit Skateboard-Rollen. Auf ihnen kann es von Solarpanel zu Solarpanel rollen. Im rechten Winkel zur Fahrtrichtung, in Längsrichtung des Rahmens, bewegt sich dank eines Kurbelantriebs ein Fahrzeug mit rotierender Walze, versehen mit zahlreichen „Schwänzen“ aus Mikrofaserstuch. Sie sind es, die den Staub aufnehmen.

## SCHWEISSTREIBENDE ARBEIT

Ist ein Panel gefeudelt, was nach den Experimenten der Studierenden 11,5 Sekunden dauert, geht es in Querpassage auf das nächste. Von Reihe zu Reihe muss das Gerät dann umgehoben werden.

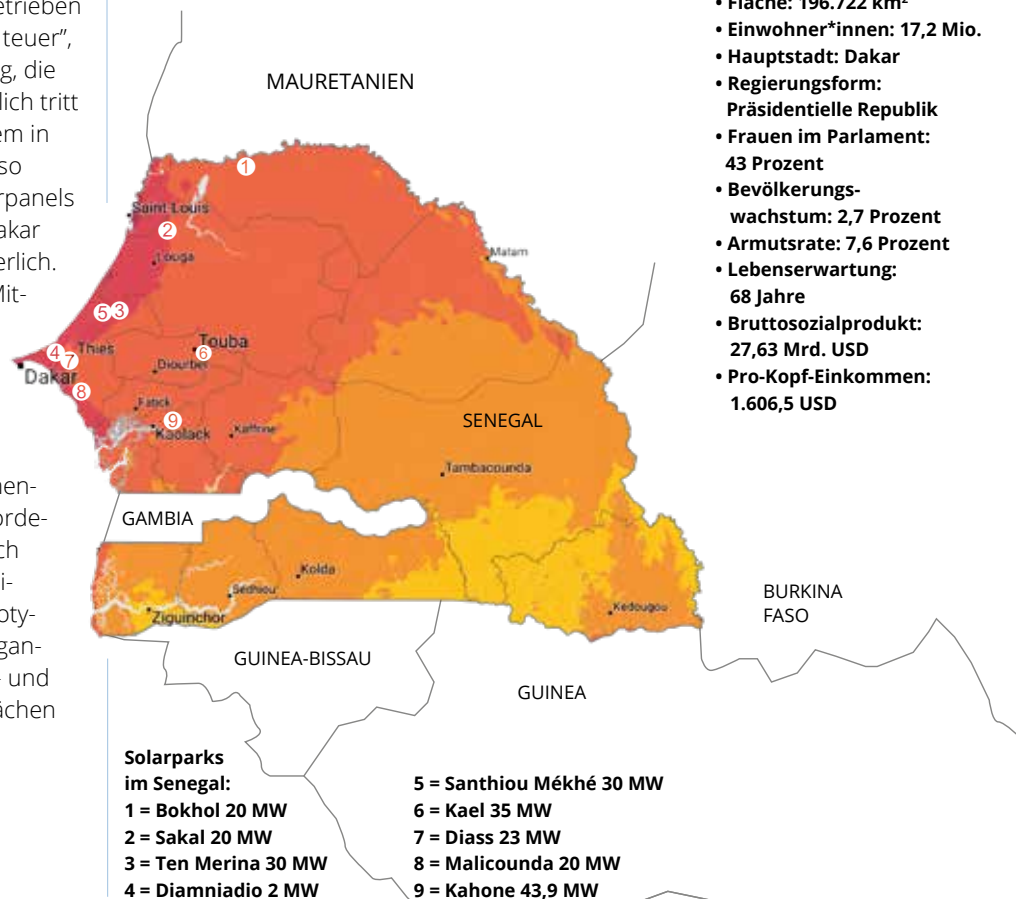
„Es hat keine elektrischen oder wartungsintensiven Komponenten“, sagt Ferrara, „aber statt von Hand kann es auch mit einem Akkuschauber angetrieben werden.“ „Elektronisch wäre kompliziert und teuer“, ergänzt Anna Usbeck. „Und auch eine Lösung, die Wasser verbraucht, wäre ungünstig.“ Schließlich tritt das Staub-Problem der Solaranlagen vor allem in der Trockenzeit auf. Der Fortschritt ist auch so beachtlich. Für die Reinigung der 6.960 Solarpanels des Diamniadio-Solarparks am Rande von Dakar sind rechnerisch 174 Arbeitsstunden erforderlich. Mit dem Reinigungssystem, das von einem Mitarbeitenden bedient werden kann, sind es nur noch 20.

