ENERGIEFORSCHUNG
IN SCHLESWIG-HOLSTEIN

Kooperationsgeschichten

EKSH
Gesellschaft für Energie und
Klimaschutz Schleswig-Holstein GmbH

INTRO
VORWORT

Spannende Kooperationen der Energieforschung im Fokus

Schleswig-Holsteinische Hochschulen zusammen mit innovativ denkenden und agierenden Unternehmen sind eine gute Basis für Kooperation und Wissenstransfer. Wir möchten Beispiele aufzeigen, in denen Wissenschaft und Wirtschaft gemeinsam Aufgabenstellungen formuliert und kooperativ bearbeitet haben.

Das Kürzel HWT (Hochschule-Wirtschaft-Transfer) steht für ein sehr erfolgreiches Programm, mit dem in Schleswig-Holstein seit 2012 ebensolche kooperativen Forschungsvorhaben zu Themen rund um Energie und Klimaschutz gefördert werden. Rund sieben Millionen Euro sind seither von der Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein GmbH (EKSH) an Hochschulen im Land bewilligt worden. HWT fördert anwendungsnahe Forschung und gibt einen Anreiz für Wirtschaftspartner, sich mit Geld und Sachmitteln an den Projekten zu beteiligen – zumeist liegt dieser Anteil regelmäßig bei 20 Prozent der Gesamtkosten. Das Themenspektrum ist bunt und vielfältig, es reicht von Windenergietechnik und Erneuerbare Energien, über Leistungselektronik und Speichertechnologien bis hin zu Smarthome-Anwendungen oder Agrarwirtschaft.

Hätten Sie gewusst, dass jährlich rd. 23.000 Tonnen Plastikabfall durch Siloabdeckung entstehen? Die pfiffige Alternative könnte Maisschaum sein, wie Forscher der FH Kiel herausfanden. Wie können Ruß- und Feinstaubausstoß von großen Schiffen beim Manövrieren im Hafen reduziert werden? Sind Rotorblätter aus Holz eine Alternative zu den gängigen Kunststoff-Flügeln von Windenergieanlagen? An welchen Orten in Schleswig-Holstein lohnen sich Nahwärmenetze? Das sind nur einige Beispiele spannender Forschungskooperationen, die wir mit unserer Broschüre in den Fokus Ihres Interesses rücken wollen.

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre!

Stefan Sievers

Stefan Brumm

INDEX

INHALT

Vorwort 02

01 Windenergieanlagentechnik
Aerodynamischer Handschuh für Windturbinen 04-07

02 Windenergieforschung
Holzrotoren, Turmkonstruktion, Steuerung 08-11

03 Leistungselektronik
Kleinwindenergieanlagen 12-15

04 Standsicherheit von Windenergieanlagen auf See
Innovative Kolkmessung 16-19

05 Sektorenkopplung
Kraft-Wärme-Kopplung oder Power-to-Heat? 20-23

06 Energiespeicherung
Mit Druckluft Strom speichern 24-27

Schaufenster Intelligente Energie
Das Projekt NEW 4.0 28-29

07 Batteriespeicher
Intelligentes Energiemanagement 30-33

08 Energieverbrauch
Neues Verfahren zur präzisen Stromverbrauchs-Prognose 34-37

09 Smarthome
Intelligente Energiesteuerung für Zuhause 38-41

Schlüsselthema Digitalisierung
Im Gespräch mit Prof. Dr. Michael Herczeg, Universität zu Lübeck 42-43

10 Innovationsforschung
Neue Geschäftsmodelle in der Energiewirtschaft 44-47

11 Wärmenetze
Wärmeatlas Schleswig-Holstein 48-51

12 Elektromobilität
Induktives Laden 52-55

13 Schiffsantriebstechnik
Schiffsmotoren auf dem Prüfstand 56-59

14 Trinkwasserhygiene
Energieeffiziente Ultrafiltration 60-63

15 Plastikabfallvermeidung
Siloabdeckung aus Maisschaum 64-67

Förderinstrumente für Energieforschung
HWT-Programm und EKSH-Promotionsstipendium 68-69

Impressum 70

Bildnachweis 71

AERODYNAMISCHER HANDSCHUH FÜR WINDTURBINEN

Fachhochschule Kiel

01

Projektzeitraum
1.1.2017 - 31.10.2018

Projektförderung EKSH
150.000 Euro

Unternehmensbeitrag
31.000 Euro

Fachhochschule Kiel
Fachbereich Maschinenwesen
Prof. Dr. Alois Schaffarczyk
0431 210-2610
alois.schaffarczyk@fh-kiel.de

NEUES MESSVERFAHREN FÜR EFFEKTIVERE WINDRÄDER

Forschungsprojekt der FH Kiel: Untersuchungen mit »Aerodynamischem Handschuh« an Windturbinen offenbaren Potenzial für mehr Energieausbeute

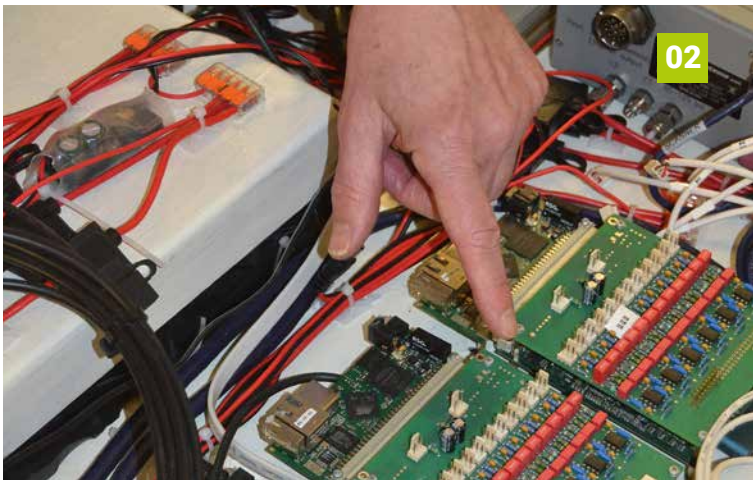
In der Luftfahrt gilt der »Aerodynamische Handschuh« als etablierte Methode, um Tragflächen im Realversuch auf ihre Strömungseigenschaften zu überprüfen. In einem von der EKSH geförderten Forschungsprojekt hat die Fachhochschule Kiel dieses komplexe Messverfahren erfolgreich an einer modernen MultiMegawatt-Windenergieanlage angewendet und damit Pionierarbeit geleistet. »Dabei haben wir festgestellt, dass die Form der Rotoren Verbesserungspotenzial besitzt, um effektiver Strom zu produzieren«, fasst Projektleiter Professor Alois Schaffarczyk das vielversprechende Ergebnis zusammen. Dieses ist nicht zuletzt für die beteiligten Industriepartner sehr interessant.

»Mit dem aerodynamischen Handschuh bekommen wir verlässliche Daten über die tatsächlichen Anströmbedingungen sowie über den so genannten Grenzschichtzustand an den Rotorblättern«, berichtet der Projektleiter. Dieser Zustand beschreibt den Bereich am Rotorblatt, an dem die vorbeistreichende glatte Luftströmung (laminarer Zustand) in einen stark wirbelenthaltenden (turbulenten) Zustand übergeht. »Optimal sind Flügelprofile, die möglichst wenig Turbulenz erfahren, da diese immer unerwünschten, zusätzlichen Widerstand erzeugen«, erläutert Schaffarczyk. Andersherum ausgedrückt: Je weniger Luftwirbel auftreten, desto größer ist die Energieausbeute.

Ertragsoptimierte Form der Rotorblätter

Für die Weiterentwicklung von Windturbinen sind solche Messergebnisse überaus wichtig. Damit die Windenergie ihre Wirtschaftlichkeit weiter steigern kann, werden neuere und größere Anlagen vor allem für den Offshore-Bereich im offenen Meer entwickelt. »Entscheidend für diese neuen Anlagen ist eine ertragsoptimierte Form der Rotorblätter. Die klassischen aerodynamischen Entwurfsverfahren sind im Wesentlichen bereits viele Jahrzehnte alt«, erklärt Schaffarczyk. Die üblichen Tests im Windkanal haben nur eine begrenzte Aussagekraft zur Aerodynamik. Deshalb seien Testverfahren im Realbetrieb einer Windenergieanlage entscheidend für die Weiterentwicklung der aerodynamischen Auslegung von Rotorblättern.

Die FH Kiel erhielt während der Projektlaufzeit die einmalige Gelegenheit, den speziell für das Projekt angefertigten aerodynamischen Handschuh an einer modernen Großwindturbine in Eggebek bei Flensburg zu testen. Die »Senvion MM92« ist seit 2013 auf dem Gelände eines ehemaligen Militärflugplatzes in Betrieb und gehört mit einer Nabenhöhe von 100 Metern



01 – An einem Rotorblatt der Windenergieanlage in Eggebek wurde der aerodynamische Handschuh befestigt.

02 – Im aerodynamischen Handschuh sind unter anderem die IT und Elektronik zur Steuerung der Messtechnik integriert.

und Rotorblattlängen von 45 Metern zur Klasse der MultiMegawatt-Windturbinen. Sie hat eine Nennleistung von 2.050 Kilowatt, 2018 erwirtschaftete die Anlage einen Stromertrag von mehr als sechs Gigawattstunden.

Um Daten über das Anströmverhalten zu gewinnen, hat das schleswig-holsteinische Spezialunternehmen wingtec den etwa küchentischgroßen aerodynamischen Handschuh speziell für die Rotorblätter der Eggebeker Anlage gebaut. Wie ein Handschuh wird die Konstruktion sozusagen über das Rotorblatt gestülpt. »Wir konnten dieses komplexe Messgerät erstmals weltweit an einer Multi-MW-Anlage testen«, sagt Schaffarczyk. »Es kann einerseits Daten über die augenblickliche Anströmrichtung, die Geschwindigkeit und den (hochfrequenten) Turbulenzgrad aufzeichnen. Andererseits dokumentiert es auf dem Rotorblatt den Übergang zwischen glatten und verwirbelten Bereichen.« Das Handschuhkonzept erlaube es, Messtechniken an der Profiloberfläche anzubringen, ohne das Rotorblatt selbst mechanisch zu beeinträchtigen.

Ein aerodynamischer Handschuh ist praktisch ein wiederverwendbarer, anpassbarer Geräteträger mit einer Vielzahl von integrierten Messgeräten. Eine Fünflochsonde mit Druckwandler erfasst die Strömungsrichtung und deren Geschwindigkeit sowie den Turbulenzgrad der vorbeistreichenden Luft. Für die Bestimmung der Druckverteilung auf der Saugseite des Rotors sorgen 57 Druckmessstellen. Zudem sind 48 Mikrofone über das Profil verteilt, um das Strömungsverhalten akustisch aufzuzeichnen.

Unerwünschte Verwirbelungen sind am deutlich stärkeren Geräusch schon mit dem menschlichen Ohr erkennbar. Die Elektronik dieser Sensoren wird ebenfalls im Handschuh untergebracht, der zusätzlich mit einem Beschleunigungssensor, einem Temperatur- und Feuchtesensor sowie einem Datenerfassungssystem inklusive eines WLAN-Links zur Bodenstation ausgestattet ist.

Trotz teilweise widriger Messbedingungen wertet Professor Schaffarczyk das Projekt als Erfolg:

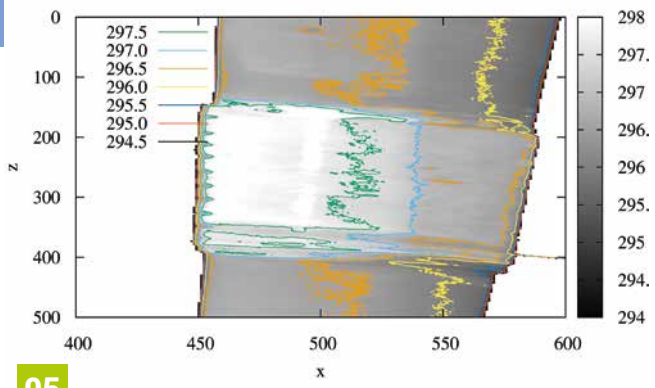
Wir haben gezeigt, dass der aerodynamische Handschuh ein umfassendes Bild der Grenzschichtströmung einer Windenergieanlage im laufenden Betrieb liefert. Diese Art der Forschung kann sicher dazu beitragen, die Entwurfskriterien für Rotorblätter zu verbessern und Windenergieanlagen zu optimieren. Damit könnten wir einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz liefern.”

03 – Komplexe Messtechnik: Prof. Alois Schaffarczyk erläutert den aerodynamischen Handschuh.

04 – Der aerodynamische Handschuh wurde für die Messungen an einem der drei Rotorblätter der Windenergieanlage in Eggebek montiert.

05 – Das aufbereitete Thermografiebild zeigt den aerodynamischen Handschuh und die Messverläufe am Rotorblatt.

04



05

Positiv verlaufen sei zudem die Zusammenarbeit mit den Projektpartnern aus Industrie und Wissenschaft. Zu ihnen gehörten der Anlagenhersteller Senvion, der Onshore-Windparkentwickler Denker & Wulf, der Handschuh-Hersteller wingtec und die Deutsche WindGuard Engineering GmbH, die mit Thermografie-Aufnahmen eingebunden war. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) unterstützte das Projekt mit Experten vom Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, und der Norddeutsche Verbund für Hoch- und Höchstleistungsrechner (HLRN) steuerte zusätzliche Kapazitäten für die äußerst umfangreichen begleitenden Simulationen bei. Auch das Bremer Institut für Messtechnik, Automatisierung und Qualitätswissenschaft (BIMAQ) trug zum Gelingen bei. Nicht zuletzt war schließlich die Hochschule Flensburg in das Projekt eingebunden.

Ein aktiver Beitrag zum Klimaschutz

Das Handschuh-Verfahren selbst werde in der Windenergieforschung zunehmend als unerlässlich angesehen, heißt es im Fazit des Projektes. Nur so lassen sich zukünftige Rotorauslegungen differenziert nach On- und Offshore-Anwendungen entwickeln, um die Aerodynamik der Windturbinen einen entscheidenden Schritt voranzubringen.

WINDTURBINEN WIRTSCHAFTLICHER GESTALTEN

Drei Fragen an Christian-Ole Rick

vom Windparkbetreiber Denker & Wulf, Betriebsleiter der Forschungs-Windenergieanlage Eggebek

1 **Wie verlief die Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern der FH Kiel und den anderen Partnern zu diesem Projekt?**

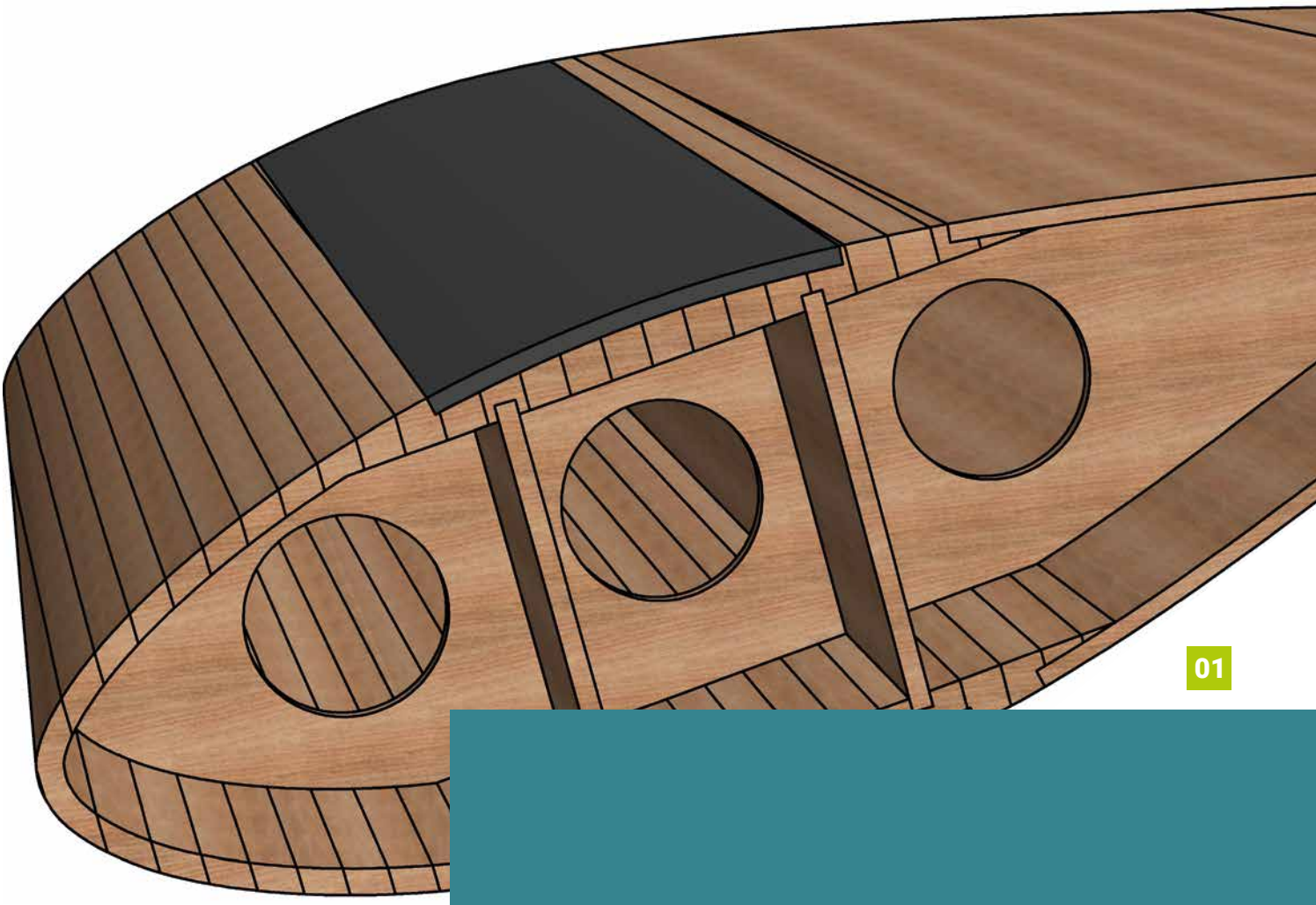
»Dies war ja der erste Test an unserer Anlage mit einem aerodynamischen Handschuh, wir haben damit echte Pionierarbeit geleistet. Die Zusammenarbeit mit allen Partnern verlief reibungslos, wir haben nur positives Feedback bekommen. Vom Kick-off-Meeting bis zur Diskussion der Ergebnisse war alles sehr gut abgestimmt. Die Forscher der FH Kiel haben wichtige Erkenntnisse gewonnen. Es war ein guter Anfang und ein Startsignal für zukünftige Forschung, die wichtig ist, um die Energieausbeute von Windenergieanlagen zu verbessern.«

2 Welche Erkenntnisse hat Denker & Wulf durch die Messungen mit dem »aerodynamischen Handschuh« gewonnen?

»Dieses Projekt hat gezeigt, dass neue Ideen umgesetzt werden müssen, um neue Wege zur Optimierung der Rotorblätter aufzuzeigen. Das Potenzial der Rotorblätter ist noch nicht ausgeschöpft und bekommt somit wieder mehr Gewicht.«

3 Lassen sich die Ergebnisse für das zukünftige Design und die Konstruktion der Rotoren nutzen – und wenn ja, wie?

»Mit den Ergebnissen ist es möglich, optimierte Rotorblattprofile zu konstruieren und herzustellen. Dadurch ergibt sich für den Betreiber ein höherer Energieertrag und eine verbessere Lastenverteilung, die sich wiederum positiv auf die Lebensdauer auswirkt.«



01

INNOVATIVE WINDENERGIEFORSCHUNG
HOLZROTOREN, STEUERUNG, TURMKONSTRUKTION

Hochschule Flensburg

02

Projektzeitraum
2013 bis 2018

Projektförderung EKSH
695.000 Euro (fünf HWT-Projekte)
zzgl. drei Promotionsstipendien

Unternehmensbeitrag
338.000 € (fünf HWT-Projekte)

NEUE DENKANSÄTZE FÜR WINDENERGIE

Hochschule Flensburg
Prof. Dr.-Ing. Torsten Faber (Leitung)
Prof. Dr. Clemens Jauch
Prof. Dr.-Ing. David Schlipf
0461 805-1241, -1660 und 48161443
torsten.faber@hs-flensburg.de
clemens.jauch@hs-flensburg.de
david.schlipf@hs-flensburg.de

Institut für Windenergietechnik (WETI) in Flensburg forscht zu Turmkonstruktionen, Holzrotoren und Einspeisemanagement

Am Institut für Windenergietechnik WETI der Hochschule Flensburg dreht sich alles um neue Technologien und Know-how zur Windenergie – bei praxisbezogenen Forschungsvorhaben ebenso wie in der Ausbildung von Studierenden. In Projekten, die die Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein (EKSH) gefördert hat, geht es um innovative Ansätze zur Turmkonstruktion, zu Rotoren aus Holz und einem verbesserten Einspeisemanagement des Windstroms in die Netze.

Das 2010 gegründete Wind Energy Technology Institute an der Hochschule Flensburg setzt auf die enge Kooperation von Hochschule und Wirtschaft. Studieninteressenten können aus sechs Studiengängen auswählen. Das Stiftungsinstitut wird von der Hochschule Flensburg, der EKSH sowie Unternehmen aus der Windbranche gefördert. Zum Portfolio gehören neben der Lehre an der Hochschule Flensburg und der Europa-Universität Flensburg Vorträge, Forschungs- und Weiterbildungsprojekte sowie Veröffentlichungen und Beratungsleistungen für Unternehmen und Verbände vor allem in der Windenergiebranche.

Das WETI organisiert außerdem die nationale und internationale Zusammenarbeit mit Hochschulen, Unternehmen und Organisationen für den Windenergiebereich. Durch die Zweitmitgliedschaft an der Europa-Universität Flensburg haben die beiden Professoren Torsten Faber und Clemens Jauch zudem das Promotionsrecht. Die Hochschule Flensburg ist durch das WETI Mitglied in der renommierten European Academy of Wind Energy (EAWE).

Vertreten wird die Hochschule dort durch Professor Schlipf, der seit 2018 am WETI tätig ist.

Besonders unkonventionelle Ideen und neue Denkansätze kennzeichnen die Forschungsvorhaben am WETI. Das trifft auch auf das Projekt Rotorblätter aus Holz für Großanlagen zu. »Wir verfügen über langjährige Erfahrungen in der Windenergie und im Holzbau. Über den Einsatz von Holz nachzudenken, ist in diesem Zusammenhang dennoch sehr ungewöhnlich«, erläutert Institutsleiter Professor Torsten Faber. Üblicherweise bestehen Rotorblätter aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) oder kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK), die zwar leichter als Holz sind. »Doch die Herstellung konventioneller Rotorblätter ist teuer, aufwendig und unpräzise, weil sie zu großen Teilen in Handarbeit erfolgt und eine Automatisierung kaum möglich ist. Darüberhinaus ist die Entsorgung von Kunststoffen problematisch. Wir haben in unserem Projekt ein alternatives Holzrotorblattkonzept entwickelt, das eine automatisierte Fertigung und umweltgerechtes Recycling vereint«, erklärt Faber. Die WETI-Forscher haben die Konstruktion eines 61,5 Meter langen Rotorblattes aus Schichtholz und CFK entworfen und in Simulationen gezeigt: Holz funktioniert auch für große Windenergieanlagen und könnte tatsächlich eine Alternative sein.

Holz funktioniert auch für große Windenergieanlagen

Selbst ein ausschließlich aus Holz hergestelltes Rotorblatt sei realisierbar. »Doch das Eigengewicht wäre dabei deutlich höher. Deshalb haben wir uns für eine Kombination aus Schichtholz und CFK entschieden. Unser Entwurf wiegt 18,5 Tonnen und ist nur fünf Prozent schwerer als ein konventionelles Rotorblatt«, berichtet der Institutsleiter. Wichtig sei

01 – Rotorblatt aus Holz: stabil und preisgünstig.

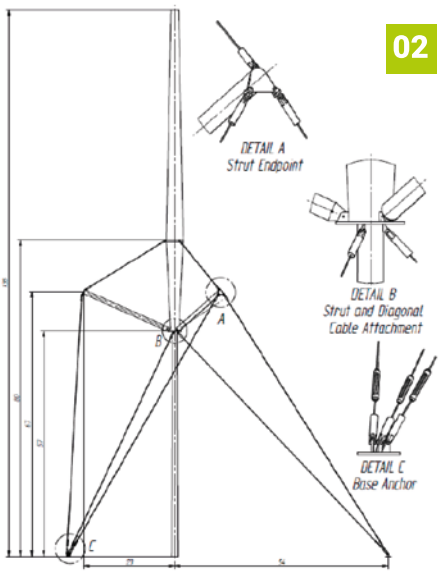
aber, dass sich die Menge an teurem CFK deutlich reduzieren lasse. Bedenken, dass das Material Holz den physikalischen Anforderungen nicht gewachsen ist, seien unbegründet: »Holz verfügt über ein herausragendes Ermüdungs- und Dämpfungsverhalten und bietet vielfältige Möglichkeiten zur Bearbeitung«, erläutert Faber. Bei vergleichbarer Festigkeit wie ein konventionelles Rotorblatt sei eines aus Holz deutlich besser bzgl. der CO_2 -Bilanz und auch kostengünstig herzustellen.

Die strukturelle Auslegung des Rotorblattes mit einem Blattwurzeldurchmesser von 3,5 Meter berechneten die Forscher durch 38 virtuelle Schnitte entlang der Blattachse. An ihnen wurde eine Lastberechnung durchgeführt, um schließlich ein Rotorblattlayout zu erhalten, das die notwendige Steifigkeit für den Einsatz an einer Windenergieanlage garantiert. Eine solche Anlage muss den enormen Kräften durch Extremereignisse wie Orkane und den hohen dynamischen Belastungen mindestens zwanzig Jahre lang standhalten können. Während die Wissenschaftler die Berechnungen und Simulationen erfolgreich abschließen konnten, begann der Kooperationspartner Hoyer & Prass mit dem Start-up PHI-Blades und einem Investor den Prototypenbau. »Leider war dieses engagierte Vorhaben, das bereits gestartet war, in dem vorgegebenen Zeitraum von nur einem Jahr nicht zu realisieren«, sagt Prof. Faber. Deshalb sei das WETI nun offen für einen Industriepartner, der die Realisierung nachhaltig begleiten und finanzieren will.

Das gilt auch für eine neue, unkonventionelle Konstruktion eines Windenergieanlagen-Turmes – ebenfalls ein innovatives Projekt am WETI, das in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurdienstleister aerodyn – dem Weltmarktführer bei der Entwicklung von Windenergieanlagen – realisiert wurde. »Als Alternative zu einem konventionellen Stahlrohrturm haben wir eine leichte, durch Seile abgespannte Konstruktion für große Windenergieanlagen entwickelt. Der Fokus lag dabei auf der Materialersparnis und somit der Verminderung der Kohlendioxid-Emissionen«, erklärt der Projektleiter Faber. Die Ergebnisse übertrafen schließlich die eigenen Erwartungen am Projektstart: »Einsparungen des so genannten Guyed Tower with Strut (GTS) um 50 Prozent bei Kosten, Materialaufwand und Kohlendioxid-Ausstoß sind realistisch möglich.« Der Turm für eine 2,5 MW-Anlage würde mit dieser Konstruktion rund 600.000 Euro kosten, während eine konventionelle Anlage hier mit etwa 1,2 Millionen Euro zu Buche schlägt.

