



CUTEC News

Ausgabe 1 / August 2022



Editorial	2	CUTEC unterwegs: SummerSchool Brennstoffzellen und Batterien 2022 in Oldenburg	8
Innovationslabore für Wasserstofftechnologien CUTEC an drei von fünf Projekten beteiligt	3	IFAT-Messe: TU Clausthal zeigt Exponat auf dem Stand des BMBF.....	8
Wissenschaftliches Gesamtkonzept zum Reallabor südliches Emsland	5	Neues aus dem Vorstand.....	9
Bioraffinerie-Projekt zur Gewinnung von Rohstoffen aus Abwasser	7	Neues aus dem CUTEC Team	10
CUTEC-Mitarbeit in Richtlinienreihe VDI 4635 Power-to-X.....	8		

Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,

Diese Ausgabe der CUTEC News markiert zum einen ein Jubiläum zum anderen den Beginn einer neuen Phase.

Vor nunmehr 5 Jahren ist die ehemalige CUTEC GmbH als CUTEC Clausthaler Umwelttechnik Forschungszentrum in die TU Clausthal integriert worden. Der Transformationsprozess hat allen Beteiligten einiges abverlangt aber dank des breiten Engagements aller Mitarbeiter:innen im CUTEC und an der TU Clausthal ist dies sehr gut gelungen. Mit einer strategischen Ausrichtung, die besser denn je die aktuellen Themen der Zeit aufgreift und das CUTEC als wichtigen Teil der Circular Economy Universität Clausthal etabliert hat, ist das Zentrum ideal aufgestellt. Resilienz im Bereich der Rohstoffversorgung durch Recycling, die Energiewende und die dafür notwendigen Maßnahmen und die alle Bereiche zunehmend durchdringende Digitalisierung sind einige Kernaufgaben der Zukunft, der sich das CUTEC stellt.

Nach diesen ersten fünf Jahren innerhalb der TU Clausthal steht nun auch ein Wechsel in der Leitung des Zentrums an. Prof. Daniel Goldmann, der seit dem Übergang an die TU Clausthal den Vorsitz des Vorstandes innehatte gibt dieses Amt nun auf, da er ab Juli dieses Jahres die Aufgabe des Vizepräsidenten für Forschung, Transfer und Transformation der Universität übernommen hat. Ihm folgt als Vorsitzender Prof. Michael Fischlschweiger. Im Rahmen der Entwicklung der Governance-Strukturen an der TU Clausthal wird nun auch der Vorstand noch ein wenig breiter aufgestellt, um die Verzahnungen zu den vier Forschungsfeldern der TU optimal zu gestalten. Mehr dazu erfahren Sie auch in dieser Ausgabe der CUTEC News.

Die erfolgreiche Entwicklung des CUTEC Forschungszentrums ist nicht zuletzt dem großen Engagement der Abteilungsleiter geschuldet. Dies ist nun die Stelle, sich bei den ersten Mitarbeitern zu bedanken, die den Aufbau des CUTEC seinerzeit noch innerhalb der TU Clausthal vorangetrieben haben. Dr. Werner Siemers und Dr. Torsten Zeller scheiden altersbedingt aus. Mit Dr. Torsten Zeller geht ein höchst erfolgreicher Abteilungsleiter, der das CUTEC wie kaum jemand anderes geprägt hat. Seine Nachfolge tritt Dr. Andreas Sauter an, der im Zentrum ebenfalls seit langen aktiv ist. Anlässlich des Ausscheidens von Dr. Zeller finden Sie in dieser Ausgabe ebenfalls eine Würdigung.

Und nun zum Abschluss dieses speziellen Editorials ein paar persönliche Worte des scheidenden und des neuen Vorsitzenden unseres Zentrums.

Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann

Liebe Kolleginnen und Kollegen, Mitarbeitenden und Studierende,



die vielfältiger Weise die Forschung voranbringen und das Zentrum am Laufen halten: Es war mir eine Ehre und Freude, mit Ihnen gemeinsam die letzten 5 Jahre zu arbeiten und Erfolge zu feiern. Gehen Sie bitte davon aus, dass ich auch in meiner neuen Funktion für Sie immer Ansprechpartner sein werde.

Liebe Forschungs- und Geschäftspartner, werte Damen und Herren in den Ministerien auf Bundes- und Landesebene, die mit Forschungsmitteln die Arbeit unseres Zentrums erst ermöglicht haben: Ich möchte mich ebenfalls ganz herzlich für die gute Zusammenarbeit bedanken und hoffe, Sie halten dem CUTEC weiterhin die Treue und bleiben im Kontakt. Die Ergebnisse der Forschungstätigkeiten der Abteilungen sprechen ja für sich.

Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann

Liebe Kolleg:innen, Mitarbeitenden und Studierende,



ich freue mich auf meine neue Funktion als Vorsitzender und werde Sie bestmöglich unterstützen, um gemeinsam die Weiterentwicklung und Vernetzung des Forschungszentrums erfolgreich voranzutreiben.

Liebe Forschungs- und Geschäftspartner, sehr geehrte Damen und Herren in den Ministerien auf Bundes- und Landesebene: Auch ich möchte mich sehr herzlich bei Ihnen für Ihre bisherige Treue bedanken. In Zukunft werden uns vielfältige Veränderungsdynamiken, getrieben durch den Klimawandel, Ressourcenknappheit und der Digitalisierung vor neue Herausforderungen stellen. Das CUTEC wird dazu neue innovative Lösungen zur Gestaltung einer nachhaltig aufgestellten Produkt- und Energieversorgung generieren. Dabei hoffe ich auf Ihre Unterstützung und freue mich auf die Zusammenarbeit.

Prof. Dr. mont. Dr. rer. nat Michael Fischlschweiger

Innovationslabore für Wasserstofftechnologien CUTEC an drei von fünf Projekten beteiligt

Die Energieexperten sind sich einig: Grüner, also aus erneuerbarem Strom hergestellter Wasserstoff wird ein zentraler Baustein der Energiewende werden. Für die frühe Umsetzung von Wasserstofftechnologien ist Niedersachsen hervorragend aufgestellt: Hohe Erzeugungskapazitäten für erneuerbaren Strom, vorhandene Untergrundgasspeicher, die perspektivisch auch große Mengen an Wasserstoff über längere Zeiträume zwischenspeichern können, eine gut ausgebaute Infrastruktur inkl. der Binnen- und Seehäfen und die im Land ansässige Wirtschaft bieten vielfältige Optionen zur Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Nutzung von grünem Wasserstoff. Darüber hinaus kann Niedersachsen eine leistungsfähige und unter dem Dach des EFZN sehr gut vernetzte Wissenschaftslandschaft vorweisen. Alles in allem also eine einmalige Kombination von Faktoren, die Niedersachsen für eine nationale und internationale Vorreiterrolle beim Aufbau einer grünen Wasserstoffwirtschaft prädestinieren.

