

ENERGYNEWS

Newsletter des KIT-Zentrums Energie

Ausgabe 1|2011



Europäische
Erfolgsgeschichte:
KIC InnoEnergy

Vom Stroh
zum Kraftstoff:
Richtfest bei bioliq®

Intelligent eingesetzt:
Kraft-Wärme-Kopplung

Inhalt

3	Editorial
4	KIC InnoEnergy – Auf dem Weg zu einem nachhaltigen europäischen Energiesystem
6	Vom Stroh zum maßgeschneiderten Kraftstoff: bioliq® feiert Richtfest
8	Kooperation mit Queensland University of Technology
9	Energiekongress in Sharjah
10	Weniger Rußpartikel aus direkteinspritzenden Motoren
12	Biokohle aus Biomasse
14	Wasserstoffspeicherung ohne Verluste
16	Intelligent eingesetzte Kraft-Wärme-Kopplung
18	Erfolgreicher Test: Stromzuführungen für Wendelstein 7-X
20	Fundierte Informationen zu Fukushima
22	Lebensweg von Energieszenarien

Impressum

Herausgeber: KIT-Zentrum Energie

Redaktion: Dr. Sibylle Orgeldinger

Koordination: Dr. Wolfgang Breh (wolfgang.breh@kit.edu)

Gestaltung, Layout: Wilfrid Schroeder, Bernd Königsamen, Eva Geiger, Heike Gerstner

Druck: Karl Elser Druck GmbH, Mühlacker

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Universität des Landes Baden-Württemberg und
nationales Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft

Campus Nord
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Campus Süd
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe

KIT-Zentrum Energie, Geschäftsstelle
Telefon +49 721 608-25540

Juli 2011

Titelfoto: Hoher Komfort bei geringem Energieverbrauch stand im Fokus der Modernisierung des KfW-Haupthauses in Frankfurt. Über ein bewegliches Fassadensystem können die Nutzer Solareintrag und Tageslicht raumweise regeln. Verantwortlich für die wissenschaftliche Begleitung dieses vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten EnOB-Demonstrationsprojekts mit zweijährigem Monitoring war das Fachgebiet Bauphysik und Technischer Ausbau (fbta) des KIT.

Foto: Carsten Costard

Editorial



Dr. Peter Fritz



Professor Dr. Hans-Jörg Bauer

Die jüngsten tragischen Ereignisse in Japan haben die gesellschaftliche und politische Diskussion um die zukünftige Energieversorgung in hohem Maße intensiviert. Speziell in Deutschland hat sich der Ruf nach einem forcierten Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energiequellen zur kurzfristigen Substitution von nuklearen Energieträgern und zur mittel- und langfristigen Substitution der fossilen Energieerzeugung verstärkt.

Jedoch werden in der öffentlichen Debatte entscheidende Aspekte des Energiesystems, wie die Wirtschaftlichkeit und die Versorgungssicherheit, unter dem Eindruck der Ereignisse momentan oft nicht ausreichend berücksichtigt. Andererseits zeigen uns aber gerade diese Geschehnisse sowie die häufig von Partikularinteressen geprägte Diskussion auch die Komplexität des nationalen, europäischen und globalen Energiesystems auf. Darüber hinaus wird deutlich, dass einfache Lösungen für die herausfordernde Aufgabe der Sicherstellung einer nachhaltigen Energieversorgung entgegen dem allgemeinen Wunsch leider nicht existieren.

Deshalb ist es dringend erforderlich, stattdessen auf gesicherten Erkenntnissen und objektiven wissenschaftlichen Methoden basierende Antworten zu finden. Hier will das Karlsruher Institut für Technologie mit seinen über 2 000 Mitarbeitern in den KIT-Zentren Energie, Klima und Umwelt sowie dem KIT-Schwerpunkt Mensch und Technik entscheidende Beiträge leisten.

Dr. Peter Fritz,
Vizepräsident für Forschung
und Innovation des KIT

Professor Dr. Hans-Jörg Bauer,
Wissenschaftlicher Sprecher des
KIT-Zentrums Energie

KIC InnoEnergy – Auf dem Weg zu einem nachhaltigen europäischen Energiesystem

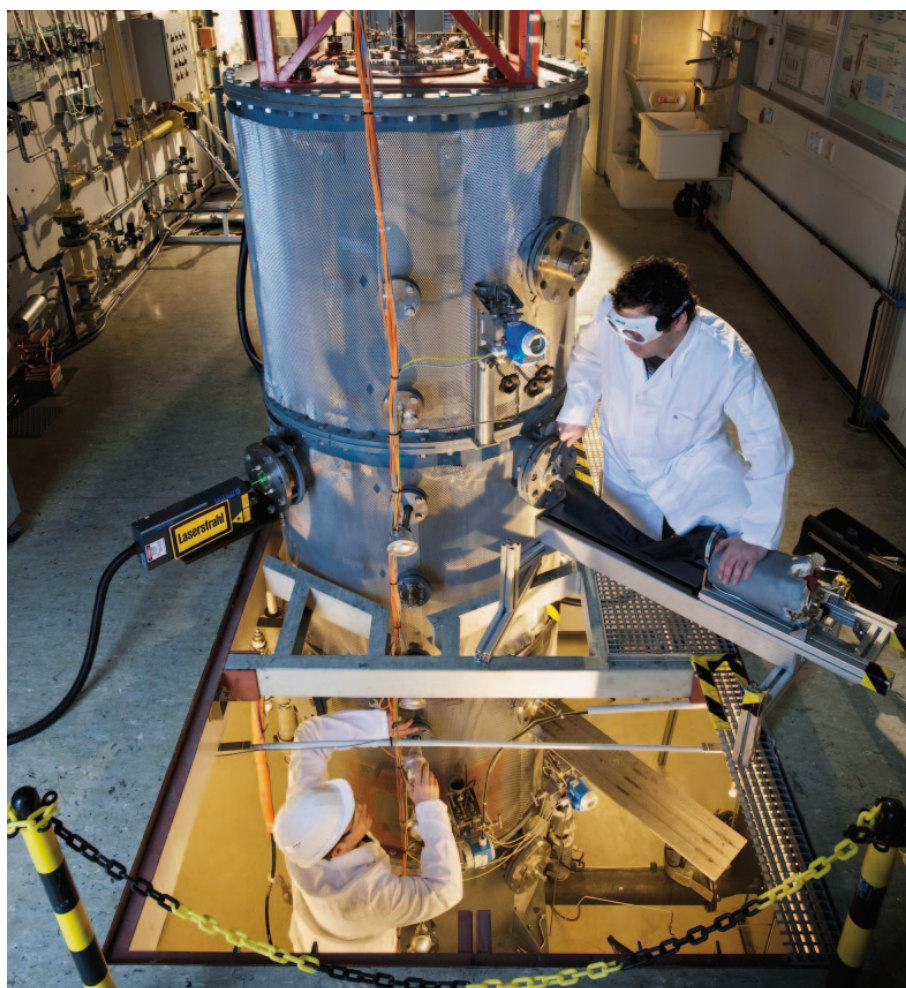
Das europäische Konsortium KIC InnoEnergy, erfolgreich vom KIT als Koordinator eingeworben, treibt Innovationen im Energiesektor voran und bildet hochqualifizierte Nachwuchskräfte aus. In Karlsruhe sitzen die Deutschlandzentrale und die entscheidenden Akteure dieser Erfolgsgeschichte.

Ziel von KIC InnoEnergy ist mitzuhelfen, eine sichere und nachhaltige Energieversorgung für Europa aufzubauen. Um neue Produkte für den Energiesektor schneller zu entwickeln und auf den Markt zu bringen und dadurch die Wettbewerbskraft Europas zu stärken, investieren die Partner in innovative Technologien, Forschung und Lehre. Dem Konsortium gehören 27 weltweit angesehene Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Universitäten und Business Schools an. Sechs sogenannte Co-Local-

tion Centres (CCs) in sechs europäischen Metropolregionen bündeln die Aktivitäten der jeweiligen Region und des Landes und koordinieren im Konsortium wichtige Energiethemen: Intelligente, energieeffiziente Gebäude und Städte (Eindhoven/Leuven), Erneuerbare Energien (Barcelona), Konvergenz von nachhaltiger Nuklearenergie und erneuerbaren Energien (Grenoble/Chambery), Intelligentes europäisches Stromnetz und Stromspeicherung (Stockholm), Saubere Kohletechnologien (Krakau) und Energie aus chemischen

Energieträgern (Karlsruhe/Stuttgart). Unter der Leitung von Professor Hans-Jörg Bauer vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wurde das vom European Institute for Innovation and Technology (EIT) ausgeschriebene Projekt mit einem neuartigen Geschäftsmodell erfolgreich eingeworben und sein Aufbau koordiniert. Dabei hat die EnBW die entscheidende Rolle eines Gründungspartners übernommen und beteiligt sich zusammen mit Steinbeis-Europa-Zentrum, Universität Stuttgart, Landesbank Baden-Württemberg (LBBW), Fraunhofer und KIT als Hauptakteure am Entwicklungsprozess der KIC-Initiative. Weitere Partner aus Wirtschaft, Forschung und Bildung arbeiten in unterschiedlichem Umfang an den verschiedenen Projekten mit. Nach der erfolgreichen Konstituierung von KIC InnoEnergy als Europäische Aktiengesellschaft (SE) im Dezember 2010 ist das KIT als Partner im Konsortium und in den Projekten aktiv beteiligt und stellt mit Dr. Karl-Friedrich Ziegahn den Vorsitzenden des Aufsichtsrats. Die deutsche KIC-Geschäftsstelle, deren Gründung als GmbH vorgesehen ist, hat bereits ihre attraktiven Räume im Technologiepark Karlsruhe bezogen, einem Standort für Hightech-Unternehmen.

Die von Forschungseinrichtungen und Industrie gemeinsam durchgeführten Projekte zielen in dem in Deutschland von Professor Thomas Kolb (KIT) koordinierten Themenfeld auf die praktische Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse, beispielsweise um aus biogenen Reststoffen der Nahrungsmittelproduktion chemische Energieträger zu gewinnen und zu nutzen sowie später in Wärme, Strom oder Antriebsenergie umzuwandeln. Diese Techniken sollen auch genutzt werden, um die chemische Speicherung erneuerbarer Energien aus schwankender Produktion wie Wind oder Sonne



Forschung am Versuchsflugstromreaktor REGA (Research Entrained Flow Gasifier) am KIT.



Besuch des Europäischen Innovations- und Technologieinstituts (EIT) bei KIC InnoEnergy Germany: Dr. Hans-Joachim Gehrmann (ganz links) führt die Gruppe mit Dr. Frank Diedrich vom CC Germany sowie Tim Mertens, Dr. Giovanni Colombo und Mathea Fammels vom EIT (von links) durch die bioliq®-Anlage zur Herstellung von Kraftstoffen aus Restbiomasse am KIT-Campus Nord.



Bundesforschungsministerin Annette Schavan besucht den Stand von KIT und KIC InnoEnergy auf der Hannover Messe 2011. Das Foto zeigt sie im Gespräch mit KIT-Präsident Professor Eberhard Umbach (links) und Dr. Frank Diedrich, KIC InnoEnergy Germany.

zu ermöglichen und damit zum Lastausgleich im Stromnetz beizutragen und die Notwendigkeit des Ausbaus von großen Stromübertragungsleitungen etwas zu reduzieren.

Inzwischen besuchten auch hochrangige Vertreter des EIT die deutsche Co-Location, um Einblick in Organisation und aktuelle Projekte in Forschung und Lehre zu erhalten. Nach Gesprächen mit dem KIT-Vizepräsidenten für Forschung und Innovation, Dr. Peter Fritz, besichtigten Dr. Giovanni Colombo vom EIT Lenkungsgremium sowie Mathea Fammels und Tim Mertens vom EIT Team Strategie und Kommunikation den KIT-Hightech-Inkubator für Gründungsprojekte. Auf dem Programm stand ferner eine Führung

durch die Anlagen zur Verbesserung von Brennstoffen minderer Qualität (low rank fuels) und die Schnellpyrolyseanlage für den bioliq®-Prozess, der es ermöglicht, aus Stroh und anderer Restbiomasse hochwertige chemische Energieträger und Produkte herzustellen.

Dass das Konzept eines europäischen Energiekompetenzzentrums auf lebhaftes Interesse in der Industrie, bei Studenten und in der Öffentlichkeit trifft, zeigte der Auftritt von KIC InnoEnergy auf der diesjährigen Hannover Messe im April. Um den Dialog zwischen Forschung und KMU zu unterstützen, lädt KIC InnoEnergy gemeinsam mit dem Steinbeis-Europa-Zentrum und der LBBW zu einem Workshop zu Ausgangsstoffen, Umwandlung und Nutzung chemischer Energieträger ein. Außerdem fungiert das CC Germany mit den Inkubatoren am KIT und der Universität Stuttgart als einer von sechs Einstiegspunkten in den „KIC InnoEnergy Highway™“, ein umfassendes Dienstleistungsangebot zur Unterstützung von Gründungsvorhaben im Bereich erneuerbare Energien. Zentrale Idee des Highways ist die Vernetzung zwischen den Co-Locations, die den Unternehmen Zugang zu einem einmaligen europäischen Netzwerk bietet.