Neue Konzepte der WETI-Forscher

Das Prinzip des mit Seilen abgespannten Turmes sei zwar schon angewandt worden – etwa beim 1983 zu Testzwecken errichteten »Growian« bei Marne. »Doch das System konnte sich am Markt nicht durchsetzen, weil die Seile dem ständigen Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastung nicht gewachsen waren, da die Seile nicht bei jeder Lastsituation vorgespannt waren und mit der Zeit durchhingen«, berichtet Faber. Das neue Konzept der WETI-Forscher hat die Schwächen der alten Konstruktion beseitigt: Die Seile werden nun stärker vorgespannt, enger am Turmfuß positioniert, und durch eine intelligente Seilführung und -aufhängung sei das problematische Durchhängen kein Thema mehr. Für das GTS-Konzept spreche außerdem, dass man diesen Turm leichter transportieren und errichten könne. »Wir haben unser nächstes Projektziel vor Augen«, ergänzt WETI-Leiter Faber: Wir wollen einen Prototypen errichten und für eine Serienfertigung optimieren. Auch dafür suchen wir noch einen Partner, der diesen zukunftsweisenden Schritt mitgeht.«



02

Auch wenn Schleswig-Holstein als Land zwischen den Meeren über theoretisch unbegrenzte regenerative Energiereserven durch Wind verfügt, begrenzen die Stromspeicher- und Übertragungskapazitäten diese Möglichkeiten. Deshalb müssen Anlagen bei zu viel Wind immer wieder abgeschaltet werden, um das Netz nicht zu überlasten: Derzeit wird über Einspeisemanagementeinsätze

der Netzbetreiber die Leistung von Windenergieanlagen begrenzt, sobald der betroffene Teil des Netzes kritisch ausgelastet ist. Das Abschalten führt aber zu erheblichen Ertragsverlusten, die zu einem wirtschaftlichen Schaden sowohl für die Betreiber als auch für die Volkswirtschaft führen. »Deshalb fragen wir uns: Wie könnte die Auslastung des Stromnetzes optimiert werden, um mehr Windenergie einzuspeisen, aber gleichzeitig den kosten- und zeitintensiven Netzausbau auf ein Mindestmaß zu beschränken? Es wäre deutlich schlauer, die Anlagen genau auf die Kapazität der Netze einzustellen, anstatt sie komplett abzuschalten«, meint Professor Clemens Jauch zu einem EKSH-geförderten Projekt über dynamische Leistungsbereitstellung der Windenergieanlagen.

Mit einer intelligenten Steuerung könnte man das Netz maximal auslasten und den höchsten Ertrag für jede einzelne Anlage erreichen. (Prof. Clemens Jauch)

Doch die Herausforderung an die Forscher ist groß: Die Auslastung des Netzes verändert sich im Sekundenbereich. »Wenn praktisch ständig die Leistung der Anlage verändert wird, führt das zu erheblichen Belastungen der mechanischen Teile. Sehr schnelle Leistungsänderungen im Sekundenbereich können beispielsweise zu kritischen Schwingungen des Turmkopfes führen. »In diesem Projekt haben wir deshalb die Enercon-Windenergieanlage auf dem Hochschulcampus für umfangreiche Messungen herangezogen, um mehr über das dynamische Verhalten von Windenergieanlagen zu lernen«, berichtet der Projektleiter. In einer auf Messungen und Simulationen basierenden Studie haben die Forscher nachgewiesen, dass durch entsprechende Steuerungen die Windenergieeinspeisung im zweistelligen Prozentbereich erhöht werden kann. Und das, ohne dabei die Belastung des Turms, der Rotorblätter und des Triebstrangs kritisch zu erhöhen.

02 – Details eines abgespannten Turms (GTS): Eine Konstruktion mit intelligenter Seilführung und Aufhängung stabilisiert die Anlage.

PROJEKTDATEN

Abgeschlossene HWT-Forschungsprojekte

Holzflügel für Windenergieanlagen: Entwicklung eines alternativen Rotorblattkonzepts

Autoren: Prof. Torsten Faber, Robert Rudolf
Projektzeitraum: Mai 2014 bis April 2016
Projektförderung EKSH: 123.000 Euro
Unternehmensbeitrag: Hoyer & Prass 112.000 Euro

Guyed Tower – Prototypentwicklung eines energieeffizienten abgespannten Stahlrohrturmkonzeptes

Autoren: Prof. Torsten Faber, Rasmus Bormann
Projektzeitraum: August 2013 bis Juli 2015
Projektförderung EKSH: 136.000 Euro
Unternehmensbeitrag: aerodyn Energiesysteme 52.500 Euro

Untersuchung des dynamischen Verhaltens getriebeloser Windenergieanlagen im Hinblick auf Leistungsbereitstellung im Netz

Autoren: Prof. Clemens Jauch, Arne Gloe
Projektzeitraum: August 2013 bis Juli 2015
Projektförderung EKSH: 150.000 Euro
Unternehmensbeitrag: DNV GL 65.000 Euro

Entwicklung eines Structural Health Monitoring-Konzeptes zur Beurteilung von Windenergieanlagen

Autoren: Prof. Torsten Faber, Marcel Schedat
Projektzeitraum: April 2015 bis Juli 2017
Projektförderung EKSH: 141.000 Euro
Unternehmensbeitrag: DNV GL, Denker & Wulf 57.000 Euro

Bereitstellung von Regelleistung und Systemträgheit mit Windenergieanlage

Autoren: Prof. Clemens Jauch, Arne Gloe, Henning Thiesen, Jonas Viebeg
Projektzeitraum: August 2015 bis November 2017
Projektförderung EKSH: 145.000 Euro
Unternehmensbeitrag: Suzlon Energy 53.000 Euro

EKSH-geförderte Dissertationen am WETI

Entwicklung eines Algorithmus-gesteuerten Designansatzes für materialeffizientere Windenergieanlagen

Stipendiat: Robert Rudolf (September 2013 bis August 2016)
Betreuer: Prof. Torsten Faber

Regelbares Schwungrad im Triebstrang einer Windenergieanlage zur Unterstützung der Netzfrequenzregelung

Stipendiat: Sebastian Hippel (Juni 2015 bis Mai 2018)
Betreuer: Prof. Clemens Jauch

Profilierter Windenergieanlagen-Turm: Entwicklung eines energieeffizienten und nachhaltigen Windenergieanlagenturm-Konzeptes mit Azimut-Lager am Turmfuß

Stipendiat: Achim Struve (Juni 2015 bis Mai 2018)
Betreuer: Prof. Torsten Faber

KLEINWINDENERGIE-ANLAGEN

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

03

Projektzeitraum
1.5.2013 - 31.12.2015

Projektförderung EKSH
145.000 Euro

Unternehmensbeitrag
29.000 Euro

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Prof. Dr.-Ing. Friedrich W. Fuchs (pens.)
0431 880-6108
fwf@tf.uni-kiel.de

SO WERDEN KLEINE WINDENERGIEANLAGEN EFFEKTIVER

Wissenschaftler der Kieler Universität untersuchen technische Konzepte

Mit der Energiewende rücken Kleinwindenergieanlagen (KWEA) immer mehr ins Interesse der Industrie und der Anwender. Denn die umweltfreundliche Stromerzeugung kann insbesondere für die Landwirtschaft und Gewerbebetriebe, aber auch für Privathaushalte eine interessante Alternative darstellen. Ein Forschungsprojekt der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel zeigt, wie die Energieausbeute technisch optimiert werden kann.

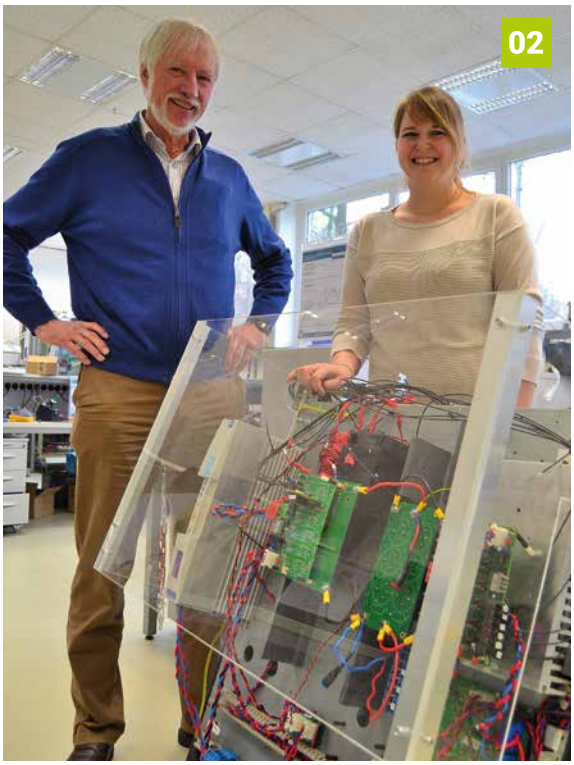
Bis vor einigen Jahren hatte die Industrie ausschließlich große Windenergieanlagen im Fokus, weil sie das Rückgrat der Energiewende in Deutschland bilden. Eine einzelne Anlage kann bereits den Jahresstrombedarf tausender Menschen abdecken, da der Strom ins öffentliche Netz eingespeist wird. Kleinwindeenrgieanlagen bis 50 kW benötigen diese aufwendige Netzinfrastruktur nicht, da sie dezentral Strom erzeugen. Außerdem ist der Wartungsbedarf deutlich kleiner. »KWEA lassen sich am wirtschaftlichsten betreiben, wenn der Strom direkt vor Ort verbraucht wird. Eine ausschließliche Einspeisung ins öffentliche Netz lohnt sich wegen der niedrigen Vergütung von rund 8 Cent pro Kilowattstunde derzeit (2013) in Deutschland kaum«, erläutert Prof. Friedrich W. Fuchs, Leiter des Forschungsprojektes, und bis 2013 Leiter des Lehrstuhls für Leistungselektronik und Elektrische Antriebe.

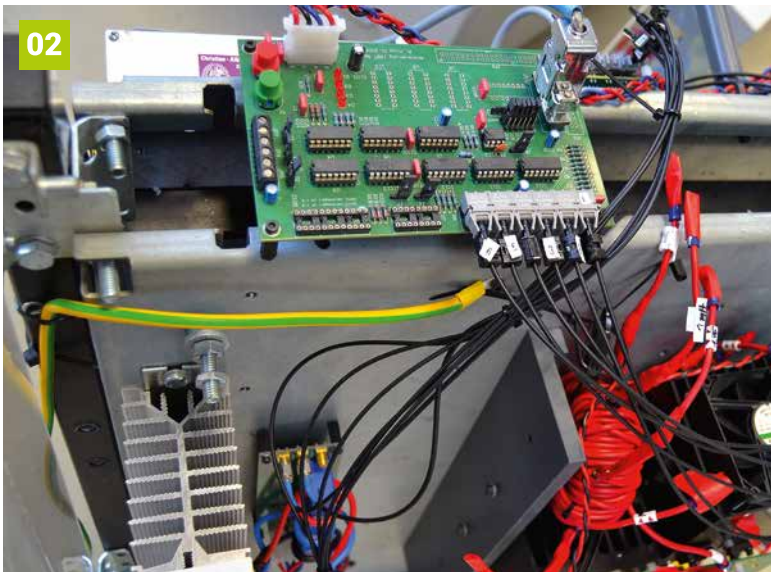
Während die Anlagen in Deutschland noch keine große Verbreitung gefunden haben, beobachtet die Branche in Großbritannien, China und den USA eine stetig steigende Nachfrage. In vielen Bundesländern in Deutschland, darunter auch in Schleswig-Holstein, sorgen Regelungen dafür, dass Anlagen bis zehn Metern Höhe ohne Baugenehmigung und damit ohne großen genehmigungsrechtlichen Aufwand errichtet werden können (gilt nicht in reinen Wohngebieten). Landwirtschaftliche Betriebe nutzen sie etwa für die Beleuchtung und Lüfter in Ställen, aber auch für Infrarotlampen, um Ferkelnester zu beheizen oder für Futtermaschinen. Für Privathaushalte sind die kleinen Windanlagen interessant, um Batterien für Elektroautos zu laden. Weltweit betrachtet, eignen sich KWEA besonders für Insellagen, also für Standorte ohne öffentliche Stromversorgung.

Vor- und Nachteile von Kleinwindenergieanlagen

Ob sich die Installation einer Windanlage überhaupt lohnt, hängt von einer Reihe von Kriterien ab: etwa von der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit am vorgesehenen Standort, von der Höhe der Anlage, aber auch vom technischen Konzept. In Deutschland werden Anlagen mit einer Leistung bis 50 kW als KWEA eingestuft. Dabei sind die meisten KWEA technisch so aufgebaut: Der Windrotor treibt einen permanenterregten Synchrongenerator an, der über einen Umrichter an das öffentliche Stromnetz angeschlossen wird. Der Umrichter besteht aus einem maschinenseitigen Gleichrichter an der Rotorseite und einem Wechselrichter an der Netzseite. »Die Herausforderung von Kleinwindenergieanlagen besteht in den im Vergleich zu großen Windenergieanlagen kleineren und nicht konstanten Windgeschwindigkeiten«, erläutert die Wissenschaftlerin Kristina Köster, die im Rahmen des Forschungsprojektes verschiedene technische Varianten untersucht hat. Verwirbelungen des Windes, die durch ein Haus oder einen Wald in der Nähe verursacht werden, haben entscheidenden Einfluss auf die Energieausbeute. »Dadurch wird deutlich, dass eine optimale Standortwahl für Kleinwindenergieanlagen sehr wichtig ist.«

01 – Moderne Technik: Die Hersteller verbessern Kleinwindenergieanlagen laufend. Davon konnten sich Interessenten wie hier auf der Messe New Energy in Husum selbst überzeugen.





02 – Labormessungen: Prof. Dr.-Ing. Friedrich W. Fuchs und die Forscherin Kristina Köster diskutieren den Versuchsaufbau am Prüfstand der Technischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Die elektronischen Komponenten sind Eigenentwicklungen oder wurden von den Kooperationspartnern zugeliefert.

03 – Skizze vom Versuchsaufbau im Labor mit drei verschiedenen Umrichter-Generator-Konzepten.

In Windenergieanlagen können verschiedene Generatoren wie der Asynchron- und der Synchrongenerator eingesetzt werden. Je nach Generatorart sind unterschiedliche Umrichterkonzepte notwendig, um eine von der Generatorart abhängige optimale Energieerzeugung zu ermöglichen. »Der Vorteil eines permanenterregten Synchrongenerators ist, dass kein Getriebe verwendet wird. Da dieses die fehleranfälligste Komponente einer Windenergieanlage darstellt, gilt eine Windenergieanlage mit einem Synchrongenerator als wartungsarm und zuverlässig. Weiterer Vorteil: Durch die langsame Drehzahl sinkt die Geräuschemission, die durch die Bewegung der Rotorblätter hervorgerufen wird. Dadurch kann eine Windenergieanlage näher an Wohngebieten aufgestellt werden«, erläutert Köster.

Einsatz von verschiedenen Generatoren

Das Forschungsprojekt, in dem drei verschiedene Umrichter-Generator-Konzepte miteinander verglichen wurden, legt das technische Potenzial für eine Optimierung der Energieausbeute offen. Das zeigten Computersimulationen der verschiedenen Systeme. Außerdem haben die Forscher bei aufwendigen Labormessungen auf dem Prüfstand der Technischen Fakultät die Vor- und Nachteile der Konzepte verglichen und dokumentiert. »Dabei haben wir eine Matrix aufgestellt, die einfachere und aufwendigere Systeme nebeneinander stellt. Für die Hersteller ist dies wichtig, je nachdem welche Prioritäten sie bei der Entwicklung der Windenergieanlagen wählen«, erläutert Professor Fuchs. So seien Eigenschaften wie der Wirkungsgrad der Anlage, die Leistungsausbeute, aber auch der technische Aufwand (und damit der Preis einer Anlage auf dem Markt) wichtige Entscheidungskriterien.

In die Forschungsarbeiten waren zwei Unternehmen eingebunden, die ihre Expertise miteinfließen ließen und die auch von den Ergebnissen profitierten: So erstellte Reese + Thies Industrieelektronik (Itzehoe) für den Gleichrichter ein industrielles Schaltungsdesign, wozu von Smart Power Electronics (Brunsbüttel) die Elektronik-Flachbaugruppe gefertigt wurde. Dies war die technische Grundlage, damit die Forscher ein bestimmtes Gleichrichtersystem auf dem Prüfstand der Kieler Universität wissenschaftlich untersuchen konnten.

Kristina Köster hat zu diesem Forschungsthema 2017 promoviert: "Analyse und Vergleich von Umrichterkonzepten für den Einsatz in Kleinwindenergieanlagen" (https://macau.uni-kiel.de/receive/diss_mods_00022284#)

WERTVOLLE INFORMATIONEN ZUR EFFIZIENZ«

Drei Fragen an Christian Schwensen

Leiter Sales/Vertrieb bei der Smart Power Electronics GmbH & Co. KG, St. Michaelisdonn (während des Projekts)

1 **Welche Bedeutung hat für Smart Power Electronics die Zusammenarbeit mit dem Kieler Lehrstuhl für Leistungselektronik?**

»Wir waren und sind an Kooperationen mit Forschungseinrichtungen interessiert, da wir stets versuchen durch innovative Lösungen im Bereich der Mikroelektronik auf dem Markt zu bestehen. Einen guten Kontakt zu Lehrstühlen zu haben, hilft gerade im Bereich der Grundlagenforschung, in diesem Gebiet auf dem Laufenden zu bleiben. Am Lehrstuhl werden Bereiche erforscht, die auszuloten für uns zu aufwendig wäre. Wir sind daher dankbar für die Gelegenheit hier kooperieren zu können.«

2 Wie verlief die Kooperation zum Forschungsprojekt über Kleinwindenergieanlagen?

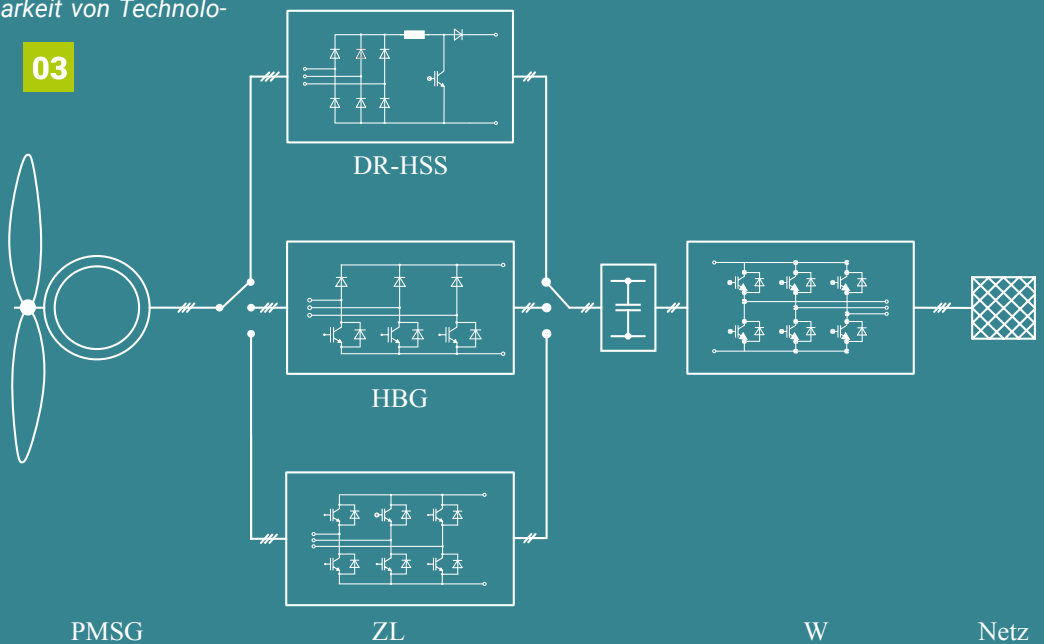
»Wir wurden darauf angesprochen, unterstützend und in beratender Tätigkeit bei diesem Projekt mitzuwirken. Da wir schon seit einiger Zeit in dem Bereich der Kleinwindenergie unterwegs waren, konnten wir aus dem Bereich der praktischen Anwendbarkeit von Technologien und Bedürfnissen der Endnutzer berichten. Dadurch konnten neben der komplexen Betrachtung einer der Hauptkomponenten für Wechselrichter für KWEA auch das größere Umfeld und die Einsatzgebiete mit abgedeckt werden. Darüber hinaus erhielten wir wertvolle Informationen bezüglich der Effizienz verschiedener Gleichrichter, die eventuell zukünftig in Produkten ihre Anwendung finden könnten. Wir haben durch unsere Kenntnisse im Bereich der Bestückung von Leistungselektronik die Fertigung der Platinen übernommen.«

3 Wie beeinflussen die Ergebnisse des Projektes die Produktentwicklung in ihrem Unternehmen?

»Hier eine konkrete Aussage zu machen ist schwierig. In diesem Projekt ging es um die Betrachtung einer Hauptkomponente eines Wechselrichters. Die Forschung hat zum großen Teil gezeigt, dass die Technologie, die wir schon einsetzen, nicht die verkehrteste ist. Ob man die effizienteste Technologie aus den Ergebnissen einmal verwenden werden kann, muss sich noch zeigen, da dort auch noch der Kostenfaktor bedacht werden muss, worum es in diesem Projekt ja nicht ging.«

”

03



INNOVATIVE KOLKMESSUNG

Fachhochschule Kiel

04

Projektzeitraum
1.4.2013 - 31.12.2015

Projektförderung EKSH
95.000 Euro

Unternehmensbeitrag
28.000 Euro

Fachhochschule Kiel
Prof. Dr.-Ing. Sabah Badri-Höher
0431 210-4243
sabah.badri-hoeher@fh-kiel.de

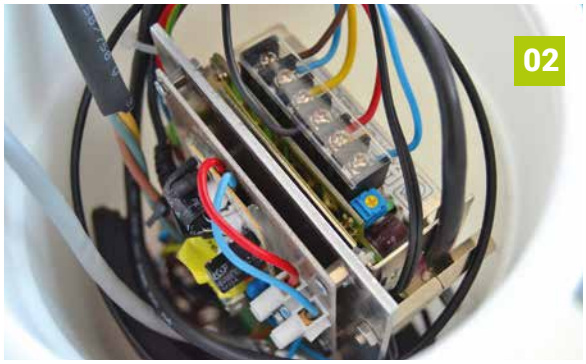
WIE OFFSHORE-WINDENERGIEANLAGEN STANDFEST BLEIBEN

FH Kiel entwickelt onlinebasiertes Kolk-Überwachungssystem am Meeresgrund

Windenergieanlagen in der Nordsee müssen massiven Natureinflüssen standhalten – darunter nicht nur Sturm und Salzwasser, sondern auch starken Unterwasserströmungen. Sie führen dazu, dass sich rund um die Fundamente Löcher und Ausbuchtungen am Meeresboden bilden können – der so genannte Kolk. In einem Forschungsprojekt hat die Fachhochschule Kiel nun ein innovatives Ultraschall-Überwachungssystem für dieses Phänomen entwickelt, um bei Schäden rechtzeitig alarmieren zu können.

Innovatives Ultraschall-Überwachungssystem

Rätselhaft erscheint Forschern, warum an bestimmten Stellen in der Nordsee an den Fundamenten kaum Auswaschungen zu beobachten sind, während sich an anderen Bereichen massiver Verlust von Sand und Geröll am Meeresboden rund um die Konstruktionen von Windenergieanlagen nachweisen lassen. Besorgniserregend starke Auswaschungen von bis zu 6,5 Metern zeigten sich etwa im Windpark »Alpha Ventus« ganz in der Nähe zur Forschungsplattform FINO1, die der Projektpartner FuE-Zentrum FH Kiel GmbH betreibt. »Damit erreicht die Standsicherheit der Anlagen eine kritische Grenze. Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie formulierte als Genehmigungsbehörde aufgrund dieser Erfahrungen bereits besondere Auflagen zur Baustandsüberwachung«, erläutert Prof. Sabah Badri-Höher, die das Forschungsprojekt zur Entwicklung und Erprobung von permanenten, onlinegestützten Kolk-Überwachungssystemen (»EECole«) leitet. Um die Standfestigkeit der Offshore-Anlagen zu sichern, kontrollieren bisher Taucherden Schwund am Meeresgrund. »Dabei dokumentieren sie den Zustand mit der Kamera. Doch diese Einsätze sind sehr teuer und nicht vereinbar mit einem kostengünstigen Betrieb von Offshore-Windparks, um die Voraussetzungen der Energiewende der Bundesregierung zu erreichen«, betont die Forscherin. Bereits jetzt seien die Kosten für die Gründung der Anlagen sowie die Montage auf See deutlich kostspieliger als zuvor geplant. Deshalb sei es umso wichtiger für die Betreiber der Windparks, günstige Technologien einzusetzen, um die Standfestigkeit der Fundamente zu kontrollieren und zu garantieren.

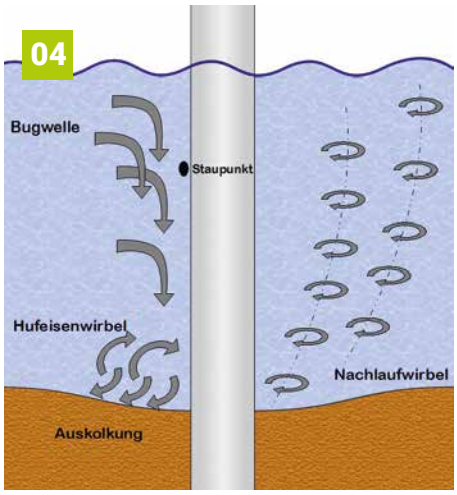

02

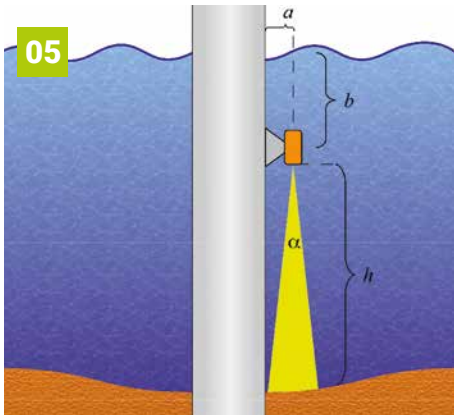
01 – Offshore-Windpark: Für die Standfestigkeit der Windenergie- Anlagen am Meeresgrund könnte das EECole-System zukünftig einen wichtigen Beitrag leisten.

02/03 – Prototyp im Laboreinsatz: Projektleiterin Prof. Dr.-Ing. Sabah Badri-Höher demonstriert das EECole-System zur Kolküberwachung. Die elektronischen Komponenten sind in einem Druckkörper integriert, der Wassertiefen bis 50 Meter widerstehen kann.

03

Bisher gebe es kein geeignetes System auf dem Markt, das die Kolkentwicklung direkt am Bauwerk am Meeresgrund überwachen könne, erläutert Badri-Höher. Das Ultraschall-System, das die Forscher an der FH Kiel entwickelt und gebaut haben, zeigte in Laboruntersuchungen, dass es den »Meeresboden« im Testbecken zuverlässig überwachen kann. »Unser System arbeitet mit drei Transducern (Signalgeber) und Hydrophonen (Empfänger), und scannt das auf Ultraschallbasis drei Punkte am Meeresgrund. Die Signale werden in einer komplexen und intelligenten, an unserem Institut entwickelten Software verarbeitet und optisch in 2D-Form am Computer-Monitor wiedergegeben.« Die Konstruktion besteht aus einem Druckkörper, der die verschiedenen Elektronikkomponenten aufnimmt. Sie kann so dem Wasserdruck in 50 Metern Tiefe dauerhaft widerstehen. Das EECole-System sorgt als so genanntes 3-Beam-System für eine räumliche Auflösung und damit für eine Erhöhung der Messgenauigkeit. Zahlreiche Testeinsätze des Prototypen in der Kieler Förde ergaben eine sehr hohe Messgenauigkeit. »Außerdem kann die Software Einflüsse etwa durch Fremdkörper dank einer Filtertechnik herausrechnen und so für zuverlässigere Ergebnisse sorgen«, ergänzt die Projektleiterin. Das System sei so konstruiert, dass es im Praxiseinsatz die Daten von den Offshore-Anlagen kabellos an einen Computer in einer Überwachungsstation auf dem Festland übertragen kann. In der Praxis soll es nicht an jeder Windenergieanlage installiert werden, sondern lediglich an ausgewählten Anlagen innerhalb eines Windparks. Dies reiche für die Beurteilung der Verkolkung aus, hieß es. An einem Praxiseinsatz ist auch der Kooperationspartner besonders interessiert.