Unmittelbarer Anlass für den Bau des rollenden Staubwedels war die Projektmanagement-Vorlesung des Bachelor-Studiengangs Mechatronik. Und für die Themenwahl gab es solide Vorarbeiten: Die Herausforderung „Solarpark-Reinigung“ war zuvor nämlich bereits Gegenstand dreier Master-Konstruktionsprojekte gewesen. Aus ihnen waren Prototypen unterschiedlicher Komplexität hervorgegangen. „Wir haben dann unter anderem Markt- und Patentanalysen gemacht, Stärken und Schwächen



**Besprechung am Prototypen im Keller von Haus D auf dem Campus am Berliner Tor.**

des Handkurbel-Entwurfs abgewogen und die genauen Anwendungsbedingungen im Senegal betrachtet“, sagt Melissa Ferrara. Dem Reiniger gab das Team den Namen SeneSet, gebildet aus den ersten beiden Silben des Landesnamens und dem Wort „set“ für „sauber“ in der verbreitetsten Umgangssprache des Senegal, Wolof. Unmittelbar für die Sauberkeit verantwortlich sind bei SeneSet besagte Mikrofaserstücher, auch das war ein Argument für die Auswahl dieses Vorentwurfes: „Andere Konstruktionen verwenden Bürsten“, sagt Ferrara, „aber wir denken, dass die Mikrofasern sicherstellen, dass keine Kratzer entstehen – aber auch daran arbeiten wir weiter, vielleicht lohnt auch eine Mischung aus Mikrofaserstüchern und anderen Materialien einen Optimierungsversuch.“ →



# „Der Senegal wird seine Ausbauziele bei regenerativer Energie erreichen.“

NDEYE KHADY DIOP DIENG,  
DOKTORANDIN, ECOLE SUPÉRIEURE POLYTECHNIQUE DE DAKAR



→ Für mehr Informationen zum Studiengang Mechatronik QR Code scannen

Und dann kommt es darauf an, langfristige Kooperationen im Senegal zu pflegen. Eine Partnerin ist dabei die Energie-Expertin Ndeye Khady Diop Dieng. Sie promoviert an der Ecole Supérieure Polytechnique in Dakar im Kontext des West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL).

## SENEGAL AUF KURS KLIMASCHUTZ

WASCAL ist eine Kooperation von zehn westafrikanischen Ländern und Deutschland, gefördert vom Bundesforschungsministerium. Derzeit erreicht man Dieng gut via Videokonferenz – die Zeitdifferenz zwischen Hamburg und Dakar beträgt nur zwei

Stunden – doch im März 2023 wird die Forscherin für ein halbes Jahr an der HAW Hamburg arbeiten. Ihr Forschungsgegenstand: die Stromnetze des Senegal und Westafrikas. Wie gut werden sie der Einspeisung einer wachsenden Menge regenerativ erzeugter Elektrizität gewachsen sein?

„Im Jahr 2020 wurden noch 73,3 Prozent des Stroms im Senegal aus fossilen Brennstoffen gewonnen. Jeweils rund elf Prozent Anteil haben bereits Wind und Photovoltaik, fünf Prozent sind Wasserkraft“, erläutert die Forscherin. Insbesondere Sonne und Wind hätten sich sehr dynamisch entwickelt, denn im Jahr 2017 betrug ihr gemeinsamer Anteil weniger als zehn Prozent. Und tatsächlich sei die Perspektive aufseiten der Energieproduktion wirklich günstig: „Es scheint inzwischen wahrscheinlich, dass das Etappenziel, im Jahr 2025 einen Anteil von 30 Prozent Erneuerbaren im Elektrizitäts-Mix zu haben, sogar vorzeitig erreicht wird.“ Die größere Herausforderung scheinen derzeit die Netze zu sein. Sie sind teilweise großräumig ausgelegt und über die Gren-

© Fotos: A. K. Usbeck



## Multiethnisch und tolerant

Weiter westlich liegt keine Hauptstadt Afrikas. Die zu Dakar gehörende Pointe des Almadies ist mit 17° 31' 48" W der äußerste Punkt des Kontinents. Senegal gehört zu den politisch stabilen Demokratien Westafrikas, die Wirtschaft ist die viertgrößte der Region. Bergbau, vor allem Phosphat und Eisenerz, Tourismus und Landwirtschaft, in der 80 Prozent der Menschen arbeiten, sind die wichtigsten Sektoren.