KIC InnoEnergy baut auf das Wissensdreieck Forschung – Lehre – Innovation. Über anspruchsvolle Master- und Promotionsprogramme, die mit den „Innovation Projects“ und „Business Creation Services“ eng verbunden sind, bildet das

Konsortium hochqualifizierte Fachkräfte für den europäischen Markt aus. Bereits im September dieses Jahres startet der Masterstudiengang „Energy Engineering and Management“ am KIT. Eines der Managementmodule findet dann aber an der ESADE Business School in Barcelona/ Spanien statt. KIT organisiert auch die Förderung von Doktoranden im Bereich der chemischen Energien in enger Zusammenarbeit mit europäischen Partnern aus Forschung und Industrie. Neben themenspezifischen Weiterbildungsangeboten sind auch gemeinsame Konferenzen aller KIC-Doktoranden zur Förderung des interdisziplinären Austauschs geplant.

Jeannine Petry



Dr. Karl-Friedrich Ziegahn (KIT), Vorsitzender des Aufsichtsrats von KIC InnoEnergy.

Weitere Infos:

Jeannine Petry
KIC InnoEnergy Germany
Communication
Telefon +49 721 47041-606
E-Mail jeannine.petry@kic-innoenergy.com
www.kic-innoenergy.com

Die Ausbaustufen II bis IV im Rohbau.



Vom Stroh zum maßgeschneiderten Kraftstoff: bioliq® feiert Richtfest

Hochwertige Kraftstoffe aus Restbiomasse liefert das am KIT entwickelte bioliq®-Verfahren. Im Mai dieses Jahres feierte das KIT mit Vertretern aus der Politik und Industriepartnern von bioliq® das Richtfest für die Fertigstellung von Rohbau und Stahlkonstruktion der weiteren Verfahrensstufen sowie die Ausstattung der Anlagen mit ihren Hauptkomponenten.

Der Betrieb der bioliq®-Pilotanlage soll ab 2012 starten. Mit dem Ausbau der Verfahrensstufen II bis IV ist das bioliq®-Team einen großen Schritt weiter auf der Zielgeraden in Richtung Endprodukt BtL-Kraftstoff (Biomass to Liquid) gekommen. Die Erzeugung von BtL-Kraftstoffen über einstufige Dimethylethersynthese steht am Ende einer integrativen Prozesskette, die sich aus den Verfahrensschritten Schnellpyrolyse, Flugstromvergasung, Heißgasreinigung und anschließender Kraftstoffsynthese zusammensetzt. Ausgangsstoff des Karlsruher bioliq®-Verfahrens ist stets trockene Restbiomasse, die als erneuerbare Kohlenstoffres-

source effizient genutzt werden kann. So entstehen letztendlich moderne, hochwertige Kraftstoffe, die maßgeschneidert werden können für verschiedene Motorentypen.

In Stroh und Holzabfällen steckt viel Energie, die sich hervorragend für hochwertige Kraftstoffe nutzen lässt. Allerdings fällt diese Restbiomasse räumlich weit verteilt an, und der Transport über lange Strecken würde hohe Kosten verursachen und die Umwelt unverhältnismäßig stark belasten. Die Wissenschaftler des bioliq®-Teams am KIT haben dafür eine Lösung gefunden: Zunächst Energie

verdichten, dann weiterverarbeiten. Der bioliq®-Prozess umfasst mehrere Schritte, wobei der erste Schritt darin besteht, die biogenen Reststoffe dezentral – dort, wo sie anfallen – in ein erdölähnliches Zwischenprodukt mit mehr als zehnmals so hoher Energiedichte umzuwandeln. Dieses Zwischenprodukt lässt sich wirtschaftlich und umweltfreundlich zu einer zentralen Anlage transportieren und im industriellen Maßstab weiter zum Kraftstoff verarbeiten.

Peter Bleser, Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), zeigte sich beim Richtfest beeindruckt von der Leistung des bioliq®-Teams und der beteiligten Industriepartner und überraschte das KIT mit einem zusätzlichen Förderbeitrag für die neue BTL-Technologie. Er appellierte auch an die Industrie, sich stärker in der Entwicklung von BTL-Technologien wie bioliq® zu engagieren.



Verlesen des Richtspruchs.



Peter Bleser, Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (links), und Dr. Peter Fritz, KIT-Vizepräsident für Forschung und Innovation, beim Richtfest.

KIT-Vizepräsident Fritz hob hervor, dass die bioliq®-Pilotanlage Kraftstoffe von gleichbleibend hoher Qualität und Motorenfreundlichkeit liefern kann – dank gezielt einstellbarer Synthesebedingungen.

„Die Bundesregierung setzt in das hier entwickelte bioliq®-Konzept große Hoffnungen“, sagte Peter Bleser. „Mit diesem Verfahren können synthetische Biokraftstoffe für Diesel- und Benzinmotoren erzeugt werden. Ihr Einsatz in Pkw, Lkw und Schiffsmotoren bis hin zum Flugzeugtriebwerk ist denkbar, sie verbrennen sauber und verbinden das Potenzial hoher Flächenenerträge mit einer breit einsetzbaren Rohstoffpalette inklusive organischer Reststoffe.“ Der Leiter des KIT-Instituts für Katalyseforschung und -technologie (IKFT), Professor Eckhard Dinjus, berichtete von einem weltweiten Interesse an bioliq®.

Der bioliq®-Prozess setzt sich aus insgesamt vier Schritten zusammen: Nachdem die biogenen Reststoffe in dezentralen Anlagen durch Schnellpyrolyse in ein erdölnähnliches Zwischenprodukt aus Koks und Öl – den sogenannten bioliq-SynCrude® – umgewandelt worden sind, wird daraus Synthesegas erzeugt, eine Mischung aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Dazu wird der bioliq-SynCrude® unter Zugabe von technischem Sauerstoff und unter Druck bei über 1000 Grad Celsius umgewandelt. Daran schließt sich eine Heißgasreinigung an, um störende Partikel, Chlor- und Stickstoffverbindungen abzutrennen. Das KIT setzt dabei eine neue Technik ein, die im Vergleich zu konventionellen Verfahren Energie einspart. Anschließend können die Grundbausteine katalytisch zu Diesel oder Benzin umgesetzt werden.

Christina Ceccarelli



Dr. Peter Fritz, Peter Bleser, Professor Helmut Seifert vom KIT-Institut für Technische Chemie – Bereich Thermische Abfallbehandlung (ITC-TAB) und Professor Eckhard Dinjus vom KIT-Institut für Katalyseforschung und -technologie (IKFT) (von links) beim Rundgang durch die bioliq®-Anlage.

Der Bau der Pilotanlage in Karlsruhe wird seit 2005 vom BMELV über seinen Projektträger, die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) mit insgesamt knapp 25 Millionen Euro unterstützt. Die Mittel stammen aus dem Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ und dem Konjunkturpaket II. Weitere Fördermittel stammen von der Europäischen Union, aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung, und vom Land Baden-Württemberg. Insgesamt kostet die Errichtung der bioliq®-Pilotanlage etwa 60 Millionen Euro. Die Industriepartner tragen rund 20 Prozent der Kosten.

Wie der KIT-Vizepräsident für Forschung und Innovation, Dr. Peter Fritz, beim Richtfest betonte, stellt die Einführung von Biokraftstoff einen wichtigen Schritt zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe für die Mobilität dar. Mit dem bioliq®-Kraftstoff, einem BTL-Kraftstoff der zweiten Generation, lassen sich durch Energieverdichtung und verkürzte Transportwege deutliche Einsparungen des Treibhausgases CO₂ erreichen.

Der Prozess steht in keiner Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion, da nur auf biogene Reststoffe zurückgegriffen wird.

Weitere Infos:

Christina Ceccarelli
Institut für Katalyseforschung
und -technologie (IKFT)
Telefon +49 721 608-22614
E-Mail christina.ceccarelli@kit.edu

Kooperation mit Queensland University of Technology

Das KIT und die Queensland University of Technology (QUT) in Brisbane/Australien bauen ihre bestehende Partnerschaft weiter aus und planen gemeinsame Aktivitäten auf ausgewählten Gebieten der Energieforschung. Im April dieses Jahres besuchte eine fünfköpfige Delegation der QUT das KIT und besichtigte verschiedene Forschungsanlagen, unter anderem die bioliq®-Pilotanlage am Campus Nord. Die Produktion von Kraftstoffen aus Biomasse stellt eines der Gebiete dar, auf denen die beiden Einrichtungen Kooperationen planen – mit der Mackay Renewable Biocommodities Pilot Plant betreibt die QUT eine vergleichbare Anlage. Zu den weiteren gemeinsamen Themen gehören alternative Kraftstoffe in Verbrennungsmotoren, Hochspannungstransformatoren, supraleitende Komponenten, energieeffizientes Bauen, Datenverarbeitung und Regelvorgänge in Smart Homes, Mikroklima in Städten und agentenbasierte Modellierung von Energiesystemen. Das KIT und die QUT beabsichtigen überdies den Austausch von Studierenden, Doktoranden und Wissenschaftlern sowie gemeinsame Lehrveranstaltungen im Bereich Energie.

Die QUT verfügt über ein „Centre for Future Energy Systems“, das sich mit den gleichen Themen – außer Fusionstechnologie und Kerntechnik – beschäftigt wie das KIT-Zentrum Energie. Organisatorisch sind die Arbeiten ähnlich gegliedert und erstrecken sich über fünf Topics: Power

Convertors, Renewable Energy, Energy Delivery, Energy Efficiency sowie Integrated Systems and Modelling. In der Elektroenergie-technik ist die QUT, gemessen an den vom Australian Research Council erhaltenen Mitteln, die führende Universität in Australien. Das Spektrum der Themen reicht von Energieumwandlungstechniken für regenerative Energien bis hin zu hybriden Stromversorgungssystemen. Gegenwärtig stellt die QUT bei der australischen Bundesregierung einen Antrag für ein Cooperative Research Center (CRC) mit dem Australian Power Institute, einer Vereinigung vor allem von Industrieunternehmen im Bereich der Energieversorgung. Das KIT-Zentrum Energie ist bei dieser Initiative ein willkommener externer Kooperationspartner.

Australien hat den höchsten Pro-Kopf-Treibhausgasausstoß der Welt, und der Bundesstaat Queensland hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 den Anteil der erneuerbaren Energien am Energieverbrauch auf mindestens 20 Prozent zu steigern. Mit hohen Plätzen in diversen Rankings und internationalen Akkreditierungen hat sich die Queensland University of Technology vor allem in den Bereichen Science, Information Technology und Business einen Namen gemacht. Die Zahl der Studierenden liegt derzeit bei rund 40 000; das wissenschaftliche Personal umfasst rund 1 800 Personen. Bereits seit mehreren Jahren besteht zwischen einem Institut der QUT und dem Institut



Die Skyline von Brisbane/Australien, Sitz der QUT.

Foto: chw/pixelio.de

für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP) des KIT ein Memorandum of Understanding. Das KIT und die QUT planen nun, ihre Kooperation auf eine breitere vertragliche Grundlage zu stellen.

Henning Bockhorn

Weitere Infos:

Professor Dr. Henning Bockhorn
Engler-Bunte-Institut
Bereich Verbrennungstechnik (EBI-VBT)
Telefon +49 721 608-42571
E-Mail henning.bockhorn@kit.edu

Blick auf Brisbane River. Foto: Julia Weimar/pixelio.de





Skylines von Sharjah City bei Nacht: Sharjah ist mit rund einer Million Einwohnern das drittgrößte der Vereinigten Arabischen Emirate.

Energiekongress in Sharjah

Das Karlsruher Institut für Technologie und die University of Sharjah (UOS) erfüllen ihre Kooperation mit Leben: Im April richteten die beiden Einrichtungen einen gemeinsamen Energiekongress an der UOS aus. Die dreitägige „Sharjah International Conference on Nuclear and Renewable Energy“ umfasste Vorträge und Workshops zu regenerativen Energien mit Schwerpunkt auf Solarenergie sowie zu nuklearen Energien. An dem Kongress nahmen Energieforscher aus aller Welt teil.

Die UOS ist eine der bedeutendsten Universitäten in Sharjah, dem drittgrößten der Vereinigten Arabischen Emirate. Trotz der hohen Erdölreserven in der Region befassen sich die Forscher intensiv mit erneuerbaren Energien. Diese stehen auch im Fokus der Ende 2009 vereinbarten Kooperation mit dem KIT im Bereich Energie (siehe EnergyNews 1/2010). Bei dem Energiekongress unter dem Motto „Energien für das 21. Jahrhundert“ referierten Wissenschaftler des KIT in einem Workshop über die Nutzung regenerativer Energien in Regionen mit heißem

Klima. Den Vorsitz hatte Dr. Karl-Friedrich Ziegahn, Sprecher des Topics „Erneuerbare Energien“ am KIT-Zentrum Energie sowie Leiter der Energie- und Umweltprogramme am KIT.

Dabei ging es um die relevanten Forschungsfragen mit Blick auf spezifische Gegebenheiten und Bedürfnisse in Sharjah und den Vereinigten Arabischen Emiraten, um Ressourcenaufbau und Infrastrukturaufbau in Forschung und Entwicklung sowie um die Förderung von Innovationen. Professor Andreas Wagner, Sprecher des Topics „Effiziente Energienutzung“ am KIT-Zentrum Energie, stellte intelligente Konzepte und neue Technologien für energieeffiziente Gebäude in heißen Klimaten vor. Auf diesem Gebiet planen das KIT-Zentrum Energie und die UOS gemeinsame Forschungsprojekte. Über Möglichkeiten, Endverbraucher und Öffentlichkeit anzusprechen, sprach der Geschäftsführer des KIT-Zentrums Energie, Dr. Wolfgang Breh. Er machte deutlich, dass Information über innovative Lösungen allein nicht ausreicht; es gilt vielmehr, die breite Bevölkerung auf dem



Dr. Karl-Friedrich Ziegahn (links) und Professor Andreas Wagner vor den Gebäuden der Universität Sharjah.