Das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur hatte daher Ende 2019 „Innovationslabore für Wasserstofftechnologien“ ausgeschrieben, um Vorhaben zu fördern, die entlang der Wertschöpfungskette von grünem Wasserstoff forschen. Während der zehnmonatigen Konzeptionsphase wurden die Forschungsansätze gemeinsam von wissenschaftlichen Einrichtungen und Praxispartnern ausgearbeitet. Im Februar 2021 erfolgte dann die Auswahl der fünf Verbünde für die dreijährige Umsetzungsphase.

Das CUTEC ist mit zwei Abteilungen an drei dieser Verbünde beteiligt. Dr. Lindermeir (Abteilung Chemische Energiesysteme) und Dr. zum Hingst (Abteilung Energiesystemintegration) freuen sich gemeinsam über diesen Erfolg: „Unsere Beteiligung an den ausgewählten Innovationslaboren zeigt, dass unsere thematische Ausrichtung auf die unterschiedlichen Aspekte der Wasserstoffwirtschaft zukunftsfähig ist und wir mit unserer Expertise einen signifikanten Beitrag zur Etablierung entsprechender Technologien leisten können“ sind sich die beiden einig.

Im Folgenden werden die drei Innovationslabore mit CUTEC-Beteiligung kurz vorgestellt.

H2-Wegweiser Niedersachsen

Der „H2-Wegweiser Niedersachsen“ untersucht, wie ein wasserstoffbasiertes Energiesystem der Zukunft in Niedersachsen konkret gestaltet werden kann, welche technischen Varianten vorteilhaft sind und welchen Einfluss rechtliche, ökologische und ökonomische Aspekte haben. Ziel ist es, eine geschlossene und ganzheitliche Methodik zur Konzeption und Bewertung von kombinierbaren Speicher-, Transport-, Konversions- und Nutzungsprozessen zu ermöglichen, die Unternehmen sowie öffentliche Entscheidungsträger bei Fragen zum H2-Rollout unterstützt.

Dazu werden die einzelnen Phasen der Wasserstoffkette durch Modellansätze auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen betrachtet und hinsichtlich der oben genannten Aspekte analysiert und bewertet. Das Vorhaben befasst sich dazu auf drei inhaltlichen Ebenen mit den unterschiedlichen Aspekten einer Wasserstoff-Wirtschaft: Die technische

Ebene beantwortet Fragen zur untertägigen Speicherung von Wasserstoff in Kavernen- und Porenspeichern sowie zur Konversion von Wasserstoff in Kohlenwasserstoffe und Ammoniak. In der sozioökologischen Ebene werden Umweltauswirkungen und ökologische Bewertungen durchgeführt. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Frage nach dem energiewirtschaftsrechtlichen Rahmen für Wasserstoffanlagen. Die Systemebene fasst dann die Ergebnisse zusammen, setzt diese mittels Szenarioanalysen in einen zeitlichen und räumlichen Kontext und zeigt auf, welche Geschäftsmodelle sowohl betriebswirtschaftlich tragfähig als auch ökologisch sinnvoll sind.

Bei allen Untersuchungen werden die besonderen Rahmenbedingungen, die Niedersachsen für eine Vorreiterrolle beim Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft prädestinieren, berücksichtigt und kann auf eine intensive Begleitung durch eine Vielzahl an industriellen Praxispartnern zurückgreifen.

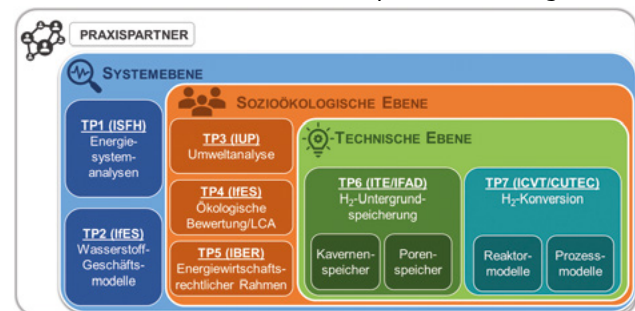


Abbildung 1: Projektstruktur und Teilprojekte (TP) des H₂-Wegweiser-Projektes (Bild: CUTEC)

Die Sprecherrolle des Innovationslabors liegt bei Dr. Andreas Lindermeir von der CUTEC-Abteilung Chemische Energiesysteme. Als Forschungspartner sind das Institut für Solarenergieforschung Hameln, zwei Institute der Leibniz Universität Hannover sowie insgesamt sechs Institute der TU Clausthal beteiligt. Inhaltlich ist die Abteilung „Chemische Energiesysteme“ im Teilprojekt 7 „Konversion - Prozessmodelle“ eingebunden und wird sich dort mit der Entwicklung eines flexiblen Simulationstools für die Konzeption, Analyse und Bewertung von Wasserstoff-Konversionsprozessen beschäftigen.

Innovationslabor Wasserelektrolyse (InnoEly)

Im zweiten Projekt mit CUTEC-Beteiligung, dem „Innovationslabor Wasserelektrolyse: Vom Material zum System“ (InnoEly), geht es um die Entwicklung von Charakterisierungs- und Modellierungswerkzeugen für Wasserelektrolyseure, die für die Optimierung von technischen Wasserelektrolyseuren als auch für die Systemdimensionierung und die Materialauswahl der Komponenten genutzt werden können. Betrachtet werden sowohl die PEM-Elektrolyse, die alkalische Elektrolyse als auch Hochtemperatur-Elektrolyseure. Der Praxisbezug wird durch die Einbindung einer Vielzahl an Praxispartnern aus Industrie, Gesellschaft und Politik sichergestellt.

In drei Teilprojekten werden unterschiedliche Aspekte zur Untersuchung und Beschreibung von Elektrolyseuren be-

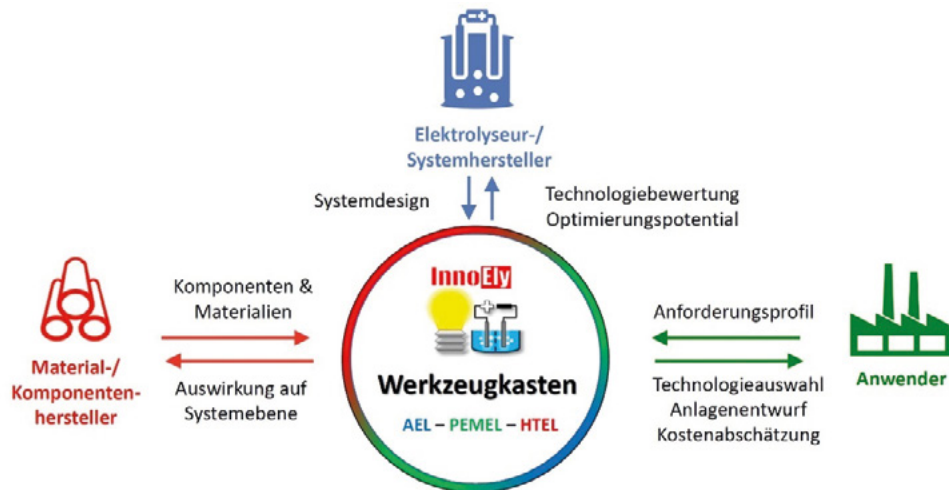


Abbildung 2: Struktur des InnoEly-Innovationslabors (Bild: InnoEly-Konsortium)