Senegal gehört zu den zehn größten Erdnussproduzenten der Welt. Das Land, das seinen Namen nach dem Senegal-Fluss trägt, wurde 1895 zu einer französischen Kolonie und erlangte am 20. August 1960 seine Unabhängigkeit. Französisch ist bis heute die Amtssprache, am häufigsten gesprochen wird aber Wolof, die Sprache der größten Bevölkerungsgruppe. Neben den vier Hauptethnien, die

zusammen 93 Prozent der 16,7 Millionen Einwohner\*innen ausmachen, gibt es mehrere indigene Völker. Das Land wurde im 11. Jahrhundert islamisch, fünf Prozent der Menschen sind aber katholisch und ein Prozent praktiziert Naturreligionen. Die Religionsfreiheit ist gesetzlich garantiert. Wie in vielen Staaten der Region ist die Landflucht eines der großen Probleme des Landes. ■



# Impressum



**Ndeye Khady Diop Dieng kommt für sechs Monate an die HAW Hamburg.**



**Anna Usbeck zusammen mit dem Team des SeneSet-Projektes.**

zen des Landes hinweg in einen westafrikanischen Hochspannungs-Netzverbund integriert, teilweise aber noch regional begrenzt. Auch beim Elektrifizierungsgrad des Landes gibt es ein großes Gefälle. In der Hauptstadtregion Dakar ist Strom für beinahe 97,4 Prozent der Einwohner verfügbar, in der südwestlichsten Provinz Kédougou nur für 38,1 Prozent. Ist es einfacher, Strom zu erzeugen, als ihn zu verteilen?

„Die Qualität der Versorgung ist eine entscheidende Herausforderung“, sagt Dieng, noch gebe es zeitweise Stromausfälle, andererseits aber auch ungenutzte Überschüsse. Allerdings sei deren Menge nach ihren Untersuchungen von 2019 auf 2020 bereits um mehr als 27 Prozent reduziert worden. Letztlich, so zeigt sich, wird es darauf ankommen, Netz und Stromproduktion aus- und umzubauen. Und das wiederum ist dieselbe Herausforderung, vor der auch ein hoch industrialisiertes Land wie Deutschland gegenwärtig steht.

Im Ingenieurwesen gibt es große Entwürfe, entscheidende Durchbrüche, weit ausgreifende Visionen. Und es gibt die kleinen, manchmal genial einfachen Ideen, die es braucht, damit die Visionen auf feste Fundamente gestellt werden können. Ist der Solarreiniger-Prototyp SeneSet einer davon? Die Studierenden werden es austesten, sagt Melissa Ferrara, sowohl das Gerät als auch den Businessplan ihres Projektes weiter vorantreiben und es hoffentlich bald auch in seinem potenziellen Einsatzgebiet erproben. Es braucht authentische Bedingungen: „Den Staub, der dort vom Himmel kommt, kann man nicht nachmachen“, sagt Anna Usbeck. „Man muss ihn erlebt haben.“ ■



→ Für mehr Informationen zum Maschinenbaustudium bitte den QR Code scannen

## Herausgeberin:

Fakultät Technik und Informatik der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW Hamburg)  
Berliner Tor 21 | 20099 Hamburg

## Verantwortlich:

Prof. Dr. Alexandra von Kameke,  
Prodekanin für Forschung  
an der Fakultät Technik und Informatik

## Chefredakteur:

Heinrich Großbongardt  
h.grossbongardt@aw-wa.com

## Redaktionsteam:

Andreas Beerlage, Daniel Hautmann,  
Tiziana Hiller, Margarita Ilieva,  
Jan Oliver Löffken, Silke Umbach

## Konzept und Gestaltung:

Art Works! Agentur für Kommunikation  
und Design UG, Hamburg | www.aw-wa.com  
Projektleitung: Imke Rieken

## Fotos:

Stefan Albrecht, Aker Offshore Wind/Dock90,  
HAW Hamburg, Yan Krukoc, TH Lübeck,  
Nina Laskowski, Anna K. Usbeck, Pieter Pan,  
pexels, pixabay

## Lektorat:

Isa Jacobi

## Auflage

2.000 Exemplare

## Papier:

Klimaneutral produziertes  
100% Recycling-Papier

## Kontakt:

Forschungsbüro der Fakultät  
Technik und Informatik  
Dr. Ariane Ament  
Telefon +49.40.428 75-8016  
KNOW-TI@haw-hamburg.de

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise nur mit  
vorheriger schriftlicher Genehmigung.

Erscheinung: November 2022

 **HAW  
HAMBURG**

[WWW.HAW-HAMBURG.DE](http://WWW.HAW-HAMBURG.DE)

# Forschungsprojekte

## MASCHINENBAU UND PRODUKTION

■ **CO<sub>2</sub>FREE** COoperation To Focus REnewable Energy Education

**LEITUNG:** Prof. Dr.-Ing. Anna Kerstin Usbeck

**MITTELGEBER:** DAAD

**LAUFZEIT:** 01.09.2022 – 31.12.2025

■ **CoKoMo2** Model for Conceptual Knowledge in Client-Server Applications

**LEITUNG:** Prof. Dr. Andreas Baumgart

**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Bildung und Forschung

**LAUFZEIT:** 01.10.2022 – 30.09.2024

■ **DADLN** Dynamik und adaptive Dekomposition lernender Netzwerke

**LEITUNG:** Prof. Dr. Sarah Hallerberg,

Prof. Dr. Ivo Nowak

**MITTELGEBER:** Forschungsvereinigung

Antriebstechnik e.V. (FVA); BMWK

**LAUFZEIT:** 01.04.2020 – 31.03.2023

■ **Digital Expert Noise** Digitales Expertensystem zur Analyse und Ursachenfindung geräusch-anregender Welligkeiten auf Zahnflanken