Weg zu einem nachhaltigen Energiesystem aktiv einzubeziehen. Beispiel sind die Karlsruher Bürgerkonferenzen, auf denen Bürgerinnen und Bürger im Herbst 2010 die Energienutzung der Zukunft erörterten (siehe EnergyNews 2/2010).

Ein weiterer Workshop an der UOS befasste sich mit den Auswirkungen der Katastrophe in Japan auf die Zukunft nuklearer Energien und Sicherheitsbestimmungen. Bei den Vorträgen zu regenerativen Energien lagen die Schwerpunkte auf Solarthermie und Photovoltaik, die sich dank der starken Sonneneinstrahlung in den Vereinigten Arabischen Emiraten besonders effizient einsetzen lassen.

Wolfgang Breh

Weitere Infos:

Dr. Wolfgang Breh
KIT-Zentrum Energie
Geschäftsführer
Telefon +49 721 608-25540
E-Mail wolfgang.breh@kit.edu



Titelseite einer arabischen Zeitung mit Bericht und Bild vom Kongress (rechts).

Weniger Rußpartikel aus direkteinspritzenden Motoren

Mit einer eigens entwickelten neuen laserdiagnostischen Messtechnik untersuchen Forscher des KIT-Zentrums Energie unmittelbar im Zylinder die Bildung ultrafeiner Partikel in Motoren mit Direkteinspritzung. Ziel dieser Arbeiten im Sonderforschungsbereich 606 „Instationäre Verbrennung“ ist, dem Rußausstoß entgegenzuwirken, um diese Motoren noch umweltfreundlicher zu machen.

In modernen Diesel- und inzwischen auch in Otto-Verbrennungsmotoren wird der Kraftstoff mit hohem Druck direkt in die Brennräume der Zylinder eingespritzt. Die Direkteinspritzung (direct injection – DI) erhöht den Wirkungsgrad und verringert den Kraftstoffverbrauch des Motors. Allerdings kommt es während der Verbrennung unmittelbar am Einspritzstrahl zu äußerst brennstoffreichen Zonen, in denen sich zwangsläufig Ruß bildet. Wenn die vor allem in frühen Phasen der Verbrennung entstehenden Rußpartikel im weiteren Verlauf nicht oxidiert und damit verbrannt werden, gelangen sie mit dem Abgas des Motors in die Umwelt.

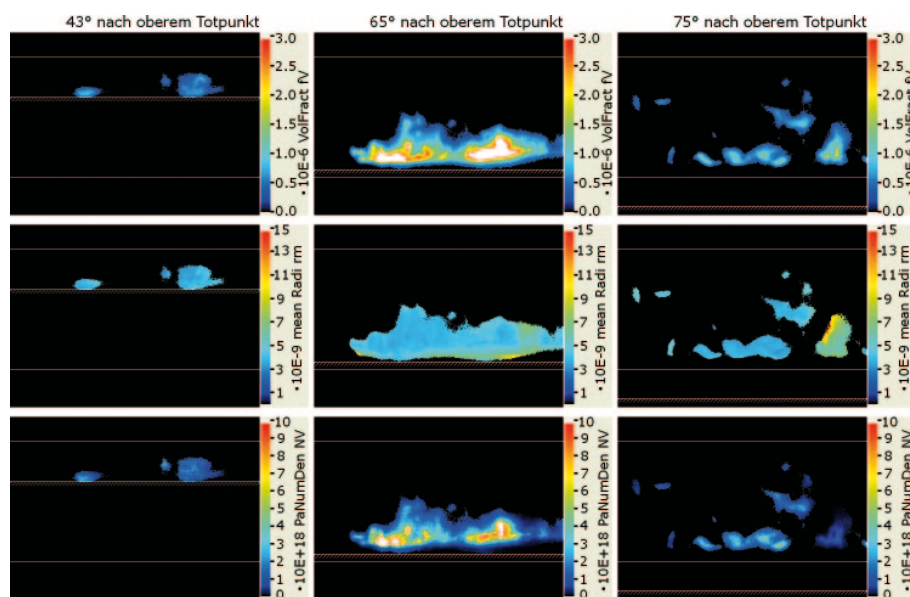
Ultrafeine Partikel können die Gesundheit des Menschen gefährden. Dies gilt vor

allem für Partikel mit einem Durchmesser kleiner als ein zehntausendstel Millimeter, die im Nasen-Rachen-Raum nur bedingt zurückgehalten werden und bis tief in die Lunge eindringen können. Spätestens mit der 2007 in Kraft getretenen Feinstaubverordnung und den seitdem vielerorts eingerichteten Umweltzonen ist der vom Individualverkehr emittierte Feinstaub in die öffentliche Aufmerksamkeit gerückt. In Dieselfahrzeugen lässt sich die Partikelemission zwar weitgehend durch Partikelfilter verhindern. Diese erhöhen jedoch wiederum den Kraftstoffverbrauch. Außerdem werden die Fahrzeuge dadurch teurer.

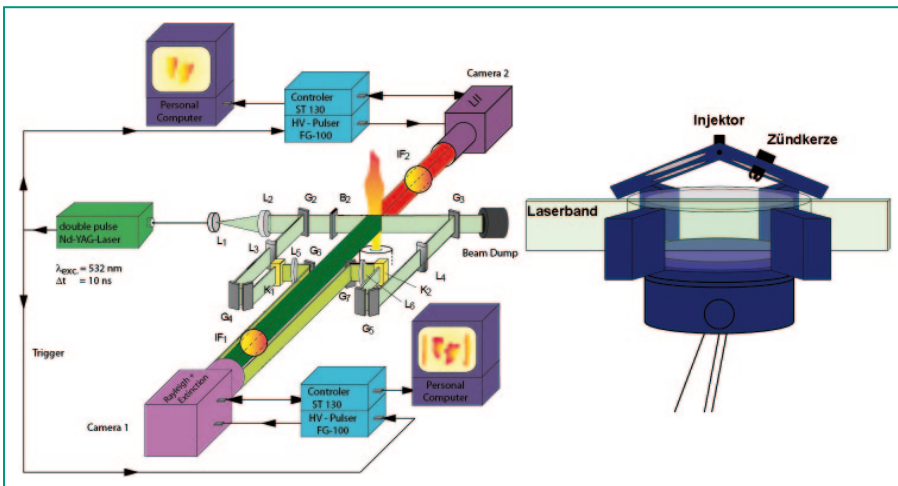
Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT-Zentrums Energie beschäftigen

sich mit dem Problem der Rußemission aus Otto- und Dieselmotoren in interdisziplinären Teilprojekten des Sonderforschungsbereichs (SFB) 606 „Instationäre Verbrennung: Transportphänomene, Chemische Reaktionen, Technische Systeme“. Um die Bildung und Oxidation von Ruß in Verbrennungsmotoren mit Direkteinspritzung zu untersuchen, bedienen sich die Forscher moderner laserdiagnostischer Messmethoden, mit denen sich der Verbrennungsablauf im Zylinder direkt und mit hoher zeitlicher Auflösung beobachten lässt. In durch geeignete Fenster optisch zugänglich gemachten Zylinder-Brennräumen ermitteln sie die Rußkonzentration, die Partikelgrößen und die Teilchenanzahldichten. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse erlauben es, der Partikelemission entgegenzuwirken und damit den Rußausstoß der Motoren zu reduzieren.

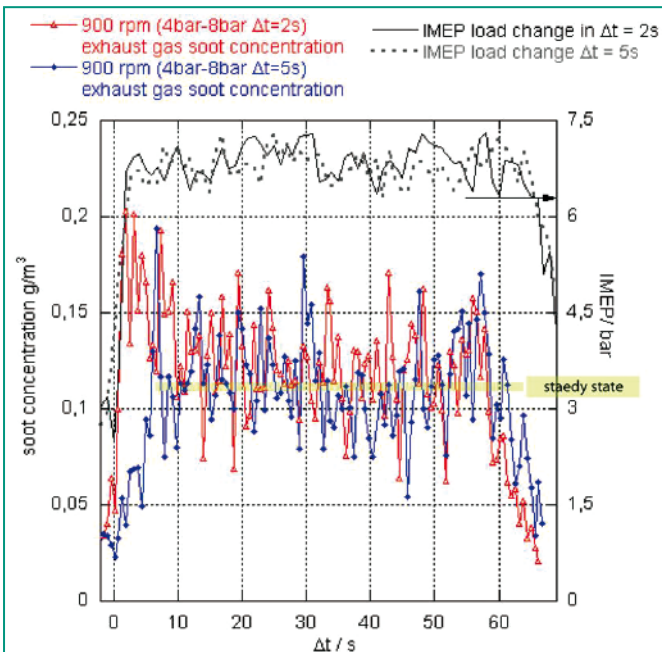
Dabei untersuchen die Wissenschaftler besonders auch die Rußemission bei in-stationären Lastwechseln, der im Hinblick auf künftige Abgasnormen besondere Bedeutung zukommt. Dies ist mit klassischen Methoden zur Bestimmung der emittierten Rußmenge, die gemeinhin auf gravimetrischen Verfahren oder auf einer Ermittlung der Schwärzungszahlen basieren, wegen der fehlenden zeitlichen Auflösung nicht oder nur schwer möglich. Für die Untersuchungen haben die Forscher um die Professoren Dr. Henning Bockhorn und Dr. Rainer Suntz daher eine neue laserdiagnostische Messtechnik entwickelt, die nun von einer Arbeitsgruppe um Professor Dr. Ulrich Spicher und Dr. Amin Velji an Verbrennungsmotoren angewendet wird. Die RAYLIX-Technik beruht auf der simultanen Detektion der Rayleigh-Streuung und der laserinduzierten Inkandescenz (LII), verbunden mit der Ermittlung der integralen Extinktion. Zwei zeitlich unmittelbar nacheinander durch die Flamme geleitete Laserpulse generieren mehrere Messsignale innerhalb einer zehnmillionstel Sekunde. Der erste, schwächere Puls liefert ein Streulichtsignal durch Rußpartikel und/oder Kraftstofftröpfchen. Der zweite, stärkere Puls heizt den Ruß bis zur Weißglut auf und liefert so ein sich vom Eigenleuchten der Flamme abhebendes Bild der Rußkonzentration. Mit der RAYLIX-Technik lassen



Die über 20 Verbrennungsvorgänge gemittelten Rußvolumenbrüche (1. Reihe), mittleren Primärteilchenradien (2. Reihe) sowie Teilchenanzahldichten (3. Reihe) zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Verbrennungszyklus. In der linken Spalte sind die Ergebnisse bei 43°, in der mittleren Spalte bei 65°, in der rechten Spalte bei 75° Kurbelwellenwinkel nach dem oberen Totpunkt (OT) dargestellt. Die aktuelle Kolbenposition (Oberseite) ist entsprechend dem Kurbelwellenwinkel in den Abbildungen durch die mittlere graue Linie visualisiert.



Lasardiagnostische Messtechnik: Bei den Untersuchungen am KIT-Zentrum Energie fungiert statt der in der Bildmitte zu erkennenden Flamme der rechts daneben dargestellte optisch zugängliche Motor als Untersuchungsgegenstand.



Rußemission bei Lastwechsel: Die rote und blaue Kurve spiegeln die Rußemission eines DI-Dieselmotors bei einem Lastwechsel – schwarze Kurven – des Motors wider, wie er beispielsweise bei einer Beschleunigung des Fahrzeugs auftritt. Es ist zu erkennen, dass besonders beim schnellen Lastwechsel – rote Kurve – während des Beschleunigungsvorgangs (zwischen zwei und sechs Sekunden) wesentlich mehr Ruß entsteht und damit emittiert wird, als bei einer Fahrweise unter konstanter Last (10 bis 60 Sekunden). Die Ursachen dafür liegen in einer zeitlichen Fehlanpassung zwischen der Kraft- und Luftzufuhr des Motors.

wesentlich mehr Ruß entsteht und damit emittiert wird, als bei einer Fahrweise unter konstanter Last (10 bis 60 Sekunden). Die Ursachen dafür liegen in einer zeitlichen Fehlanpassung zwischen der Kraft- und Luftzufuhr des Motors.



Dem Rußausstoß im Straßenverkehr entgegenzuwirken, ist Ziel interdisziplinärer Arbeiten am KIT-Zentrum Energie.

sich Rußkonzentration, Partikelgrößen sowie die Teilchenanzahl im Brennraum eines Zylinders des Motors mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung zweidimensional bestimmen.