04 – Kolkbildung: Durch Unterwasser-Strömungen kann an den Fundamenten von Offshore-Anlagen Sand und Geröll bis zu 6,5 Meter abgetragen werden.

05 – Mess-System: Mithilfe von Ultraschallsendern und -empfängern unterhalb der Wasseroberfläche überwacht das EECole-System permanent die Kolkbildung.

06 – Rotormontage im Offshore-Windpark Alpha Ventus.

Die FuE-Zentrum FH Kiel GmbH betreibt die beiden Forschungsplattformen FINO1 und FINO3 in der Nordsee und will das EECole-System an den Fundamenten Praxistests unterziehen (siehe Kurzinterview). Dabei wird es permanent einer Vielzahl von Störeinflüssen ausgesetzt sein: Die Sensoren könnten durch den Bewuchs von Unterwasserpflanzen gestört werden, außerdem können Fremdkörper und Tiere die Messungen beeinflussen. Dazu ist es heftigen Unterwasserströmungen ausgesetzt«, erläutert Prof. Badri-Höher. Diese Herausforderungen muss das EECole-System also in Zukunft noch meistern, bevor die Innovation aus Kiel möglicherweise den Markt erobern kann.

Was ist draus geworden?

Die im Forschungsprojekt EECole bearbeitete Lösung zur Kolkmessung wird zurzeit als mögliches System für ein mobiles Unterwasserfahrzeug (AUV) getestet.
(Prof. Sabah Badri-Höher)

PRAXISTEST AN FORSCHUNGSPLATTFORM

Drei Fragen an Björn Lehmann-Matthaei

Geschäftsführer der Forschungs- und Entwicklungszentrum FH Kiel GmbH

1

Wie war die FuE-Zentrum FH Kiel GmbH in das Forschungsprojekt EECole eingebunden?

»Das FuE-Zentrum war in zweierlei Hinsicht in das Forschungsprojekt eingebunden. Einerseits haben wir das Projekt finanziell unterstützt. Diese Möglichkeit hat unser Unternehmen, da wir eine Non-Profit-GmbH sind und erwirtschaftete Erträge in aussichtsreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte reinvestieren dürfen. Darüber hinaus waren wir auch inhaltlich eingebunden. Als Betreiber der FINO1- und FINO3-Forschungsplattformen in der Nordsee kennen wir die Anforderungen, die an Kolksensoren gestellt werden, sehr gut. Wir haben diese Anforderungen im Rahmen von Besprechungen und Lastenheften an die Projektleiterin weitergegeben.«

2

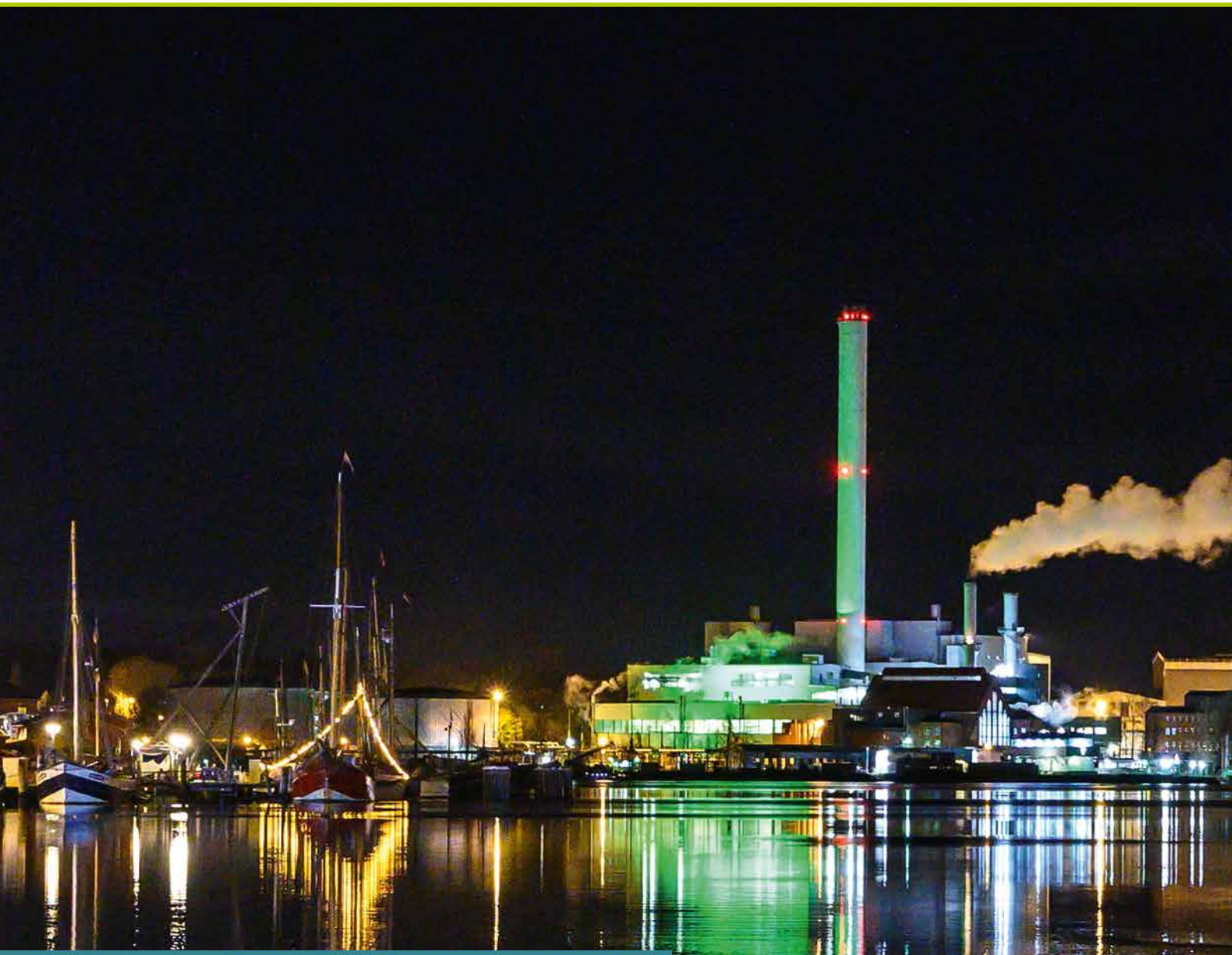
Wie planen Sie den Praxistest des von der FH Kiel entwickelten Kolk-Überwachungssystems an der Forschungsplattform FINO3 in der Nordsee?

»Der Praxistest der entwickelten Kolk-Überwachungssysteme soll direkt an der FINO3-Forschungsplattform stattfinden. Dabei ist geplant, dass die Sensoren entweder direkt über dem Meeresgrund oder in einer definierten Wassertiefe installiert und getestet werden. Da wir bereits verschiedene Systeme erprobt haben, gibt es für die im Rahmen des Forschungsprojektes EECole entwickelten Sensoren bereits ein Installations- und Erprobungskonzept.«

3

Welche Praxisanwendungen in der Offshore-Industrie erwarten Sie zukünftig von dem Kolk-Überwachungssystem?

»Ein Online-Kolk-Überwachungssystem steht in Konkurrenz zu einer regelmäßig durchgeführten Kolküberwachung durch Taucher. Das neu entwickelte Überwachungssystem wird sich nur dann durchsetzen, wenn es Vorteile gegenüber der Überwachung mit dem Schiff bietet. Darüber hinaus ist es sehr wichtig, dass bereits bei der Planung eines neuen Offshore-Windparks entsprechende Kolk-Sensoren berücksichtigt werden, da die spätere Installation durch Taucher sehr kostenintensiv ist.«



KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG ODER POWER-TO-HEAT?

Hochschule Flensburg

05

Projektzeitraum
1.1.2016 - 31.12.2018

Projektförderung EKSH
rd. 114.000 Euro

Unternehmensbeitrag
30.000 Euro

Hochschule Flensburg
Zentrum für Nachhaltige Energiesysteme (ZNES)
Prof. Dr.-Ing. Ilja Tuschy
0461 805-1335
ilja.tuschy@hs-flensburg.de

WIE SOLLEN WIR MORGEN HEIZEN?

Forschungsprojekt der Hochschule Flensburg: Vergleich zwischen bewährter Kraft-Wärme-Kopplung und neuem Power-to-Heat-Verfahren mit Erneuerbaren Energien

In der öffentlichen Wahrnehmung gelten Versorgungstechnologien, die Erneuerbare Energien nutzen können, als zukunftsträchtig – insbesondere mit Blick auf die großen Themen Energiewende und Klimawandel. Das gilt im Prinzip auch für die in jüngerer Zeit als Power-to-Heat (P2H) bezeichnete Wärmeversorgung durch elektrische Energie, zum Beispiel mit Elektrodenheizkesseln oder Wärmepumpen. Doch welche Zukunftschancen hat P2H im Vergleich zur bewährten Kraft-Wärme-Kopplung mit Block- oder Dampfheizkraftwerken – insbesondere, wenn der Anteil von Strom aus Wind- und Sonnenkraftwerken stetig zunimmt? Das haben Forscher der Hochschule Flensburg in einem von der EKSH geförderten Projekt untersucht.

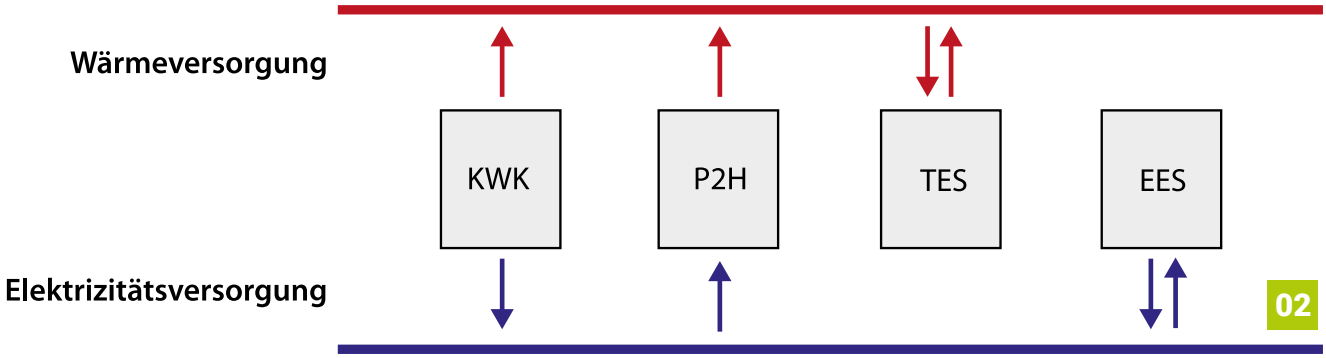
Nachhaltige Energiesysteme

Dabei geht es nicht um Privathaushalte, sondern um die Frage, wie Stadtwerke die Wärmeversorgung in einem Wärmenetz künftig organisieren sollten. Auch für den Projektpartner Stadtwerke Flensburg sind die Untersuchungen der Flensburger Forscher daher interessant. »Wir haben uns in dem Projekt auf drei Bereiche konzentriert, nämlich auf die Technik, den wirtschaftlichen Betrieb und die Umweltauswirkungen jeweils von Power-to-Heat und Kraft-Wärme-Kopplung«, erläutert Prof. Ilja Tuschy, Gründungsmitglied des Zentrums für nachhaltige Energiesysteme (ZNES) in Flensburg. Die gemeinsame Einrichtung von Hochschule Flensburg und Europa-Universität Flensburg bündelt das Know-how von rund 40 Wissenschaftlern in den fünf Feldern Biomasse, Klimaschutzkonzepte, Systemintegration und -simulation, Thermische Energiesysteme und Windenergie.

Unsere Untersuchung ergibt keine eindeutige Empfehlung für die eine oder andere Technologie, sondern ein sehr differenziertes Bild, das man genau anschauen muss«, fasst Tuschy die Ergebnisse zusammen. In der gesellschaftlichen Diskussion gebe es die Erwartung, dass man mit Strom aus Erneuerbaren Energien, wie Windenergie, die Wärmeversorgung nur elektrisieren müsse, um die Energiewende voranzutreiben. »Doch so einfach, wie es auf den ersten Blick aussieht, ist es nicht«, betont der Forscher. Zum einen müsse man die Regionen in Deutschland differenziert betrachten: Speziell in Schleswig-Holstein mit dem hohen Anteil an Windenergie biete es sich an, überschüssige Energie in windstarken Zeiten zu speichern oder etwa mit P2H in Wärme umzuwandeln. »Doch dies gilt nicht für Regionen, in denen fossile Energieträger Basis der Elektrizitätswirtschaft sind: Dort muss man P2H ganz anders bewerten.«

Zudem sei der Blick auf die Zeiträume wichtig, in denen der Ausstieg aus der Kohle geplant ist: »Wie sieht es in 15 oder 20 Jahren aus? Dazu haben unsere Untersuchungen ergeben, dass die Kraft-Wärme-Kopplung, wie sie in vielen Städten betrieben wird, mindestens bis dahin weiter im Einsatz bleiben sollte«, erläutert der Projektchef. Erst wenn der Anteil der Erneuerbaren im Strom-Mix deutlich weiter ansteige, sollte Power-to-Heat verstärkt zum Einsatz kommen. Für weite Teile Schleswig-Holsteins mit einem sehr hohen Windenergie-Anteil sei der gleichzeitige Betrieb beider Technologien allerdings schon kurzfristig sinnvoll.

01 – Ansicht der Stadtwerke Flensburg. Dort wird die Power-to-Heat-Technologie bereits eingesetzt.



Dabei sollte man die drei Forschungsfelder differenziert betrachten, betont Prof. Tuschy: Derzeit sei der Betrieb etwa von Dampfheizkraftwerken wirtschaftlicher als Power-to-Heat-Technologien, die für Stadtwerke also wenig attraktiv erscheinen. Dies könne sich ändern, wenn die politischen Förderinstrumente verändert werden, beispielsweise durch eine Steuerbefreiung und/oder eine Netzentgeltbefreiung. Dann wäre P2H schon heute wirtschaftlich zu betreiben, erklärt der Forscher. Eine entsprechende Förderung sollte aber gezielt lokal und zeitlich in solchen Situationen erfolgen, in denen aufgrund von Engpässen tatsächlich Überkapazitäten Erneuerbarer Energien im elektrischen Netz vorhanden sind, wie beispielsweise heute in Schleswig-Holstein.

Betrachtet man nämlich die ökologische Seite der beiden Technologien, zeigt sich die Überlegenheit von P2H erst bei einem steigenden Anteil Erneuerbarer Energien, heißt es in dem Forschungsbericht: Die CO_2-Emissionen bei Power-to-Heat-Anlagen liegen erst dann unter denen, die mit Kraft-Wärme-Kopplung arbeiten, wenn die Elektrizitätsversorgung tatsächlich auf Wind- oder Solarenergie basiert.

Aus technischer Sicht lassen sich schon jetzt alle denkbaren Kombinationen beider Technologien umsetzen – je nach den Anforderungen in den jeweiligen Regionen, in denen Stadtwerke tätig sind. Mit einer klugen Planung können sich die Energieversorger kurz wie auch mittel- und langfristig auf die Anforderungen der Energiewende bestens einstellen, sagt der Projektleiter. Dabei sei Schleswig-Holstein tatsächlich eine der ersten Regionen bundesweit, in der Power-to-Heat verbreitet zum Einsatz kommen sollte.

02 – Netzgekoppelte Wärmeversorgung
Die Sektorenkopplung verknüpft in diesem Projekt elektrische Energieversorgung und Wärmebereitstellung. Dabei gilt die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) als lange etabliert, neu ist Power-to-Heat (P2H), zum Beispiel mit Elektrodirektheizungen oder Wärmepumpen. Insbesondere in Kombination mit thermischen Energiespeichern (TES) können diese Technologien über die Wärmeversorgung zusätzliche Freiheitsgrade beim Ausgleich von Angebot und Nachfrage elektrischer Energie schaffen und wie elektrische Energiespeicher (EES) die Netzintegration Erneuerbarer Energien fördern. Quelle: ZNES

03 – Zum Elektrodenheizkessel gehört auch der Wärmespeicher, dessen Wasser er erhitzt.

04 – Prof. Ilja Tuschy

WÄRME UND VERKEHR IN DEN FOKUS NEHMEN

Vier Fragen an Prof. Ilja Tuschy

1

Die Energiewende in Deutschland ist ein Generationenprojekt. Welches sind die wichtigsten Technologien, die Sie mittel- und langfristig empfehlen, um Kohlekraftwerke und Atomenergie zu ersetzen?

»Wind- und Solarenergie werden voraussichtlich langfristig die wichtigsten Säulen der Elektrizitätsversorgung sein. Kurz- und mittelfristig werden auch Kraftwerke mit geringeren spezifischen Emissionen, wie etwa Gaskraftwerke, eine wichtige Rolle spielen. Langfristig werden neben Speichertechnologien im Zusammenspiel mit Wind und Sonne vor allem solche Kraftwerke gebraucht, die geringe Investitionskosten aufweisen und wenig laufen, also ganz anders konzipiert sind als Kohle- und Atomkraftwerke.«

2

Stichwort CO_2-Ausstoß: Wo sehen Sie die Prioritäten, um klimaschädliche Emissionen zu vermeiden?

»Die Eingangsfrage zeigt, dass die Energiewende häufig zuerst im Bereich der Elektrizitätsversorgung durchdacht wird. Das ist aber viel zu kurz gegriffen: Mindestens ebenso wichtig ist es, die CO_2-Emissionen in den Sektoren Wärmeversorgung und Verkehr zu verringern, was bisher viel zu wenig geschieht. Hier muss die Energiewende dringend Fahrt aufnehmen. Wie immer gibt es kein Allheilmittel: Notwendig wird ein Maßnahmenmix aus Sektorenkopplung, Effizienzsteigerung und Energieeinsparung sein. In allen Bereichen müssen Anreize geschaffen werden.«

3

Kann jeder Schleswig-Holsteiner im Privaten damit beginnen?

»Was Einzelne im Privaten tun können, hängt tatsächlich auch erheblich von der individuellen Situation ab. Wer in der Stadt zur Miete wohnt, hat einige Möglichkeiten nicht, die jemandem auf dem Land mit eigener Immobilie zur Verfügung stehen, und umgekehrt. Das heißt aber auch, dass es auf der anderen Seite für jede und jeden immer wieder Optionen gibt, klimafreundlich zu entscheiden und zu handeln.«

4

Was tun Sie im Alltag?

»Ich fahre die paar Kilometer von Wohnung zur Arbeitsstätte grundsätzlich mit dem Fahrrad – auch bei Wind und Regen. Mit der Wahl meines Stromtarifs signalisiere ich, dass ich bereit bin, für eine Versorgung mit Erneuerbaren Energien etwas mehr zu bezahlen. Wenn Anschaffungen oder Ähnliches anstehen, beziehe ich die Energieeffizienz mit in meine Entscheidung ein. Konkret: Als kürzlich die Waschmaschine irreparabel kaputt gegangen ist, habe ich als neue die mit dem geringsten Verbrauch gekauft. Auch ich möchte im Alltag nicht alles sofort, aber immer wieder einen Schritt in die richtige Richtung machen.«

01

MIT DRUCKLUFT STROM SPEICHERN – IN SCHLESWIG-HOLSTEIN MACHBAR

Hochschule Flensburg

06

Projektzeitraum
1.4.2014 - 31.10.2016

Projektförderung EKSH
129.000 Euro

Unternehmensbeitrag
41.000 Euro

Hochschule Flensburg
Zentrum für Nachhaltige Energiesysteme (ZNES)
Prof. Dr.-Ing. Ilja Tuschy
0461 805-1335
ilja.tuschy@hs-flensburg.de

MEGA-SPEICHER FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN

Flensburger Forscher: Druckluftspeicherkraftwerk wäre in Schleswig-Holstein realisierbar und könnte eine wirtschaftliche Lösung für die Energiewende sein

Besonders für Schleswig-Holstein mit seinem hohen Anteil an Strom aus Erneuerbaren Energien ist die Entwicklung von Stromspeichersystemen wichtig, um die stark schwankende Energieproduktion auszugleichen und so die derzeit auftretenden Verluste durch Abschaltung von Windenergieanlagen zu vermeiden. Ein Druckluftspeicherkraftwerk (DLSK) könnte eine technisch machbare und wirtschaftlich tragfähige Lösung sein, lautet das Ergebnis einer Studie der Hochschule Flensburg. In Schleswig-Holstein eignen sich vier Standorte in unterirdischen Salzformationen für den Bau eines DLSK.

Machbar und wirtschaftlich?

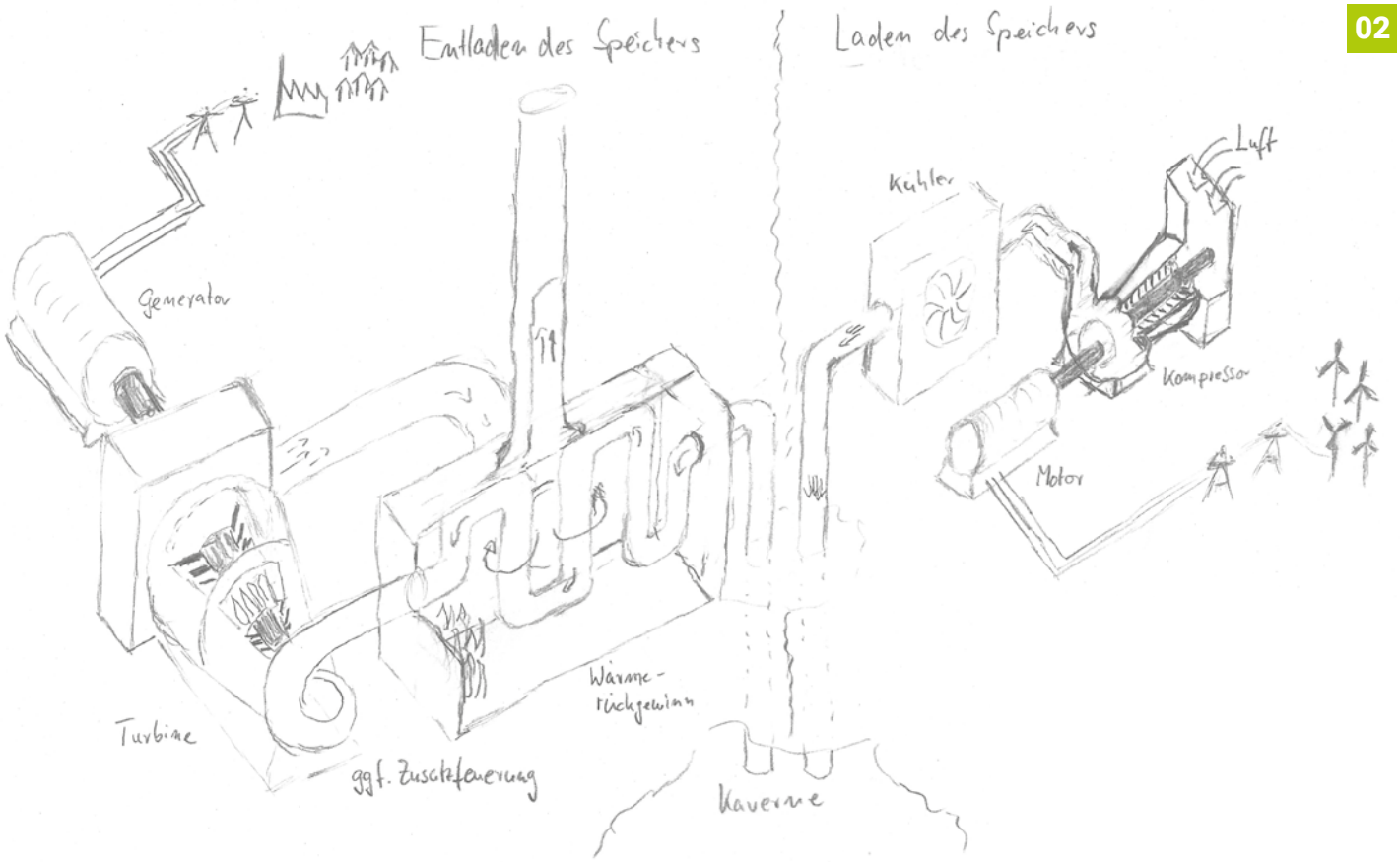
Dass DLSK im Regelbetrieb als Stromspeicher wirkungsvoll eingesetzt werden können, zeigen die beiden Anlagen, die bisher weltweit betrieben werden: das deutsche Kraftwerk Huntorf (Niedersachsen) und das Druckluftspeicherkraftwerk McIntosh (USA). Grundsätzlich funktionieren DLSK nach diesem Prinzip: Wird mehr Strom produziert als benötigt, wird mit der überschüssigen Energie Luft unter Druck in einen Speicher unter der Erdoberfläche, beispielsweise in eine Kaverne, gepresst. Wenn Strom später wieder verstärkt gebraucht wird, setzt man die komprimierte Luft ein, um diesen mit einer Turbine zu erzeugen.

Dabei sind Druckluftspeicherkraftwerke eine von mehreren Zukunftstechnologien, um Erneuerbare Energien mit Speichern besser in die Stromversorgung zu integrieren.

01 – Technologie für Druckluftspeicherkraftwerke: Ein Kompressor wie dieser sorgt im bisher einzigen Kraftwerk Deutschlands im niedersächsischen Huntorf für das Laden des Speichers.

»Für Schleswig-Holstein ist diese Aufgabe von besonderer Dringlichkeit, weil eine ineffiziente Ausnutzung der lokalen erneuerbaren Ressourcen die mögliche Wertschöpfung im Land einschränkt und die hierzulande mit politischem Nachdruck verfolgte Energiewende behindert«, betont Studienleiter Prof. Ilja Tuschy. »Ob und in welcher Auslegung ein Druckluftspeicherkraftwerk in Schleswig-Holstein realisierbar ist, hängt von verschiedenen geographischen, technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ab.« Ziel dieses von der EKSH geförderten Forschungsprojektes sei es, die Perspektiven eines DLSK in Schleswig-Holstein umfassend zu bewerten.

Das wichtigste Kriterium – nämlich, ob ein geologisch geeigneter Standort für die Nutzung eines unterirdischen Speichers zur Verfügung steht – konnten die Forscher eindeutig positiv beantworten: »Schleswig-Holstein verfügt über 14 untersuchungswürdige Standorte. Gemeinsam mit unserem Kooperationspartner Gesellschaft für Energie und Oekologie mbH (GEO) konnten wir nach einer qualitativen Bewertung vier mögliche Standorte identifizieren«, erläuterte Prof. Tuschy. Demnach seien Belmhusen-Kuden-Süderhastedt, Marne-Heide-Süderstapel, Oldenswort Nord und Osterby bestens zur Druckluftspeicherung geeignet. Eine mögliche Standortplanung identifiziert die wichtigsten Planungsschritte, Fristen und Meilensteine im Hinblick auf bergbaurechtliche Aspekte, das Netzanschlussverfahren und eine Kavernenherstellung. Die Studie stellt die Schritte in logischer Abfolge und mit einem Fahrplan für Schleswig-Holstein dar.