arbeitet: Teilprojekt 1 befasst sich mit der Modellierung, ausgehend von der Zellebene, über den Stack bis hin zum Gesamtsystem. Die aufeinander aufbauenden Modelle können zur Auslegung von Elektrolyse(teil)systemen, dem Technologievergleich und der techno-ökonomischen Analyse herangezogen werden. Im zweiten Teilprojekt liegt der Fokus auf der Charakterisierung von Einzelzellen. Die dort ermittelten Daten dienen dabei auch als Referenzwerte für die Validierung der entwickelten Modelle. Eingesetzt wird eine Vielzahl unterschiedlicher Messmethoden: Elektrochemische Messungen (Strom-Spannungs-Kennlinie, Impedanzspektroskopie, Cyclovoltammetrie, etc.) werden durch physikochemische (XRD, TEM, EDX, XPS, nCT) und konventionelle chemische Analysen (ICP-MS, IC) ergänzt. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung von harmonisierten Messprotokollen für alle drei Elektrolyse-technologien. Im dritten Teilprojekt werden innovative Ansätze zur Materialfunktionalisierung wie Ultrakurzpulslaser-Strukturierung, Ultraschallsprühen und (elektro-)chemische Nanostrukturierung untersucht. Hier liegt der Schwerpunkt auf der Elektroden- bzw. Katalysatoroptimierung für die alkalische Elektrolyse.

Das InnoEly-Projekt wird koordiniert vom Institut für Elektrische Energiesysteme (IfES) der LU Hannover. Neben dem CUTEC sind weitere Einrichtungen der TU Clausthal sowie Forschungspartner der LU Hannover, der TU Braunschweig, der Universität Oldenburg, das Institut für Solarenergieforschung Hameln und das DLR Institut für Vernetzte Energiesysteme aus Oldenburg beteiligt.

Im Vorhaben ist die CUTEC Abteilung Chemische Energiesysteme für die Modellierung auf Systemebene (Teilprojekt 1) verantwortlich. Dabei dienen die entwickelten Stackmodelle als Ausgangsbasis für die Systembeschreibung und werden um Hilfs- und Nebenkomponenten wie Pumpen, Kompressoren, Wasseraufbereitung und Wärmeübertrager erweitert.

Wasserstoffregion Nord-West-Niedersachsen (H2-ReNoWe).

Das Innovationslabor „Wasserstoffregion Nord-West-Niedersachsen“ erforscht, wie das Druckluftspeicherwerk Huntorf (Wesermarsch) mittelfristig in eine CO₂-vermeidende Betriebsweise überführt werden kann. Hierzu wird

das zusätzliche Wertschöpfungspotenzial durch Erzeugung und Nutzung von grünem Wasserstoff unter Verwendung von erneuerbarem Strom aus der Region untersucht. Das angestrebte Wasserstoff-Druckluftspeicherwerk soll dabei als Nukleus für eine Wasserstoffwirtschaft im Nordwesten Niedersachsens verankert werden.

Kraftwerkstechnisch behandelt das Innovationslabor vielseitige Fragestellungen hinsichtlich der Weiterentwicklung zu einem flexiblen, regenerativen Speicherwerk. Dazu gehören die Wasserstofferzeugung durch einen Elektrolyseur, die Wasserstoffspeicherung in einer Salzkaverne und die Wasserstoffverbrennung in den bestehenden Brennkammern. Anhand dieser Komponenten wird das Druckluftspeicherwerk Huntorf als Gesamtsystem modelliert und simuliert sowie bezogen auf parametrisierte Betriebs-szenarien analysiert. Die Betriebsszenarien werden anhand einer Netz- und Szenarien-Studie zur regionalen energie-technischen Infrastruktur entwickelt und geprüft. Die im Innovationslabor gewonnenen Ergebnisse zu Auslegung und Betrieb des Kraftwerks werden anschließend zur Konzeptionierung einer neuen Speicherwerkwerks-Generation auf Basis von Druckluft und Wasserstoff genutzt.

Das Vorhaben wird koordiniert vom DLR Institut für Vernetzte Energiesysteme (Oldenburg). Das CUTEC (Abteilung Energiesystemanalyse) ist in diesem Vorhaben in einem Arbeitspaket in Zusammenarbeit mit dem Institut für Elektrische Energietechnik und Energiesysteme der TU Clausthal beteiligt, welches sich mit der Bilanzierung der Stoff- und Energieströme im Wasserstoffsystem beschäftigt. Dies umfasst sowohl die energetische Evaluation der Peripherie wie z.B. der Verdichtungsprozesse der Fluide als auch die Erfassung von Fluidmengen wie z.B. der Wasserbedarf der Elektrolyse für den Betrieb am Standort bei verschiedenen Einsatzszenarien des Kraftwerks. (li)



Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Andreas Lindermeir
Abteilungsleiter
Chemische Energiesysteme

Kontakt:

Telefon: +49 5323 72-6131

E-Mail: andreas.lindermeir@cutec.de

Wissenschaftliches Gesamtkonzept zum Reallabor südliches Emsland

Konzept zur mittel- und langfristigen Sicherung des Industriestandorts Lingen durch Offshore-Windenergie gespeiste Regenerative Speicherkraftwerke und Sektorenkopplung Power to X

Die Energiewende mit dem Ziel, den Anteil der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien (EE) am Bruttostromverbrauch deutlich zu steigern, parallel dazu die Treibhausgasemission um 80–95% zu senken (bezogen auf das Jahr 1990) und den Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022 sowie den Ausstieg aus der Kohleverstromung zu realisieren, stellen die Akteure des Energieversorgungssystems vor umfangreiche Aufgaben. Diese bestehen zu einem wesentlichen Teil darin, neue Energietechnologien zur Bereitstellung von Elektrizität unter Minderung der CO₂-Emissionen einzubinden, dabei die Balance zwischen der nicht bedarfsgerechten Bereitstellung von Energie aus fluktuierenden, regenerativen Energien und dem Verbrauch zu halten sowie den Transport großer Energiemengen aus dem Norden Deutschlands zu den Ballungsgebieten bzw. der energieintensiven Industrie zu realisieren.

Das südliche Emsland, mit der Stadt Lingen und den umliegenden Gemeinden, weist einen besonderen wirtschaft-

lichen Schwerpunkt im Bereich der Energiewirtschaft auf. Dies betrifft sowohl den Bereich der Energieerzeugung mit leistungsstarker (2 GW) Netzanbindung im Netzknoten Hanekenfähr (z.B. Erdölförderung und Kraftwerke) und der Energieumwandlung (z.B. Raffinerien) als auch deren Zulieferer und Dienstleister. Zudem weist die Region eine Reihe von energieintensiven Betrieben (z.B. Elektro Stahlwerk) auf, die sich hier vor dem Hintergrund einer räumlich nahen und sicheren Energieversorgung angesiedelt und entwickelt haben.