**LEITUNG:** Prof. Dr. Günther Gravel

**MITTELGEBER:** Forschungsvereinigung

Antriebstechnik e.V. (FVA); BMWK

**LAUFZEIT:** 01.01.2023 – 30.06.2025

### ■ Digital Twin Solar

Nachweis der Machbarkeit und Demonstration des Nutzens eines „Digitalen Zwilling“ im Bereich Batterie- und PV-Systemtechnik

**LEITUNG:** Prof. Dr. Sarah Hallerberg,

Prof. Dr. Martin Lapke, Prof. Dr. Stephan Schulz

**MITTELGEBER:** Bundesministerium für

Bildung und Forschung

**LAUFZEIT:** 01.05.2020 – 30.04.2023

■ **Multirotor-DfM** Wartungsfreundliches Design mit hoher Anlagenverfügbarkeit und minimierten Betriebskosten für Multirotor-Windenergieanlagen

**LEITUNG:** Prof. Peter Dalhoff (CC4E)

**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Bildung

und Forschung; Industrie

**LAUFZEIT:** 01.05.2021 – 31.01.2025

■ **iMath** Ein Intelligentes System zum Lernen von Mathematik

**LEITUNG:** Prof. Dr. Ivo Nowak

**MITTELGEBER:** Europäische Kommission

**LAUFZEIT:** 01.01.2022 – 30.06.2024

■ **ILLIDent** Intelligente Luftfahrttaugliche Identifikations-Technologien für die Supply Chain

**LEITUNG:** Prof. Dr. Randolph Isenberg

**MITTELGEBER:** Investitions- und Förderbank (IFB),

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

**LAUFZEIT:** 01.06.2021 – 31.05.2023

### ■ IsoSens

Entwicklung eines KI-basierten Sensors zur Bestimmung der isotopologischen Zusammensetzung von Treibhausgasen für die Erforschung klimatischer Prozesse

**LEITUNG:** Prof. Dr. Marcus Wolff

**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Umwelt,

Naturschutz und nukleare Sicherheit

**LAUFZEIT:** 01.01.2021 – 31.12.2023

### ■ Optiwellmess

Wirtschaftlich optimale Messstrategie zur Erkennung geräuschverursachender Welligkeiten

**LEITUNG:** Prof. Dr. Günther Gravel

**MITTELGEBER:** Forschungsvereinigung

Antriebstechnik e.V. (FVA)

**LAUFZEIT:** 01.11.2019 – 31.12.2022

### ■ PRAMECO

Practicing Mechanical Engineering Online

**LEITUNG:** Prof. Dr. Shahram Sheikhi (FTZ 3i)

**MITTELGEBER:** Europäische Kommission

**LAUFZEIT:** 01.06.2021 – 31.01.2023

### ■ Pfützenerkennung KI

KI-basierte Pfützenerkennung zur Navigation für Blinde am Beispiel des Shared Guide Dog 4.0

**LEITUNG:** Prof. Dr. Henner Gärtner

**MITTELGEBER:** Hamburgische Investitions- und

Förderbank (IFB), Europäischer Fonds für regionale

Entwicklung (EFRE)

**LAUFZEIT:** 01.05.2022 – 31.04.2023

### ■ ReuseDetect

Qualifizierung additiv gefertigter Bauteile durch

Quantifizierung des Frequenzspektrums

**LEITUNG:** Prof. Dr. Shahram Sheikhi (FTZ 3i)

**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Wirtschaft

und Klimaschutz

**LAUFZEIT:** 01.09.2022 – 31.08.2024

■ **StaTur** Prototyp eines Stacks aus tubulären Redox-Flow-Batteriezellen. Teilvorhaben: Entwicklung und

Systemintegration von Komponenten, Zellen und Stack

**LEITUNG:** Prof. Dr. Thorsten Struckmann

**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Wirtschaft

und Klimaschutz

**LAUFZEIT:** 01.12.2018 – 31.11.2022

■ **SODA** Lernbasierte Datenanalyse – Stochastik,

Optimierung, Dynamik und Approximation

**LEITUNG:** Prof. Dr. Sarah Hallerberg

**MITTELGEBER:** Hamburg – Behörde für Wissenschaft,

Forschung, Gleichstellung und Bezirke

**LAUFZEIT:** 01.07.2020 – 31.12.2023

### ■ TOxAR

Toxic Alarm with AR-Assistance Under Water

**LEITUNG:** Prof. Dr. Susanne Heise,

Prof. Dr. Stephan Schulz

**MITTELGEBER:** Bundesministerium für

Bildung und Forschung

**LAUFZEIT:** 01.03.2021 – 31.08.2023

■ **Tubulyze** Neuartige, Kostenreduktionen ermöglichende, Produktionsverfahren für eine tubuläre