02

Neben der Standorteignung geht es im Projekt auch um die Technologiebewertung und die Wirtschaftlichkeit dieser vergleichsweise kapitalintensiven Technologie. »Die Studie haben wir aus Sicht möglicher Betreiber eines solchen Kraftwerks angelegt und dabei größtmögliche Transparenz und Nachvollziehbarkeit berücksichtigt«, betont der Projektleiter. Zwei Kraftwerkkonzepte kommen aus Sicht der Wissenschaftler für Schleswig-Holstein besonders in Frage: zwei »diabate« Konzepte mit Rekuperator oder thermischer Speicher. Deren Bewertung auf Basis eines simulierten optimalen Kraftwerkseinsatzes auf den Energiehandelsmärkten (Spotmarkt und tertiärer Regelleistungsmarkt) zeigt für die Jahre 2012 bis 2014: Betriebswirtschaftlich wären beide Ansätze zwar unter den damaligen Randbedingungen tragfähig. Doch um auch für die Zukunft auf der sicheren Seite zu sein, müssten sich die energiewirtschaftlichen Regelungen und Rahmenbedingungen verändern. So müssten beispielsweise zusätzliche Systemdienstleistungen eines DLSK verlässlich vergütet werden, sagt Prof. Tuschy und zieht dieses Fazit: »Inwiefern die positive Wirkung auf die Integration Erneuerbarer Energien zukünftig gefördert beziehungsweise diese Dienstleistung an Märkten honoriert wird, ist ausschlaggebend für die Technologieperspektive von DLSK in Schleswig-Holstein.«

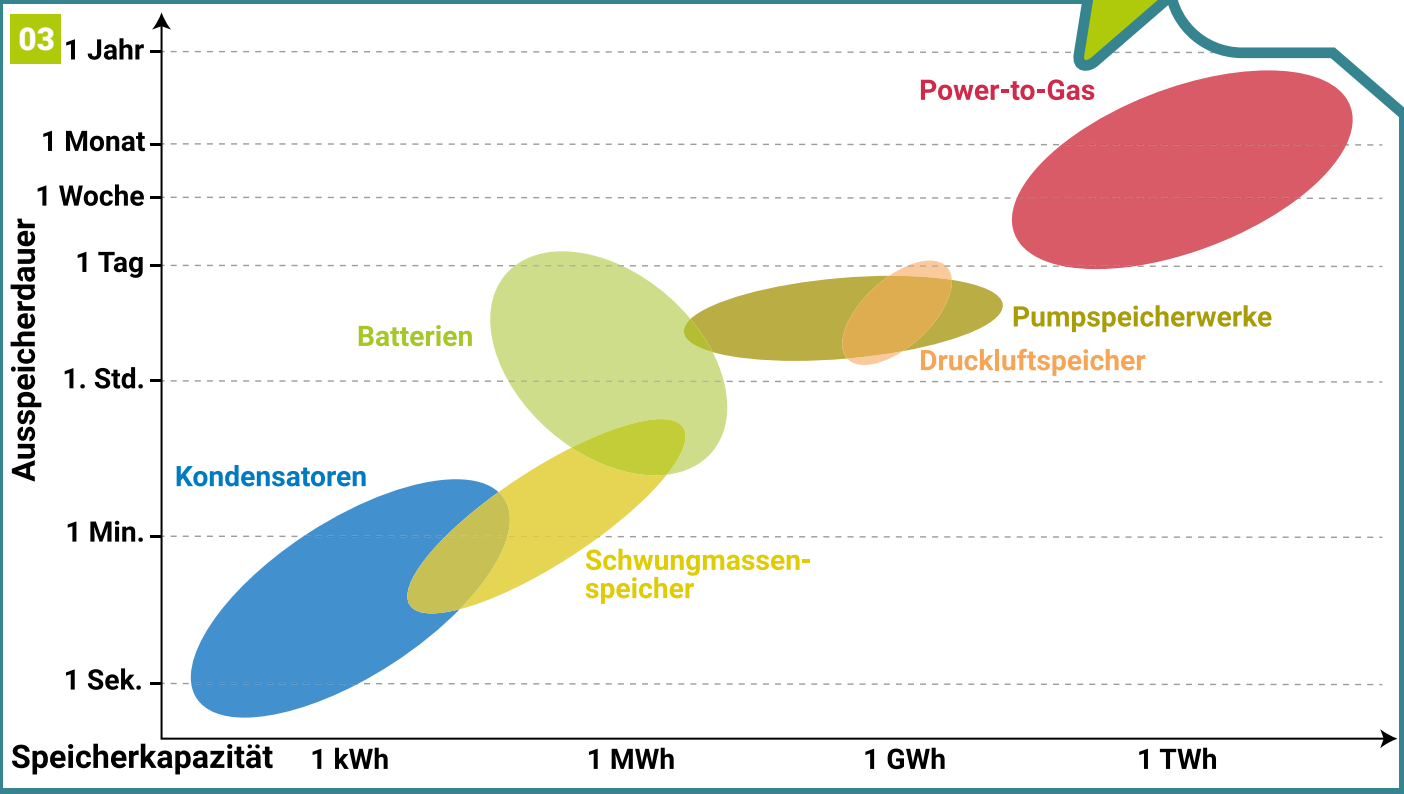
Zwei Kraftwerkkonzepte

Auch wenn Schleswig-Holstein als Standort geeignet ist und Druckluftspeicherkraftwerke ein hohes Potenzial für die technische Machbarkeit haben, stehe der Bau einer Pilotanlage bisher nicht auf der Agenda. »Dieses Thema wird unter Fachleuten engagiert diskutiert, denn DLSK ist eine der wichtigsten Technologien für die Stromspeicherung«, sagt Prof. Tuschy. Weil Druckluftspeicher aber sehr aufwendig zu planen und zu bauen seien, reagieren mögliche Betreiber zurückhaltend auf einen Bau, solange akzeptable energiewirtschaftliche Randbedingungen für den Betrieb von Speichern nicht verlässlich gesichert sind.

02 – Skizze zur Funktionsweise eines DLSK. Kühler und Zusatzfeuerung können zumindest teilweise durch thermische Speicherung ersetzt werden.

03 – Energiespeicherarten im Vergleich.

Von klein bis mega: Energiespeicherarten im Vergleich



HOCHKOMPLEXE PROJEKTENTWICKLUNG

Drei Fragen an Marten Jensen

Geschäftsführer der GEO Gesellschaft für Energie und Oekologie mbH, Langenhorn

1

Welche Aufgaben hat die GEO innerhalb des Forschungsprojektes Druckluftspeicherkraftwerk für Schleswig-Holstein übernommen?

»Wir haben über unsere zwanzigjährige Expertise beispielsweise in Standortalternativen-Prüfungen sowie hochkomplexen Projektentwicklungsarbeiten planerisch und infrastrukturplanerisch zugearbeitet. Am Ende gab es dann priorisierte Standortvarianten, wie sie im Forschungsbericht eingehend beschrieben werden.«

2

Wie verlief die Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern der Hochschule Flensburg?

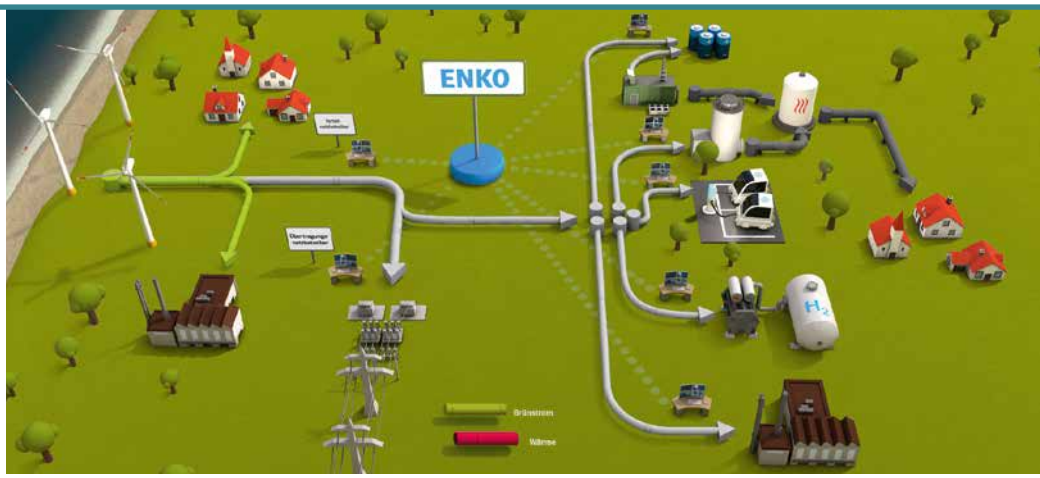
»Bestens. Das ZNES aus Flensburg arbeitet professionell in Projektsteuerung und hat gute eigene und angebundene Kompetenzen – sowohl energiewirtschaftlich als auch bezüglich technischer Systeme. Schließlich ging es in diesem Projekt um Spitzentechnologie: adiabate Energieverwendung, Anbindung am Höchstspannungsknoten und Bau sowie Verlegung eines in Varianten durchgespielten, hochintegrierten Gesamtsystems.«

3

Welche Schlussfolgerungen ziehen Sie für die Machbarkeit eines Druckluftspeicherkraftwerks in Schleswig-Holstein?

»Insbesondere durch die Strommärkte-Szenarien der nächsten Dekaden, flankiert durch bezahlbare Wasserkraft aus Norwegen – Nordlink soll noch 2020 in Betrieb gehen – war für uns kein ausreichendes Risiko/Chance-Verhältnis zu erwarten. Zudem haben wir durch unsere Strommarke (GreenTEC Strom) in Kooperation mit der Nordgröön besten Zugriff auf residuale, norwegische Wasserkraft, falls denn benötigt, etwa bei langen Dunkelflauten in Schleswig-Holstein.«

NEW 4.0



DER NORDEN ZEIGT, WIE'S GEHT

Mit NEW 4.0 – Norddeutsche EnergieWende 4.0 – ist seit gut dreieinhalb Jahren ein beispielloses Verbundprojekt auf Erfolgskurs. Jetzt ziehen die Partner eine erste positive Bilanz.

Mit der Norddeutschen EnergieWende bringen die über 60 beteiligten Akteure in einem starken Netzwerk aus Wirtschaft, Wissenschaft, Industrie und Politik den Klimaschutz weiter voran. Und mehr noch: Schleswig-Holstein und Hamburg sind damit längst bundesweit zu einer Blaupause für die Machbarkeit der Energiewende geworden.

Fest steht: Die Energiewende ist ganz sicher ein Jahrhundertprojekt. Und das bedarf einer ganzen Reihe an innovativen Lösungen und eines herausragenden Engagements. Mit NEW 4.0 hat sich in Schleswig-Holstein und Hamburg eine einzigartige Initiative gebildet, die in einem länderübergreifenden Großprojekt eine nachhaltige Energieversorgung realisiert und gleichzeitig auch die Zukunftsfähigkeit der gesamten Region stärken will. Gefördert vom Bundeswirtschaftsministerium erhält das Konsortium bis zum Projektende im November 2020 insgesamt rund 45 Millionen Euro.

NEW 4.0 umfasst rund 100 Einzelprojekte. Sie alle haben grundsätzlich ein Ziel - nämlich aufzuzeigen, welche Bausteine nötig sind, um ein stabiles, nachhaltiges und bezahlbares Energiesystem für die Zukunft zu schaffen. Ein Energiesystem, das ohne fossile Energieträger auskommt. Mit einem ersten großen Feldtest belegte NEW 4.0 jetzt, dass eine verlässliche Stromversorgung auch bei hohen Anteilen erneuerbar erzeugten Stroms im Netz möglich ist. Ziel war es zu zeigen, wie die im Projekt entwickelten Lösungen die Systemaufgaben konventioneller Kraftwerke übernehmen können und das Energiesystem trotzdem stabil bleibt. Und dies ist eindrucksvoll geglückt, sprich: Die Energiewende ist machbar.

»Technisch ist der Wandel längst gelöst, jetzt geht es darum, das Zusammenspiel der einzelnen Akteure zu organisieren«, sagt Lars Kaiser, Leiter der NEW 4.0-Koordinierungsstelle Schleswig-Holstein, die seit Beginn des Projekts bei der Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein (EKSH) in Kiel angesiedelt ist.

Dass Schleswig-Holstein und Hamburg das NEW-Projekt gemeinsam angegangen sind, hat tatsächlich Modellcharakter – und das für das gesamte Bundesgebiet. Auf der einen Seite ein Stadtstaat, dessen Industrie allein ein Drittel des gesamten Hamburger Stroms verbraucht. Daneben ein Flächenstaat, in dem im Rahmen der Energiewende auch viele ländliche Regionen berücksichtigt werden müssen. Mit NEW 4.0 werden viele wertvolle Grundsteine gelegt, die den Klimaschutz in seiner Gesamtheit weiter voranbringen. Schleswig-Holstein und Hamburg werden so zu einer Blaupause für die Machbarkeit der Energiewende. »Die Ergebnisse, die durch NEW 4.0 in Norddeutschland generiert werden, liefern damit wesentliche Erkenntnisse für die bundesweite Energie- und Klimapolitik«, sagt Kaiser.

Projekte, die vor Monaten womöglich noch reine Theorie waren, werden jetzt ganz konkret – genau hier liegt die Stärke des NEW 4.0-Netzwerkes – und bewähren sich nunmehr in der Praxis. Da ist etwa »ENKO«, eine norddeutsche Plattform, mit der die Schleswig-Holstein Netz AG und die Husumer ARGE Netz GmbH & Co. KG die Möglichkeit schaffen, lokale Erneuerbare Energien effizienter ins Stromnetz zu integrieren und vor Ort besser nutzbar zu machen. »ENKO« bietet die Basis, um »ENergien intelligent zu KOordinieren«.

Die Partnerschaft mit Hamburg hilft uns, Strukturen zusammenzuführen. Das hat einen echten Mehrwert. (Lars Kaiser)

Es wird also ermöglicht, Abschaltungen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen in Zeiten hoher Stromproduktion zu vermindern, indem gezielt in der Region eines Netzengpasses Stromverbrauch erhöht wird. So wird mehr Grünstrom nutzbar gemacht.

Auch in Brunsbüttel wird die Energiewende konkret. Hier ist Mitte 2019 die erste Power-to-Gas-Anlage Schleswig-Holsteins in Betrieb gegangen. Seitdem wird dort überschüssiger Strom aus dem nahen Windpark Westerbüttel in Wasserstoff umgewandelt, der dann zum einen als Kraftstoff an eine Wasserstofftankstelle geliefert und zum anderen in die Leitungen der Schleswig-Holstein Netz AG eingespeist wird. Durch die Umwandlung in Wasserstoff kann die Energie auch dann genutzt beziehungsweise gespeichert werden, wenn im Stromnetz gerade kein Bedarf besteht. Die Power-to-Gas-Anlage kann in Spitzenzeiten bis zu 450 Kubikmeter Wasserstoff pro Stunde produzieren. Das reicht für einen Brennstoffzellen-Pkw, um 4000 Kilometer weit zu fahren.
Die Energiewende bedarf auch einer gesellschaftlichen Akzeptanz. Mit einer Roadshow, die seit 2018 durch den Norden tourt, bringt NEW 4.0 die Energiewende direkt zu den Bürgern. Ziel ist es, möglichst vielen Menschen die spannenden Projekte und faszinierenden neuen Technologien der NEW 4.0-Partner näherzubringen. Und so nachhaltig für die Energiewende zu begeistern.

Schleswig-Holstein möchte unterdessen die enge und erfolgreiche Zusammenarbeit mit Hamburg weiter intensivieren. Auch deshalb, weil es in Zukunft und als gemeinsame Herausforderung mehr denn je darum gehen muss, auf Flexibilität zu setzen. Sprich: Immer mehr Unternehmen zu gewinnen, ihre Produktion an die aktuelle Verfügbarkeit Erneuerbarer Energien anzupassen. »Die Partnerschaft mit der Hansestadt«, sagt Kaiser, »hilft uns, Strukturen zusammenzuführen.« Und das hat einen echten Mehrwert: »Wir hier im Norden zeigen Lösungen auf – und das nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Praxis.«

NEW 4.0 – Die Innovationsallianz aus dem Norden

NEW 4.0 soll zeigen, wie die Gesamtregion als Modellregion bereits 2035 zu 100 Prozent sicher und zuverlässig mit regenerativem Strom versorgt werden kann.

Die Modellregion besteht aus den zwei norddeutschen Bundesländern Hamburg und Schleswig-Holstein mit ihren 4,8 Mio. Einwohnern.

60 Partner aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik arbeiten zusammen in rd. 100 Einzelprojekten entlang der gesamten Wertschöpfungskette im Energiesektor.

Über 20 Demonstratoren stellen rd. 200 MW Flexibilität zur Verfügung und veranschaulichen somit die benötigten Lösungen für das Energiesystem der Zukunft und die Machbarkeit der Energiewende.

Mehr Informationen: www.new4-0.de

INTELLIGENTES ENERGIEMANAGEMENT

Fachhochschule Kiel

07

Projektzeitraum
1.1.2016 - 31.12.2017

Projektförderung EKSH
82.000 Euro

Unternehmensbeitrag
17.000 Euro

Fachhochschule Kiel
Institut für Mechatronik
Prof. Dr.-Ing. Christoph Weber
0431 210-2583
christoph.weber@fh-kiel.de

LERNFÄHIGE SOFTWARE FÜR BATTERIESPEICHER

Forschungsprojekt der FH Kiel: Managementsystem macht Akkus neben Eigenversorgung attraktiv für Energiehandelsgeschäfte

Schleswig-Holstein kann sich inzwischen selbst zu 100 Prozent mit Strom aus Windenergieanlagen versorgen. »Wir wollen möglichst viel grünen Strom bei uns im Norden nutzen. Deshalb suchen wir neue Wege, um diese Energie hier zu veredeln«, sagt Professor Christoph Weber. »Batteriespeicher sind dafür eine geeignete Technologie. Sie sind in erster Linie für die Eigenversorgung mit Strom gedacht. Wir haben im Projekt ein IT-Managementsystem entwickelt, um diese Energiepuffer zusätzlich gewinnbringend einzusetzen.« Mit seinem Forscherteam am Institut für Mechatronik der Fachhochschule Kiel hat er ein intelligentes, selbstlernendes System entwickelt und erfolgreich im Langzeittest eingesetzt. Als Industriepartner engagierte sich der Ingenieursdienstleister IAV Automotive Engineering (Gifhorn), mit 7.000 Mitarbeitern einer der größten Zulieferer in der Automobilbranche weltweit.

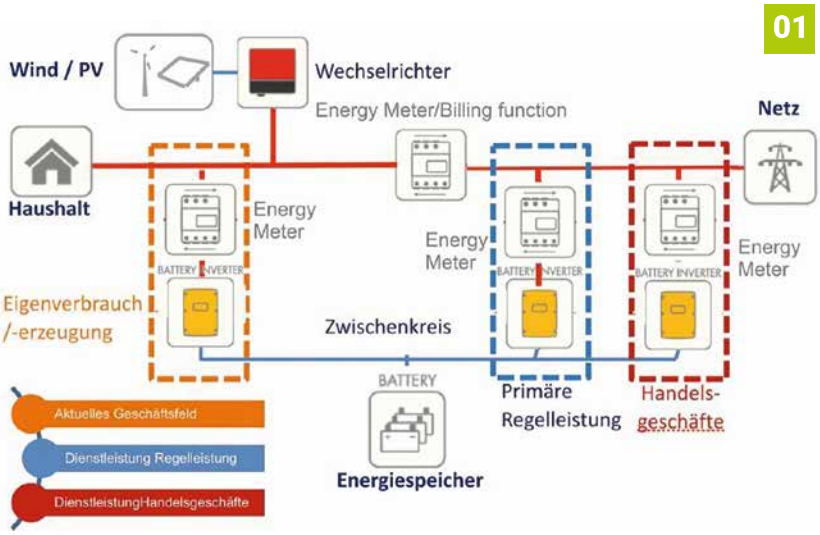
Akkus clever steuern

Das Energiemanagementsystem ist in der Lage, Batteriespeicher einerseits für den Eigenverbrauch zu optimieren. »Andererseits soll die Batterie möglichst kostendeckend arbeiten und deshalb für Stromhandelsgeschäfte und das gewinnträchtige Angebot der so genannten Primärregelleistung genutzt werden. Für die Steuerung ist eine intelligente Software notwendig, die wir am Institut entwickelt haben«, erläutert Weber. Das Konzept, das Managementsystem direkt in den Batteriespeicher zu integrieren und online selbsttätig an Stromhandelsgeschäften agieren zu lassen, gilt als äußerst innovativ. »Wir wollten in dem Forschungsprojekt außerdem wissen, wie sich die erhöhte Belastung der Batteriezellen durch ständiges Auf- und Entladen auf die Standfestigkeit und Lebensdauer des Speichers auswirkt«, erklärt der Projektchef.

So funktioniert das System: Der Echtzeit-PC misst den Ertrag einer (fiktiven) Windenergieanlage und bezieht dazu Wetterdaten und -prognosen zu Windstärke und -richtung ein. Der Rechner steuert zudem den Lastfluss der Energie. »Das Managementsystem bezieht simulierte, aber reale Daten des EPEX-Spotmarktes für den Stromhandel sowie Verbräuche eines Gebäudes und die aktuelle Netzfrequenz. Die intelligente Software entscheidet, wieviel Strom der realen Batterie bei uns im Labor entnommen oder zugeführt wird«, erklärt der Projektleiter. Während der Batteriespeicher für die Langzeitbelastung also real ins System eingebunden ist, werden die anderen Einflüsse simuliert. »Deshalb haben wir den Stromhandel oder die Stromeinspeisung aus der Windenergieanlage zu Testzwecken durchgespielt, um zu untersuchen, wie genau die Software zum Beispiel Vorhersagen zur Strompreisentwicklung liefern kann. Dies ist notwendig, um am Energiehandel teilzunehmen.«

Die Forscher untersuchten speziell diese Fragen:

- Gewährleistung einer möglichst autarken Stromversorgung
- Dienstleistungen im Zusammenhang mit Primärregelleistung
- Schonender Betrieb der Batterie – die Grenzwerte sollen nicht überschritten werden
- Handelsgeschäfte optimiert nach maximalem Ertrag



01

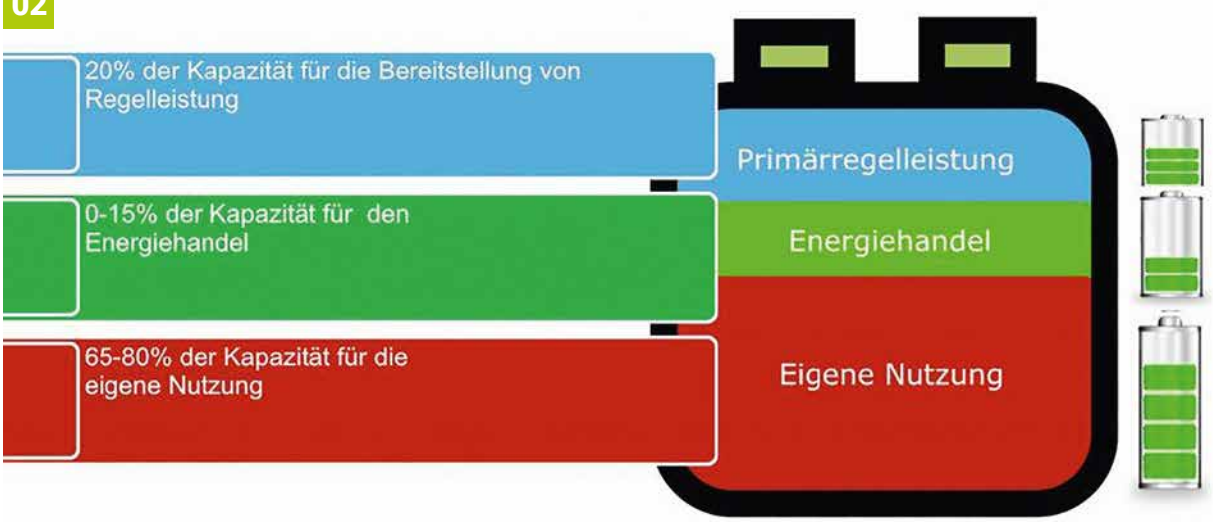
Das erste neue, bisher noch nicht wissenschaftlich untersuchte Geschäftsfeld betrifft die Bereitstellung von Primärregelleistung. »Dabei geht es darum, dass der Netzbetreiber ein stabiles Stromnetz sicherstellen muss. Dafür muss er für den Ausgleich von Schwankungen Strom ständig zukaufen oder abführen. Genau diese Serviceleistung könnten Batteriespeicher künftig einzeln oder im Verbund mit anderen Kleinspeichern übernehmen«, erläutert Weber.

Denkbar sei zukünftig, dass neben Großbatterien von kommerziellen Betreibern wie Stadtwerken auch Privathaushalte profitieren, die Solaranlagen und kleinere Batteriespeicher im Einsatz haben. Auch die Akkus in Elektrofahrzeugen könnten als Energiepuffer eingesetzt werden. Diese Kleinbatterien könnten sich in einem Netzwerk zusammenschließen und so an diesem Geschäftsfeld, aber auch am Strommarkt teilnehmen und damit die Speichersysteme wirtschaftlich betreiben. Um Primärregelleistung bereitstellen zu können, muss nach einer »Präqualifikation« mindestens 1 Megawatt in den Batteriespeichern zur Verfügung stehen. Die Vergütung erfolgt wöchentlich in einer Ausschreibung, Leistung geben die Speicher automatisch über die Messung der Netzfrequenz ab, erklärt Weber. »Wir rechnen mit einem Ertrag pro Megawatt von 2.000 bis 3.000 Euro pro Woche.«

Im zweiten neuen Geschäftsfeld geht es um den Handel mit Strom: Ein Teil der verfügbaren Energie kann am EPEX-Spotmarkt verkauft oder bezogen werden. »Wir halten eine Beteiligung an diesem Markt für ein sehr interessantes Geschäftsfeld, wenn es gelingt, die gesamte Batterie in einem Ladezustand zwischen 25 und 75 Prozent zu halten. In diesem Zustand weisen Lithium-Ionen-Batterien im laufenden Betrieb erheblich geringere Verschleißerscheinungen auf, wenn Energie bereitgestellt oder aufgenommen werden muss«, berichtet der Forscher.

Um auf dem Spotmarkt agieren zu können, muss die Software Vorhersagen über den Strompreis treffen können. Das neu entwickelte System der Kieler Forscher basiert auf einem intelligenten Algorithmus, ein so genanntes Künstliches Neuronales Netz. Dies kann eine zuverlässige Prognose des Strompreises beispielsweise vier Stunden im Voraus liefern. »Der Prognosehorizont von vier Stunden ist sinnvoll, um den Speicherinhalt der Batterie, der für den Handel genutzt wird, vorher optimal zu konditionieren. Neuronale Netze er-

02



fordern ein Training auf Basis von realen, in unserem Fall rund 8 Millionen Daten aus drei Jahren in der Vergangenheit«, erläutert Weber. Die erste Version der lernfähigen Software zeige eine gute Übereinstimmung der Prognosedaten zur tatsächlich eingetroffenen Preisentwicklung: »Wir haben festgestellt, dass 75 Prozent der Vorhersagen zutreffen oder nur kleine Abweichungen des Strompreises aufweisen.«

Das Fazit der Forscher lautet: »Regelleistung und Energiehandel sollten möglichst oft eingesetzt werden. Dabei nutzen die Lade- und Entladevorgänge nur einen kleinen Teil der Gesamtbatteriekapazität, was der Langlebigkeit der teuren Batteriespeicher zugutekommt.« Dies sei wichtig, um die Energiepuffer der Zukunft auch tatsächlich wirtschaftlich, also gewinnbringend einsetzen zu können. Das Forschungsprojekt habe außerdem gezeigt, dass moderne Energieversorgungssysteme eine stärkere Einbindung von IT-basierten Lösungsstrategien erfordern. Diese sollten maschinelle Lernverfahren (Künstliche Intelligenz) sowie sichere Kommunikationskanäle für onlinegestützte Datenverarbeitung enthalten.