Um die konventionelle Energieversorgung möglichst wirtschaftlich durch ein innovatives, auf regenerativen Energien basierendes nachhaltiges Energiesystem zu transformieren, sind vorrangig Standorte geeignet, die bereits über eine gut ausgebaute diesbezügliche Infrastruktur verfügen, sodass kostspielige Anbindungen an elektrische Netze, Gasnetze, Untergrundspeicher und industrielle Verbraucher mit hohen Verbrauchswerten minimiert werden

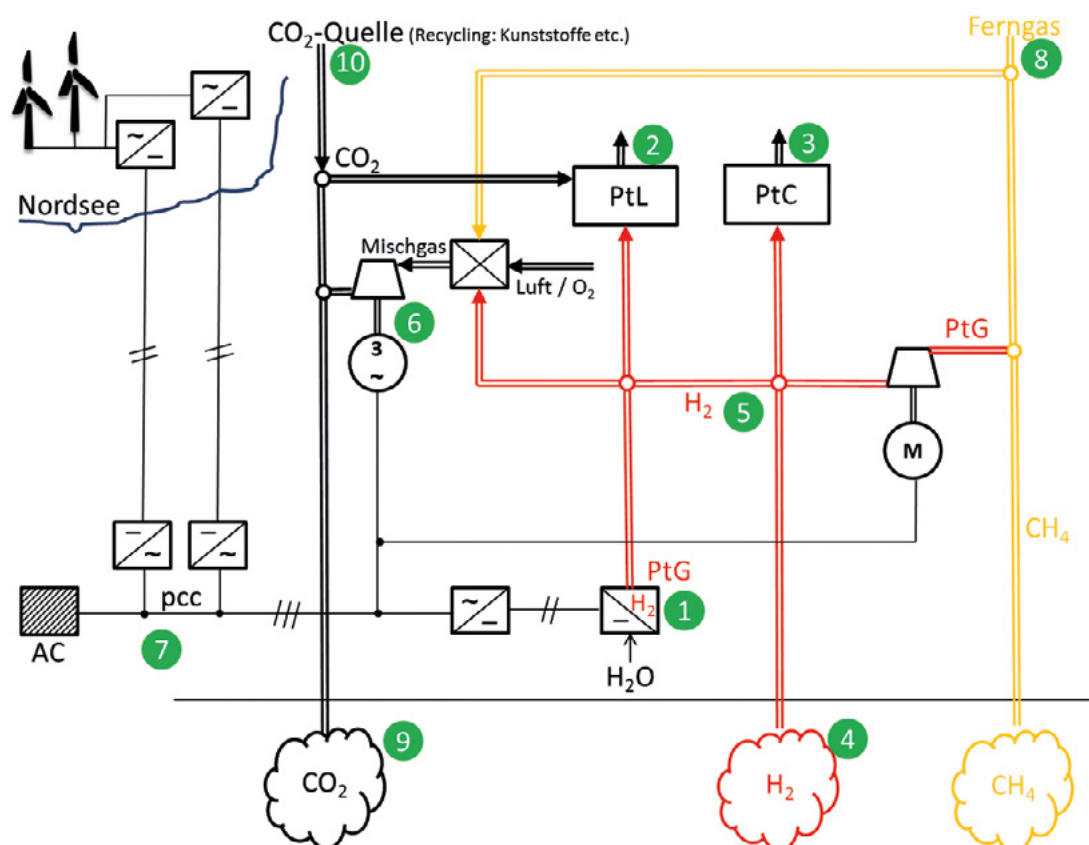


Abbildung 1: Wissenschaftliches Gesamtkonzept, Quelle: eigene Darstellung

können. Insbesondere die Verlagerung von zwei offshore HGÜ Knoten mit 2 GW Leistung von Cloppenburg nach Lingen/Hanekenfähr spielen in diesem Zusammenhang der Sektorenkopplung und möglicher regenerativer Speicherkraftwerke eine tragende Rolle, die unter den Stichworten Power-to-Gas/-Liquid und Wasserstoffwirtschaft zusammengefasst werden.

Vor diesem Hintergrund hat das CUTEC Forschungszentrum in einem gemeinsamen Projekt mit der Stadt Lingen und dem Landkreis Emsland ein wissenschaftliches Gesamtkonzept für den Standort Lingen erarbeitet. Die Ergebnisse dieses Projektes wurden jetzt mit dem Abschlussbericht an die Stadt Lingen und den Landkreis Emsland übergeben.

Im vorgeschlagenen wissenschaftlichen Gesamtkonzept wird dieser Ansatz eines regenerativen Speicherkraftwerks im Kern umgesetzt. Offshore-Windstrom aus der Nordsee gelangt über eine Hochspannungsgleichstromleitung (HGÜ) in die Region. Dort erfolgt die Ankopplung an das bestehende Drehstromnetz (in der folgenden Abbildung unter 7). Eine zentrale Elektrolyse (1) erzeugt aus Wasser mit Hilfe des Stromes Wasserstoff (und Sauerstoff). Der erzeugte Wasserstoff kann jetzt nach Bedarf für die verschiedenen Power to X-Technologien eingesetzt werden, die unter Einkopplung von CO₂ Flüssigtreibstoffe (2) oder in Kombination mit anderen Grundstoffen Chemierohstoffe herstellen (3). Dazu wird ein Wasserstoffnetz aufgebaut (5), welches die Verbraucher versorgt, die Anbindung an einen Untertagespeicher herstellt (4) und zusätzlich ein Speicherkraftwerk mit Brennstoff versorgen kann. Das Speicherkraftwerk (6) kann alternativ oder in Mischung mit Wasserstoff und/oder Erdgas betreiben werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Wasserstoff dem bestehenden Erdgasversorgungsnetz (8) beizumischen. Das für die Synthese notwendige CO₂ wird dabei aus Industrieprozessen oder anderen Quellen zur Verfügung gestellt (10) oder zwischengespeichert (9). Zur Komplettierung des Konzeptes kann die Abwärme der Elektrolyse für eine Quartiersversorgung mit Wärme genutzt werden.

Ziel der Aktivitäten am Standort soll es sein, tragfähige neue Nach-Nutzungskonzepte für konventionelle Kraftwerke sowie die stoffliche Versorgung der Industrie mittels Sektorenkopplung für den Energiestandort und Erdgasknotenpunkt südliches Emsland zu erarbeiten und umzusetzen.