PEM-Elektrolysezelle – Teilvorhaben: Zell-Entwicklung,

Systemintegration und Charakterisierung

**LEITUNG:** Prof. Dr. Thorsten Struckmann

**MITTELGEBER:** Bundesministerium für

Bildung und Forschung

**LAUFZEIT:** 01.01.2019 – 30.12.2022

■ **VAMOS** Entwicklung eines Online-Vanadium-Monitoring-Systems zur Bestimmung des Ladungs-

zustandes von Vanadium-Redox-Flow-Batterien

**LEITUNG:** Prof. Dr. Thorsten Struckmann

**MITTELGEBER:** Bundesministerium für

Wirtschaft und Klimaschutz

**LAUFZEIT:** 01.04.2021 – 30.09.2023

■ **VORAUSS\_PV** Entwicklung von Vorhersagealgorithmen für Ausfälle in komplexen leistungselektronischen Systemen in der Photovoltaik

**LEITUNG:** Prof. Dr. Sarah Hallerberg

**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Bildung

und Forschung

**LAUFZEIT:** 01.12.2019 – 30.06.2023

### ■ X-Zweiblatt Floating

Untersuchung schwimmender zweiblättriger 20-MW-Windenergieanlagen zum weiteren Ausbau

des Potenzials von Offshore-Windkraftanlagen

**LEITUNG:** Prof. Dr. Vera Schorbach (CC4E)

**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Bildung

und Forschung

**LAUFZEIT:** 01.03.2022 – 31.08.2023

## FAHRZEUG- UND FLUGZEUGBAU

### ■ AvaTur

Aerodynamik von verlustarmen Turbinenprofilen

**LEITUNG:** Prof. Dr. Rinie Akkermans

**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Bildung

und Forschung; Unternehmen

**LAUFZEIT:** 01.04.2019 – 31.03.2023

### ■ CATECO

Systemintegration aktiver Lärminderungsmaßnahmen für Flugzeuge in Propellerkonfiguration

**LEITUNG:** Prof. Dr. Kay Kochan

**MITTELGEBER:** Hamburgische Investitions- und

Förderbank (IFB)

**LAUFZEIT:** 01.07.2022 – 30.06.2024

■ **ePAXFLOW** Entwicklung und Nutzung einer intelligenten digitalen Passagierflussmessung vom

Flughafeneingang bis zum Erreichen des Fluggaststizes

**LEITUNG:** Prof. Dr. Gordon Konieczny (FTZ FAM)

**MITTELGEBER:** Hamburgische Investitions- und

Förderbank (IFB)

**LAUFZEIT:** 15.08.2021 – 14.08.2023

■ **ENTIRETY** Konzepte für eine komfortable und effiziente VIP-Flugzeugkabine

**LEITUNG:** Prof. Benedikt Plaumann (FuF)

**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Wirtschaft

und Klimaschutz

**LAUFZEIT:** 01.01.2023 – 31.07.2025

■ **FastRepair** Schnelle Auslegung von Reparaturen an carbonfaserverstärkten Bauteilen der zivilen

Luftfahrt (FastRepair)

**LEITUNG:** Prof. Dr.-Ing. Markus Linke

**MITTELGEBER:** Joachim Herz Stiftung

**LAUFZEIT:** 01.10.2019 – 30.04.2024

### ■ Fast-Repair-Design

Schnelle Auslegung und Zertifizierung von Reparaturen an carbonfaserverstärkten Bauteilen in der zivilen

Luftfahrt (Fast Design and Certification of Repairs of

Carbon Fibre Re-inforced Plastics in Civil Aviation)

**LEITUNG:** Prof. Dr. Markus Linke

**MITTELGEBER:** Joachim Herz Stiftung

**LAUFZEIT:** 01.10.2019 – 31.10.2024

### ■ HaMoNee

Hamburg/Hanoi Mobile Engineers

**LEITUNG:** Prof. Dr. Dirk Engel

**MITTELGEBER:** DAAD

**LAUFZEIT:** 01.01.2021 – 31.12.2024



# Forschungsprojekte



■ **JoinDT** Joining with predictable Damage Tolerance. Teilvorhaben: CrackJump – Verbesserte Schadens-toleranz von Klebeverbindungen durch Vorhersage des Einflusses von intralaminarem Ermüdungsris-swachstum in CFK-Fügepartnern  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Markus Linke  
**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz  
**LAUFZEIT:** 01.03.2020 – 31.08.2023