01 – Konzept des Intelligenten Energiespeichers.

02 – Aufteilung des Batterieenergieinhaltes in drei Bereiche: Alle Bereiche benötigen eine eigene »Füllstandsanzeige«.

03 – Prof. Weber vor dem IT-Managementsystem im Labor der FH Kiel.

VEREDELUNG DES ROHSTOFFS STROM

Fünf Fragen an Prof. Christoph Weber,

der auch zum Leitungsteam des Kompetenzzentrums für Schleswig-Holstein (KESH) gehört.

1

An welchen Projekten, die mit Energieversorgung der Zukunft zu tun haben, arbeiten Sie derzeit?

»Das Thema Batteriesysteme wird immer wichtiger werden im Zusammenhang mit regenerativ erzeugter Energie aus Windkraft und Solarkraftwerken. Ich beschäftige mich dabei mit Batteriemanagementsystemen. Das sind elektronische Systeme, die unter anderem die Batteriezellen permanent überwachen. Unser System ist in der Lage, eine exakte Lade- und Gesundheitszustandsbestimmung für jede einzelne Zelle im System mit Methoden der Künstlichen Intelligenz zu bestimmen. Das ist wichtig, wenn man bedenkt, dass Batteriesysteme als Energiepuffer 24 Stunden am Tag betrieben werden müssen, also hohen Beanspruchungen ausgesetzt sind.«

2

Um welche Batterien geht es?

»Den Laptop oder das Handy betrifft es nicht, hier wechselt man defekte Akkus einfach aus. Es geht um Energiespeicher, die große Strommengen aufnehmen müssen. Hier braucht man Systeme, die absolut zuverlässig arbeiten – dafür sind moderne Management- und Diagnosesysteme notwendig.«

3

Wo sehen Sie die Herausforderungen?

»Wir produzieren schon über 100 Prozent der verbrauchten Energie in Schleswig-Holstein regenerativ. Deshalb werden Batteriespeicher eine immer größere Rolle spielen. Fast ebenso wichtig wird das Energiemanagement sein. Ziel sollte sein, möglichst viel Energie, die wir vor Ort produzieren, hier auch zu nutzen. Es geht um die Veredelung des Rohstoffs Strom.«

4

In keinem Bundesland liegt derzeit der Anteil E-Autos am Pkw-Bestand über 1 Prozent. Jedes dritte Auto hierzulande ist ein Diesel. Ihre Prognose: Wann erreichen wir 10 Prozent E-Mobilität?

»Ganz einfach: Die Anschaffungskosten für das vergleichbare Elektrofahrzeug plus Betriebskosten müssen gegenüber einem Verbrenner nach etwa fünf Jahren wirtschaftlicher sein. Dies wird vermutlich in fünf bis zehn Jahren der Fall sein.«

5

Und wo sehen Sie den Wasserstoff-Pkw?

»Es bedarf beider Antriebslösungen. E-Autos für Pendler und kurze Strecken (bis 200 km), alle anderen Distanzen mit Wasserstoff.«

STROMVERBRAUCH ZUHAUSE – NEUES VERFAHREN ZUR PRÄZISEN PROGNOSE

Technische Hochschule Lübeck

08

Projektzeitraum
1.1.2014 - 31.12.2016

Projektförderung EKSH
148.000 Euro

Unternehmensbeitrag
29.000 Euro

Technische Hochschule Lübeck
Wissenschaftszentrum für
intelligente Energienutzung (WiE)
Prof. Dr.-Ing. Cecil Bruce-Boye (pens.)
Neuer Leiter des WiE-Zentrums:
Prof. Dr.-Ing. J.-Christian Töbermann
0451 300-5184
christian.toebermann@th-luebeck.de

WIE KUNDEN STROM INTELLIGENT NUTZEN KÖNNEN

Forscher der TH Lübeck entwickeln für Energieversorger IT-System zur exakten Vorhersage des Stromverbrauchs / Grundlage für flexible Stromtarife

Der Strom kommt wie selbstverständlich 24 Stunden am Tag aus der Steckdose – er ist hierzulande immer verfügbar, wenn er gebraucht wird. Die Verbraucher bemerken nicht, welchen Aufwand die Energieversorger betreiben müssen, damit Zuverlässigkeit und Netzstabilität dauerhaft gewährleistet sind. Um möglichst effizient Strom für die Endkunden bereitzustellen, müsste der Versorger möglichst tages- oder sogar viertelstundengenau wissen, wieviel Strom sie denn überhaupt nutzen werden. Doch das war bisher reine Utopie und ohne Smart Meter – also digitale Stromzähler – nicht messbar. Mit neuer Technologie kann nun ein großes Potenzial ausgeschöpft werden, um Energienutzung genauer vorherzusagen.

»Der Erzeuger muss bedarfsgerecht Strom bereitstellen.«, erläutert Professor Cecil Bruce-Boye, Leiter des Forschungsprojektes am Wissenschaftszentrum für intelligente Energienutzung (WiE) der TH Lübeck und zwischenzeitlich pensioniert. »Der Energieversorger hat dann den geringsten finanziellen Zusatzaufwand und er kann genau haushalten, wenn ebenso viel Strom abgerufen wie erzeugt wird. Diese Balance sollte auch im Sinne der Netzstabilität immer gewährleistet sein. Wenn die Kunden beispielsweise mehr brauchen als geplant, muss er Energie teuer nachkaufen.« Der Erzeuger arbeite dabei mit Szenarien für lang-, mittel- und kurzfristigen Stromeinkauf, wobei der kurzfristige Einkauf besonders teuer ist und möglichst vermieden werden soll.

Netzstabilität

Als Berechnungsbasis für die Stromverbrauchsvorhersagen dienen dabei so genannte Standardlastprofile. Diese berücksichtigen, dass sich das Stromnutzungsverhalten im Winter von dem im Sommer unterscheidet: Außerdem hängen sie von den verschiedenen Wochentagen ab. Insbesondere innerhalb eines Tages schwanken die Verbrauchswerte stark.

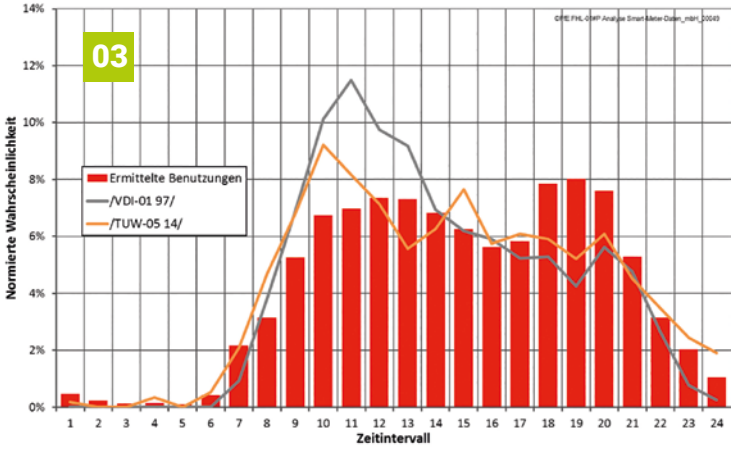
»Weil die Standardlastprofile aber bundesweite Mittelwerte sind, können sie in den verschiedenen Regionen nur sehr ungenau sein. Denn die Haushalte

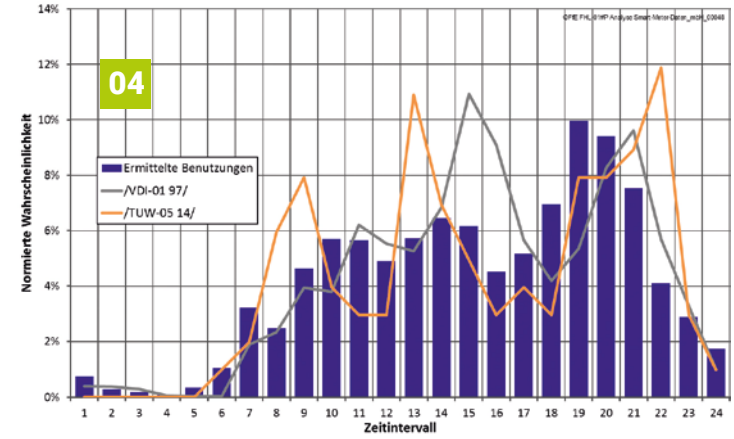
01 – Das WiE-Team zum Zeitpunkt des hier beschriebenen Forschungsprojekts (v.l.n.r.): Prof. Dr. Carsten Lüders, Prof. Dr. Dirk Jacob, Prof. Dr. Hans Schäfers (Kooperationspartner), Prof. Dr. Cecil Bruce-Boye, Jendrik Menz, Dr. Joachim Staats, Joscha Höck, Dr. Sabrina Ernst, Henning Meyer, Fenja Früchtenicht, Mareike Redder, Malte Myrau.

in Norderstedt verhalten sich anders als in Frankfurt oder Oberammergau«, erläutert der IT-Spezialist. Die Lösung: Mit einem aktuellen regionalen Lastprofil für die 40.000 Haushalte in Norderstedt könnte der Stromverbrauch punktgenau vorhergesagt werden, was immense Einsparungen bei der Abweichung von geplanter Stromnutzung zu tatsächlich genutztem Strom zur Folge hat. Das kommt dem Versorger und dem Endkunden gleichermaßen zugute, denn beide sparen Geld. Und nicht zuletzt wird die Umwelt dank CO_2-Einsparungen entlastet.

»Unser Kooperationspartner, die Stadtwerke Norderstedt, verfügt dank der bereits angewendeten Smart Meter-Technologie in den Haushalten über einen großen Datenschatz. Wir konnten die Verbrauchszahlen von rund 2.800 Smart Meter aus Norderstedt verwenden, um auf dieser Basis eine Software mit einem bestimmten Algorithmus zu entwickeln«, erläutert der Wissenschaftler Dr. Joachim Staats. Dank der Smart Meter haben die Stadtwerke eine direkte Möglichkeit, online zu messen, wieviel Strom die Kunden zu welchen Tageszeiten real nutzen. Diese Daten sind Grundlage für ein neues IT-System mit dem Namen CondEx, das die Forscher in diesem Projekt entwickelt haben. Zunächst identifizierten die IT-Entwickler ein regionales Lastprofil speziell für Norderstedt, was eine rund 50 Prozent geringere Abweichung von geplanter Stromnutzung zu tatsächlich genutztem Strom für den Versorger zur Folge haben soll. »Darauf aufbauend haben wir nun ein dynamisches Lastprofil erstellt, das eine Stunde im Voraus den Verbrauch in den Haushalten vorhersagen kann – das bringt eine zusätzliche Einsparung von 15 Prozent«, rechnet Staats vor. Insgesamt könnten so rund 0,5 Megawattstunden an Abweichungen von in der Planung eingekauftem Strom zu tatsächlich genutztem Strom pro Haushalt und Jahr eingespart werden.

Den nächsten logischen Schritt könnte der Energieversorger auf Basis des Lübecker IT-Systems gehen, indem er die Schnittstellen nutzt, um in den gemessenen Lastgängen Geräte wie die Waschmaschine oder den Trockner zu identifizieren und aufgrund des somit analysierten Nutzungsverhaltens fernzusteuern – Stichwort Demand-Side-Management (DSM). Diese intelligente, vollautomatische Steuerungstechnik verringert zu bestimmten Zeiten die Nachfrage nach Strom durch Verschieben in Zeiten eines Überangebotes an regenerativer Energie. In einem Zukunftsszenario könnten Elektrogeräte auch ab- und wieder zugeschaltet werden. Dies wird zuvor mit dem Verbraucher vertraglich geregelt, der so von reduzierten





Strombezugskosten profitiert. Dabei wäre auch ein intelligenter Tarif ausschließlich für »grünen Strom« aus Erneuerbaren Energien naheliegend.

All dies könne sich nur durchsetzen, wenn die Endkunden in den Informationsprozess eingebunden werden. »Bei uns am Wissenschaftszentrum für intelligente Energienutzung arbeiten wir intensiv an diesem Thema«, berichtet Professor Bruce-Boye. Das 2013 gegründete WiE befasst sich speziell mit der Energie-IT für den regionalen Ausbau der Energieinfrastruktur. Intelligente Energiezähler-Konzepte zur zeitnahen Eigenverbrauchskontrolle, die Nutzung dynamischer Tarife und automatisierte Lastgangsteuerung gehören zum Aufgabenspektrum. Es beteiligt sich u. a. am Großforschungsprojekt NEW 4.0 mit der Prognose von Netzknotenlasten im Kontext von Flexibilitätsmärkten.

Seit 2019 hat Prof. Dr. J.-Christian Töbermann die Leitung des WiE-Zentrums übernommen. In der Forschung und Entwicklung liegt sein Interesse bei Projekten an der Schnittstelle von Energietechnik, Energieinformatik und Energiewirtschaft. Der Ausgestaltung von Smart Grids und Smart Markets und deren Zusammenspiel will er besondere Aufmerksamkeit widmen.

03 – Wie Waschmaschinen genutzt werden: Die roten Balken zeigen die Zeiten, zu denen Wäsche gewaschen wird, im Vergleich zu Literaturwerten.

04 – Spülmaschinen mit anderen Laufzeiten: Die blauen Balken zeigen, dass Geschirr im Vergleich zu Literaturwerten häufiger abends gewaschen wird als zu den Mittagszeiten.

ZUM GELINGEN DER ENERGIEWENDE BEITRAGEN

Drei Fragen an Marc-Oliver Gries

Leiter Vertrieb Netze der Stadtwerke Norderstedt

1

Mit Hilfe der im Forschungsprojekt mit der TH Lübeck entwickelten Software CondEx kann der Strombedarf für die Kunden der Stadtwerke Norderstedt recht genau prognostiziert werden. Welchen Nutzen haben Sie als Versorger davon?

»Die bis heute verwendeten Standardlastprofile sind schon seit längerem veraltet und spiegeln nicht mehr das tatsächliche und das stark geänderte Verbrauchsverhalten der Kunden wider. Ausschlaggebend hierfür sind unter anderem energieeffizientere Stromverbraucher und eine gleichzeitige Zunahme der Verbrauchsgeräte im Haushalt. Ein sehr entscheidender Unterschied zu den Zeiten der ‚Einbahnstraßenstromversorgung' ist die stark zunehmende dezentrale Energieerzeugung, welche sogar ein eigenes Profil erfordern würde. Hier werden wir aber zukünftig durch den verpflichtenden Einbau von intelligenten Messsystemen eine Verbesserung erreichen. Wir können mit den Forschungsergebnissen genauere Prognosen erstellen und die Ausgleichsenergien bei uns im Stromnetz deutlich senken.«

2

Wie ist die Planung für einen Einsatz der Software und wie groß wäre die Stromersparnis für die Stadtwerke?

»Das entwickelte IT-System kann zu einer über zehnprozentigen Kostenersparnis im Bereich des geringeren Bezuges von Ausgleichsenergien führen. Das kann bei anderen Netzbetreibern sogar noch höher ausfallen. Die Stadtwerke Norderstedt betreiben aktuell über 30.000 Messsysteme mit intelligenten Zählern und bauen die Technologie aus.«

3

Wie könnten die Kunden künftig von einer onlinebasierten, intelligenten Stromnutzung profitieren?

»Die Stadtwerke Norderstedt beschäftigen sich seit 2008 mit Smart Meter Fernauslesungen und stellen seitdem Ihren Kunden ein Smart Meter Portal bereit, mit dem der Kunde sein eigener Energiemanager ist. Die Kunden konnten schon damals Ihre Verbräuche nahezu in Echtzeit optimieren und bekamen schon vor zehn Jahren eine monatliche Abrechnung. Unser ›Gezeitenstromtarif‹ schaffte erste Anreize. Der Nachteil war aber sein statischer Zustand, und der Kunde musste seine Stromverbraucher manuell ein- und ausschalten.

Aus diesem Projekt konnten wir viele wichtige Erkenntnisse gewinnen. Diese bilden die Basis für das aktuelle Projekt der Stadtwerke Norderstedt im Rahmen des SINTEG Förderprogrammes. Hier erforschen die Stadtwerke im Großprojekt NEW 4.0 das vorhandene Flexibiltätspotenzial bei Privathaushalten. Es wird hier ein dynamisches Tarifmodell unter Anwendung eines automatisierten Lastschaltsystems bei unseren Kunden entwickelt. Das Ziel ist hier, dass jeder Kunde persönlich für das Gelingen der Energiewende beitragen kann. Der monetäre Vorteil unserer Kunden durch günstigere dynamische Stromtarife ist außerdem sehr wichtig für eine breite Akzeptanz in der Bevölkerung.«

INTELLIGENTE ENERGIESTEUERUNG FÜR ZUHAUSE

Universität zu Lübeck

09

Projektzeitraum
1.7.2015 - 30.06.2017

Projektförderung EKSH
134.000 Euro

Unternehmensbeitrag
43.000 Euro

Universität zu Lübeck
Institut für Softwaretechnik und Programmiersprachen
Prof. Dr. Martin Leucker
0451 3101-6500
leucker@isp.uni-luebeck.de

SELBST PRODUZIERTER STROM FÜRS SMARTHOME

Lübecker IT-Forscher entwickeln intelligente Energiesteuerung, um Strom aus Photovoltaikanlagen in Haushalten direkt zu nutzen / Strom-Ampel gibt Nutzern Kontrolle über Energieverbrauch

Immer mehr Privathaushalte verfügen über Photovoltaikanlagen und agieren damit als Erzeuger regenerativer Energien. Statt den erzeugten Strom ins Netz einzuspeisen, wäre es aus ökologischer und wirtschaftlicher Sicht eindeutig vorteilhafter, die selbst erzeugte Energie auch vor Ort im Haushalt zu verbrauchen. Um Erzeugung und Verbrauch möglichst intelligent zu steuern, ohne zusätzlichen Strom hinzukaufen zu müssen, müssten Speichertechniken wie stationäre Energiespeicher oder auch Elektroautos ins Smarthome integriert werden. So kann die Energie, die tagsüber aus der Photovoltaikanlage gewonnen wird, für den späteren Verbrauch zwischengespeichert werden.

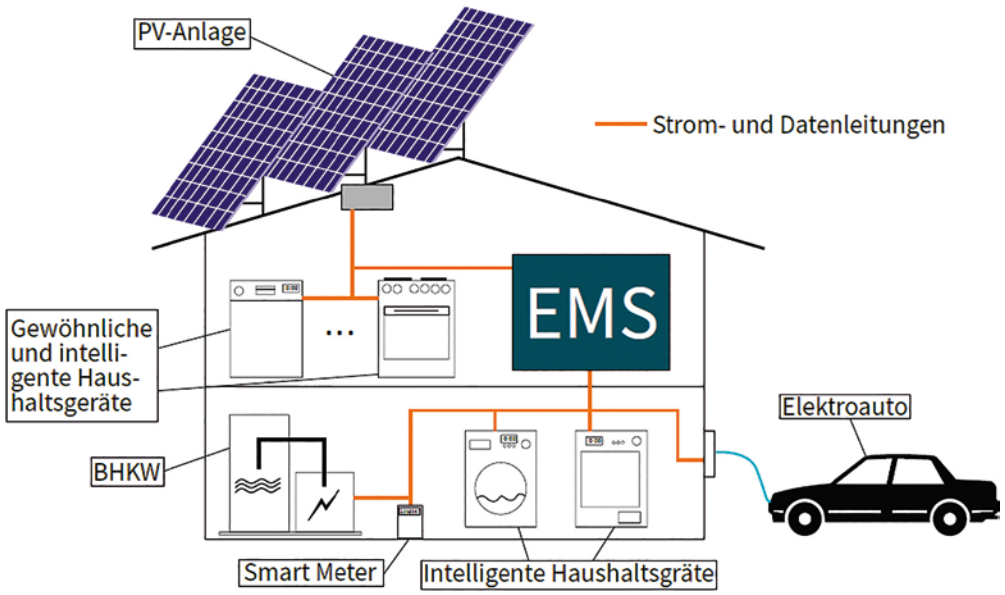
Home Energy Management System

Das intelligente Energiesteuerungssystem für Haushalte (HEMS), das das Team um Professor Martin Leucker erforscht und entwickelt hat, soll Erzeugung und Verbrauch des Stroms flexibel und nach den Bedürfnissen der Bewohner automatisch aufeinander abstimmen. »Mit diesem so genannten Home Energy Management System werden Elektrogeräte wie Waschmaschinen, Trockner oder Heizungen so gesteuert, dass der Stromverbrauch möglichst nicht höher ist als die Stromausbeute aus der Photovoltaikanlage«, erläutert der Projektleiter. So solle möglichst viel regenerativ produzierter Strom im Haushalt verbraucht werden. »Deshalb sollen Verbraucher wie etwa die Waschmaschine nur dann laufen, wenn genügend Strom zur Verfügung steht. Das HEMS überwacht und steuert diesen Prozess und trägt so dazu bei, dass möglichst viel regenerativ erzeugter Strom verbraucht wird. Das sorgt einerseits für geringe CO_2-Emissionen und andererseits für niedrige Kosten bei den Kunden.« Voraussetzung für diese intelligente Steuerung ist die Einbindung möglichst vieler Elektrogeräte innerhalb der Wohnung ins HEMS, damit diese aus- und eingeschaltet oder in der Leistung je nach Bedarf heruntergefahren werden können. Einige Hersteller bauen bereits Geräte, die sich in ein Smarthome-System integrieren lassen. In Frage kommen Waschmaschinen, Trockner, Geschirrspüler, Boiler zur Heißwasserbereitung, Heizstrahler, Infrarot-Heizungen und Wärmepumpen. »Optimal funktioniert das System nur, wenn der tagsüber produzierte Strom der Photovoltaikanlage in einem Batteriespeicher oder auch in den Akkus eines angeschlossenen Elektroautos zwischengespeichert und dann abgerufen werden kann, wenn er gebraucht wird«, sagt Professor Leucker.

Für dieses Projekt arbeitete das Team der Universität Lübeck mit dem renommierten Hersteller für Smarthome Produkte, der Symcon GmbH (Lübeck), zusammen. Die dort entwickelte SymBox als Smarthome-Steuergerät kann in Haus und Wohnung Licht, Temperaturen, Rollläden, Musik und vieles mehr steuern. Sie diente für die Entwickler als technische Basis, um das HEMS zu integrieren. Die SymBox verfügt bereits über sämtliche für den Betrieb benötigten Elemente wie SD-Karte, Netzteil, das hauseigene Betriebssystem SymOS und die konfigurierte IP-Symcon Software.

»Wichtig für uns war es, ein HEMS zu entwickeln, das für den Verbraucher erschwinglich ist und im Verhältnis zur erwarteten Stromersparnis im zwei-

01 – Die SymBox des Projektpartners Symcon GmbH (Lübeck) diente als Plattform für das Home Energy Management System SymHEMS. Kunden können mit der SymBox alle Funktionen innerhalb eines vernetzten Hauses zentral steuern. Foto: Symcon



02

stelligen Euro-Bereich pro Jahr steht«, erklärt Prof. Leucker. »Grundsätzlich kann unser HEMS auch auf einem Einfach-Computer wie dem Raspberry Pi laufen, was die Anschaffungskosten auf etwa 65 Euro reduzieren würde.« Eine der großen Herausforderungen des Projektes war es, das HEMS so zu gestalten, dass die komplexe Software des zu entwickelnden Algorithmus auch auf Einplatinen-Computern schnell arbeiten und die eingebundenen Geräte zuverlässig steuern kann.

Um den Prototyp SymHEMS als Home Energy Management System auf Basis der SymBox zu erforschen und damit ein SmartGrid in den eigenen vier Wänden zu realisieren, mussten die Forscher mehrere Algorithmus-Klassen erstellen und untersuchen. Diese weisen erhebliche Unterschiede auf, was die Rechenzeit und die Ersparnisse an CO_2-Emissionen und Kosten angeht.

Die Entwicklung komplexer Algorithmen ist sehr aufwendig.

»Die Entwicklung komplexer Algorithmen ist sehr aufwendig. Wir haben die verschiedenen Varianten an einer Waschmaschine im Eco-Waschgang getestet«, erläutert Prof. Leucker:

- **Brute-Force:** Der Rechner probiert alle möglichen Gerätekonfigurationen aus, um zu optimalen Einsparergebnissen zu kommen. Das dauert selbst bei einem leistungsstarken Rechner mindestens sieben Stunden. Diese Variante scheidet damit aus.
- **Greedy:** Zunächst werden die wichtigsten Elemente schrittweise in die Berechnung einbezogen, danach folgen die weniger wichtigen. Für diese komplexen Rechenschritte benötigt ein Computer mindestens eine Stunde. Auch Greedy ist im Serieneinsatz nicht anwendbar.
- **Genetischer Algorithmus:** Dabei werden biologische Vorgänge der menschlichen Evolution mit ständigen Verbesserungsschritten durch Selektion und Rekombination in die Mathematik übertragen, um die beste Lösung zu erreichen. Hier beträgt die Rechenzeit nur 1 Minute 50 Sekunden im Test mit der Waschmaschine ließen sich mit einem so gesteuerten HEMS 52 Prozent Kosten sparen im Vergleich mit einem ungesteuerten Betrieb.

Innerhalb des Projektes SymHEMS haben die Softwareentwickler zusätzlich eine »Stromampel« entwickelt, die dem Nutzer mit den drei Farben grün, gelb und rot leicht erkennbar die aktuellen Verbräuche anzeigt. Er kann dies als Grundlage für weitere Einsparpotenziale nutzen. Zusätzlich zur Stromampel kann der Kunde die Anzeige der aktuellen Kosten und der Hochrechnung für das aktuelle Jahr, Monat und Woche aktivieren. Sofern ein Erzeuger wie eine Photovoltaikanlage im System installiert ist, kann der erzeugte Anteil entsprechend ausgerechnet und der Selbstversorgungsanteil ermittelt werden. Was gut für den Geldbeutel der Kunden ist, kommt in diesem Fall auch stets dem Klimaschutz zugute – dank spürbar gesenkter CO_2-Emissionen.

02 – Das Szenario eines vernetzten Hauses, in dem SymHEMS eingebunden ist: Photovoltaikanlage und Blockheizkraftwerk als Stromproduzenten, als Stromspeicher dienen die Akkus des Elektroautos.

03

Was ist draus geworden?

Neben der hier dargestellten Optimierung des Energieverbrauchs im Eigenheim sind vom Institut für Softwaretechnik und Programmiersprachen seither weitere Themen adressiert worden, z. B. eine optimale Abstimmung des Lademanagements von Elektrobussen sowie technische Kommunikationslösungen im Bereich des Smarthomes (www.isp.uni-luebeck.de).

Die Symcon GmbH betreibt nach Beendigung von SymHEMS weiterhin ein Pilotprojekt, um das Einsparpotenzial und die Akzeptanz der vorgeschlagenen Optimierungen zu evaluieren. Es haben sich zusätzlich weitere Möglichkeiten für Kosteneinsparungen ergeben, indem Verbraucher nicht nur die verfügbare Energie (z. B. Kollektoren, Speicher) besser ausnutzen, sondern Energie zu besonders günstigen Zeitpunkten beziehen.

GUTE MARKTCHANCEN FÜR HEMS

Drei Fragen an Michael Steiner,

Geschäftsführer der Symcon GmbH. Das 2012 gegründete Unternehmen hat seinen Sitz in den Lübecker Mediadocks.

1

Wie verlief die Kooperation zwischen dem Team von Prof. Leucker an der Universität Lübeck und der Symcon GmbH?

»Das Projekt wurde gemeinsam ausgearbeitet und es wurden Ziele definiert, welche zu den jeweiligen Meilensteinen erreicht werden sollten. Diese Ziele wurden dann in Studentenprojekten in Form von Software-Praktika und Fallstudien bearbeitet. Es hat uns viel Spaß gemacht, gemeinsam mit sehr motivierten Studenten zusammen zu arbeiten und das Vorhaben zu realisieren. Während der gesamten Projektphase hatten wir somit die Gelegenheit, das Thema aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu betrachten. Dank der vielen interessierten Studenten, zumal das Thema Energieoptimierung im Eigenheim für viele der Studenten erst in entfernter Zukunft zur Realität werden wird.«

2

Welchen Mehrwert für Ihre Kunden könnte das entwickelte Home Energy Management System bringen?