Wie die Messungen zeigen, ist zu mittleren und späten Zeitpunkten im Arbeitstakt des Motors direkt über der Kolbenoberfläche eine mehr oder weniger starke Rußbildung festzustellen; im eigentlichen Brennraum darüber lässt sich dagegen relativ wenig Ruß beobachten. Der Ruß über der Kolbenoberfläche stammt aus sogenannten Pool-Fires. Dabei handelt es sich um brennende Kraftstoffpfützen, die sich durch Benetzung des Kolbens aufgrund der Einspritzung kurz vor dem oberen Totpunkt bilden. Dieser Kraftstoff wird vergleichsweise spät verbrannt, wenn er durch die in der Gasphase ablaufende Verbrennung ausreichend erwärmt wurde. Zudem weisen diese Pool-Fires relativ niedrige Temperaturen auf, da die Verdampfung des Kraftstoffs und die hohe Wärmeleitung des Aluminiumkolbens der Verbrennung viel Wärme entziehen. Das führt dazu, dass Zeit und Temperatur für die vollständige Verbrennung der durch Pool-Fires gebildeten Rußpartikel nicht genügen. So werden die Partikel mit dem Abgas des Motors emittiert.

Die am KIT-Zentrum Energie im Sonderforschungsbereich 606 gewonnenen Messergebnisse fließen auch in neu erstellte mathematische Modelle ein, welche die physikalisch-chemischen Prozesse bei der Bildung und Oxidation von Ruß quantitativ beschreiben. „Derartige Modelle könnten künftig bei der Entwicklung neuer Motoren eingesetzt werden, um das Verhalten unter verschiedenen Betriebsbedingungen zu simulieren“, erklärt einer der beteiligten Projektleiter, Professor Rainer Suntz. „Im Vergleich zu experimentellen Untersuchungen ließen sich dadurch erheblich Zeit und Kosten einsparen.“

Henning Bockhorn

Weitere Infos:

Professor Dr. Henning Bockhorn
Engler-Bunte-Institut
Bereich Verbrennungstechnik (EBI-VBT)
Sprecher des Sonderforschungsbereichs 606
Telefon +49 721 608-42571
E-Mail henning.bockhorn@kit.edu

Biokohle aus Biomasse

Die hydrothermale Karbonisierung wandelt Biomasse in ein braunkohleähnliches Produkt um, dessen Eigenschaften je nach Ausgangsstoff und Reaktionsbedingungen variieren. Am KIT-Zentrum Energie untersuchen Forscher den komplexen Prozess mit dem Ziel, Biokohlen für verschiedene Anwendungen maßzuschneidern.

Biomasse, ein nachwachsender Rohstoff und nahezu unerschöpflicher Kohlenstoffspeicher, besitzt besondere Bedeutung als Energielieferant, aber auch als Ausgangsstoff für chemische Synthesen. Ein energiereiches Produkt mit braunkohleähnlicher Zusammensetzung entsteht durch die hydrothermale Karbonisierung (HTC). Dabei bezieht sich die Bezeichnung „hydrothermal“ darauf, dass die Biomasse in Wasser oder mit einem hohen Wassergehalt bei erhöhten Temperaturen – typisch sind 180 bis 230 Grad Celsius – und leicht erhöhtem Druck umgewandelt wird. Das Prinzip der HTC ist schon seit fast 100 Jahren bekannt; ihre technische Umsetzung und ihr vielfäl-

tiges Potenzial, auch für die Herstellung von Hightech-Materialien mit spezifischen Eigenschaften, stehen erst seit wenigen Jahren im Fokus des Interesses.

Für HTC-Kohlen sind vielfältige Anwendungen denkbar, etwa als Bodenverbesserer, als Ersatz für Braunkohle oder Grillkohle oder als Katalysatorträgermaterial. Eine spätere Verwendung von künstlichem Ruß, wie er als schwarzer Pigmentfarbstoff oder in Reifen eingesetzt wird, scheint möglich und ist angesichts des hohen Energieeinsatzes bei gängigen Verfahren wünschenswert. Die verschiedenen Anwendungen verlangen HTC-Kohlen mit unterschiedlichen

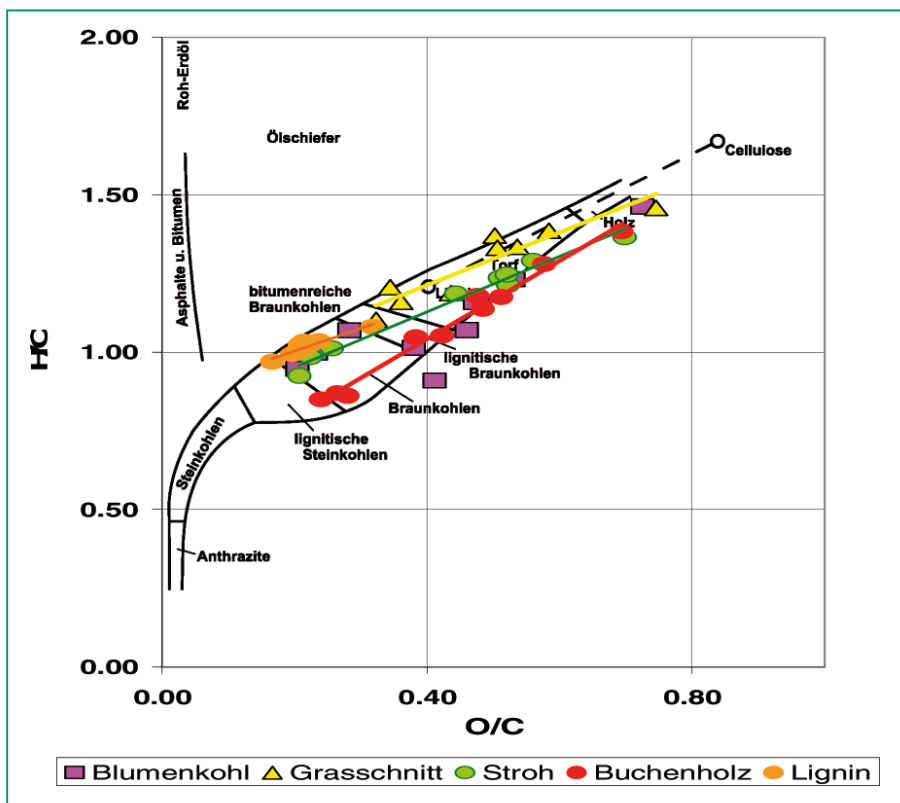
Eigenschaften. So sind für Brennstoffe niedrige Asche- und Stickstoffgehalte sowie geringe Porosität, für Langzeitdünger und Bodenverbesserer aber hohe Mineralien- und Stickstoffgehalte sowie hohe Porosität erwünscht.

Am Institut für Katalysatorforschung und -technologie (IKFT) des KIT erforschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Vorgänge bei der hydrothermalen Karbonisierung, um diese wirksam steuern zu können. Ziel der Arbeiten ist, HTC-Kohlen für spezifische Anwendungen maßzuschneidern. Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) fördert die Projekte finanziell; Industriepartner sind die Firmen AGROKRAFT, RENERGIE und ARTEC sowie AVA-CO2.

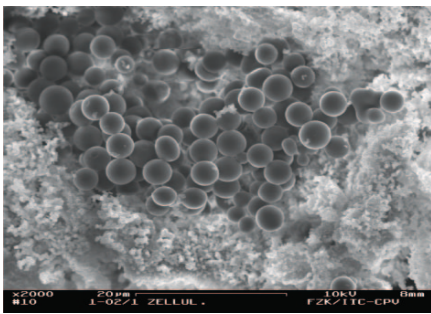
HTC ist eines von mehreren Verfahren zur hydrothermalen Umwandlung von Biomasse. Im Vergleich zu trockenen, aus der Kohleumwandlung entwickelten Prozessen kennzeichnen sich hydrothermale Verfahren durch eine niedrigere Temperatur, einen höheren Druck sowie eine größere Ausbeute. Außerdem lässt sich nasse Biomasse direkt umsetzen; sie muss nicht vorher getrocknet werden. Daher ist HTC besonders für Biomasse mit hohem Wasseranteil ein wirtschaftliches Verfahren. Außerdem bringt sie bei niedrigerer Temperatur eine größere Ausbeute als die Holzkohleherstellung.

Die Zusammensetzung von HTC-Kohlen entspricht je nach Ausgangsstoff und Reaktionsbedingungen verschiedenen Produkten von Torf über Braunkohlen bis hin zur Grenze zu lignitischen Steinkohlen. Mit steigender Temperatur verändert sich die Zusammensetzung wie beim natürlichen Kohlungsprozess mit der Zeitdauer. HTC-Kohlen sind jedoch nicht in jeder Hinsicht beispielsweise mit natürlichen Braunkohlen identisch, auch wenn sie die gleiche Zusammensetzung besitzen. Typisch für HTC-Kohlen ist das Auftreten zweier Strukturmerkmale nebeneinander: zum einen kleine Kugeln, zum anderen hochporöse Strukturen, deren äußere Umrisse noch an die Form der ursprünglichen Biomasse erinnern.

Die beiden Strukturmerkmale entstehen über zwei Reaktionspfade: Wird die Bio-

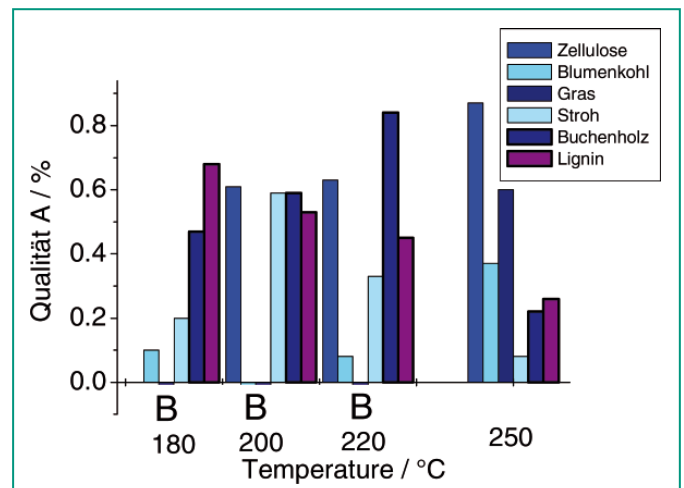


Inkohlungsdiagramm mit den Zusammensetzungen von Kohlen aus der hydrothermalen Karbonisierung von Blumenkohl, Grasschnitt, Stroh, Buchenholz und Lignin unter unterschiedlichen Bedingungen: Wasserstoff/Kohlenstoff-Verhältnis und Sauerstoff/Kohlenstoff-Verhältnis.

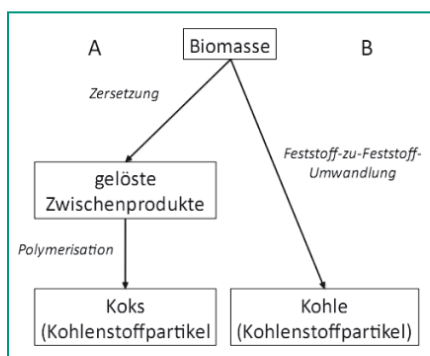


Struktur einer HTC-Kohle: REM-Aufnahme von hydrothermal karbonisierter Zellulose bei 250 Grad Celsius und 17 Stunden Reaktionszeit.

Qualität der gebildeten Kugelstrukturen bei der Umsetzung von Zellulose, Blumenkohl, Grasnchnitt, Stroh, Buchenholz und Lignin bei verschiedenen Temperaturen: Der Wert 1 bedeutet, dass alle über Reaktionspfad A gebildeten Kugelstrukturen perfekt rund sind; Werte darunter zeigen mehr oder weniger ineinander verschmolzene Strukturen an. Die Kennzeichnung B bedeutet, dass das Produkt gar keine Kugelstrukturen, sondern nur für Reaktionspfad B typische poröse Strukturen aufweist.



masse in Wasser unter den Bedingungen der hydrothermalen Karbonisierung umgesetzt, werden Teile aus ihr herausgelöst und zu Hydroxymethylfurfural umgewandelt, wodurch die kugelförmigen Partikel entstehen (Reaktionspfad A). Hydroxymethylfurfural wird durch Wasserabspaltung aus Glucose gebildet, die wiederum aus Kohlenhydraten wie Zellulose oder Stärke stammt. Aus Hemicellulose ist auch die Bildung von Furfural



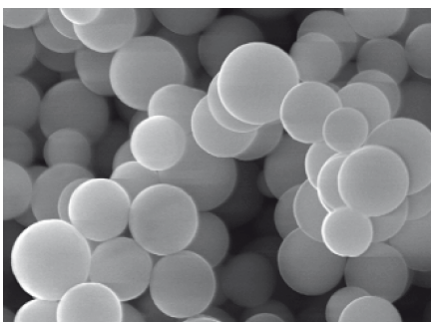
möglich. Übrig bleibt ein Feststoff, aus dem Teile herausgelöst wurden, sodass er porös ist (Reaktionspfad B). Bei harten Hölzern herrscht nach der Karbonisierung die poröse Struktur vor, da sie einen hohen Ligninanteil aufweisen und Lignin unter den Bedingungen der hydrothermalen Karbonisierung kaum angegriffen wird. Bei weichen Biomassen mit einem geringen Ligninanteil hingegen sind nach der Karbonisierung mehr Kugelstrukturen beziehungsweise abgerundete Partikel zu finden. HTC-Produkte, die über den Reaktionspfad A gebildet werden, können deutlich verschieden aussehen; nicht immer weisen sie perfekte Kugeln auf. Auch die über Reaktionspfad B entstehenden porösen Strukturen können verschieden ausfallen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der hydrothermalen Karbonisierung ist der Verbleib von Heteroatomen wie Stick-

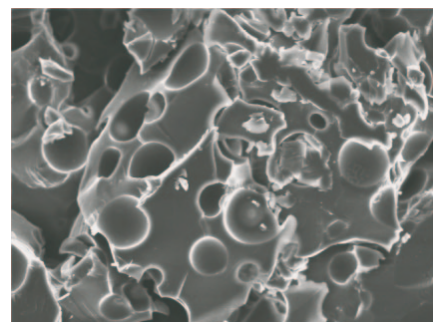
stoff und Schwefel sowie von Aschebestandteilen wie Kalium, Magnesium und Calcium. Vor allem Kalium wird großenteils aus der Biomasse herausgelöst. Dies ist von Vorteil, wenn die HTC-Kohle als Brennstoff dient, da dadurch die Erweichungs- beziehungsweise Schmelztemperatur der Asche erhöht wird. Allerdings zeigen erste Untersuchungen, dass das Verhalten von Aschebestandteilen höchst komplex ist. Es besteht eine Abhängigkeit sowohl von der Temperatur als auch von der Reaktionszeit.