Die intelligente Kopplung von HGÜ-Konvertern zur offshore Windenergieeinspeisung mit den Sektoren Erdgas, Wärme und Verkehr sowie flexiblen Kraftwerken und untertage Gasspeichern, führt zu einer neuen Kraftwerksgeneration mit der z.B. CO₂-freie Kernkraftwerke ersetzt werden können, um weiterhin die Versorgungssicherheit bei zunehmender fluktuierender regenerativer Einspeisung zu gewährleisten. Darüber hinaus ergibt sich dadurch auch eine Entlastung der elektrischen Netze durch den zuneh-

menden Energietransport über Gasnetze mit synthetischen CO₂-neutralen Energieträgern (CH₄, H₂), sodass deren Aus- und Neubau minimiert werden kann. Hier ergeben sich Möglichkeiten zur Bereitstellung von Wasserstoff in anderen Industrieregionen beispielsweise an Standorten der Stahlherstellung, wenn dort Prozesse auf dieses CO₂-freien Reduktionsmittel umgestellt werden. Durch die stoffliche Nutzung des Wasserstoffs ergeben sich damit auch Optionen zur Versorgung des Mobilitätssektors, entweder direkt über Wasserstofffahrzeuge oder über die Konversion zu synthetischen Treibstoffen. Das hierbei eingesetzte regenerativ Speicherkraftwerk erfüllt darüber hinaus noch weitere Funktionen zur Netz- und Frequenzstabilität.

Vor dem Hintergrund der oben dargestellten Randbedingungen am Standort Lingen und dem erarbeiteten Gesamtkonzept wurde vom CUTEC Forschungszentrum der TU Clausthal die Projektskizze „Begleitforschung zum Gesamtsystem des Reallabors Emsland“ (BEFORE) zum Ideenwettbewerb „Reallabore der Energiewende“ im Technologiefeld „Sektorkopplung und Wasserstofftechnologien“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie im Verbundprojekt „H₂-Region Emsland“ auf Basis einer Machbarkeitsstudie zum Abschätzen der Potentiale eines möglichen Gemeinschaftsprojekts am Standort Lingen erstellt und eingereicht. Im Rahmen des Reallabors Emsland waren weitere Industriepartner ebenfalls mit eigenen Projektskizzen vertreten, die im wirtschaftlichen Bereich angesiedelten waren.

Im Ergebnis der Ausschreibung zur Reallaborförderung kam lediglich eines dieser Umsetzungsprojekte in die nächste Phase der Antragsstellung. Eine Begleitforschung zum Gesamtsystem des Reallabors Emsland kam damit nicht zustande.

Auf Basis der im Rahmen der Erarbeitung des wissenschaftlichen Gesamtkonzeptes zum Reallabor südliches Emsland gewonnenen Erkenntnisse konnten weiterhin folgende Handlungsempfehlungen abgeleitet werden:

- Haupthindernis für einen wirtschaftlich tragfähigen Aufbau einer strukturell bedeutenden Elektrolysekapazität sind die hohen Strombezugskosten. Von Seiten der Politik wird eine Befreiung des aus regenerativen Quellen erzeugten Wasserstoffs von der EEG-Umlage und weiteren Entgelten vorgeschlagen, ist aber noch nicht umgesetzt worden. Dazu zählt auch die Harmonisierung innerhalb der EU inkl. der CO₂-Bepreisung.
- Zum Hochlaufen der Wasserstoffwirtschaft sind sowohl Maßnahmen der Investitionsförderung als auch Betriebskostenzuschüsse denkbar.
- Der regulatorische Rahmen und die Genehmigungspraxis müssen an die Anforderungen angepasst werden. (zh)



Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Jens zum Hingst
Abteilungsleiter
Energiesystemintegration

Kontakt:

Telefon: +49 5321 3816-8054

E-Mail: jens.zum.hingst@cutec.de

Bioraffinerie-Projekt zur Gewinnung von Rohstoffen aus Abwasser

Das Projekt KoalAplan wurde kürzlich vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energie des Landes Baden-Württemberg bewilligt, um bis ca. Mitte 2024 neue Wege der bioökonomischen Wertschöpfung aus Abwasser zu untersuchen. Fossile Rohstoffe und energieintensive Verfahren sollen durch neue Möglichkeiten der Rohstoffrückgewinnung ersetzt werden, um einen positiven Beitrag zur Klimaneutralität zu leisten.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT, Koordinator Prof. Harald Horn, Dr. Hille-Reichel), der Technischen Universität Clausthal (Prof. Sievers), des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB, Dr. Zibek), der Technischen Universität Hamburg (Prof. Gescher) und der Universität Stuttgart (Dr. Maurer) arbeiten gemeinsam mit Umwelttechnik Baden-Württemberg (UTBW, Dr. Zimmermann), der Landesagentur für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz, an einem Projekt zu neuen Prozessen der Abwasserreinigung, um kommunales Abwasser als Quelle für Ammoniumstickstoff, Wasserstoff und Bioplastik zu nutzen.

In einer klassischen Kläranlage wird der im Abwasser enthaltene Stickstoff biologisch abgebaut. Mikroorganismen wandeln die Stickstoffverbindungen zu gasförmigem Stickstoff um, der ungenutzt in die Atmosphäre entweicht. Hierfür benötigen die Mikroorganismen organischen Kohlenstoff, der entsprechend nicht mehr als Rohstoff zur Verfügung steht, sondern als CO₂ und Klärschlamm ausgetragen wird. Diese biologische Stickstoffentfernung soll nun umgangen werden. Gleichzeitig soll die Nutzung der organischen Fracht maximiert werden.

Das geplante Verfahrenskonzept aus chemischen, physi-

kalischen und biologischen Prozessschritten soll auf dem Lehr- und Forschungskärwerk der Universität Stuttgart umgesetzt und erprobt werden.

Ein Kernstück des gesamten Prozesses ist der Einsatz von Mikrosieben, um den partikulären organischen Kohlenstoff bereits nach der Vorklärung aus dem Abwasserstrom abzutrennen. Im Hauptstromverfahren wird der Ammoniumstickstoff in der Folge mittels Ionentauscher entfernt und so ein Produkt erzeugt, das als Düngemittel eingesetzt werden kann. Die abfiltrierten Feststoffe sowie der Primärschlamm werden im Nebenstromverfahren – der eigentlichen Bioraffinerie – durch saure Hydrolyse (Dunkelfermentation) zunächst in organische Säuren umgewandelt, dabei entstehen auch Biowasserstoff und CO₂. Das Hydrolysat wird anschließend filtriert und mittels mikrobieller Elektrolyse zu Wasserstoff (und wiederum CO₂) umgesetzt. Wasserstoff findet vielfältige Anwendung in der chemischen Industrie und gilt als zukünftiger Energieträger. Die Gasströme aus mikrobieller Elektrolyse und Dunkelfermentation werden in einer Machbarkeitsstudie in einem biotechnologischen Prozess für die Produktion wertvoller Chemikalien verwendet, dabei wird auch das enthaltene Kohlenstoffdioxid wieder fixiert.