■ **MIWA** MBSE-basierte Integration & Variantenbil-dung von Wasserstoff-Kryodrucktanksystemen zukünftiger Flugzeugkonfigurationen  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Jutta Abulawi  
**MITTELGEBER:** FHH, Hamburgische Investitions- und Förderbank (IFB)  
**LAUFZEIT:** 01.07.2022 – 30.06.2024

■ **MULTIKABIN** Multifunktionaler Kabinenwand-aufbau für Flugzeugkabinen mit Aerogelkomponenten für effiziente Schall-, Wärme- und Feuchteisolation  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Wolfgang Gleine  
**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz  
**LAUFZEIT:** 01.09.2020 – 31.08.2023

■ **RE CAB** Holistische Untersuchungen zu ressourceneffizienten Kabinen  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Gordon Konieczny  
**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz  
**LAUFZEIT:** 01.07.2022 – 31.12.2024

## INFORMATIONEN- UND ELEKTROTECHNIK

■ **AG Mint (MintFit und Assessmentcenter)** Hamburg-Webportal Orientierung Mathematik zum Studieneinstieg – AG Mint-Hochschulen  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Karin Landenfeld  
**MITTELGEBER:** Hamburg – Behörde für Wissenschaft und Forschung  
**LAUFZEIT:** 01.09.2014 – 31.12.2023

■ **EDDY** Bereitstellung von HD-Kartendaten in einer Urban Dynamic Map  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Rasmus Rettig  
**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur  
**LAUFZEIT:** 01.11.2021 – 31.10.2024

■ **LimeS** Lithium-Ionen-Zellen zur Integration mit erweiterter Sensorik. Teilvorhaben: Sensorkommunikation, Impedanzspektroskopie und optische Sensorik  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Karl-Ragmar Riemschneider  
**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz  
**LAUFZEIT:** 01.06.2019 – 31.01.2023

■ **LISEP** Optische Ladezustandserfassung in Lithi-um-Ionen-Batterien durch Lichtleitung im Separator. Fahren im urbanen Raum zu optimieren. Maßnahmen zur Gewährleistung der Einflussnahme kommunaler Träger  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Karl-Ragmar Riemschneider  
**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz  
**LAUFZEIT:** 01.01.2022 – 31.12.2022

■ **Spinels** Spin structures in pure and rare earth doped thin ferrites  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Pavel Buczek  
**MITTELGEBER:** Deutsche Forschungsgemeinschaft  
**LAUFZEIT:** 01.04.2022 – 31.03.2025

■ **Speels** First principles theory of electron-magnon scattering and the spin polarized electron energy loss spectroscopy  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Pavel Buczek  
**MITTELGEBER:** Österreichische Akademie der Wissenschaften  
**LAUFZEIT:** 01.08.2021 – 31.07.2024

## INFORMATIK

■ **Ahoi-Digital „SmartOpenHamburg“** Ein multimodales Entscheidungsunterstützungs-system für die Metropolregion Hamburg  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Thomas Clemen  
**MITTELGEBER:** Behörde für Wissenschaft und Forschung, Hamburg  
**LAUFZEIT:** 01.11.2017 – 30.09.2023

■ **Ahoi-Digital sharing.city.college** Hamburg Graduate School for Data-Driven Participatory Smart Cities  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Thomas Schmidt  
**MITTELGEBER:** Behörde für Wissenschaft und Forschung, Hamburg  
**LAUFZEIT:** 01.03.2021 – 29.02.2024

■ **Ahoi-Digital „Network of Labs“** Privacy-Integrated design and Validation in the constrained IoT. Teilvorhaben: Eingebettete Sicherheit für Inhaltsprojekte  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Kai von Luck  
**MITTELGEBER:** Hamburg – Behörde für Wissen-schaft, Forschung, Gleichstellung und Bezirke  
**LAUFZEIT:** 01.11.2017 – 31.12.2022

■ **AuTag BeoFisch** Autonome Tauchroboter-gestützte Beobachtung von Fischeschwärmen  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Tim Tiedemann (FTZ SMSY)  
**MITTELGEBER:** Hamburg – Behörde für Wissen-schaft, Forschung, Gleichstellung und Bezirke  
**LAUFZEIT:** 01.04.2020 – 30.09.2023

■ **C-RAY4Edge** Cyber-physikalische Sicherheit mittels Radiometrie für den Edge  
**LEITUNG:** Prof. Thomas Schmidt  
**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Bildung und Forschung  
**LAUFZEIT:** 01.08.2020 – 31.7.2025

■ **DERECKA** The Development of Doctoral Educa-tion and Research Capacities of Kyrgyzstani Academia  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Marina Tropmann-Frick  
**MITTELGEBER:** Europäische Kommission  
**LAUFZEIT:** 15.01.2020 – 14.01.2023