»In Zeiten stetig steigender Strompreise machen sich viele Hausbesitzer Gedanken um Alternativen. Um Strom selber zu erzeugen, eignen sich etwa Photovoltaik-Anlage oder Blockheizkraftwerke. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz, kurz EEG, regelt die Vergütung, wenn der Strom in das öffentliche Netz eingespeist wird. Aufgrund der Tatsache, dass diese Einspeisevergütungssätze jedoch kontinuierlich sinken, ist es für Hausbesitzer lohnenswerter, den erzeugten Strom selber zu verbrauchen. Mit Hilfe von SymHEMS ist es nun leicht möglich, den Energiefluss zu optimieren, um je nach Bedarf Verbraucher zu schalten oder je nach Wetterlage eine Wärmepumpe zu steuern.«

3

Wie bewerten Sie eine mögliche Vermarktung von SymHEMS?

»Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten von SymHEMS sind sehr vielversprechend. SymHEMS wird in Zukunft ein Bestandteil der SymBox werden und kann entweder als Zusatz-Modul über einen Store gekauft werden oder wird zusammen mit der Professional Version enthalten sein. Durch die Einsparungen der intelligenten Energieflusssteuerung erwarten wir eine Amortisation der Kosten in weniger als zwei Jahren. Technologien für energieoptimierte Gebäude sind international ein zentrales Thema. Wind, Wasser, Sonne – theoretisch ist mehr als genug da. Im Zeitalter von fallenden Preisen von Solarbatterien kann sie nun jeder auch ganz praktisch für sich nutzen – dank SymHEMS!«

DIGITALISIERUNG DER ENERGIEWENDE

Im Gespräch mit
Prof. Dr. Michael Herczeg

Universität zu Lübeck

MENSCH, MASCHINE!

Die Universität zu Lübeck, der ganze weite Campus mit seinen Instituten, Kliniken und Einrichtungen, hat viele wirklich spannende Ecken. Eine davon verbirgt sich im Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (IMIS).

Dort sitzt Prof. Michael Herczeg. Der 64-Jährige hat in den Siebzigerjahren Informatik mit dem Schwerpunkt Mensch-Maschine-Kommunikation und Künstliche Intelligenz studiert, und schon damals ging es dabei um die Architektur von Benutzerschnittstellen. Also um ein Thema, was heute kaum aktueller sein könnte: nämlich wie Mensch und Computer interagieren können, wie sie bestmöglich miteinander kommunizieren – und das bei der Nutzung eines Smartphones genauso wie beim Betreiben eines Kraftwerks.

Heute nehmen die erfolgreiche Mensch-Maschine-Interaktion und die Erforschung ihrer mittlerweile hochkomplexen Systeme einen immer höheren Stellenwert ein. Für Herczeg ist das nicht nur sein persönliches Thema, sondern, wie er sagt, »das Thema des Jahrhunderts.«

Auch und gerade wegen der Energiewende und der damit verbundenen Digitalisierung. »Die Energiewende«, sagt Herczeg, »ist ohne Digitalisierung nicht möglich. Und sie wird nicht ohne ein neues Verhältnis an der Schnittstelle von Mensch, Technik und Umwelt gelingen.«

»Wenn der Mensch im Zuge der Energiewende und der damit immer weiteren Dezentralisierung der Energieerzeugung immer mehr Verantwortung übernimmt, dann muss er auch erkennen, was er da überhaupt managt«, sagt auch Stefan Sievers, Geschäftsführer der Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein GmbH. Es geht also längst um mehr als nur um Einsen und Nullen. Der Mensch muss ganz praktisch verstehen, wie sein Smartphone auf einmal zu einer Art persönlicher

Leitwarte werden kann, mit der er seine womöglich überschüssig erzeugte Energie in seinem eigenen Quartier weiter verteilt. Es geht also auch um Verantwortung. Für die zu bedienenden Systeme und für die Menschen, die auf sie angewiesen sind.
Umso wichtiger ist es da, bei einer zunehmend komplexer werdenden Digitalisierung eine technologische Transparenz zu schaffen, die zur Denkfähigkeit des Menschen passt. »Wir bewegen uns in vielen Bereichen auf einem Komplexitäts-Level, das man nicht mehr handhaben kann«, sagt Herczeg.

Die Herausforderung der Zukunft also lautet: Wie kann der Mensch technische Geräte und Anlagen besser verstehen, wie lässt sich die Interaktion mit ihnen optimieren? »Genau dafür aber bedarf es eines gewissen Umdenkens. Nicht mehr der Ingenieur allein ist heute gefordert, eben diese Schnittstellen auszuloten und zu entwickeln. Interdisziplinarität ist gefragt: Designer, Soziologen, ja Pädagogen, Volkswirte und Psychologen müssen daran mitwirken. Es geht um menschzentrierte Entwicklungen, individuell abgestimmt und auf die Bedürfnisse der Nutzer zugeschnitten. Es geht um Interaktion. Und es geht um Verständnis. Für die einzelnen Bausteine im System ebenso wie um die konkrete Handhabung. »Der Mensch wird in Zukunft immer mehr Verantwortung für immer komplexere Systeme übernehmen müssen. Und genau deshalb muss er diese Systeme auch grundsätzlich verstehen«, sagt Herczeg. Die Anfänge sind längst gemacht. In einer Reihe von Forschungsarbeiten werden Menschen befragt und begleitet, wie sie eben diese Systeme besser durchschauen und verinnerlichen können, wie sie intuitiv mit all dem umgehen können, was da auf sie zukommt.

Nur einige Beispiele: In Kooperation mit dem Stadtverkehr Lübeck entwickelte die Arbeitsgruppe Ingenieurpsychologie am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme – gefördert von der EKSH - um Prof. Thomas Franke Visualisierungskonzepte, welche Fahrer von E-Bussen in Bezug auf die Reichweite unterstützen sollen. Das Ziel: Unsicherheiten bei der tatsächlich nutzbaren Reststrecke zu beseitigen.

Ganz aktuell abgeschlossen ist auch ein großes Kooperationsprojekt mit einer Vielzahl von Partnern: Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Programms »NetzDatenStrom« wurden Lösungen für das Management großer Datenmengen in den Leitwarten künftiger Energieverteilnetze entwickelt. Ein besonderer Schwerpunkt lag dabei auf der Tauglichkeit von Benutzungsschnittstellen für das Leitwarten- und Servicepersonal.

01 – EKSH-Geschäftsführer Stefan Sievers (li.) und Prof. Dr. Michael Herczeg (re.).

Studienreihe

An schleswig-holsteinischen Hochschulen werden aktuell diese Studien zu Digitalisierungs-Forschungsfragen bearbeitet:

- *»Peer-to-Peer-Energielieferungen in Quartieren« (FH Westküste, Prof. Buchmüller)*
- *»Digitale Vernetzung, selbstschützende Vernetzung, Datenanalyse und Data Mining« (CAU Kiel, Profes. Landsiedel, Tomforde und Koschmider)*
- *»Verteilnetze, Lastverschiebung, Sektorenkopplung. Microgrids« (CAU Kiel, Prof. Liserre)*
- *»Erzeugungs- und Lastverschiebungspotenzial« (FH Kiel, Prof. Luczak)*
- *»KI-basiertes Forecasting und Microforecasting von Energieerzeugung und -verbrauch in dezentralen Strukturen« (FH Kiel, Profes. Meier, Schneider, Luczak)*
- *»EQuartier – Status Quo und Weiterentwicklungsbedarf zur intelligenten Vernetzung von Energieanlagen in Quartiersanlagen« (FH Westküste, Prof. Schütt)*
- *»Energiewendepotenziale von Quartieren und Quartiergrößen« (TH Lübeck, Prof. Töbermann)*

Die EKSH fördert diese Untersuchungen, die bis Ende 2020 abgeschlossen sein werden, mit insgesamt rd. 124.000 Euro.

NEUE GESCHÄFTSMODELLE
CROSS-INNOVATION IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

10

Projektzeitraum
1.1.2015 - 31.12.2017

Projektförderung EKSH
120.000 Euro

Unternehmensbeitrag
30.000 Euro

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Betriebswirtschaftslehre und Innovationsforschung
Prof. Dr. Carsten Schultz
0431 880-1542
schultz@bwl.uni-kiel.de

INNOVATION IST MACHBAR

Wie kommunale Energieversorgungsunternehmen den neuen Herausforderungen trotzen können

Energiewende. Mobiltätswende. Und Klimawende sowieso. Das Umfeld für die immer noch zahlreichen kommunalen Energieversorgungsunternehmen in Schleswig-Holstein und Deutschland allgemein ist unübersichtlich geworden. Dabei wird den Verantwortlichen zunehmend klar: Um zu bleiben, müssen sie sich, beziehungsweise ihre Geschäftsmodelle ändern. Wie aber ist es tatsächlich bestellt um die Innovationsfreudigkeit dieser Branche?

Genau um diese Frage ging es in dem vom Institut für Innovationsforschung an der Universität Kiel vorgenommenen Forschungsprojekt Cross-Industry-Innovationen in der Energiewirtschaft. Mit Unterstützung der Praxispartner Stadtwerke Kiel und der ebenfalls in der Landeshauptstadt ansässigen IPP ESN Power Engineering GmbH nahm das Institut 46 Energieversorger in Deutschland und Österreich unter die Lupe. »Anhand von sehr differenzierten Kriterien haben wir deren Innovationskompetenz erfasst und sie mit den Werten in 69 mittelständischen Betrieben aus anderen Wirtschaftsbereichen verglichen«, erläutert Wirtschaftschemikerin Julia Kroh, die diese Untersuchung als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut und Promotionsstipendiatin der EKSH vorgenommen hat. Und auch wenn in den Versorgungsunternehmen immer wieder pfiffige Konzepte für neue Geschäftsfelder aufhorchen lassen, bilanziert die Nachwuchswissenschaftlerin unterm Strich: »Es gibt Potenzial nach oben.«

Analysiert wurde auch die Offenheit für neue Wege anhand von Projekten zur energetischen Quartierssanierung. Das empfiehlt sich aus Sicht von Prof. Carsten Schultz, dem Direktor des Instituts für Innovationsforschung, weil in solchen Projekten von der Energie über die Mobilität bis zur Wärmedämmung alles auf den Tisch kommt.

Energieversorger stehen vor großen Herausforderungen. Das gilt nicht zuletzt für deren Mitarbeiter*innen. Die Unternehmen müssen die Kompetenzen ihrer Mitarbeiter*innen aktiv in Innovationsprozesse einbinden, sie aber auch auf die digitale Transformation vorbereiten.”

01 – Prof. Dr. Carsten Schultz

Mehr noch: Quartierssanierung findet im gewachsenen Bestand statt und löst damit regelmäßig Konflikte aus. »Es gibt immer Akteure, die sich nicht in der Lage für Veränderungen sehen«, nennt der Wirtschaftsingenieur einen wesentlichen Grund. Gerade unter diesem Konflikt-Aspekt gab es für ihn jedoch ein »spannendes Ergebnis«. Besonders erfolgreich sind solche Projekte offenbar meistens dann, wenn es gelingt, die Skeptiker einzubinden. Beispielsweise stößt bei älteren Bewohnern die Einschränkung individueller Mobilität trotz des Ausbaus von öffentlichem Nahverkehr oft auf große Vorbehalte. Gerade solche Bedenken dürfen nach Überzeugung von Julia Kroh nicht ignoriert werden: »Man muss vielmehr das Konzept entsprechend überarbeiten. Da kommt inhaltlich etwas Besseres heraus und die Menschen sind zufriedener.«

Auffallend ist andererseits, dass die Energieversorgungsunternehmen praktisch überall dabei sind, wenn es um energetische Quartierssanierung geht. Jedoch wirken sie oft nicht federführend, sondern überlassen die Regie der jeweiligen Kommune, die ihrerseits gern die Dienste von Planungsbüros in Anspruch nimmt. Weil derartige Projekte viele Perspektiven für neue Geschäftsfelder in sich bergen, legt die Kieler Studie den Energieversorgern dringend gesteigerte Aufmerksamkeit nahe. »Sonst könnten ihnen andere die Butter vom Brot nehmen«, mahnt Prof. Schultz. Er denkt dabei an Autohersteller, die den Käufern ihrer Elektrofahrzeuge schon jetzt Wallboxen samt Strom fürs Laden in der eigenen Garage anbieten. »Von da aus wäre es also nur ein kleiner Schritt, komplett ins Geschäft mit der privaten Stromversorgung einzusteigen«, weist er auf eine naheliegende Entwicklung hin.

Chance für neue Geschäftsfelder

Immerhin haben die Experten der Uni Kiel aber auch Energieversorger ausgemacht, die jetzt schon vielversprechende neue Wege beschreiten. Wärmemanagement für gewerbliche Kunden, Tarifmodelle, mit denen ständig wechselnd auf die jeweils günstigste und umweltfreundlichste Art Energie bezogen werden kann, das intelligente Laden von Elektroautos, sogar Sicherheitsdienstleistungen, die auf der Analyse des Stromverbrauchs beruhen, all das ist keine reine Zukunftsmusik mehr.

Wahr ist aber ebenso, dass effektives Innovationsmanagement für die Versorgungsbetriebe zwar überlebenswichtig ist, besonders die kleineren unter ihnen dafür allerdings zu wenig Ressourcen haben. Zur Nachahmung empfiehlt Prof. Schultz unter diesem Aspekt eine Initiative von neun kommunalen Versorgern aus Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Sie haben zwar nicht fusioniert, sich aber strategisch zusammengetan, um dem Fortschritt mit vereinten Kräften auf die Sprünge zu helfen.

Der Rolle der Mitarbeiter*innen im Wandel widmet sich unser aktuelles von der EKSH im HWT-Programm gefördertes Projekt. Hier entwickeln und evaluieren wir gemeinsam mit den Stadtwerken Rendsburg, Husum, Geesthacht und Nortorf Ansätze zur Einbindung von Mitarbeiter*innen in Innovationsprozesse.
(Prof. Dr. Carsten Schultz)

03 – Julia Kroh

04 – Das Unternehmensgebäude von IPP ESN in Kiel.

FORSCHUNG DANK STIPENDIUM

Maßgeblich mitgewirkt hat an der Untersuchung zur Innovationsfähigkeit kommunaler Energieversorgungsunternehmen die Wirtschaftschemikerin Julia Kroh. Dank eines Promotionsstipendiums der EKSH konnte sie Anfang 2020 ihre Doktorarbeit zum Management von Interessengruppen in offenen Innovationsprozessen am Beispiel der Energiewirtschaft einreichen. Das Thema Innovation spielt auch in der Wirtschaftschemie eine große Rolle. Immer wieder geht es um die Frage, wie neue Produkte oder Verfahren zum marktfähigen Produkt werden können. Zu einem solchen Thema verfasste Julia Kroh betreut von Prof. Carsten Schultz vom Institut für Innovationsforschung an der Uni Kiel bereits ihre Masterarbeit. Ihre Dissertation widmete sich nun speziell der Energiewirtschaft, die unter diesem Aspekt eine spezielle Branche darstellt. Über Jahrzehnte verdienten gerade auch die kommunalen Versorger wie selbstverständlich gutes Geld durch den Verkauf von Strom oder anderer Energie. Der eingeleitete und teils fast schon vollzogene Abschied von Atom- und Kohlekraftwerken führt heute jedoch zu einem dezentralen Markt mit vielerlei Herausforderungen. Produkte und Dienstleistungen müssen in enger Zusammenarbeit mit Marktakteuren entwickelt werden. Die Einbindung von diesen teils sehr heterogenen und skeptischen Interessensgruppen fällt Energieversorgern schwer. Der branchenübergreifende Prozess der Digitalisierung macht um die Energieversorger keinen Bogen. Ebenfalls am Institut für Innovationsforschung und ebenfalls gefördert von der EKSH untersucht Julia Kroh derzeit, wie die Unternehmen ihre Beschäftigten in den Prozess des digitalen Wandels einbeziehen. Welche neuen Betätigungsmöglichkeiten sich dadurch ergeben könnten und wie sich damit letztlich Kunden erreichen lassen, sind weitere damit verbundene Themen.

IMMER OFFEN FÜR KOOPERATIONEN

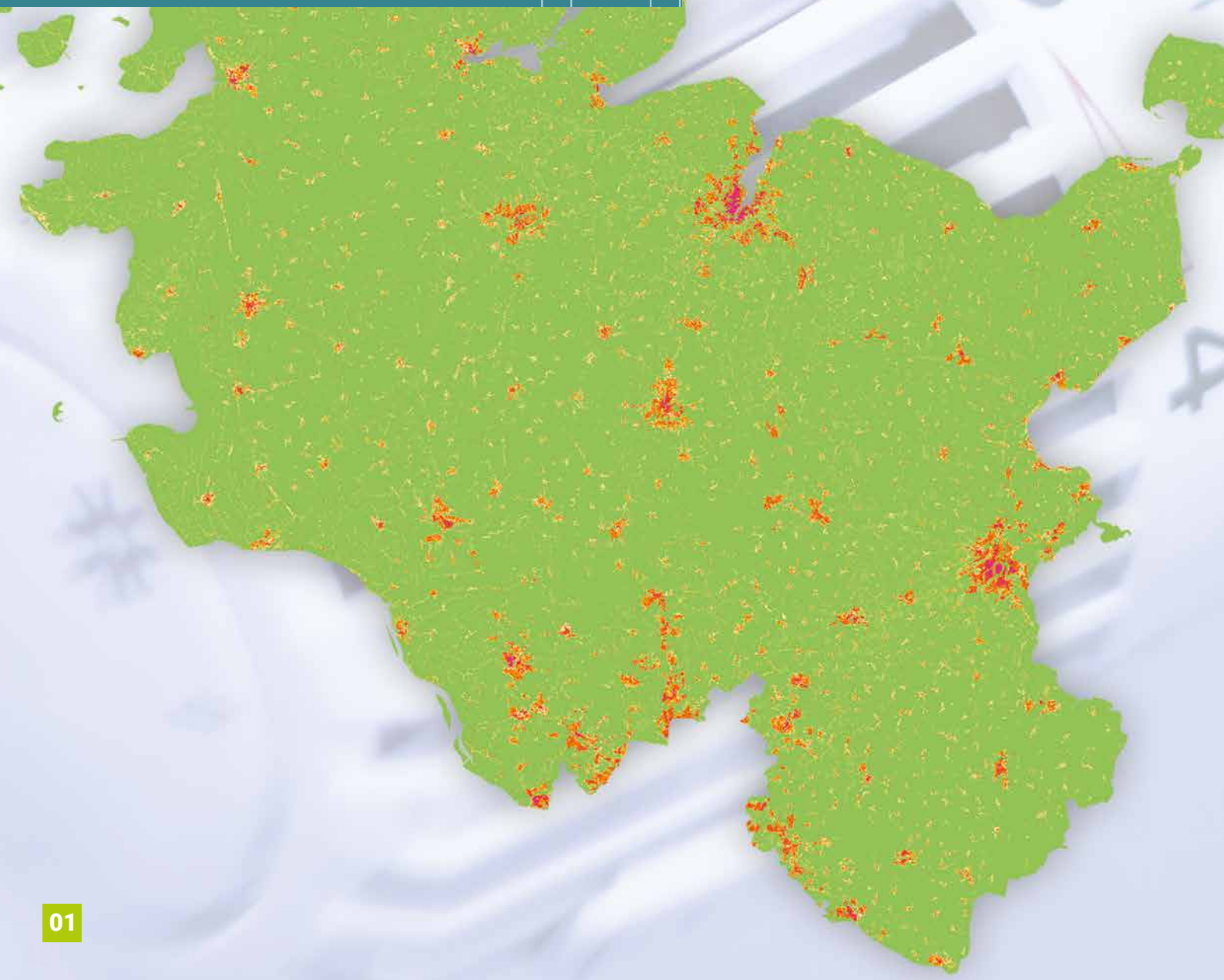
Projektpartner IPP ESN Power Engineering GmbH

Projektpartnerin für das Innovationsforschungsprojekt war neben den Stadtwerken Kiel die IPP ESN Power Engineering GmbH. Die ist im Jahr 2007 hervorgegangen aus den Unternehmensgruppen IPP (IPP Ingenieurgesellschaft GmbH & Co. KG) und ESN (EnergieSystemeNord GmbH), die einander lange Jahre durch die Zusammenarbeit in verschiedenen Projekten verbunden waren. »Die Idee, das Wissen, die langjährige Berufserfahrung und die weitreichende Expertise in der energiewirtschaftlichen Branche in ein gemeinsames Unternehmen zu stecken, drängte sich einfach auf«, erzählt Michael Knitter, während des Projekts Prokurist bei IPP ESN. Heute ist IPP ESN ein deutschlandweit erfolgreiches Ingenieurunternehmen mit mehr als 50 Beschäftigten an fünf Standorten.

Die IPP ESN plant Energieerzeugungsanlagen und entwickelt auch ganze Versorgungskonzepte für Unternehmen, Kommunen und Quartiere. Mit vernetztem Denken und entsprechender Kompetenz wird eine integrierte Planung von Anlagen zur kombinierten Erzeugung und Verteilung von Wärme, Strom und Kälte angestrebt. Auch Konzepte zur Wartung und zum Ausbau von Leitungen gehören zum Leistungsspektrum.
Mit Verkehrsthemen befassen sich die Fachleute des Kieler Unternehmens ebenfalls. So entwickelten sie unter anderem ein Elektromobilitätskonzept für die Stadt Ratingen. Immer wieder öffnet sich die IPP ESN außerdem für gemeinsame Projekte mit den Hochschulen. Davon profitieren Studierende und Promovierende der Fachhochschule und der Christian-Albrechts-Universität in Kiel. Gesprächs- und Ideenrunden gab es auch schon mit Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe. Obwohl die aus nachvollziehbaren Gründen nicht über geballtes Fachwissen verfügen, tragen sie in solchen Runden wertvolle Anregungen zur Gestaltung der Energiewirtschaft der Zukunft bei. Oder wie es Michael Knitter formuliert: »Irgendwas kommt immer dabei raus.«

WÄRMEATLAS SCHLESWIG-HOLSTEIN

Europa-Universiät Flensburg



Projektzeitraum
1.10.2017 - 31.05.2019

Projektförderung EKSH
86.000 Euro

Unternehmensbeitrag
11.000 Euro

Europa-Universität Flensburg
Zentrum für Nachhaltige Energiesysteme (ZNES)
Prof. Dr. Bernd Möller
0461 805-2506
bernd.moeller@uni-flensburg.de

WEIL WÄRME WICHTIG IST

Potenziale für Wärmenetze im Land

Energie. Bei diesem Wort denken die meisten Menschen an Strom für allerlei Geräte oder an den Sprit für die Autos. Dabei spielt die Wärme, die für Gebäude benötigt wird, eine viel größere Rolle. Welche Potenziale für Wärmenetze es vor Ort gibt, dafür liefert ein von der EKSH unterstütztes Forschungsprojekt des Zentrums für Nachhaltige Energiesysteme an der Europa-Universität Flensburg die Grundlagen. Wo wird in Schleswig-Holstein wieviel Wärme benötigt und wo wären Wärmenetze zur Versorgung mit Nah- und Fernwärme möglich? Das sind die wichtigsten Fragen, die im Projekt Wärmeplan stecken. Unter Regie von Professor Bernd Möller bemühte sich ein kleines Team der Uni Flensburg von 2017 bis Anfang 2020 um Antworten, die in einem Wärmeatlas für Schleswig-Holstein zusammengefasst werden.

Aus gutem Grund, wie der Experte betont: »Der Wärmesektor ist der große übersehene Posten, obwohl er etwa 50 Prozent unseres Energiebedarfs ausmacht.« Mittelfristig geht es darum, in diesem Bereich 30 bis 50 Prozent Energie zu sparen. Um die endgültigen Klimaschutzziele der Bundesregierung zu erreichen, muss Deutschland bis 2050 sogar einen Gebäudebestand haben, der nahezu ohne fossile Energieträger beheizt wird.

02

Unser Wirtschaftspartner Gottburg hat wesentlich zum Erfolg des Projekts beigetragen.

01 – Die Wärmebedarfsdichte in Schleswig-Holstein wurde flächendeckend und mit hoher geografischer Auflösung modelliert, um die Möglichkeiten für Wärmenetze im Land zu untersuchen. Rot dargestellt sind auf dieser Landkarte die Gebiete mit einer hohen Wärmebedarfsdichte.

02 – Prof. Dr. Bernd Möller

Wärmeversorgung ist lokal

Möglichst viel behagliche Wärme bei möglichst wenig Klimastress ist also angesagt. Wie das idealerweise funktioniert, ist im Grundsatz durchaus klar. Städte mit ihren dichten Siedlungsstrukturen bieten sich für Fernwärme an, für den viel lockerer bebauten ländlichen Raum sind elektrische Wärmepumpen oder Biomassekessel die Mittel der Wahl. Und genau wenn es in dieser Hinsicht ans Eingemachte geht, wenn also die Dimensionen und Methoden für die Wärmeversorgung eines bestimmten Gebiets festgelegt werden müssen, ist der Wärmeatlas mit das wichtigste Steuerungsinstrument. Er soll ein regionales Werkzeug für alle darstellen, die in der Planung, in der Politik und letztlich als Einwohnerin oder Einwohner mit Wärmekonzepten zu tun haben beziehungsweise daran teilhaben können.

»Wärmeversorgung ist lokal«, befindet Professor Möller. Und beschreibt damit zugleich eine planerische Herausforderung, denn die Daten dazu wären auf die örtliche Ebene bezogen nur sehr schwer zu besorgen. »Datenarm« ist genau aus diesem Grund die Strategie des Zentrums für Nachhaltige Energiesysteme. Neue Zahlen und Fakten sollen nicht gesammelt werden, sondern es gilt, das vorhandene und öffentlich zugängliche Material entsprechend herunterzubrechen. Stellt man das richtig an, so fallen die daraus folgenden Analysen nicht unbedingt ungenauer aus, sie sind aber mit wesentlich weniger Aufwand verbunden.

Die Voraussetzungen, es in diesem Sinn richtig anzustellen, erscheinen in Schleswig-Holstein gar nicht so ungünstig. Zunächst kann das Projekt Wärmeplan an den Pan-European Thermal Atlas (Peta) anknüpfen, der bereits seit 2011 im europäischen

Forschungsverbund »Heat Roadmap Europe« wichtige Erkenntnisse für den Wärmemarkt der Zukunft geliefert hat. Satellitenmäßig erfasst wurden in dem Plan 500 Millionen Menschen und ähnlich viele Gebäude, und zwar erst einmal in einer Rasterung von einem Kilometer. Seit die Auflösung im Jahr 2017 innerhalb des Projekts »Heat Roadmap Europe« auf 100 Meter verfeinert wurde, sind die Daten noch einmal bedeutend aussagekräftiger geworden. Und nicht nur das: Zusätzlich aufgenommen hat das Team aus Flensburg internationale Daten, nicht zuletzt aus dem Nachbarland Dänemark. Weil die Öffnung kommunaler und staatlicher Planungs- und Registerdaten dort seit vielen Jahren Politik ist, liegt dort sehr repräsentatives und sehr genaues Material, das über eine Fülle von Jahren gesammelt und aktualisiert wurde.

Mit Hilfe einschlägiger statistischer Methoden lassen sich tatsächlich verblüffend exakte Aussagen zum Wärmebedarf in Schleswig-Holstein treffen. Anhand von Zahlen zur Besiedlungsdichte und Bevölkerungszahl ist es möglich, die damit verbundenen Gebäudeflächen und letztlich auch die fürs Heizen benötigte Energie zu berechnen.