Die Stoffströme, die u. a. Carbonsäuren enthalten, werden in einem Fermentationsverfahren zu Polyhydroxyalkanoaten (PHA), einem natürlichen Biopolymer, umgesetzt. Das Biopolymer soll als Ausgangsmaterial für biologisch abbaubare Verpackungsmaterialien dienen und persistente Kunststoffe aus fossilen Quellen ersetzen können.

Das Projekt wurde durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg als wichtiger Teil der Landesstrategie „Nachhaltige Bioökonomie für Baden-Württemberg“ ausgezeichnet. (si)

**Ansprechpartner:**

Prof. Dr.-Ing. Michael Sievers
Abteilungsleiter
Abwasserverfahrenstechnik

Kontakt:

Telefon: +49 5323 72-6243

E-Mail: michael.sievers@cutec.de

CUTEC-Mitarbeit in Richtlinienreihe VDI 4635 Power-to-X

Unter Power-to-X-Verfahren versteht man die Wandlung und Speicherung von regenerativer elektrischer Energie in einen gasförmigen, flüssigen oder festen Energieträger, in Wärme oder ein Produkt. Power-to-X-Verfahren sind damit ein unverzichtbares Werkzeug der Sektorenkopplung, da dadurch eine Defossilisierung auch solcher Sektoren ermöglicht wird, die nicht oder nur schwer einer direkten Elektrifizierung zugänglich sind. Beispiele hierfür sind der Flug-, Schiffs- und Schwerlastverkehr, aber auch die Stahlindustrie, Raffinerien oder die Grundstoffindustrie.

Je nach der bereitgestellten Energieform unterteilt man die Verfahren in Power-to-Gas, Power-to-Liquid, Power-to-Solid oder Power-to-Heat. Um für diese neuen Technologien ein einheitliches System zur Vergleichbarkeit bezüglich Mess- und Nachweismethoden und der Bezeichnung von Systemparametern bereitzustellen sowie Anwendern praktische Hinweise für die Planung und Auslegung von Anlagen zu geben, hat der VDI die Richtlinienreihe VDI 4635 Power-to-X ins Leben gerufen.

Die Richtlinienreihe ist als Baukastensystem mit verschiedenen Blättern konzipiert. Im Detail betrachtet werden u.a. Power-to-Heat-Verfahren, Wasserelektrolyse/Wasserstoffherzeugung, Methanisierung, CO₂-Abscheidung/-bereitstellung sowie der Synthese von flüssigen Kohlenwasserstoffen und Ammoniak. Ergänzt werden die einzelnen Technologie-Blätter durch übergeordnete Blätter, die sich mit systemischen Aspekten, Genehmigungs- und Sicherheitsfragen sowie allgemeinen Aspekten der Power-to-X-Verfahren befassen.

Bereits im April 2022 als Entwurf erschienen ist das Blatt 3.3 „Power-to-X-Methanisierung – Systemparameter und Messgrößen“ (Herausgeber: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)). Bis 31. Dezember 2022 können noch Einsprüche über das elektronische Einspruchportal eingereicht werden. Weitere Blätter werden vsl. noch in diesem Jahr als Entwurf veröffentlicht.

An dem gesamten Richtlinienausschuss sind mittlerweile über 100 Personen aus Forschungsinstituten, Universitäten, Anlagenbauern, Betreibern, Energieversorgungsunternehmen, Komponenten- und Anlagenherstellern beteiligt.

Dr. Andreas Lindermeir, CUTEC Abteilungsleiter Chemische Energiesysteme, ist stellvertretender Sprecher der Arbeitsgruppe „Power-to-Liquids/Flüssige Kohlenwasserstoffe“ und arbeitet darüber hinaus auch im übergeordneten Gremium „Power-to-X“ mit. „Die Mitarbeit in Normungs- und Richtliniengremien ist wichtig, um neue und innovative Technologien vergleichbar zu machen und potentiellen Entwicklern, Anlagenbauern und Betreibern eine Hilfestellung für die tägliche Projektarbeit zu geben“, so Dr. Lindermeir.

Interessenten können gerne ihren Wunsch zur Mitarbeit im Richtlinienausschuss Power-to-X bei der GEU (geu@vdi.de) bekunden. (li)

SummerSchool Brennstoffzellen und Batterien 2022 in Oldenburg

Bereits zum dreizehnten Mal veranstaltet das CUTEC die Niedersächsische SummerSchool „Brennstoffzellen und Batterien“. Im Rahmen der fünftägigen Veranstaltung berichten Expert:innen aus Wissenschaft und Industrie in Vorträgen und praktischen Übungen über Theorie, Komponentenentwicklung, Systemaufbau und Systemintegration in dem hochaktuellen Themenfeld der elektrochemischen Energiewandlung und -speicherung. Zielpublikum sind insbesondere Studierende im Haupt-/Masterstudium technischer und naturwissenschaftlicher Fachrichtungen.

Nach zweijähriger Corona-bedingter Pause findet die Veranstaltung dieses Jahr vom 19. bis 23. September in Oldenburg statt. Veranstalter ist das CUTEC Forschungszentrum in Kooperation mit dem Energie-Forschungszentrum Niedersachsen (EFZN). Diesjähriger Gastgeber und Mit-Veranstalter ist das DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme.

Weitere Infos und die Anmeldung finden Sie unter www.efzn.de/summerschool2022 (li)

IFAT-Messe: TU Clausthal zeigt Exponat auf dem Stand des BMBF

Die direkte Stromproduktion mittels elektroaktiver Mikroorganismen wird live auf der IFAT, der weltgrößten Messe für Abwasser und Abfall gezeigt. Hierzu wurde am CUTEC in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern ein Prototyp aufgebaut, der dem Aufbau der geplanten technischen Umsetzung im Projekt DEMO-BioBZ (www.demo-biobz.de) sehr nahe kommt.

Dieser Prototyp (s. Bild 1) beinhaltet neue Material- und Reaktorkonzeptentwicklungen, u.a. Kompositmaterialien für Elektroden, die Zu- und Abluft- sowie Stromleitungsführung über eine drehende Welle, aber auch Antifouling- und Antiscaling-Strategien für langlebigen Einsatz.

Messeeteilnehmer sind herzlich eingeladen, uns auf dem Stand 6 des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zu besuchen. (si)



Neues aus dem Vorstand

Am 27. 05.2022 fand eine Mitgliederversammlung des CUTEC statt, aus deren Mitte die professoralen Mitglieder des Vorstandes gewählt worden sind.

Hierbei wurden Frau Prof. Christine Minke und Herr Prof. Andreas Rausch in den Vorstand gewählt. Den neben Herrn Prof. Goldmann auch Herr Prof. Wesling verlässt. Mit Herrn Prof. Beck, Herrn Prof. Fischlschweiger, Frau Prof. Fittschen und Herr Prof. Turek verbleiben vier Mitglieder aus der vorherigen Legislaturperiode.