■ **DIGECO** Digitalization of economic as an element of sustainable development of Ukraine and Tadjikistan  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Marina Tropmann-Frick  
**MITTELGEBER:** Europäische Kommission  
**LAUFZEIT:** 15.11.2020 – 14.11.2023

■ **ESIDA** Epidemiologische Überwachung von Infektionskrankheiten in Subsahara-Afrika  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Thomas Clemen  
**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Bildung und Forschung  
**LAUFZEIT:** 01.09.2020 – 28.02.2023

■ **HOPE** Untersuchung des Honey-pot-Effekts an (halb-)öffentlichen Ambient Displays in Langzeitfeldstudien  
**LEITUNG:** Dr. Susanne Draheim  
**MITTELGEBER:** Deutsche Forschungsgemeinschaft  
**LAUFZEIT:** 01.06.2021 – 31.05.2024

■ **i-Elfe** Innovationen in der Hochschullehre  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Markus Linke, Prof. Dr. Tim Tiedemann  
**MITTELGEBER:** Stifterverband  
**LAUFZEIT:** 01.01.2019 – 30.06.2023

■ **iLUM** Innovative Luftgestützte Urbane Mobilität  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Tim Tiedemann (FTZ SMSY)  
**MITTELGEBER:** Hamburger Behörde für Wissen-schaft, Forschung und Gleichstellung (BWFG)  
**LAUFZEIT:** 01.10.2020 – 31.12.2023

■ **MINTFIT** 4. Phase des MINTFIT-Test- und Lernangebots  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Axel Schmoltzki  
**MITTELGEBER:** Hamburger Behörde für Wissen-schaft, Forschung und Gleichstellung (BWFG)  
**LAUFZEIT:** 01.01.2021 – 31.12.2023

■ **PRIMEnet** Prädiktive Analyse von Routing und Verkehrsflüssen für ein intelligentes Netz-Management, Teilvorhaben: Skalierbare Werkzeuge zur intelligenten Netzanalyse  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Thomas Schmidt  
**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Bildung und Forschung  
**LAUFZEIT:** 15.08.2021 – 14.08.2024

■ **PIVOT** Privacy-Integrated design and Validation in the constrained IoT  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Thomas Schmidt  
**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Bildung und Forschung  
**LAUFZEIT:** 01.04.2021 – 31.03.2024

■ **PHiLiP** Automatisierte IoT-Testplattform  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Thomas Schmidt  
**MITTELGEBER:** Hamburger Behörde für Wissen-schaft, Forschung und Gleichstellung (BWFG)  
**LAUFZEIT:** 01.02.2022 – 31.01.2023

■ **RoLand** Robotik in der Landwirtschaft  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Tim Tiedemann (FTZ SMSY)  
**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft  
**LAUFZEIT:** 01.10.2021 – 30.09.2024

■ **SmartRecycling-UP** Entwicklung von Methoden zur automatischen Sortierung großstückiger Abfälle  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Tim Tiedemann (FTZ SMSY)  
**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)  
**LAUFZEIT:** 01.01.2021 – 31.12.2024

■ **VALIDAS\_at\_WP** Integration von Visual-Analytics- und Data-Science-Methoden in die Prozesse der Wirtschaftsprüfung  
**LEITUNG:** Prof. Dr. Marina Tropmann-Frick (FTZ SMSY)  
**MITTELGEBER:** Bundesministerium für Bildung und Forschung  
**LAUFZEIT:** 01.02.2021 – 31.01.2025

**N**

Neuen Studierenden sage ich gern: Sie haben eine kluge Wahl getroffen! Dem Flugzeugbau stehen spannende Zeiten bevor. Innovationen sind dringend gesucht. Die Chancen sind also groß – wer jetzt ein Studium beginnt, wird bei der Geburt einer neuen Flugzeug-Generation dabei sein. Denn von etwa 2035 an wird die Welt am Himmel zunehmend anders aussehen als heute. Für Ingenieurinnen und Ingenieure gibt es also viel zu tun. Emissionsarmes Fliegen, etwa mit Wasserstoff, zählt zu den wichtigsten Zielen.

Vergangenes Jahr bin ich an die HAW Hamburg gekommen, um die Professur für Flugzeugsysteme und angewandte Mechatronik zu vertreten. Flugzeugsysteme machen ein volles Drittel moderner Passagierflugzeuge aus, von der Avionik über Kraftstoff- bis hin zu elektrischen Energiesystemen. Die anderen zwei Drittel sind Flugzeugzelle, Antrieb und Kabine.