Fazit: Es gibt nicht die eine HTC-Kohle, sondern viele verschiedenen Arten. Der Ablauf der Karbonisierung und damit die Eigenschaften der HTC-Kohle und der verbliebenen wässrigen Lösung hängen von der Art der Biomasse und den Reaktionsbedingungen ab. Noch sind viele Prozesse während der hydrothermalen Karbonisierung nicht restlos aufgeklärt. Die Vielfalt verspricht jedoch, dass es möglich sein wird, für bestimmte Zwecke maßgeschneiderte HTC-Kohlen herzustellen – wie, bleibt im Einzelfall noch zu erarbeiten.

Andrea Kruse
Christina Ceccarelli



Reaktionspfade der hydrothermalen Karbonisierung und daraus resultierende Strukturmerkmale. Die beiden Strukturen im unteren Teil wurden durch Karbonisierung von Hydroxymethylfurfural (links) und von Lignin (rechts) erzeugt, stellen also die beiden Extremformen dar.



Weitere Infos:

PD Dr. habil. Andrea Kruse
Institut für Katalyseforschung
und -technologie (IKFT)
Telefon +49 721 608-23388
E-Mail andrea.kruse@kit.edu

Wasserstoffspeicherung ohne Verluste

Ein neues Speicherkonzept für Wasserstoff, das Druck und tiefe Temperaturen kombiniert, hat das KIT-Zentrum Energie gemeinsam mit BMW, Airbus und ET-EnergieTechnologie untersucht: Der Kryodrucktank ermöglicht höchste Speicherdichte fast ohne Verluste und lässt sich als tragendes Bauteil in die Karosserie von Pkw integrieren.

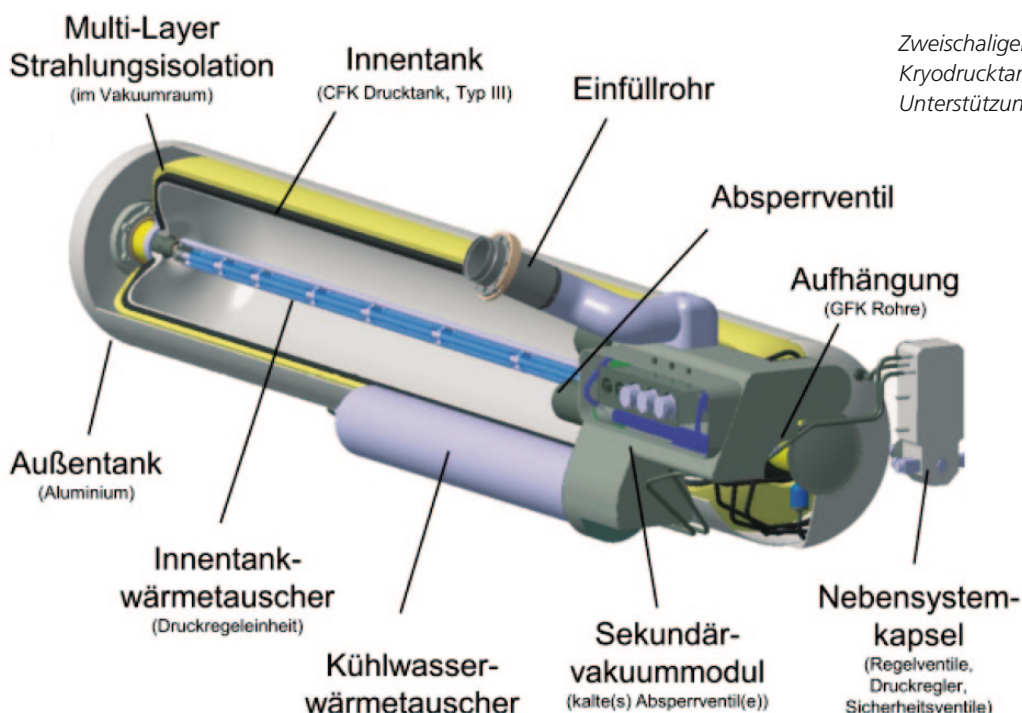
Wasserstoff ist auf der Erde nahezu unbegrenzt vorhanden, kommt in der Natur allerdings nur in chemischen Verbindungen vor. Er lässt sich auf verschiedene Arten gewinnen und – etwa als verdichtetes Gas oder als tiefgekühlte Flüssigkeit – speichern. Bei der Herstellung des chemischen Energiespeichers Wasserstoff kann Energie in nahezu beliebiger Form eingesetzt werden. Wird Wasserstoff mit regenerativen Energien erzeugt, ist er als Energieträger klimaneutral – bei seiner Verbrennung entsteht lediglich Wasser, das die Umwelt nicht belastet. Wasserstoff ist farb- und geruchlos und der leichteste aller Energieträger: Ein Kilogramm Wasserstoff enthält etwa so viel Energie wie drei Kilogramm Dieselmotorkraftstoff.

Als chemischer Energieträger kann Wasserstoff fossile Kraftstoffe in Fahrzeu-

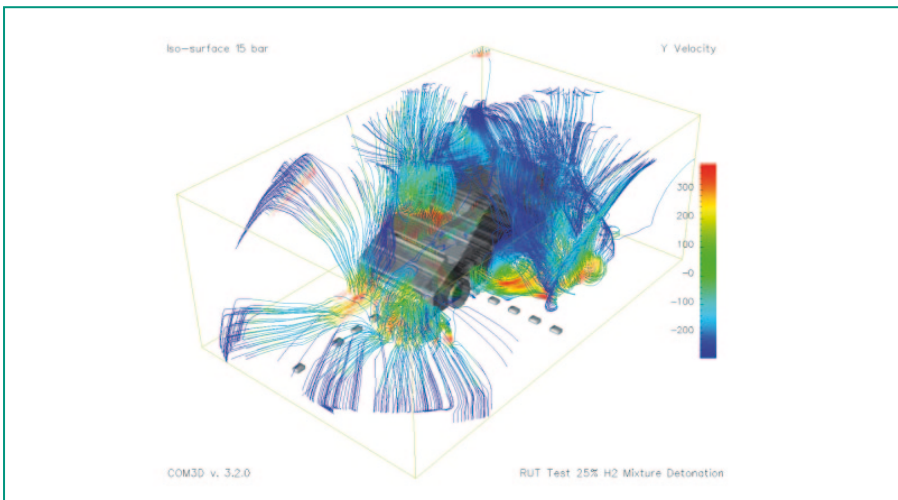
gen ersetzen. Er eignet sich sowohl zur Verbrennung in einem konventionellen Verbrennungsmotor als auch zur Umsetzung in einer Brennstoffzelle mit nachgeschaltetem Elektromotor. Der hohen gravimetrischen – auf die Masse bezogenen – Energiedichte steht allerdings eine niedrige volumetrische Energiedichte gegenüber: Wasserstoff benötigt viel Platz. Um den Platzbedarf zu verringern, sind verschiedene Methoden verfügbar. Weit hin üblich ist, den Wasserstoff verdichtet in einem Druckbehälter mit bis zu 700 bar zu speichern oder ihn durch Kühlen und Verdichten zu verflüssigen und bei Temperaturen unter minus 250 Grad Celsius zu speichern. Besonders bei der Speicherung in der tiefkalten, flüssigen Form kommt es aber leicht zu Verlusten: Von außen dringt Wärme in den Tank ein; dadurch steigt der Druck langsam an, ein Teil des Wasserstoffs verdampft und muss

über ein Abblaseventil abgelassen werden (Boil-off-Effekt). Eine weitere Möglichkeit, Wasserstoff zu speichern, sind spezielle Feststoffe, etwa Metallhydride. Diese sind jedoch relativ schwer und kommen daher gegenwärtig für mobile Anwendungen nicht infrage. In der Forschung werden auch weitere Speichermöglichkeiten wie etwa die Speicherung in organischen Trägermaterialien untersucht. Die Entwicklung von sicheren, verlustarmen und alltagstauglichen Speicherverfahren und Tanks bildet eine wesentliche Herausforderung für die Mobilität mit Wasserstoff.

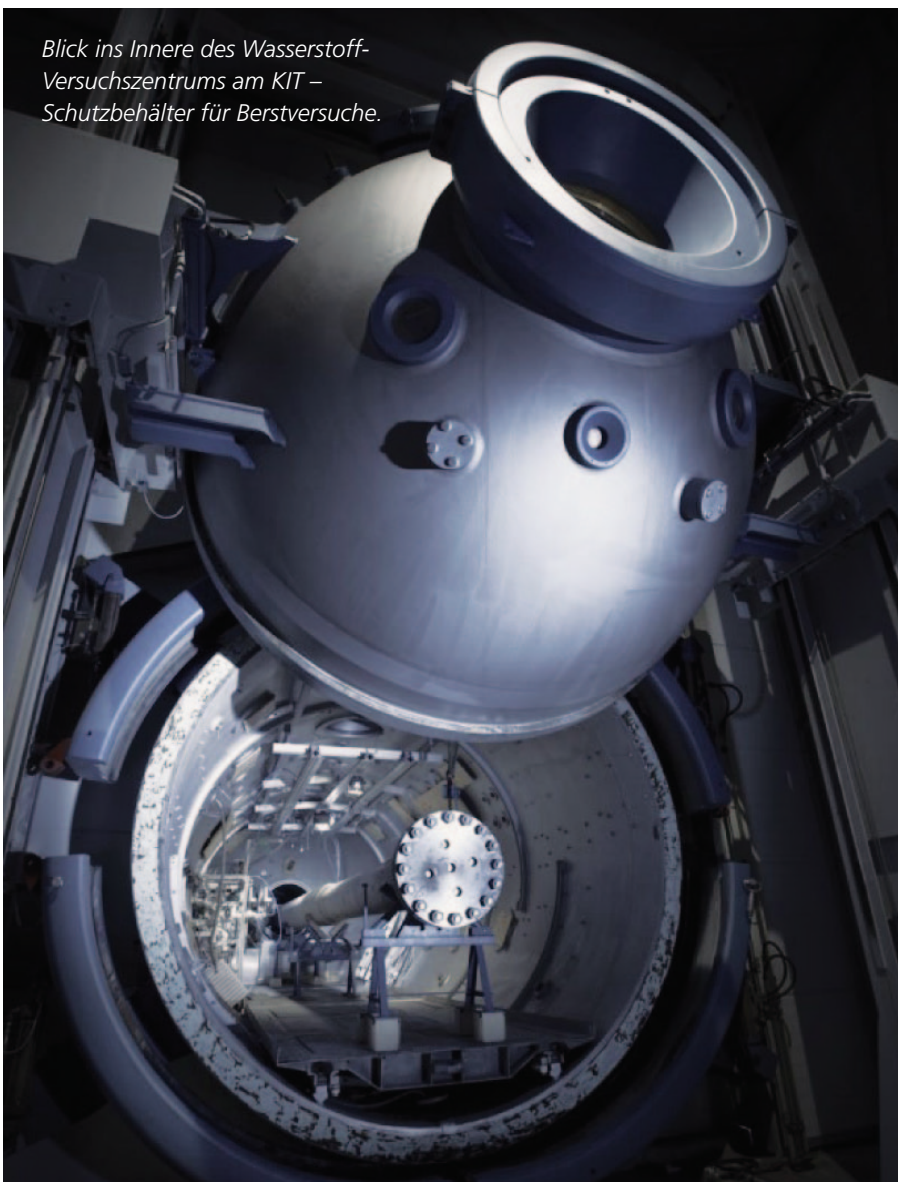
Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT-Zentrums Energie haben nun zusammen mit den Industriepartnern BMW, Airbus und ET-EnergieTechnologie ein Konzept überprüft, das Druck und tiefe Temperaturen kombiniert: Der Kryodruckspeicher ermöglicht einen nahezu verlustfreien Betrieb und höchste Speicherdichte bei vereinfachter Isolierung. Dabei wird der Wasserstoff als überkritisches Gas (C_2H_2) gespeichert. Der Tank wird mit einem aus Flüssigwasserstoff (LH_2) durch kryogene Kompression erzeugten kalten Druckgas (bis circa 300 bar) mit höchster Dichte befüllt. Alternativ ist auch die Speicherung warmen Druckgases bis circa



Zweischaliger vakuumisolierter 350 bar Kryodrucktank, entwickelt von BMW mit Unterstützung des KIT.



Simulation: Die Grafik zeigt, wie sich eine Verbrennung auswirken würde, wenn ein Fahrzeugspeicher den Wasserstoff nicht sicher einschliesse. Zu sehen sind Strömungslinien der Geschwindigkeit in y-Richtung nach einer detonativen Zündung (dargestellt 8,5 ms nach Zündung) eines wasserstoffbetriebenen Autos. Mischung: 29,6 vol% H_2 in Luft.