Am 15. Juni wählten die Mitarbeitenden des CUTEC ihre Vertreter – Frau Kiefer wurde für die Gruppe Technik und

Verwaltung wiedergewählt. Aus der Gruppe der wissenschaftlichen Mitarbeitenden wurde Herr Hochstädt gewählt.

Am 17. Juni wurde der neue Vorstand konstituiert und Herr Prof. Fischlschweiger zum Vorstandsvorsitzenden gewählt.

Wir bedanken uns bei dem alten Vorstand für sein Engagement und wünschen den scheidenden Mitgliedern alles Gute. Wir begrüßen die neuen Mitglieder ganz herzlich und freuen uns auf die nächsten drei Jahre mit dem neuen Gremium. (en)



Der neue Vorstandsvorsitzende Prof. Dr. mont. Dr. rer. nat. Michael Fischlschweiger, Institut für Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik und Energieeffiziente Stoffbehandlung



Prof. Dr.-Ing. Christine Minke, Institut für Aufbereitung, Recycling und Kreislaufwirtschaftssysteme, Professur für Kreislaufwirtschaftssysteme



Prof. Dr. Andreas Rausch, Institute for Software and Systems Engineering



M. Sc. Daniel Hochstädt, Mitarbeitervertreter für die Gruppe der Wissenschaftler, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Ressourcentechnik und -systeme

Neues aus dem CUTEC-Team

Abschied von Dr. rer. nat. Torsten Zeller aus dem CUTEC Forschungszentrum



Am 31.03.2022 verabschiedete sich Herr Dr. rer. nat. Torsten Zeller nach mehr als 30 Jahren Tätigkeit am CUTEC Forschungszentrum. Herr Dr. Zeller war seit Gründung der Clausthaler Umwelttechnik Instituts GmbH am 01.11.1989 mit dabei und prägte von Beginn an sowohl den wissenschaftlichen wie auch den zwischenmenschlichen Stil an der CUTEC sehr stark mit.

Zunächst standen bei Herrn Dr. Zeller Tätigkeiten und Fragestellungen zur Gefährdungsabschätzung und Erkundungen von Altablagerungen und Altlasten im Vordergrund. Das erste Projekt der CUTEC wurde von Herrn Dr. Zeller eingeworben und bearbeitet. Es hatte zum Inhalt die Gefährdungsabschätzung von Schlammgruben der Erdölindustrie im Auftrag des Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung e. V. (WEG)

Im Jahr 2008 hat der Wissenschaftliche Beirat der CUTEC Instituts GmbH auf Initiative von Herrn Dr. Zeller der Gründung des Clusters Nachhaltigkeitsmanagement (CNM) zugestimmt, dessen Leitung er übernahm. Das CNM war zunächst als eine abteilungsübergreifende Organisationseinheit angelegt. Es sollte Querschnittsfelder wie die Technikbewertung, die ökologischen und ökonomischen Bewertungen sowie bereits die Nachhaltigkeit von Stoffkreisläufen und Ressourceneffizienz für die operativen Abteilungen abdecken. Zusätzlich wurde das CNM auch selbst mit der Einwerbung von Drittmitteln erfolgreich aktiv. Und so konnte im Jahr 2009 das BMBF Vorhaben „Entzinkung von Stahlschrotten“ im Rahmen der r2-Bekanntmachung „Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – rohstoffintensive Produktionsprozesse“ durch das CNM eingeworben werden. Dieses Projekt wurde im Jahr 2012 mit dem „Deutschen Rohstoffeffizienzpreis“, vergeben vom Bundesministerium für Wirtschaft, seinerzeit noch BMWi, ausgezeichnet.

Im Jahr 2014 wurde aus dem abteilungsübergreifenden Cluster zunächst eine operative Abteilung Metallrecycling. Durch konsequente initiative Entwicklung des Leistungsportfolios erfolgte dann der Ausbau zur Abteilung Ressourcentechnik und -systeme (RTS) welche heute unter dem Dach der TU Clausthal eine tragende Säule des CUTEC Forschungszentrums ist. Herr Dr. Zeller hatte dabei kontinuierlich die Abteilungsleitung inne. Unter seiner Leitung wuchs die Abteilung kontinuierlich von zunächst 3 auf 17 Mitarbeiter an. Um die Abteilung zukunftssicher aufzustellen hat Herr Dr. Zeller die zukunftsweisenden Arbeitsgruppen Stoffströme, Digitalisierung/Automatisierung und Recycling in der Abteilung etabliert.

Von 1998 bis 2014 war Herr Dr. Zeller zudem als Betriebsratsvorsitzender der CUTEC „nebenbei“ tätig. In dieser Funktion hatte er immer ein offenes Ohr für die Belange seiner Kollegen.

Den Übergang des Forschungszentrums von der GmbH in eine Organisationseinheit der TU Clausthal im Jahre 2017 gestaltete Herr Dr. Zeller maßgeblich mit und trug zu einer gelungenen Integration in die Hochschule bei. Dabei engagierte er sich auch in besonderem Maße durch die vorübergehende Übernahme der Geschäftsstellenleitung vom 1.1.2020 bis zum 31.3.2021 nach Ausscheiden des letzten und vor Einstellung der nachfolgenden Geschäftsstellenleitung zusätzlich zu seiner Aufgabe als Abteilungsleiter. In diese Zeit fiel die finale Konsolidierung im personellen und finanziellen Bereich. In den beiden letzten Jahren seines Wirkens hat Herr Dr. Zeller mit seinem Team das Vorhaben „Industrielle Demontage von Batteriemodulen und E-Motoren zur Sicherung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe für die E-Mobilität (DEMOBAT)“ eingeworben. Das Vorhaben wurde/wird vom Umweltministerium Baden-Württemberg in Höhe von rund 5 Millionen Euro über dreieinhalb Jahre gefördert. Es spricht also für die herausragende Qualität und Einsatzbereitschaft von Herrn Dr. Zeller und der von ihm aufgebauten Abteilung RTS, die es ermöglichten, ein Vorhaben dieser Größenordnung einzuwerben.

Der Weggang von Herrn Dr. Zeller hat eine Lücke hinterlassen, die nur schwer zu füllen sein wird. Wir danken Herrn Dr. Zeller an dieser Stelle nochmals für sein immerwährendes Engagement sowohl im wissenschaftlichen wie auch im persönlichen Bereich für die Belange seiner Kollegen und wünschen Ihm für seinen weiteren Lebensweg nur das Beste.

Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann
Vorsitzender des Vorstands des
CUTEC Forschungszentrums bis zum 30.06.2022

Dr.-Ing. Andreas Sauter
Abteilungsleiter der Abteilung RTS seit 01.04.2022

Neue Abteilungsleitung der Abteilung RTS



Ganz im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung, der sich die Abteilung RTS seit jeher verschrieben hat, hat Herr Dr.-Ing. Andreas Sauter, als langjähriger Stellvertreter zum 1. April die Abteilungsleitung von Herrn Dr. Zeller übernommen. Wir freuen uns, mit ihm einen erfahrenen Kollegen an dieser

Stelle zu haben und wünschen ihm für die neuen Herausforderungen alles Gute.

Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann
Vorsitzender des Vorstands des
CUTEC Forschungszentrums bis zum 30.06.2022

Prof. Dr. mont. Dr. rer. nat. Michael Fischlschweiger
Vorsitzender des Vorstands des
CUTEC Forschungszentrums seit 01.07.2022



Seit dem 01.07.21 verstärkt Herr B.Sc. David Härter als wissenschaftlicher Mitarbeiter das CUTEC-Team in der Abteilung Chemische Energiesysteme.

Herr Härter hat sein Bachelorstudium in Physik an der TU Darmstadt durchgeführt. Seine Bachelorarbeit fertigte er im Bereich der Laserphysik an. Nach dem Bachelorstudium

wechselte Herr Härter an die TU Clausthal für den Master in Energie- und Materialphysik. Während dieses Studiums arbeitete er bereits mehrere Jahre als studentische Hilfskraft in der CUTEC-Abteilung „Chemische Energiesysteme“ im Bereich des Umbaus und Betriebs von verschiedenen Versuchsanlagen. Im Anschluss an diese Tätigkeit fertigte er dort auch seine Masterarbeit zum Thema „Validierung eines kinetischen Modells für Hochtemperaturelektrolyse Zellen“ an.

Seit dem 01.07.21 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter für das Projekt „Innovationslabor Wasserelektrolyse (InnoEly)“ im Rahmen der „Innovationslabore für Wasserstofftechnologien“ (siehe auch Beitrag auf Seite 3) angestellt. Er befasst sich mit der Simulation der Systemkomponenten für die drei im Projekt betrachteten Elektrolyseverfahren: Alkalische Elektrolyse, Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyse und Festoxid-Elektrolyse. Ziel des Projektes ist die Erstellung eines auf Simulationen und experimentellen Untersuchungen basierenden Werkzeugkastens um einen Vergleich der Technologien zu ermöglichen sowie Optimierungspotentiale zu erkennen.

Wir freuen uns auf eine erfolgreiche Zusammenarbeit! (li)

Abschied in den Ruhestand



Am 31.03.2022 wurde Gerd Böhmert in den wohlverdienten Ruhestand verabschiedet. Nach mehr als 32 Jahren im Dienst der TU Clausthal, dann CUTEC Institut GmbH bzw. später wieder TU Clausthal/CUTEC Forschungszentrum tauscht Herr Böhmert den Werkzeugkoffer gegen den Reisekoffer.

Angestellt als technischer Mitarbeiter in der Abteilung Abwasserfahrenstechnik hat er seine wissenschaftlichen Kolleg:innen unterstützt, um schnell und effizient Versuchsanlagen aufzubauen. Dabei war er nicht nur handwerklich tätig, sondern auch planerisch. Seine Kolleg:innen profitierten regelmäßig von seinem technischen Verständnis und seinen pragmatischen Lösungen, stets im Dienste der Wissenschaft. So kam es, dass mehrere Containeranlagen in seiner Laufzeit aufgebaut wurden, u.a. eine Anlage zur Hafenschlickentwässerung, eine zur Deponiesickerwasseraufbereitung oder eine Pilotanlage zur mikrobiellen Brennstoffzelle. (ha)

Von seinen Kolleg:innen wurde Herr Böhmert auch wegen seiner positiven Ausstrahlung geschätzt, mit einem offenen Ohr für die Belange der Kolleg:innen war er innerhalb und außerhalb der Abteilung ein beliebter Kollege.

Das gesamte Team des CUTEC Forschungszentrums wünscht Herrn Böhmert alles Gute, vor allem Gesundheit, für den Ruhestand!



Herr Lucas Spiehl ist seit April 2022 als technischer Mitarbeiter in der Abteilung Ressourcentechnik und -systeme tätig. Nach seinem Schulabschluss machte Herr Spiehl eine erfolgreich abgeschlossene Ausbildung zum Feinwerkmechaniker in der Fachrichtung Maschinenbau am Institut für Tribologie und Energieumwandlungsmaschinen der TU Clausthal.

Nach Abschluss der Ausbildung wechselte er zum CUTEC Forschungszentrum. Herr Spiehl wird die Arbeitsgruppe Digitalisierung und Automatisierung verstärken und schwerpunktmäßig im Vorhaben „Industrielle Demontage von Batteriemodulen und E-Motoren zur Sicherung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe für die E-Mobilität (DEMOBAT)“ tätig sein. Wir wünschen ihm viel Erfolg und freuen uns über die Unterstützung. (as)



Seit dem 1. August 2021 ist Herr Manuel Nielinger als technischer Mitarbeiter am CUTEC Forschungszentrum tätig. Herr Nielinger hat seine Ausbildung zum Feinwerkmechaniker an der TU Clausthal am Institut Physik und Physikalische Technologien absolviert.

Nach seiner Ausbildung war Herr Nielinger zunächst in St. Andreasberg und in Bad Lauterberg bei den Firmen Eckhold GmbH und Kuhlmann tätig, bevor es ihn ins Ruhrgebiet zog. Dort war er fast 10 Jahre am Universitätsklinikum Essen in der Arbeitsgruppe Radiochemie tätig. Bei dieser Tätigkeit war es Teil seines Aufgabefeldes nach Freihandzeichnungen Phantome anzufertigen.

Herr Nielinger ist der Abteilung Ressourcentechnik und -systeme (RTS) zugeordnet und bringt seine Fähigkeiten seit fast einem Jahr in das Vorhaben DEMOBAT mit ein. Eine seiner vielfältigen Aufgaben ist die Anfertigung von 3-D Drucken mit den abteilungseigenen Kunststoff- und Metalldruckern. Herr Nielinger ist seit August 2021 eine Bereicherung für die Abteilung RTS und wir freuen uns ihn im Team zu haben. (as)



Weitere CUTEC-Investitionen in die Zukunft: Zwei unserer vier Azubis die zu Feinwerkmechanikern oder Elektroniker für Betriebstechnik ausgebildet werden – damit auch in den nächsten Jahren Ideen aufgebaut, zusammenschraubt und installiert werden können.

Impressum

Autoren: C. Engelhardt, M.A. (en), Dipl.-Ing. D. Haupt (ha), Dr.-Ing. A. Lindemeir (li), Dr. A. Sauter (as), Prof. Dr.-Ing. Sievers (si), Dr.-Ing. J. zum Hingst (zh)

Herstellung und Bezug: CUTEC Forschungszentrum der TU Clausthal · Leibnizstraße 23 · 38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323 72-6124 · Fax: 05323 72-6100 · E-Mail: cutec@cutec.de · Internet: www.cutec.de

Vorstandsvorsitzender: Prof. Dr. mont. Dr. rer. nat. Michael Fischlschweiger; **Geschäftsstellenleiterin:** C. Engelhardt, M. A.;

Layout und Satz: M. Exner, F. Ottow