Für Kommunen und andere Akteure bietet der Wärmeatlas Möglichkeiten zur Identifikation von »Hotspots«, in denen das technische und wirtschaftliche Potenzial für Wärmenetze näher untersucht werden sollte. Lage und Umfang, sowie erste Aussagen zu möglichen Wärmemärkten und -quellen lassen sich in Lage und Umfang bestimmen. Insbesondere ist der Blick über die Kommunengrenze und die regionale Sicht nützlich für die Übersicht und den Vergleich, etwa mit bereits erfolgreich durchgeführten Projekten.

Durchaus zeigt der Wärmeatlas aber auch politische Handlungsmöglichkeiten auf, denn die Voraussetzungen für eine ressourcenschonende Infrastruktur sind regional sehr unterschiedlich. Für Flensburg, das allerdings fast zu 100 Prozent mit Fernwärme erschlossen ist, müssen knapp vier Euro für ein Gigajoule veranschlagt werden. Auf dem entsprechend dünn besiedelten flachen Land könnte das leicht der drei- oder vierfache Betrag werden, dort jedoch kann die Erzeugung von Biogas samt Nutzung der Abwärme für Nahwärme ebenso interessant sein wie Solarthermie. Der Wärmeatlas kann also eine gute Orientierung dazu liefern, welche Versorgungsart sich in welcher Region empfiehlt. Und wo möglicherweise der Staat durch gesonderte Förderung Nachteile in der Infrastruktur ausgleichen sollte.

03 – Wilm Feldt von der Energieagentur der Investitionsbank Schleswig-Holstein.

ENERGIEAGENTUR DER IB.SH AN BORD

Erkenntnisgewinn für Planer auf dem Land

Ein großes und herausforderndes Thema ist die Wärmewende im ländlichen Raum. Dünne Besiedlung, viele Einfamilienhäuser, die starke Rolle der Landwirtschaft, all das sind Faktoren, die es unmöglich machen, städtische Strategien einfach aufs Land zu übertragen. »Gerade in kleinen Gemeinden ist die geringe Anschlussdichte ein Riesenproblem«, beschreibt Wilm Feldt von der Energieagentur der Investitionsbank Schleswig-Holstein die große Hürde bei der Fernwärme. Die Erzeugung von Biogas und damit verbunden die Nutzung der dabei entstehenden Wärme für Nahwärmenetze sind andererseits Themen, bei denen der ländliche Raum punkten kann. Auf alle Fälle muss dabei in jedem Fall ganz genau auf die örtlichen Gegebenheiten geachtet werden, wissen die Fachleute der Energieagentur der IB.SH, die an so gut wie allen Wärmeprojekten im Land unterstützend beteiligt ist. Genau um flächendeckend Daten und Konzepte auf einzelne Quartiere herunterzubrechen, dazu liefert der Wärmeatlas nach Einschätzung der Energieagentur eine hervorragende Grundlage.

INDUKTIVES LADEN

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

12

Projektzeitraum
1.12.2013 - 30.11.2015

Projektförderung EKSH
113.000 Euro

Unternehmensbeitrag
55.000 Euro

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Lehrstuhl für Leistungselektronik
Prof. Dr.-Ing. Friedrich W. Fuchs (pens.)
0431 880-6108
fwf@tf.uni-kiel.de

SO WIRD DAS KABEL BEI E-MOBILEN ÜBERFLÜSSIG

Induktives Laden fast ohne Energieverluste schon jetzt möglich

Die Idee klingt so einfach wie genial: Zum Laden fährt das Elektromobil über eine Spulenplatte, die ans Stromnetz angeschlossen ist und die Batterie ohne Kabel über ein Magnetfeld lädt. Ein Forschungsprojekt am Lehrstuhl für Leistungselektronik der CAU zeigt, dass das induktive Laden mit modernsten elektronischen Komponenten ohne große Energieverluste funktioniert.

Die Elektromobilität wird weiter in Deutschland vorangetrieben: Fast alle großen Automobilhersteller entwickeln neue Technologien, um das Elektroauto für Kunden attraktiv zu machen. Dazu soll es billiger werden, hohe Reichweiten aufweisen und einfach zu laden sein. »Induktive Ladesysteme sind eine innovative und komfortable Methode, um Batterien von Elektro- und Hybridautos zu laden. Sie können maßgeblich dazu beitragen, die Akzeptanz von alternativ angetriebenen Fahrzeugen in der Gesellschaft zu steigern«, sagt der inzwischen pensionierte Projektleiter Prof. Friedrich W. Fuchs.

Bisher verhinderten vor allem die schlechte Energieeffizienz, die technische Komplexität sowie die hohen Kosten eine Verbreitung des induktiven Ladens am Markt. Auch das Entwicklungsniveau etwa zu Sicherheitsaspekten war im Vergleich zum kabelgebundenen Laden verbesserungsbedürftig. Wie das induktive Laden so funktioniert, dass möglichst wenig Energie verloren geht und es in der Praxis sicher und problemlos einsetzbar ist, zeigt das von der Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein (EKSH) geförderte Forschungsprojekt.

Wirkungsgrad über 90%

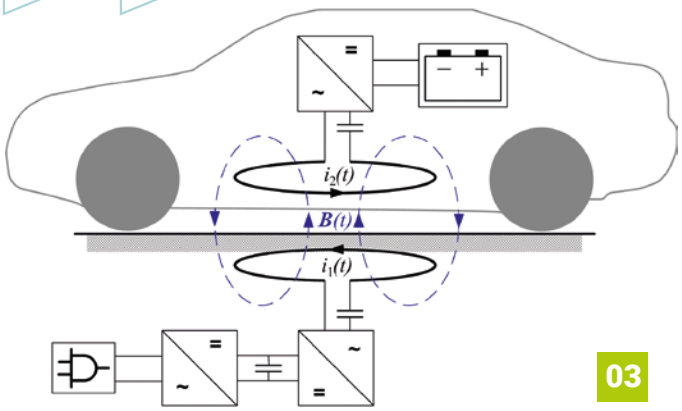
Um industrienahe Lösungen zu entwickeln und zu testen, haben die Kieler Wissenschaftler mit drei Drittmittelpartnern zusammengearbeitet: Neben der Jungheinrich AG (Norderstedt), einem weltweit führenden Hersteller von elektrischen Flurförderfahrzeugen und Gabelstaplern, brachten auch die Elektronikhersteller Kristronics (Harrislee) und ESW (Wedel) ihre Expertise mit ein und nahmen die Erfahrungen aus dem Projekt auf. »In umfangreichen experimentellen Untersuchungen im Labor konnten wir nachweisen, dass ein Gesamtwirkungsgrad des induktiven Systems von über 90 Prozent erreicht werden kann. Das sind gerade mal zwei bis drei Prozentpunkte weniger als beim Laden mit Kabel«, berichtet Prof. Fuchs. Mit diesen erfreulichen Ergebnissen konnten die Forscher die Leistungsfähigkeit dieses modernen Verfahrens grundsätzlich bestätigen.

Und so funktioniert es: Beim induktiven Laden wird die elektrische Energie berührungslos über ein Magnetfeld übertragen, das sich zwischen der Ladeplatte auf dem Boden sowie der Sekundärspule im Fahrzeugboden befindet.

»Wichtig ist dabei, dass der Abstand der beiden Platten möglichst nicht größer als zehn Zentimeter ist und dass die Platten möglichst exakt zueinander ausgerichtet sind«, erläutert Prof. Fuchs. Bei optimalem Abstand zwischen beiden Spulen fallen

01 – Leistungselektronik für das induktive Laden: Detailansicht.

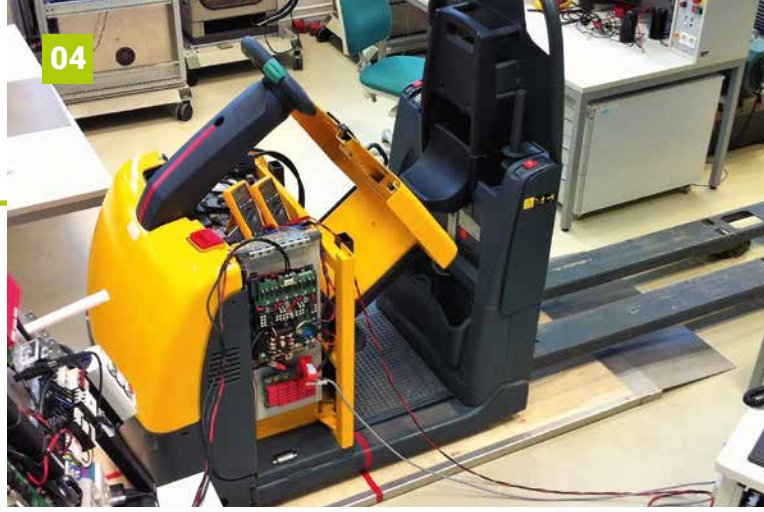
02 – Leistungselektronik für das induktive Laden: Projektleiter Prof. Dr.-Ing. Friedrich W. Fuchs mit einer Eigenentwicklung der Technischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.



03

die Energieverluste extrem gering aus. Als Hauptaspekt des Projektes testeten und optimierten die Wissenschaftler über Simulation und im Labor der Technischen Fakultät für diese Art des Ladens benötigte Elektronikkomponenten. Dazu gehörten die Schaltung, das Steuerverfahren, die Leistungshalbleiter und die Beherrschung der unterschiedlichen Kopplungen. Zudem optimierten sie die Ladeplatten mit Hilfe einer Magnetfeldsimulation. Ob sich die hervorragenden Energieeffizienz-Ergebnisse auch beim Praxiseinsatz reproduzieren lassen, testete man an einem elektrisch betriebenen Flurförderfahrzeug, das der Partner Jungheinrich zur Verfügung stellte und das mit Niedervoltbatterien (24 und 48 V) betrieben wird. Dazu wurde die eigens entwickelte Leistungselektronik direkt neben der Batterie des E-Mobils installiert. Die Ladeplatten mit den Spulen, die in der Werkstatt der Technischen Fakultät der CAU gefertigt wurden, brachte man am Fahrzeugunterboden und am Boden des Labors an. Eine weitere Aluminiumplatte diente dazu, das magnetische Feld abzuschirmen. Die Tests zeigten: Bei optimaler Anwendung erreichte das System einen hervorragenden Wirkungsgrad von 93,5 Prozent – und damit deutlich mehr, als ältere eingesetzte Systeme, die teilweise unter 80 Prozent lagen.

Auch die Temperaturentwicklung der Ladeplatten sei gut beherrschbar, sagt Prof. Fuchs. So habe sich herausgestellt, dass sich Fremdkörper, die versehentlich zwischen die Spulen geraten, nicht kritisch aufheizen. Eine Überwachung des Luftspaltes durch Sensoren sei daher nicht nötig. Damit bei einem späteren Praxiseinsatz kleinere Tiere nicht in den Luftspalt gelangen können, sollten entsprechende Schutzvorrichtungen installiert werden. Für Menschen, die sich während des Ladevorgangs in direkter Nähe aufhalten, bestehe keinerlei Gefahr, da es keine offenliegenden elektrischen Kontakte gebe und sich die elektromagnetische Strahlung auf den Bereich unterhalb des Fahrzeugs konzentriere, ergänzt Dr.-Ing. Marinus Petersen.



04

Das erfolgreiche Forschungsprojekt zeigt auch: Dem energieeffizienten und sicheren Großserieneinsatz des induktiven Ladens bei Elektro-Autos steht aus technischer Sicht nichts im Wege. So dürften auch die Hersteller in nächster Zeit die Einführung solcher Systeme für den heimischen Carport oder die Garage vorantreiben – und damit der Elektromobilität idealerweise neue Impulse verleihen.

"Übertrager und Leistungselektronik in induktiven Energieübertragungssystemen zur Ladung von Elektrofahrzeugen"
(Dissertation von Dr.-Ing. Marinus Petersen)
https://macau.uni-kiel.de/receive/diss_mods_00019938

Was ist draus geworden?

Das Projekt zum Induktiven Laden war mit Beendigung unserer Arbeit abgeschlossen. Ziel war es, die prinzipielle Eignung für Flurförderzeuge (Leistung, Wirkungsgrad, metallische Umgebung) zu untersuchen, was wir in dem Projekt sehr erfolgreich und mit positivem Ergebnis getan haben.
Diese Erkenntnisse fließen in Folgeprojekte ein, die aber noch nicht den Stand einer Veröffentlichung erreicht haben.
(Prof. Dr.-Ing. Friedrich W. Fuchs)

03 – So funktioniert das induktive Laden eines Elektroautos: Die elektrische Energie wird berührungslos über ein Magnetfeld übertragen, das sich zwischen der Ladeplatte auf dem Boden und der Sekundärspule im Fahrzeugboden befindet.

04 – Laden eines Gabelstaplers: Die Vorrichtung des Forschungsprojektes funktioniert mit einem Fahrzeug von Jungheinrich mit einem Wirkungsgrad von über 90 Prozent.

KUNDEN KÖNNEN BATTERIEWECHSEL VERMEIDEN

Drei Fragen an Stephan Taube

Leiter Entwicklung Steuerungen und Energiesysteme bei der Jungheinrich Norderstedt AG & Co. KG (während des Projektes)

1

Wie lief die Zusammenarbeit bei diesem Forschungsprojekt zwischen der Kieler Universität und der Firma Jungheinrich, einem Hersteller für Flurförderfahrzeuge und Gabelstapler?

Jungheinrich pflegt eine langjährige Partnerschaft zum Lehrstuhl Power Electronis (PE), vormals Leistungselektronik und Antriebstechnik (LEA) an der CAU, Kiel. Die Zusammenarbeit besteht seit nunmehr fast zwei Jahrzehnten und hat sich in den letzten Jahren durch gemeinsame Projekte weiter intensiviert und gefestigt. Aus den anfangs nur kleineren Forschungsprojekten zwischen Jungheinrich und der CAU entwickelten sich in den letzten Jahren auch größere Forschungsvorhaben mit mehreren Industriepartnern und Hochschulen des Landes Schleswig-Holstein. Die Zusammenarbeit auch in diesem Projekt verlief in der gewohnt vertrauensvollen und konstruktiven Atmosphäre. Auf Basis eines regelmäßigen fachlichen wie auch persönlichen Austausches konnten die Partner das Thema vertiefen und nach Diskussion neuer Fragestellungen die Richtung der Arbeiten immer wieder optimieren. Das erreichte Ergebnis, nämlich der Aufbau und die Integration eines voll funktionsfähigen 3 kW-Demonstrators in einen Jungheinrich-Niederhubkommissionierer spricht für sich und stellt erneut ein gelungenes Beispiel der hervorragenden Zusammenarbeit zwischen Industrie und Hochschule dar.

2

Welches Potenzial sehen Sie für das Induktive Laden bei den Flurförderfahrzeugen von Jungheinrich?

Jungheinrich (JH) forciert derzeit die Entwicklung und den Einsatz von Li-Ionentechnologie in den Elektro-Fahrzeugen des Konzerns. Im Jahr 2017 wird JH als erster Flurförderfahrzeughersteller weltweit ein komplettes Li-Ionen-Batterieportfolio als Replacementlösung (direkter Ersatz der Bleibatterie durch einen Li-Ionen-Speicher) anbieten. Ein wesentlicher Vorteil gegenüber der Bleisäurebatterietechnologie besteht bei der Li-Ionentechnologie in der Möglichkeit der Zwischenladung (Laden für kurze Zeit z.B. während jeglicher Art von Arbeitspausen). Um diese kurzen Arbeitspausen sinnvoll nutzen zu können, müssen technische Lösungen gefunden werden, die ein schnelles Laden effektiv ermöglichen. Es liegt auf der Hand, dass sowohl Einbauladegeräte, die auf dem Fahrzeug mitgeführt werden, als auch induktive Ladestationen diese neuen Produkt- und Kundenanforderungen optimal unterstützen. Jungheinrich arbeitet deshalb bereits heute an entsprechenden Lösungen für die zukünftigen Kundenbedarfe.

3

Werden Ihre Kunden in Zukunft von dieser Technologie profitieren?

Unsere Kunden können bei Einsatz der wartungsfreien und zwischenladefähigen Li-Ionen-Batterietechnologie den heute oftmals noch üblichen Batteriewechsel im Mehrschichtbetrieb vermeiden. Das spart Kosten für die Zweitbatterie und vereinfacht den Umgang mit den Fahrzeugen, Batterien und Ladegeräten enorm. Um die Akzeptanz für die Zwischenladung zu erhöhen, spielt die Möglichkeit, die die induktive Ladetechnik bietet, eine entscheidende Rolle. Sie stellt gegenüber der kabelgebundenen Ladung, insbesondere bei höheren Ladeleistungen die schnellste, unkomplizierteste und damit komfortabelste Möglichkeit für unsere Kunden dar, Gelegenheitsladungen in ihrem betrieblichen Lagerumfeld zu realisieren. Insofern ist sie die logische Weiterentwicklung heute üblicher Ladeverfahren und wird sich im Zuge der erfolgreichen und rasant stattfindenden Verbreitung der Li-Ionen-Batterietechnologie mittelfristig bei unsern Kunden speziell im Flottenbetrieb als Standard durchsetzen.

”

SCHIFFSMOTOREN AUF DEM PRÜFSTAND

Fachhochschule Kiel

13

01

Projektzeitraum
1.6.2014 - 31.10.2016

Projektförderung EKSH
119.000 Euro

Unternehmensbeitrag
30.000 Euro

Fachhochschule Kiel
Prof. Dr.-Ing. Klaus Lebert
0431 210-1100
klaus.lebert@fh-kiel.de

DIE KLIMABELASTUNG AUSGEBREMST

Wissenschaftler der Fachhochschule Kiel arbeiten an effizienteren Schiffsmotoren

Schiffe im Hafen sind schön anzuschauen. Allerdings machen sie mit der Umwelt weniger schöne Dinge. Besonders beim Manövrieren werden durch stetiges Anfahren und Bremsen erhebliche Mengen an Schadstoffen freigesetzt. Das von der EKSH geförderte Projekt ERToS trägt dazu bei, dieses Problem zu entschärfen.

Strengere Auflagen, gerade in innerstädtischen Häfen, aber auch das allgemein gestiegene Umweltbewusstsein setzen die Seefahrt unter Handlungsdruck, weiß Prof. Klaus Lebert von der Fachhochschule Kiel: »Die Hersteller müssen sich Gedanken machen, wie sie ihre Schiffe abgasärmer machen.« Veränderte Kraftstoffe, neue Motorkonzepte, alternative Antriebe, die entsprechenden Betätigungsgebiete sind vielfältig.
Ob dabei die gewünschten Umwelteffekte herauskommen, lässt sich am Ende aber erst durch solide Prüfverfahren ermitteln. An diesem Punkt kommt die Kieler AVL Zöllner Marine GmbH ins Spiel. Das Unternehmen ist weltweit führender Hersteller von hydraulischen Schiffsbremsen und hat diese Kernkompetenz im Projekt ERToS eingesetzt, um die Sauberkeit neuer Motoren zu testen. ERToS steht für Emission Related Testing of Ship Engines, also für emissionsbezogene Prüfverfahren für Schiffsmotoren.

Im Fokus: Emission Related Testing of Ship Engines

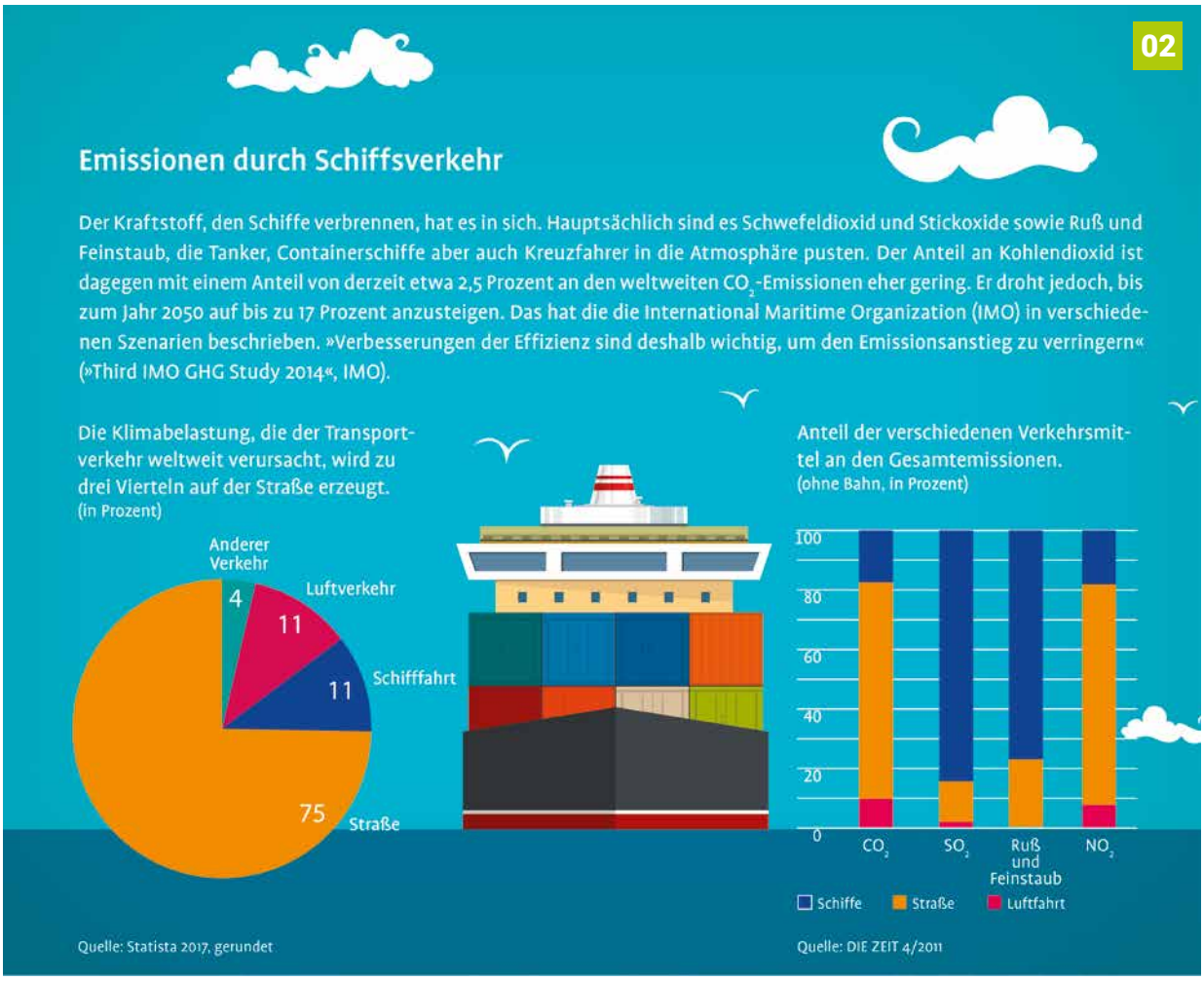
Um derartige Emissionen auf dem Prüfstand messen zu können, sind Bremsen unerlässlich. »Motoren müssen immer gegen etwas arbeiten, denn ohne Belastung würden sie einfach durchdrehen«, erläutert Prof. Lebert.

01 – Prüfstand für eine klimafreundlichere Schifffahrt bei der Firma AVL Zöllner Marine GmbH in Rendsburg. Rechts ein Schiffsmotor, links die blaue Bremse aus dem Hause AVL.

Rollen mit variabel einstellbarem Widerstand erfüllen diese Aufgabe auf Prüfständen für Kraftfahrzeuge, bei Schiffsantrieben ersetzen hydraulische Bremsen den Widerstand, der auf dem Meer von Wind und Wasser kommt.

Die FH Kiel und AVL Zöllner taten sich bei ERToS zusammen, um die nicht ganz einfache Herausforderung zu meistern, hochmoderne Messverfahren mit althergebrachter Technik in Einklang zu bringen. Fürs Althergebrachte steht die Schiffsbremse, die wie schon vor mehr als hundert Jahren über eine Welle mit dem Motor verbunden ist. Im Inneren des Bremsbehälters befindet sich ein Läufer, der einem Mühlenrad ähnelt und durch zugeführtes Wasser eine gegenläufige Bewegung erzeugt. Je mehr Wasser eingelassen wird, desto stärker bremst letztlich das Schiff.

Getestet werden müssen die Motoren an Land, weil eine Prüfung bei der Inbetriebnahme von Schiffen sehr aufwendig wäre und das erst recht für eventuell nötige Korrekturen gilt. Am Prüfstand des Rendsburger Unternehmens Schiffsdieseltechnik Kiel GmbH wurden deshalb Methoden entwickelt, um Bremsen automatisiert zu vermessen. Zusätzlich wurde dabei eine erweiterte Sensorik eingesetzt, die beispielsweise Schwingungen misst. Neu entwickelt haben die Zöllner GmbH und die FH Kiel außerdem automatisierte Datenauswertungen, um für die Bremse charakteristische Werte wie Drehmoment, Drehzahl und Ventilpositionen darstellen zu können. Das Ziel all dieser Bemühungen: Genauso wie beim echten Manövrieren im Hafen galt es, vorgegebene Betriebspunkte, sozusagen Anhaltepunkte, zu definieren und zu erreichen, dass diese Punkte möglichst genau und bei möglichst großer Laufruhe der Motoren getroffen wurden.



ERToS reicht aber noch weiter. Weil Zeiten am Prüfstand viel Geld kosten, wurde an der FH Kiel ein Verfahren entwickelt, das den Schiffsmotor und die Bremse selbst im mathematischen Modell nachbildet und in Echtzeit-Simulation berechnet. Was im Grundsatz keine Zauberei war, wohl aber einigen Aufwand erforderte: Um zu gewährleisten, dass die mathematische Simulation nicht die Pfade der Realität verlässt, waren immer wieder vergleichende Testdurchläufe am Prüfstand erforderlich.

Dank der Unterstützung der EKSH konnte das Projekt ERToS nach etwa zweieinhalb Jahren zu einem erfolgreichen Abschluss gebracht werden. Das neu entwickelte automatisierte Prüfverfahren für Schiffsmotoren erlaubt eine kostengünstigere Arbeitsweise und leistet zugleich einen Beitrag, um durch effizientere Antriebe den Energieverbrauch zu reduzieren und damit das Klima zu schonen.

02 – Emissionen durch Schiffsverkehr.

03 – Prof. Dr.-Ing. Klaus Lebert (links) und Horst Wahl, Geschäftsführer der AVL Marine GmbH, am Bremsenprüfstand.

Was ist draus geworden?

Der im Projekt entwickelte virtuelle Prüfstand wird an der FH Kiel in die Vorlesungen und Labore insbesondere im Masterbereich eingebunden. Damit lassen sich mit den Projektergebnissen theoretisch vermittelte Verfahren und Methoden in einen praxisrelevanten Kontext setzen. Dies fördert das Verständnis der Studierenden für das notwendige Anpassen von Methoden auf reale Aufgabenstellungen.

Ein nach Projektende zunächst geplantes Anschlussprojekt für das Förderprogramm »Maritime Technologien der nächsten Generation« des BMWi hat sich nicht realisieren lassen.

SCHIFFSDIESELMOTOR AUF DEM PRÜFSTAND

Weltmarktunternehmen aus Kiel kooperiert bei ERToS

Die AVL Zöllner Marine GmbH ist der weltweit führende Hersteller von hydraulischen Hochleistungsbremsen im Prüfbereich von 100 bis 140.000 Kilowatt und blickt am Standort Kiel auf eine mehr als 65-jährige Firmengeschichte zurück. In gut 50 Ländern der Erde genießt Zöllner beste Reputation bei den Kunden, die überwiegend aus der maritimen Großmotoren-Industrie kommen.

Das in Kooperation mit der Fachhochschule Kiel betriebene Projekt ERToS findet unmittelbar Eingang in die Arbeit des Unternehmens – und soll weiterentwickelt werden.