Blick ins Innere des Wasserstoff-Versuchszentrums am KIT – Schutzbehälter für Berstversuche.

350 bar (CGH_2) möglich, allerdings unter Verlust eines großen Teils der maximalen Speicherdichte. Die Kompression von Flüssigwasserstoff zu einem Kryodruckgas (CcH_2) bei 300 bar ist 10- bis 15-mal weniger energieintensiv als die Kompression von gasförmigem Wasserstoff zu CGH_2 bei 700 bar mit anschließender Kühlung auf minus 40 Grad Celsius, wie es eine schnelle Betankung mit Druckgas erforderlich macht.

Der von BMW mit Unterstützung von Forschern des KIT-Instituts für Kern- und Energietechnik (IKET) entwickelte aktuelle Prototyp eines zweischaligen vakuumisolierten 350 bar Kryodrucktanks besitzt eine maximal nutzbare Speicherkapazität von acht Kilogramm für CcH_2 (265 kWh) und 2,7 Kilogramm für CGH_2 (90 kWh). Die Betankungszeit liegt unter vier Minuten. Mit einer Länge von rund zwei Metern und einem Systemgewicht von rund 145 Kilogramm ist der Tank, der sich durch eine hohe Stabilität auszeichnet, als mittragendes Bauteil zur Integration in die Karosserie von Pkw einsetzbar. Das Kryodruckkonzept könnte auch in Flugzeugen zum Einsatz kommen, um entweder die kerosinbetriebenen Hilfsturbinen mit wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellen zu ersetzen oder Notstrom aus Wasserstoff zu erzeugen.

Unterdessen wird die Wasserstoffmobilität am KIT selbst bald Realität: Ab Anfang 2012 werden zwei mit Druckgaswasserstoff betriebene Brennstoffzellenbusse von Evobus/Daimler als Shuttle zwischen Campus Nord und Campus Süd fungieren. Die 30 Kilogramm Wasserstoff fassenden Drucktanks befinden sich bei diesen Bussen auf dem Dach. Am Campus Nord entsteht eine Wasserstofftankstelle. Damit wird das KIT als erste Einrichtung in Süddeutschland Wasserstoffbusse betreiben.

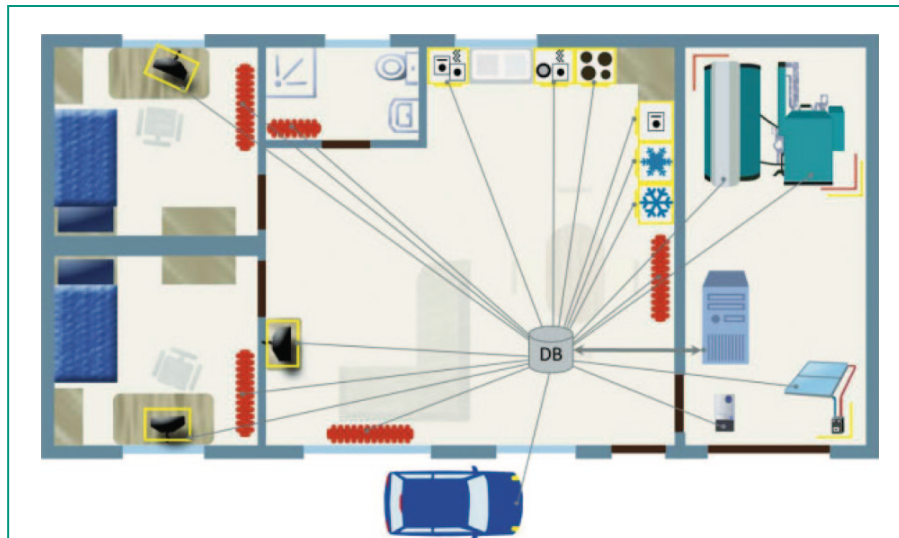
Thomas Jordan

Weitere Infos:

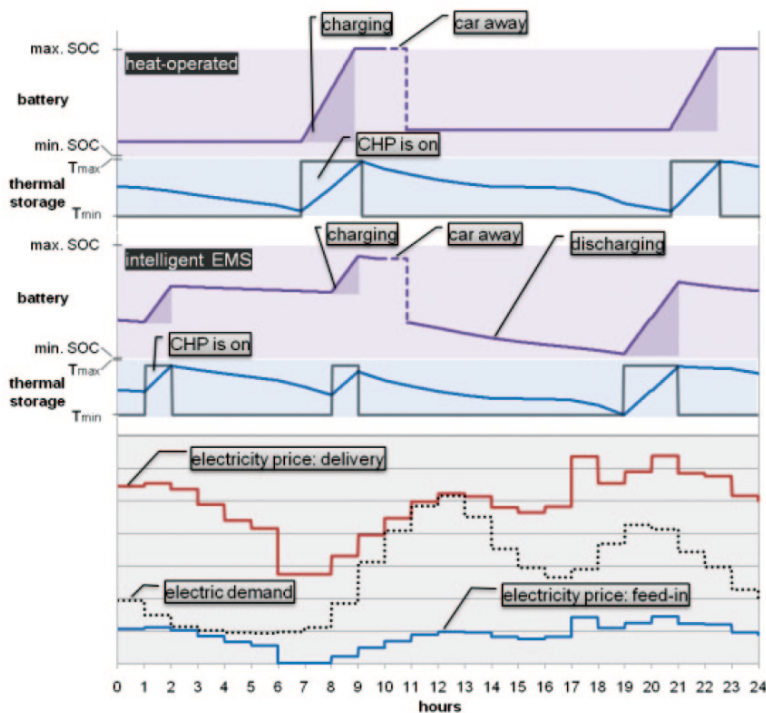
Dr. Thomas Jordan
Institut für Kern- und Energietechnik (IKET)
Telefon +49 721 608-26105
E-Mail thomas.jordan@kit.edu

Intelligent eingesetzte Kraft-Wärme-Kopplung

Die Integration einer Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage in das Energiemanagementsystem eines Smart Homes kann erheblich Stromkosten einsparen. Dieses Konzept ist besonders effektiv, wenn ein Elektrofahrzeug als Stromspeicher in den intelligent gesteuerten Haushalt eingebunden ist.



Das Smart Home des Forschungsprojekts MeRegioMobil am Campus Süd des KIT. In dem Fertighaus sind Erzeuger, Speicher und Verbraucher vorhanden. Testbewohner erproben das energieeffiziente Wohnen der Zukunft.



Vergleich zwischen wärmegeführtem Betrieb der Mikro-KWK-Anlage und deren Integration in das Energiemanagementsystem des Smart Homes.

Der Gebäudesektor ist derzeit für mehr als 40 Prozent des gesamten Primärenergieverbrauchs in Europa verantwortlich. Dabei bieten sich zahlreiche Möglichkeiten, die Energieeffizienz zu erhöhen, dadurch Kosten zu senken und die Umwelt zu schonen. Mit der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), einer Technik, die in einem Prozess sowohl Strom als auch Wärme bereitstellt, lässt sich erheblich Energie einsparen. Dies gelingt besonders effizient, wenn die Anlage dezentral in der Nähe des Abnehmers platziert ist, sodass keine Übertragungsverluste entstehen.

KWK-Anlagen lassen sich auch mit lokal verfügbaren erneuerbaren Energieträgern betreiben. Überdies ist es denkbar, für ihren Betrieb Methan einzusetzen, das aus regenerativen und stark fluktuierenden Energiequellen, beispielsweise Windkraft, erzeugt und in der vorhandenen Erdgasinfrastruktur gespeichert werden kann. Für den Einsatz in Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie kleineren Gewerbegebäuden eignet sich die Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung (Mikro-KWK), die das unterste KWK-Leistungssegment abdeckt. Die derzeit üblichen Mikro-KWK-Anlagen arbeiten entweder stromgeführt oder wärmegeführt, das heißt, die Anlage schaltet sich dann ein, wenn im Gebäude Strom beziehungsweise Wärme benötigt wird, wobei vor allem der wärmegeführte Betrieb einen ökologischen Vorteil bringt. Eine Kombination beider Betriebsweisen, verbunden mit der Integration von Speichern für elektrische Energie – beispielsweise Batterien von Elektrofahrzeugen – sowie thermische Energie, die den Verbrauch von Strom und Wärme entkoppeln, erschließt zusätzliches Potenzial für Mikro-KWK-Anlagen. Dazu bedarf es allerdings einer intelligenten Steuerung. In einer aktuellen Studie haben die KIT-Wissenschaftler Sebastian Grässle, Birger Becker, Thomas Knapp, Florian Allering, Professor Dr. Hartmut Schmeck und Professor Andreas Wagner vom Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB) sowie vom Fachgebiet Bauphysik und Technischer Ausbau (ftba) des KIT die Integration intelligenter Betriebssteuerungen für Mikro-KWK-Anlagen in die Energiemanagementsysteme sogenannter Smart



Eine Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage, wie sie im Smart Home von MeRegioMobil eingesetzt wird.

Homes untersucht. (*Intelligent Control System for CHP-Equipment in Smart-Homes. Proceedings of the 2nd International Conference on Microgeneration and Related Technologies, Glasgow 2011.*) Das System greift auf Informationen über den gegenwärtigen und den voraussichtlichen Energiebedarf im Gebäude sowie auf Preise im öffentlichen Stromnetz zu. Um die Steuerungsalgorithmen zu entwickeln, integrierten die Forscher eine Mikro-KWK-Anlage mit thermischem Speicher in eine Simulationsumgebung für Smart Homes, die auf der sogenannten Observer/Controller-Architektur aus dem Organic Computing basiert.

Auf diese Weise gelang es, die Simulation des Energiemanagementsystems, das im Projekt MeRegioMobil (<http://meregio-mobil.forschung.kit.edu/>) am KIT für die energieeffiziente Steuerung elektrischer Geräte entwickelt wurde, um thermische Komponenten zu erweitern und eine Mikro-KWK-Anlage samt thermischem Speicher zu integrieren. Ziele waren, die Mikro-KWK-Anlage möglichst effizient zur Strom- und Wärmeversorgung des Haushalts zu betreiben, möglichst viel selbst erzeugten Strom zu nutzen und möglichst wenig Strom aus dem öffentlichen Netz zu beziehen, um die Stromkosten niedrig zu halten, sowie die erforderliche

Interaktion der Nutzer mit dem Energiemanagementsystem zu minimieren. Dabei trug ein Elektroauto wesentlich dazu bei, die Kosten zu reduzieren: Die Batterie nahm selbst erzeugten Strom auf, wenn dieser gerade nicht benötigt wurde, und gab Strom an den Haushalt ab, wenn die Mikro-KWK-Anlage gerade nicht lief oder nicht genug Strom für den aktuellen Bedarf erzeugte. Das Energiemanagementsystem steuerte den Betrieb der Mikro-KWK-Anlage ebenso wie das Laden und Entladen der Fahrzeugbatterie. In einem nächsten Schritt soll die simulativ entwickelte Komponente in das Energiemanagementsystem zur Steuerung der realen Komponenten im Smart Home des Projekts MeRegioMobil integriert werden.

In der Simulation mit Parametern, die denen des realen Smart Homes entsprechen, sparte die Integration der Mikro-KWK-Anlage in das Energiemanagementsystem gegenüber dem rein wärmegeführten Betrieb deutlich Stromkosten ein: Bei einer Betriebszeit von etwas über vier Stunden am Tag betrug die Stromkostensparnis über 24 Stunden bis zu 91 Prozent. Über ein ganzes Jahr wurden bei einer Betriebszeit von 615 Stunden 47 Prozent der Stromkosten eingespart. Der Unterschied ist darauf zurückzuführen, dass der Wärmebedarf im Sommer deutlich niedriger ist, sodass die Mikro-KWK-Anlage weniger läuft und damit auch weniger Strom bereitstellt.

Sebastian Gräßle, Birger Becker,
Thomas Knapp

Ein Elektroauto ist als Speicher in das Smart Home integriert.



Weitere Infos:

Thomas Knapp
Fachgebiet Bauphysik und Technischer Ausbau (ftba)
Telefon +49 721 608-46982
E-Mail thomas.knapp@kit.edu

Birger Becker
Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB)
Telefon +49 721 608 44556
E-Mail birger.becker@kit.edu

Erfolgreicher Test: Stromzuführungen für Wendelstein 7-X

Für die Fusionsanlage Wendelstein 7-X in Greifswald entwickelt, baut und testet das KIT spezielle Hochtemperatur-Supraleiter-Stromzuführungen. Der Test der beiden Prototypen verlief so erfolgreich, dass die Stromzuführungen, die nun in Serie gehen, als Modell für künftige Stromzuführungen für Fusionsmagnete dienen können.