Warum haben wir heute viele Aufgaben bei den Flugzeugsystemen zu lösen? Welchen Beitrag kann die Mechatronik liefern? Das Audiosystem der Passagierkabine etwa ist Teil der Flugzeugsysteme. Und ein schönes Beispiel für ein mechatronisches System – es ließe sich womöglich nutzen, um ein wesentliches Problem zu lösen: Für Kurzstrecken sind moderne Propellertriebwerke der effizientere Antrieb als Strahltriebwerke. Propeller aber verursachen hohe tonale Lärmpegel in der Kabine. Mit „Active Noise Control“, künstlichem Gegenschall, könnten man sie reduzieren – umweltfreundlicheres Fliegen, ohne den Komfort zu mindern. Dies zum Beispiel ist ein Ziel in dem gerade gestarteten Forschungsprojekt Cateco mit Airbus und dem DLR.

Fragen der Mechatronik sind eines meiner Interessengebiete, besonders, seit ich mich in den USA damit befassen konnte. Im Rahmen meines Studiums an der Helmut-Schmidt-Universität ging ich für sieben Monate ans Dartmouth College nach New Hampshire. Es war einer der Höhepunkte meines Weges, der über eine 14-jährige Offizierslaufbahn und zehn Jahre in der Hamburger Luftfahrtindustrie zur Professur führte. Nach dem Abitur entschied ich mich, Maschinenbau zu studieren. Dafür hatte die Bundeswehr Bedarf. Der zeigte sich auf meinem weiteren Weg unter anderem durch den Beitrag bei der Erprobung eines neuen multifunktionalen

Transportfahrzeugs für die Soldatinnen und Soldaten, des GTK Boxer. Seinerzeit pendelte ich jede Woche nach Köln.

Der Ort, den ich am stärksten mit der Luftfahrt verbinde, aber ist Hamburg. Wichtigste Station war sicher meine Tätigkeit am Zentrum für Angewandte Luftfahrtforschung. Als ich dort anfang, war das ZAL TechCenter in Finkenwerder noch Baustelle. Und mein Büro einstweilen im Terminal 1 am Flughafen, mit Blick auf die Landebahn. Zunächst habe ich mich intensiv um den Aufbau des Akustiklabors gekümmert, das den Acoustic Flight Lab Demonstrator beherbergt. Es ist in Zusammenarbeit mit der HAW Hamburg und Airbus entstanden. Inhaltlich habe ich mich am ZAL mit meinem Team von fast

20 Ingenieur\*innen im Laufe der Zeit aber auch viel um elektronische Kabinensysteme und die Brennstoffzellentechnologie kümmern dürfen.

Die Idee, flüssigen Wasserstoff als Energieträger zu verwenden, ist immer wichtiger geworden. Hier durfte ich einen Beitrag zur Initiierung des Hydrogen Aviation Labs am Airport leisten. Wenn dieser

## „Wer jetzt ein Studium beginnt, wird bei der Geburt einer neuen Flugzeug-Generation dabei sein.“

Flugzeug-Boden-Demonstrator in naher Zukunft in seiner blauen Farbe am Flughafen Hamburg erstrahlt, kann man bei jeder Flugreise sehen, wie in Hamburg die Zukunft der Luftfahrt gestaltet wird!

Auf jeder meiner Stationen habe ich den Überblick über die Breite unseres Fachgebietes erweitern können. Das inspiriert, wenn ich Vorlesungen an der HAW Hamburg halte. Ein klar umrissenes Fach wie der Flugzeugbau hat motivierte Studierende, mit denen man das Interesse an der Luftfahrt teilen kann. Also versuche ich, Beispiele mit klarem Luftfahrtbezug auszuwählen – in Universitäts-Vorlesungen geht es oft abstrakter zu. Mir gefällt, dass wir bereits einen Frauenanteil von 25 Prozent bei der Einschreibung erreicht haben, und ich hoffe, dass wir ihn weiter steigern. Ich bin selbst Vater einer Tochter und wünsche mir, dass wir, wenn sie groß geworden ist, Parität in unseren technischen Berufen erreicht haben werden. Ich bin gut an der HAW Hamburg angekommen und habe im ersten Jahr bereits viel Freude an der Lehre gehabt. Nun steht intensive Aufbauarbeit in der Forschung an, die Ausgestaltung der Projekte, die Formierung des Teams – zu tun gibt es, wie gesagt, immer genug. ■



→ Prof. Dr.-Ing. Kay Kochan, Professor für Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau  
Tel. +49.40.428 75-7808  
kay.kochan@haw-hamburg.de



**Einer von uns**

**„In Hamburg wird  
die Zukunft der  
Luftfahrt gestaltet.“**



# Forschung schafft Zukunft.

---

WIR ENTWICKELN  
LÖSUNGEN FÜR DIE  
ENERGIEWENDE.



**EINBLICKE IN UNSERE  
FORSCHUNG**

Alles Wissenswerte auf  
[www.cc4e.de](http://www.cc4e.de)

**HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE  
WISSENSCHAFTEN HAMBURG**  
Competence Center für Erneuerbare  
Energien und EnergieEffizienz (CC4E)

---

Bild: © Isabela Pacini