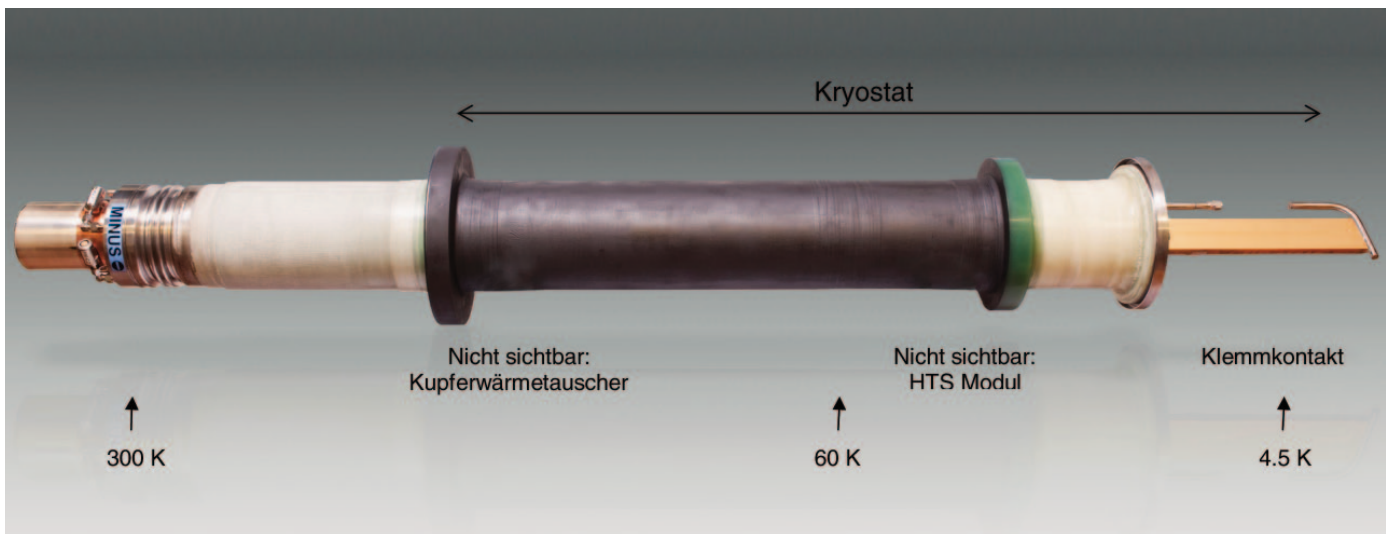
Der Testkryostat, angeschlossen an den Hauptvakuumkessel der Anlage TOSKA am KIT.

Ziel der Fusionsforschung ist, die Energieversorgung der Sonne auf der Erde nachzuvollziehen und damit eine saubere, sichere, wirtschaftliche und praktisch unerschöpfliche Energiequelle zu erschließen. Als Brennstoff dient ein Gemisch der Wasserstoff-Isotopen Deuterium und Tritium. Dieses Gemisch wird auf 100 Millionen Grad aufgeheizt, sodass ein Plasma – ein ionisiertes Gas – entsteht, in dem die Atomkerne miteinander verschmelzen.

Mit dem Großexperiment Wendelstein 7-X in Greifswald wollen das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) und die Helmholtz-Gemeinschaft die Eignung des Anlagenkonzepts Stellarator für künftige Fusionskraftwerke demonstrieren. Beim Stellarator erzeugen ausschließlich äußere Spulen das ringförmige und verdrillte Magnetfeld, welches das Plasma einschließt, in dem die Fusionsreaktion abläuft. Die speziell geformten Spulen ermöglichen einen dauerhaften Plasmaeinschluss, sodass Stellaratoren sich für den kontinuierlichen Betrieb eignen, während Tokamak-Anlagen, wie der internationale Testreaktor ITER, mit Unterbrechungen arbeiten.

Wendelstein 7-X wird der weltweit bis jetzt größte Stellarator sein. 70 supraleitende Spulen erzeugen das Magnetfeld. Dank der Supraleitung fließt der elektrische Strom bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt nahezu verlustfrei. Ohne Supraleitung würde zu viel Wärme entstehen; dadurch würde entweder die Länge der Plasmaentladung begrenzt, oder es müsste zur Kühlung der Spulen mehr Energie eingesetzt werden, als die Fusion letztendlich liefert.

Den Anschluss der Spulen an den elektrischen Strom stellen Stromzuführungen her, die zugleich eine Verbindung zwischen der Raumtemperatur und der tiefen Temperatur – minus 269 Grad Celsius – der Supraleiter bilden. Diese Stromzuführungen müssen hohe Anforderungen erfüllen: Im laufenden Betrieb sollen sie den Spulen Ströme bis zu 18,2 Kiloampere (kA) zuführen. Zudem müssen sie für den Fall einer schnellen Abschaltung Hochspannungen von mehreren tausend Volt standhalten. Das KIT ist verantwortlich für Entwicklung, Bau und Test



Eine der am KIT entwickelten Stromzuführungen. Das rechte Ende wird mit den Spulen verbunden.

von zwei Prototyp- und 14-Serienstromzuführungen für Wendelstein 7-X.

Die Karlsruher Forscher verfügen über eine ausgewiesene Expertise in der Konstruktion von Stromzuführungen für große supraleitende Magnete: Bereits 2003 entwickelten sie gemeinsam mit dem Schweizer Forschungszentrum für Plasmaphysik CRPP erfolgreich einen Stromzuführungsdemonstrator für ITER und zeigten damit, dass solche extremen Anforderungen sich erfüllen lassen. Basierend auf einem ähnlichen Design entwickelte das KIT die Stromzuführungen für Wendelstein 7-X. Nachdem die Fertigung der beiden Prototypen abgeschlossen war, wurden diese in der Spulentestanlage TOSKA des KIT einem detaillierten Test unterzogen. Die Ergebnisse bei Strombelastbarkeit, Verlusten und Stabilität waren hervorragend.

Die Stromzuführungen sind für einen Nennstrom von 14 kA und einen Maximalstrom von 18,2 kA ausgelegt. Zentrales Modul jeder Stromzuführung ist ein Hochtemperatur-Supraleiter (HTS). Dieser vereint zwei Vorteile in sich: Erstens leitet er Strom bei der Betriebstemperatur von unter minus 213 Grad Celsius praktisch verlustfrei. Zweitens weist er eine geringe Wärmeleitfähigkeit auf. Gekühlt wird das HTS-Modul ausschließlich über die Wärmeleitung der Materialien: Als Verbindung zwischen der Stromzuführung

und dem supraleitenden Anschluss an die Spulen dient ein Klemmkontakt. Die Bauteile dieser Seite werden mit flüssigem Helium auf minus 269 Grad Celsius gekühlt. Auf der wärmeren Seite ist der HTS mit einem Kupfer-Wärmetauscher verbunden; die Verbindung wird mit kaltem gasförmigem Helium auf minus 223 Grad Celsius gekühlt. Der eigens neu entwickelte Kupfer-Wärmetauscher sorgt für den Übergang von dieser Temperatur auf Raumtemperatur. Zudem ermöglicht dieser Wärmetauscher einen sicheren Betrieb der Stromzuführungen, denn diese werden „über Kopf“ eingebaut, sodass der Strom von unten eingeleitet wird – eine Besonderheit von Wendelstein 7-X, die in künftigen Fusionsanlagen aufgegriffen werden kann. Der Wärmetauscher verhindert Konvektion und damit aufsteigende Wärme.

Zum Test fügten die KIT-Forscher unter Federführung des Instituts für Technische Physik (ITEP) die beiden Prototypstromzuführungen mit einem Verbindungsbügel zusammen und installierten sie mit dem Raumtemperaturende nach unten in einem Testkryostaten. Diesen verbanden sie mit dem großen Kryostaten – einem Kühlgerät für sehr tiefe Temperaturen – der Anlage TOSKA. Nach dem Abkühlen der Versuchsanordnung begann der rund dreiwöchige Test mit Strömen bis zu 20 kA und Spannungen bis zu 13 000 Volt. Als Quenchttemperatur, bei welcher der

HTS vom supraleitenden in den normalleitenden Zustand übergeht, wurde eine Temperatur von mehr als 25 Grad über der Betriebstemperatur gemessen. Bei einem simulierten Kühlmittelverlust konnte der Maximalstrom von 18,2 kA über 18 Minuten lang aufrechterhalten werden. Beide Stromzuführungen entsprachen den Erwartungen in sämtlichen Punkten. Das KIT baut und testet nun die 14 Serienzuführungen.

Dirk Radloff

Weitere Infos:

Dr. Walter Fietz
Institut für Technische Physik (ITEP)
Telefon +49 721 608-24197
E-Mail walter.fietz@kit.edu

Fundierte Informationen zu Fukushima

Seit Monaten befassen sich Experten der Helmholtz-Gemeinschaft unter Federführung des KIT mit den Auswirkungen der Naturkatastrophen in Japan auf die Kernkraftwerke am Standort Fukushima I. Ziele: sachliche, wertfreie Information, eine kompetente Einschätzung der Lage und konkrete Hilfe.

Das schwere Erdbeben in Japan am 11. März dieses Jahres, der folgende Tsunami und die verheerenden Auswirkungen haben weltweit Entsetzen und Trauer ausgelöst – und viele Fragen aufgeworfen, auch in Deutschland. Was ist in den Kernkraftwerken von Fukushima genau geschehen? Welche Folgen sind zu befürchten? Die Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren reagierte rasch auf die Ereignisse und richtete sechs Arbeitsgruppen ein, um die wissenschaftliche Expertise zusammenzufassen, über die aktuellen Entwicklungen in Japan aufzuklären sowie Rückschlüsse auf deutsche Kernkraftwerke zu ziehen. In den ersten Wochen der Krise waren die rund 30 beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zeitweise rund um die Uhr eingespannt; sieben von ihnen standen den Medien über das Helmholtz-Programm Nukleare Sicherheitsforschung, das Büro des Chief Science Officer 4 des KIT und die KIT-Pressestelle für Interviews zur Verfügung – bei Bedarf auch am Wochenende.

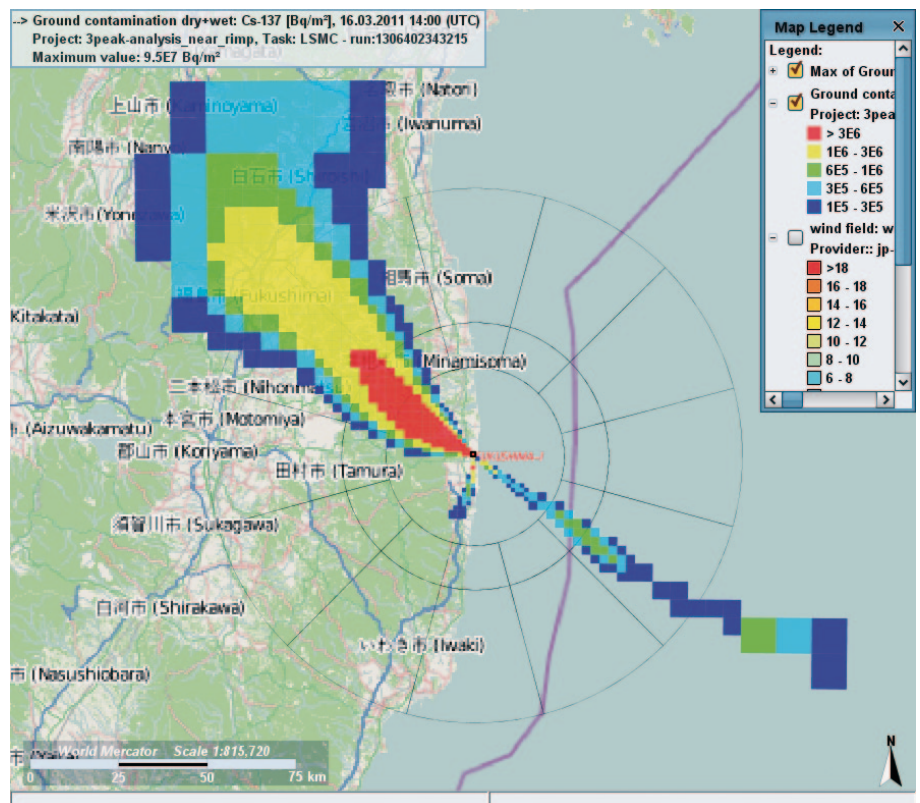
Den anfragenden Journalisten war zunächst vor allem daran gelegen, das Geschehen genau zu verstehen und Begriffe zu klären. Wie sind die Reaktoren in Fukushima aufgebaut? Welche Reaktorkomponenten wurden zerstört? Wie pflanzt sich der Unfall im Reaktor fort? Wie kommt es zu einer Kernschmelze? Was ist Nachzerfallwärme? Dann ging es um Maßnahmen vor Ort, die Sicherung der Kernkraftwerke und schließlich um mögliche Konsequenzen für deutsche Kernkraftwerke. Die Fragen der Journalisten waren immer sachlich und fair. Stellungnahmen der Helmholtz-Experten waren und sind in Fachmedien und in allen großen Publikumsmedien gefragt – von der FAZ über Welt und Zeit, Focus und Spiegel online bis zur Deutschen Welle und dem heute journal.

Auf der Website des KIT unter <http://www.kit.edu/besuchen/6042.php> veröffentlichen die Arbeitsgruppen ihre Ergebnisse zeitnah.

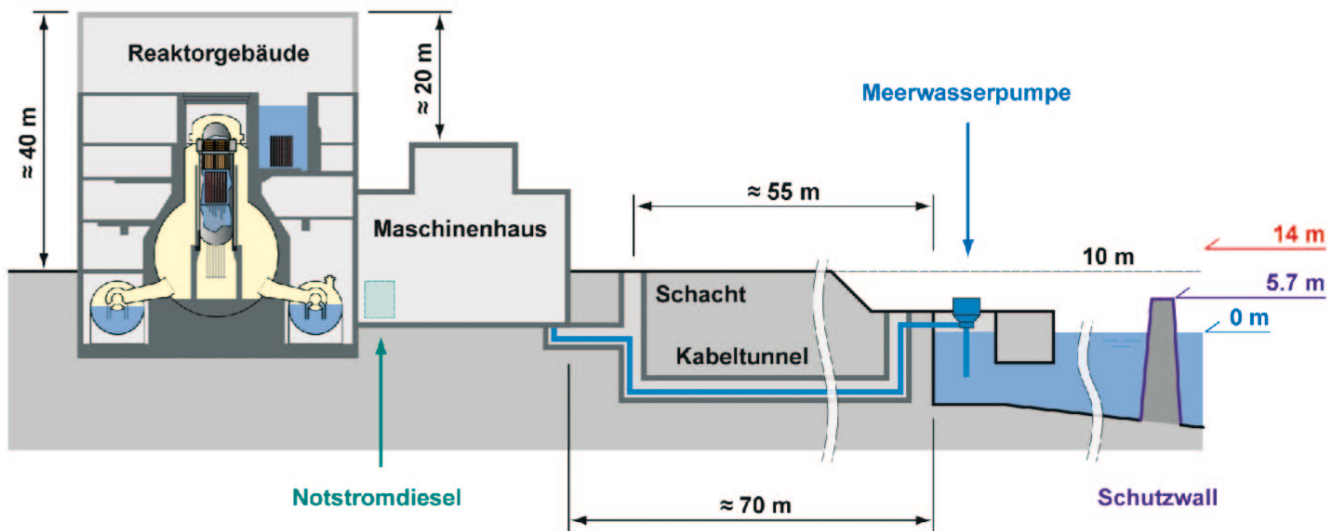
Im Einzelnen befassen sich die sechs Arbeitsgruppen mit folgenden Themen: Zerstörungsgrad der einzelnen Reaktorkomponenten; Berechnung des Störfallablaufs und der Energiefreisetzung im Reaktorkern sowie Prognose der weiteren möglichen Unfallentwicklung; Auswirkungen der Wasserstoffexplosionen auf Anlagenkomponenten und Identifizierung von kritischen Randbedingungen für weitere Wasserstoffexplosionen; Radioaktive Emissionen und Ausbreitungsrechnungen

für verschiedene Störfall- und Unfallszenarien; Auswirkungen von radioaktiven Freisetzungen auf die betroffenen Menschen; Vergleich der Sicherheitsaspekte deutscher und japanischer Siedewasser-Reaktoren.

Zusammen mit der Gesellschaft für Reaktorsicherheit, der Internationalen Atomenergiebehörde und anderen Forschungseinrichtungen sammeln die Helmholtz-Arbeitsgruppen alle verfügbaren Daten einschließlich der von dem japanischen Kraftwerksbetreiber TEPCO und dem Japan Atomic Industrial Forum (JAIF) gelieferten Informationen. Sie speisen die Daten in Modelle ein und



Abschätzung der Bodenkonzentration Cs-137 um Fukushima mit dem Echtzeit-Entscheidungshilfemodell RODOS.



Querschnitt durch das Kernkraftwerk Fukushima I als Höhenprofil. Quelle: VGB PowerTech

spielen verschiedene Szenarien durch. Sie stellen der deutschen Politik wissenschaftlich neutrale Fakten und Ergebnisse zur Meinungsbildung und als Entscheidungsgrundlage zur Verfügung. Zudem bieten die Helmholtz-Experten konkrete Hilfe und Beratung zur Lage vor Ort an. Das KIT unterstützt überdies Menschen, die sich in Japan in Gebieten mit erhöhter Strahlung aufgehalten haben. Sie können sich am KIT-Campus Nord im Regionalen Strahlenschutzzentrum in einem Ganzkörperzähler (Body-Counter) auf mögliche Kontaminationen untersuchen und beraten lassen. Dieses Angebot wurde von der Bevölkerung angenommen.

Die Federführung der Arbeitsgruppen mit Forschern des KIT, des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf und des Forschungszentrums Jülich unter Einbindung des Kompetenzverbands Kerntechnik liegt beim KIT. Dieses verfügt über umfassende Erfahrungen bei der Untersuchung und Berechnung von schweren Störfällen in kerntechnischen Anlagen. Zudem haben die Karlsruher

Wissenschaftler Modelle erarbeitet, mit denen sich die Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre berechnen lässt. Das am KIT entwickelte Echtzeit-Entscheidungshilfemodell RODOS (Real-time On-line DecisiOn Support) wurde neu für Japan aufgesetzt. Unterstützend ziehen die Wissenschaftler Daten des Deutschen Wetterdienstes sowie des US-amerikanischen Wetterdienstes heran. RODOS bildet das Verhalten radioaktiver Stoffe in der Umwelt und die Expositionswege des Menschen ab. Neben den täglich erstellten Ausbreitungsprognosen hat das KIT die Ausbreitung der radioaktiven Stoffe auch retrospektiv berechnet und bewertet.

Nach wie vor ist die Lage in Fukushima kritisch. Die Installation neuer geschlossener Kühlkreisläufe für die langfristige Kühlung der Reaktorkerne sowie der Brennelementlagerbecken ist noch nicht abgeschlossen. Die Arbeiten zur Sicherung der Kernkraftwerke sind lange noch nicht beendet. Unterdessen setzen die Helmholtz-Arbeitsgruppen ihre Tätigkeit

fort. Sie werden letztendlich auch den Einschluss oder Rückbau der Anlagen in Fukushima begleiten.

Joachim Knebel

Weitere Infos:

Dr. Joachim Knebel
Chief Science Officer Bereich 4
Telefon +49 721 608-25511
E-Mail joachim.knebel@kit.edu



Foto: Rainer Sturm/pixelio.de

Lebensweg von Energieszenarien

Ein am KIT koordiniertes neues Helmholtz-Kolleg betrachtet Energieszenarien aus interdisziplinärer Perspektive. Dabei untersuchen Doktoranden den gesamten Lebensweg solcher Szenarien – von der Konstruktion über die Bewertung bis hin zur Wirkung auf Politik, Wirtschaft und öffentliche Diskussion.

Entscheidungen im Energiesektor wirken sich oft über Jahrzehnte tief greifend aus und lassen sich häufig nachträglich nur schwer modifizieren. Dies gilt vor allem dann, wenn es um komplexe Infrastrukturen der Energieumwandlung, -speicherung, -verteilung und -nutzung geht, beispielsweise um Großkraftwerke, die hohe Investitionen erfordern, oder um Infrastrukturen, welche die gesamte Gesellschaft betreffen. Umso wichtiger ist es für Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft, sich vorab damit zu befassen, inwieweit Erwartungen für die Zukunft als tragfähig gelten können. Explizit oder implizit lassen sie sich dabei von Vorstellungen über Energiezukünfte, häufig

von elaborierten Energieszenarien leiten. Energieszenarien basieren auf Energiesystemanalyse, formalen Modellen oder Simulationen sowie Visionen von zukünftigen technologischen, sozialen und ökonomischen Entwicklungen und Bedürfnissen. Solche Szenarien dienen regelmäßig dazu, Entscheidungen in Ministerien, Behörden, Banken und Unternehmen zu unterstützen. Darüber hinaus beeinflussen sie die öffentliche Diskussion über die Zukunft der Energieversorgung.

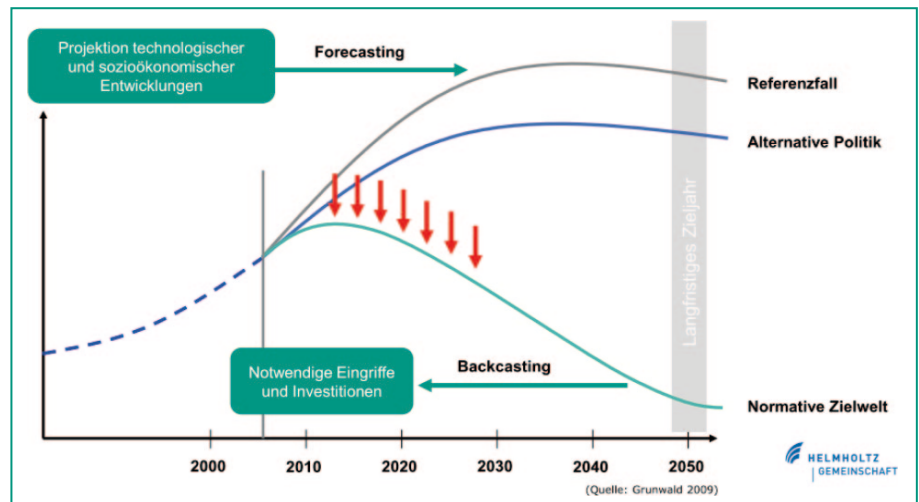
Energieszenarien unterscheiden sich teilweise erheblich voneinander. Ein Beispiel sind Szenarien über Anteile verschiedener Energien am Primärenergieverbrauch in

Deutschland im Jahr 2050, die etwa für erneuerbare Energien Anteile zwischen zehn und über 70 Prozent ansetzen. Bei vielen Energieszenarien sind Hintergründe und Zusammenhänge, zugrunde liegende Annahmen und die eingesetzte Methode der Bewertung solcher Szenarien existieren noch nicht. Auch über ihre Wahrnehmung in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft ist noch wenig bekannt. Dieser Problematik widmet sich das am KIT neu eingerichtete Helmholtz-Kolleg „Energy Scenarios – Construction, Assessment, and Impact“.

Die von der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren geförderte englischsprachige Einrichtung bietet eine strukturierte Doktorandenausbildung, die fachliche Qualifikation und berufsqualifizierendes Training verbindet und die Kollegiaten optimal auf eine Karriere in Forschung, Industrie oder Politik vorbereitet. Die Doktoranden erarbeiten ein umfassendes Verständnis von Energie-

szenarien, das von modelltechnischen über ökonomische bis hin zu philosophischen Fragen reicht. Am KIT tragen das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), das Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP) sowie das Institut für Philosophie das interdisziplinäre Programm zwischen Technik-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften und Philosophie. Daneben sind das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), die Universität Stuttgart und das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) an dem Kolleg beteiligt. Kooperationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen, Behörden und Industrieunternehmen im In- und Ausland gewährleisten internationale Vernetzung und Praxisbezug. Ein Schwerpunkt liegt auf dem Dialog zwischen Anbietern und Nutzern von Energieszenarien.

Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen, unter ihnen Ingenieure, Ökonomen und Soziologen, betrachten den gesamten Lebensweg von Energieszenarien, von ihrer Konstruktion über ihre Bewertung bis hin zu ihrer Wirkung. Im Einzelnen befassen sie sich mit der Wahl der Methoden zur Modellierung und Simulation, mit der Festlegung von Systemgrenzen und der Integration von Pluralität bei der Konstruktion von Szenarien. Sie beschäftigen sich mit vergleichenden Kriterien der Bewertung, erörtern Geltungsfragen und Reichweite und prüfen die Objektivierbarkeit.



Energieszenarien leiten Entscheidungen in Politik und Wirtschaft und beeinflussen die öffentliche Diskussion.

Schließlich untersuchen sie die Wirkung von Energieszenarien in Bezug auf Wahrnehmung und Relevanz, Folgen für Politik und Wirtschaft sowie Einfluss auf die breite Bevölkerung.

Der gegenwärtige Wissensstand zum Lebensweg von Energieszenarien differiert von Abschnitt zu Abschnitt: Was die Konstruktion betrifft, ist er relativ hoch, was die rationale Bewertung betrifft, deutlich niedriger. Noch wenig erforscht ist die Wirkung. Die Arbeit mit Energieszenarien in einem Lebensabschnitt erfordert allerdings ein gewisses Grundwissen über die übrigen Abschnitte. Beispielsweise müssen Nutzer solcher Szenarien über deren erkenntnistheoretische Grundlagen und über Kriterien der Bewertung informiert

sein, um reflektiert mit ihnen umgehen zu können. Daher ist es auch in der Forschung unerlässlich, den Lebensweg von Energieszenarien übergreifend zu betrachten, was wiederum nur interdisziplinär möglich ist.

Armin Grunwald

Weitere Infos:

Professor Dr. Armin Grunwald
Institut für Technikfolgenabschätzung
und Systemanalyse (ITAS)
Sprecher des Helmholtz-Kollegs
Energieszenarien
Telefon +49 721 608-22500
E-Mail armin.grunwald@kit.edu



Foto: Marvin Siefke/pixelio.de



Foto: Rainer Sturm/pixelio.de

KIT-Zentrum Energie

Leiter Dr. Peter Fritz

Wiss. Sprecher Prof. Dr.-Ing. Hans-Jörg Bauer

Sprecher Topic 1 – Energieumwandlung Prof. Dr.-Ing. Henning Bockhorn

Sprecher Topic 2 – Erneuerbare Energien Dr.-Ing. Karl-Friedrich Ziegahn

Sprecher Topic 3 – Energiespeicherung und -verteilung Prof. Dr.-Ing. Thomas Leibfried

Sprecher Topic 4 – Effiziente Energienutzung Prof. Andreas Wagner / Prof. Dr.-Ing. Matthias Kind

Sprecher Topic 5 – Fusionstechnologie Dr. Klaus Hesch

Sprecher Topic 6 – Kernenergie und Sicherheit Dr. Thomas Walter Tromm

Sprecher Topic 7 – Energiesystemanalyse Prof. Dr. Armin Grunwald

Geschäftsführer Dr. Wolfgang Breh

www.energie.kit.edu