In einem nächsten Schritt ist daran gedacht, das automatisierte Prüfverfahren für Schiffsmotoren mit einer intelligenten Software-Umgebung auszustatten, die anzeigt, wann Wartungsarbeiten fällig werden oder gar ein kapitaler Schaden droht. Die FH Kiel mit ihrem Mechatronik-Ingenieur Viktor Hermann und die AVL Zöllner sind bereits dabei, dieses intelligente Frühwarnsystem zu entwickeln, damit teure Liegezeiten weitgehend vermieden werden können. Wettbewerbsvorteile für das kooperierende Unternehmen und die Schonung von Ressourcen gehen auch bei diesem Folgeprojekt miteinander einher.

ENERGIEEFFIZIENTE ULTRAFILTRATION

Universitätsklinikum Schleswig-Holstein (UKSH)

14

01

Projektzeitraum
1.12.2015 - 30.11.2017

Projektförderung EKSH
149.600 Euro

Unternehmensbeitrag
37.500 Euro

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein
Institut für Infektionsmedizin
Prof. Dr. Helmut Fickenscher
0431 500-15300
fickenscher@infmed.uni-kiel.de

INNOVATIVE FILTER- UND MESSTECHNIK GIBT KEIMEN KEINE CHANCE

Trinkwasser-Forschungsprojekt des UKSH Kiel: Deutliche Absenkung von Temperatur, Energieverbrauch und bakterieller Belastung nach Ultrafiltration

In Hotels, Wellness-Betrieben und Mehrfamilienhäusern sind sie gefürchtet: krankmachende Keime im Trinkwasser. Vor allem Legionellen, die der Mensch etwa beim Duschen einatmet, können zu ernsten Lungenerkrankungen führen. Um die gefährlichen Keime abzutöten, muss das Trinkwasser in Gebäuden bisher entweder stark aufgeheizt oder mit chemischen Mitteln behandelt werden. »Doch gerade das Erhitzen auf mindestens 55 Grad eignet sich beim Einsatz von regenerativen Energieträgern wie Solarthermie oder Wärmepumpen wegen der hier üblichen geringen Wassertemperaturen nicht gut«, erläutert Projektleiter Professor Helmut Fickenscher, Leiter des Instituts für Infektionsmedizin am UKSH Kiel. Der Einsatz von Chemie sei zudem umweltbelastend und zeitaufwendig.

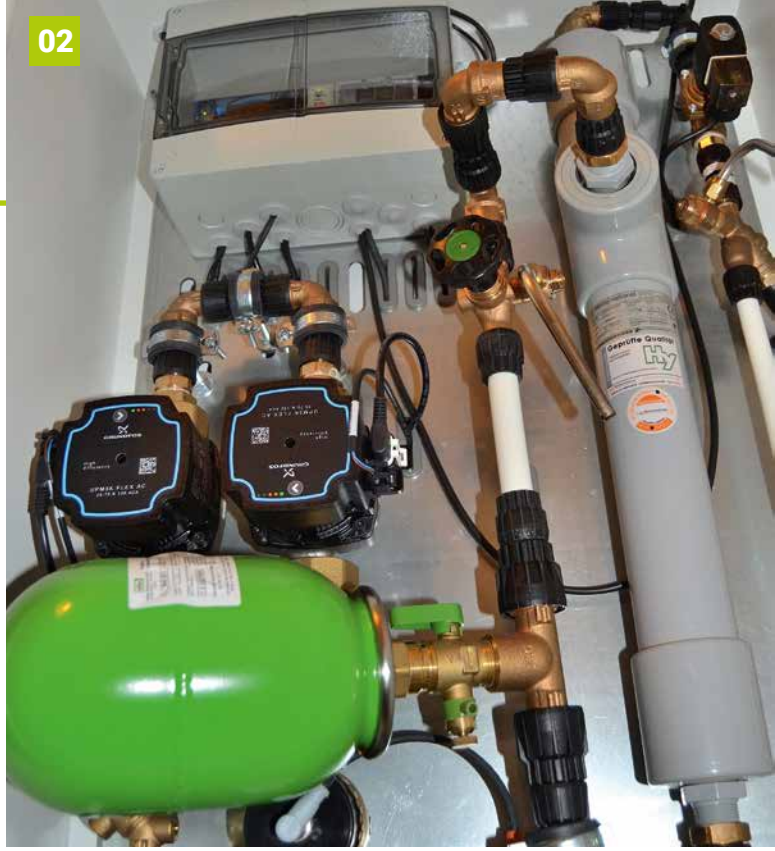
Keimfrei bei 42 Grad?

Mit einer innovativen Ultrafiltrationsanlage auf höchstem technologischem Niveau könnten die bisherigen Methoden der hohen Temperaturen zur Keimreduktion im Trinkwasser ersetzt werden. Diesen Schluss ließ bereits das Vorläuferforschungsprojekt bis 2014 zu, das wie das aktuelle Projekt mit Unterstützung der Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein (EKSH) realisiert wurde. Dabei entwickelte ein interdisziplinäres Forscherteam aus Schleswig-Holstein, Hamburg und Bremen eine Hygienekonzeption auf Basis der so genannten Ultrafiltrations-Membrantechnologie, die die Kooperationspartner EXERGENE GMBH und PPF Ingenieure aus Hamburg unter dem Namen Exergene® patent- und markenrechtlich schützen ließ. Die Poren der Filtermembranen sind so klein, dass sie sämtliches Zellmaterial, das im Trinkwasser vorkommt, herausfiltern können. Rückstände im Trinkwasser wie lebende Bakterien, tote Zellen und sonstige Partikel werden rein mechanisch aus dem Trinkwasser entfernt. »Die Temperatur des Wassers kann so theoretisch auf 42 Grad abgesenkt werden, ohne dass Legionellen nachgewiesen werden können. Bisher ist aber nur eine Absenkung auf 50 Grad mit der Filtertechnik behördlich akzeptiert, wenn dies durch mikrobiologische Untersuchungen nachgewiesen worden ist«, berichtet der Forscher Dr. Martin Hippelein.

Um die Wirksamkeit der Technik auf höchstem Niveau zu gewährleisten – immerhin geht es hier um die Gesundheit von Menschen – mussten die Wissenschaftler Pionierarbeit leisten. »Bisher gab es keine Datenbasis, um für häusliche Trinkwasserinstallationen mit einem Bewertungsschema für Keimzahlen zuverlässige Aussagen zu treffen«, erläutert Professor Fickenscher. So entwickelte das Team eine neue Methode auf Basis der Durchfluss-Zytometrie (DFZ), die eine zuverlässige Bestimmung der Anzahl von Zellen in Echtzeit zulässt. »Unser Ziel ist es, die Zytometrie als Methode zur mikrobiologischen und hygienischen Überwachung der Warmwasser-Temperaturabsenkung einzusetzen und zu etablieren.«

Die Ergebnisse bei den Messungen von Pilotanlagen in Gebäuden sind eindeutig: »Die Anzahl der Zellen im zirkulierenden Warmwassernetz reduziert sich mit der Filtrationsanlage um 80 Prozent, wobei unsere Werte zeigen, dass dabei keinerlei gefährliche Keime, also auch keine Legionellen nachgewiesen werden können«, erklärt Hippelein. Die Forscher haben das System mit der Zytometrie in 13 verschiedenen Gebäuden mit Hunderten von Messreihen untersucht. PPF hat unterdessen die stetig

01 – Dr. Martin Hippelein im Wasserlabor des Instituts für Infektionsmedizin am UKSH Kiel.



weiterentwickelte Filtrationstechnologie zusammen mit dem neuen Messsystem in 80 Gebäuden als Pilotanlagen eingebaut. Im Realbetrieb konnte das Ingenieurbüro zeigen, dass durch die Absenkung der Vorlauftemperaturen die CO_2- Emissionen um bis zu 31 Prozent vermindert werden können. Damit sei die Ultrafiltrationstechnologie in der Lage, eine sichere Trinkwasserhygiene und Energieeffizienz in Gebäuden miteinander zu verbinden, hieß es.

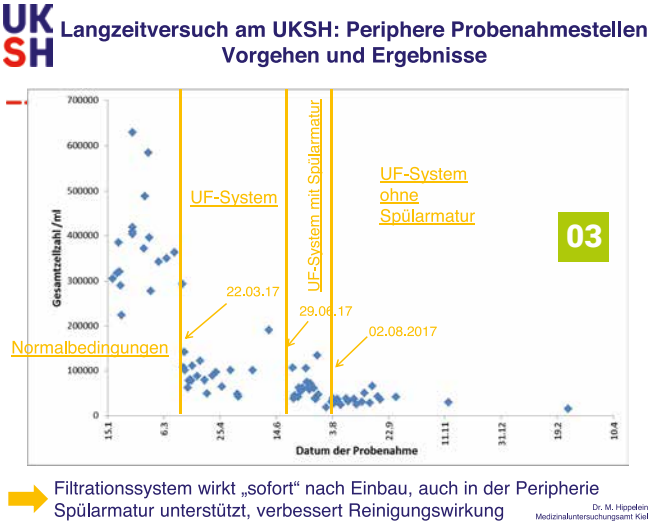
Zu den ersten Modellvorhaben zählt das Hotel Birke in Kiel. Gästeunterkünfte gehören stets zu den Immobilien, in denen die Trinkwasserhygiene in Deutschland besonders streng überwacht wird. »Es ist auch im eigenen Interesse der Betreiber, hier eine hundertprozentige Sicherheit zu erreichen, um die Gäste zu schützen«, betont Geschäftsführer Rainer Birke. In einem Hotelneubau mit 22 Zimmern und im Wellnessbereich mit Schwimmbad, Dampfsauna und Erlebnisduschen sorgt die Ultrafiltrations-Pilotanlage seit 2016 dafür, dass die Wassertemperatur auf 50 Grad abgesenkt werden konnte. Das Hotel erzeugt die Energie mit einem Blockheizkraftwerk selbst. »Nach dem zweijährigen Testbetrieb ziehen wir eine äußerst positive Bilanz: Dank der Zytometrie wird die Hygiene sicher kontrolliert, die Filtrationsanlage wird rund um die Uhr und 365 Tage im Jahr online überwacht. So kann ausgeschlossen werden, dass Krankheitskeime im Trinkwasser entstehen«, sagt Birke. Positiv sei aus unternehmerischer Sicht eine Kosteneinsparung bei fünf Grad Absenkung von rund 10.000 Euro Energiekosten pro Jahr in dem Hotel mit insgesamt knapp hundert Betten. Das Filtrationssystem amortisiere sich nach gut zwei Jahren. Birke plant nun den Einbau einer zweiten Anlage, so dass die Wassertemperaturen im gesamten Hotelkomplex abgesenkt werden können.

Testbetrieb in Hotelanlagen

Für die bundesweit höchst innovative Leistung gewann der Kooperationspartner PPF Ingenieure 2018 mit der Exergene®-Technologie den ersten Platz bei der Sustainability Challenge der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. Nun hat das vom Forscherteam gegründete Startup-Unternehmen Green Technology Solutions GTS im schleswig-holsteinischen Rellingen mit der Serienproduktion der Exergene®-Filtration begonnen. Die Fördermittel der EKSH erreichen somit ihr Ziel, neben der Steigerung der Energieeffizienz auch zukunftsfähige High-Tech-Arbeitsplätze in Schleswig-Holstein zu schaffen.

02 – Die Ultrafiltrationsanlage im Institut für Infektionsmedizin des UKSH in Kiel dient als Pilotanlage. Rechts ist das Filtrationsmodul integriert.

03 – Langzeitversuch am UKSH.



WICHTIGER BAUSTEIN FÜR WÄRMEWENDE

Vier Fragen an Dipl.-Ing. Norbert Puls

Geschäftsführer von PPF Ingenieure Hamburg, Kooperationspartner des Trinkwasser-Forschungsprojektes

1

Wie schätzen Sie den Forschungs- und Entwicklungsstand Ihrer Ultrafiltrations-Membrantechnologie ein?

Die UF-Membrananlagen mit Exergene®-Technologie wurden serienreif entwickelt. Sie werden in absehbarer Zeit in Deutschland und auch international im Einsatz sein. Das Ziel ist es, mit Hilfe der patentierten Exergene®-Filtration den regenerativen Wärmeerzeugern, allen voran den Wärmepumpen, zum Durchbruch zu verhelfen, um jegliche CO_2-gebundene Wärmeproduktion in Gebäuden und Wärmenetzen bis 2030 zu ersetzen. Die Forschung wird durch ein soeben genehmigtes Projekt mit allen führenden Hygieneinstituten der Bunderepublik weiter vorangetrieben, allen voran ist das Forschungsteam von CAU und UKSH als Knowhow-Träger zu nennen. Kiel gilt inzwischen als Wissenszentrum der hygienisch gesicherten Anwendung der Ultrafiltration in häuslichen Trinkwassernetze.

2

Sind Sie mit dem Exergene®-System Technologieführer?

Es gibt zurzeit nichts Vergleichbares mit dem Schutzniveau am Markt. Dadurch dass sich das CAU-UKSH-Forschungsteam von Anfang an aus Fachleuten des Infektionsschutzes und der Krankenhaushygiene, der Bio- und Membrantechnologie, Mess- und Regelungstechnik, Anlagenbetriebstechnik, Architektur, aus Gesundheitsbehörden und Normenausschüssen sowie Experten des Prozessmanagements zusammengesetzt hat, konnte ein hoher Reifegrad der Exergene®-Filtration entwickelt werden. Die Entwicklungsdauer betrug rund zehn Jahre und kann nicht ohne weiteres eingeholt werden, da wesentliche Teile der Technologie patentiert wurden.

3

Welches Marktpotenzial sehen Sie für ihre Entwicklung?

Allein in Deutschland werden über 41 Millionen Wohnungen mit CO_2-gebundener Wärmeenergie versorgt. Dies gilt es zu beenden. Regenerative Wärmeversorgung in Gebäuden und Wärmenetzen kann im großen Stil nur durch Temperaturreduktion von Trinkwarmwasser durchgesetzt werden.

4

Wie sieht die Planung für die Serienproduktion bei GTS in Rellingen aus?

Für die Serienproduktion arbeiten wir mit einem starken Partner zusammen. Die Zeitplanung ist konzentriert auf die Wärmewende 2030. Es werden allein in Deutschland pro Jahr über 360.000 Wärmepumpen in Gebäuden und Wärmenetzen benötigt, um den CO_2-Ausstoß auf Null zu reduzieren. Die größtmögliche Anzahl wollen wir hygienisch absichern und mit unseren Produkten ausstatten. Der industrielle Produktionsentwicklungsprozess ist bereits angelaufen. Die Verträge sind geschlossen, Ingenieure und Fertigungsspezialisten sind aktiv. Die GTS GmbH wird sich am Standort Rellingen auf die Entwicklung digitaler Unterstützungsprozesse und den Sonderanlagenbau konzentrieren und im internationalen Maßstab zum Innovationsführer entwickeln. Es geht allein für die nationale Umsetzung um mehrere hundert Arbeitsplätze im High-Tech-Bereich von Labor- und Medizintechnik, Forschung und Entwicklung sowie Ingenieurwissenschaften. Dazu kommen Handwerks- und Servicemitarbeiter, die für die Aufgabe in großer Zahl benötigt werden.

SILOABDECKUNG AUS MAISSCHAUM

Fachhochschule Kiel

15

Projektzeitraum
1.7.2014 - 30.06.2016

Projektförderung EKSH
150.000 Euro

Unternehmensbeitrag
30.000 Euro

Fachhochschule Kiel
Prof. Dr. Yves Reckleben
04331 845-118
yves.reckleben@fh-kiel.de

STARKE SACHE: STÄRKE STATT PLASTIK

Optimale Siloabdeckung aus natürlichen Rohstoffen

Grünmasse im Wert von fast 400 Millionen Euro wird Jahr für Jahr in schleswig-holsteinischen Silos konserviert. Entscheidend hängt die Qualität von Gras, Mais und Co. davon ab, wie gut die Silos abgedeckt sind. Gefördert von der Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein GmbH (EKSH) wurde nun an der Fachhochschule Kiel ein Verfahren entwickelt, das gleichermaßen gut für die Umwelt wie für die landwirtschaftlichen Betriebe ist: Stärkeschaum aus nachwachsenden Rohstoffen ersetzt dabei die herkömmlichen Plastikfolien.

Grasschnitt ins Silo, Folie drüber und Feierabend. »So leicht läuft es leider nicht mit der Silierung«, weiß Prof. Yves Reckleben vom Fachbereich Agrarwirtschaft der FH Kiel. Gerade die Abdeckung ist nach allgemeiner Erfahrung der sensibelste Teil der ganzen Prozedur, denn die Qualität des Silage-Guts steht und fällt damit, wie schnell und effektiv es gelingt, die Luftzufuhr zu unterbinden. Als biologischer Prozess liegt der Silierung die Milchsäuregärung zugrunde, und die funktioniert nur unter Ausschluss von Sauerstoff. Hinzu kommt: Selbst wenn das Silieren abgeschlossen ist, stellt Luftzufuhr ein großes Problem dar, denn dadurch entsteht Schimmel, und große Teile des gelagerten Grünguts drohen zu verderben.

Verfütterbare Silofolie

Innerhalb des EKSH-Projektes suchten Prof. Reckleben und sein Team deshalb nach Lösungen ohne Plastikfolien. Die sind schließlich nicht nur vergleichsweise teuer und umweltschädlich, sondern erfordern auch enormen Arbeitsaufwand. Ein vier Meter hohes Silo mit einer Fläche von 20 mal 30 Meter abzudecken, damit sind laut Reckleben oft 10 bis 15 Arbeitskräfte bis zu sechs Stunden lang beschäftigt.

»Unser Ziel war es, eine klimafreundliche Technik mit dem Ziel zu schaffen, dass eine einzige Person in der Lage ist, in überschaubarer Zeit großflächige Abdeckungen vorzunehmen«, erläutert Reckleben. Statt Kunststoff aus Erdöl nutzten die Wissenschaftler dabei Stärke aus nachwachsenden Rohstoffen, experimentierten mit Mais, Raps, Getreide und Kartoffeln. Der Vorgang ist unabhängig vom Material immer gleich: Ein sogenannter Extruder, der einer überdimensionalen Schnecke gleicht, presst die Biomasse, die sich auf 70 bis 80 Grad erhitzt, und verwandelt sie in eine Substanz ähnlich dem Bauschaum, den es in jedem Heimwerkermarkt zu kaufen gibt.

02

01 – Nachwachsende Rohstoffe statt Kunststoff. Das Material für die innovative Silo-Abdeckung kommt einfach vom Acker.

02 – Der Extruder, der die Biomasse presst und in Stärkeschaum verwandelt, lässt sich auf jedem gängigen Lastwagen transportieren. Er gleicht einer überdimensionalen Schnecke.

In vom Wirtschaftsministerium des Landes Schleswig-Holstein finanzierten Laborversuchen wurde bereits 2009 nachgewiesen, dass die Sache im Grundsatz funktioniert. Einweckgläser dienten damals als Mini-Silos, mit Hilfe der Bio-Abdeckung gelang es relativ mühelos, den Zustand der Silage über 300 Tage hinweg stabil zu halten. Eine für die Praxis bedeutsame Aussage, denn 300 Tage markieren in etwa den Zeitraum von der Silierung bis zur nächsten Ernte.

Dank des EKSH-Folgeprojekts steht nun fest, dass was im kleinen auch im großen Maßstab funktioniert: Die Verluste durch Sauerstoffeintrag konnten bei etwa zehn Prozent und damit absolut an der unteren Grenze der nach Angaben der Landwirtschaftskammern üblichen Quoten von zehn bis 30 Prozent gehalten werden. Auch stellte es sich heraus, dass der zur Abdeckung genutzte Maisgries bestens als Tierfutter taugt. Kälber verspeisten es nicht nur gern, sondern legten damit auch ordentlich an Gewicht zu. Auch ganz grundsätzlich hat das alternative Verfahren aus Sicht von Prof. Reckleben den großen Vorteil, dass die Wertschöpfung von der Herstellung der Abdeckung bis zu deren Verfütterung komplett im jeweiligen landwirtschaftlichen Betrieb bleibt.

Sehr überzeugend fielen zudem die Ergebnisse aus, nachdem im Jahr 2016 erstmals mehrere Grasschnitte siliert worden waren. Die Verluste waren deutlich geringer als bei herkömmlicher Abdeckung, die Qualität bewegte sich zugleich auf höchstem Niveau. Auch zeigte sich, dass die Abdeckung tatsächlich einfach aufzubringen ist. Den wesentlichen Teil der Arbeit verrichtet eine Pumpe, die das Material durch einen Schlauch aufs Silo presst.

Durchaus mit gewisser Skepsis verfolgten derweil so manche Landwirte, woran die Leute von der Fachhochschule Kiel herumtüftelten. Bei zwei Präsentationen im vergangenen Herbst legte sich dieses Skepsis aber schnell. Vor allem, nachdem bewiesen werden konnte, dass die Öko-Abdeckung auch auf großen Silos ihre Leistung bringt, stieg das Interesse an dem neuen Verfahren schlagartig.

Was die Etablierung des Verfahrens betrifft, wird aller Voraussicht nach den Lohnunternehmen eine Schlüsselrolle zufallen. Sie führen auf den Höfen ohnehin landwirtschaftliche Dienstleistungen aus und würden ihre Angebotspalette lediglich ergänzen. Gespräche mit namhaften Maschinenherstellern laufen ebenfalls bereits. Es geht dabei um eher geringfügige Anpassungen der bereits auf dem Markt befindlichen Extruder an die Bedürfnisse der neuen Bioschaum-Produktion.

Prof. Yves Reckleben ist unterm Strich optimistisch, dass sich die neue Silo-Abdeckung auf breiter Ebene durchsetzen wird: »Es rechnet sich für jeden Betrieb, und es rechnet sich für die Umwelt.«

03 –Prof. Dr. Yves Reckleben prüft die Dichte des Stärkematerials.

04 – Auf Lastwagen installierter Extruder.

05 – Abdeckschaum aus Mais, erfüllt seinen Zweck und dient später als Tierfutter.

Was ist draus geworden?

2018 wurden noch ein paar Modifikationen an der Technik vorgenommen und 2019 noch einige Silos (insgesamt 12 Mais- und 5 Grassilos) damit abgedeckt, auch ein Silo ohne Seitenwände. Eine Masterthesis zu den ökonomischen und technischen Potenzialen ist ebenfalls dazu durchgeführt worden. Das Verfahren ist nun endgültig praxisreif und ist in eigenen Versuchen bei den Betrieben sehr gut angenommen worden. Derzeit laufen zahlreiche Gespräche mit Herstellern, die das Konzept der verfütterbaren Silofolie in die Praxis umsetzen wollen. Es besteht großes Potenzial, die 23 Tsd. Tonnen Plastik pro Jahr zur Siloabdeckung in Deutschland auf ein Mindestmaß (nur noch Silageballen) zu reduzieren.

KEINE VERSCHWENDUNG VON RESSOURCEN

Dr. Marco Lindenbeck vom Industriepartner Amandus Kahl GmbH & Co. KG zur Bedeutung des Projekts für innovative Maschinen (während des Projekts)

Industriepartner beim von der EKSH geförderten Projekt, eine umweltfreundliche und nachhaltige Abdeckung von Silos auf Basis nachwachsender Rohstoffe zu entwickeln, ist die Amandus Kahl GmbH & Co KG. Die Firma gehört zur Kahl Gruppe, deren fünf Unternehmen hochentwickelte Lösungen in der Verfahrenstechnik und Maschinenfertigung bieten, aber auch im Anlagenbau und bei der Errichtung kompletter Werke für viele Industriezweige. Forschung, Planung und Entwicklung sind dabei wesentliche Bestandteile. Die wichtigsten Maschinen und Anlagenkomponenten werden in den Zentralwerken in Reinbek bei Hamburg und in Ganderkesee bei Bremen produziert, also »Made in Germany«. Die Kahl Gruppe beschäftigt mehr als 700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Auf Maschinen für die Verarbeitung von Biomasse sowie von Lebens- und Futtermitteln hat sich die Amandus Kahl GmbH & Co KG spezialisiert. Gute Kontakte zu (Fach-) Hochschulen und Universitäten pflegt das Unternehmen »seit Jahrzehnten«, sagt Dr. Marco Lindenbeck von der Kahl GmbH. Erst recht war man aufgeschlossen für das Silo-Projekt des Kieler FH-Professors Yves Reckleben, der zugleich auch praktizierender Landwirt ist.

»Bisher werden die Folien zur Abdeckung der Silos aus fossilen Rohstoffen hergestellt und können nicht biologisch abgebaut, oft sogar nicht einmal recycelt werden«, erläutert Lindenbeck. Der Gedanke, statt einen umweltschädlichen Abfallstoff zu hinterlassen einen vollkommen biologischen und naturnahen Prozess zu entwickeln, sei insofern mehr als reizvoll: »Alles kann so seinen biologischen Kreislauf nehmen, und es gibt keine Verschwendung von Ressourcen.«

Wie es nun weitergeht, liegt nicht allein in der Hand der Amandus Kahl GmbH & Co KG. »Wir stellen nur die Kernmaschinen her, und da es sich hier um ein mobiles Verfahren handelt, sind wir auf die Nachfrage der Landmaschinenhersteller angewiesen«, erklärt Dr. Lindenbeck. Das innovative Verfahren mit Stärkeschaum erfährt nach seinen Angaben aber gerade in Schleswig-Holstein eine starke Nachfrage.

Etablieren kann und soll sich die Sache Schritt für Schritt. »Der Prozess steht am Anfang, und wir sehen unsere Aufgabe in der Verbesserung der Energieeffizienz und Maschinenleistung«, sagt der Mann von der Kahl-Gruppe. Lindenbeck selbst ist promovierter Landwirt und sieht seine Aufgabe darin, Tier und Technik zu verbinden: »Technik soll unser Leben und das unserer Tiere verbessern, das geht nur wenn Prozesse optimiert und innovativ weiterentwickelt werden.« Genau das ist nach seinen Worten nicht nur seine private Philosophie, sondern zugleich voll und ganz der Ansatz der Firma Kahl. »Als norddeutsches Unternehmen sind wir stark an Innovationen interessiert, denn nur gemeinsame angewandte Wissenschaft und Technik kann die Umwelt, die Nachhaltigkeit und das Tierwohl verbessern.«

HWT-PROGRAMM UND EKSH-PROMOTIONS-STIPENDIUM

FÖRDERPROGRAMM HWT ENERGIE UND KLIMASCHUTZ

Impuls für angewandte Energieforschung

47 Kooperationsprojekte von Wissenschaftlern mit Unternehmen, 57 Firmen-/Kooperationspartner und ein Fördervolumen von rd. 7 Mio. Euro – das ist die Bilanz des Förderprogramms HWT Energie und Klimaschutz, das die Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein (EKSH) seit ihrer Gründung 2011 aufgelegt hat. 19 Projekte laufen derzeit noch. »Das HWT-Förderprogramm zählt zu den Säulen unserer Tätigkeit«, sagt EKSH-Geschäftsführer Stefan Sievers. Die Bewilligungsquote liege aktuell bei 57 Prozent. Dies spreche für viele gute Anträge und eine kritische Begutachtung.

Aus dem HWT-Programm können Projekte der angewandten Forschung & Entwicklung und des Transfers wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis (Pilotprojekte) gefördert werden. Zum Fachgebiet Energie und Klimaschutz gehören insbesondere Fragestellungen wie Energieproduktion und Klimaschutz, Energieverbrauch und Energieeffizienz sowie Energieversorgung und Energiewirtschaft. Kooperationspartner sollen sich an den Kosten des Projekts in angemessenem Umfang beteiligen. Bei kleinen und jungen Unternehmen kann der regelmäßige Unternehmensbeitrag von 20 Prozent auf zehn bzw. fünf Prozent reduziert werden. Bei Antragstellern, deren Erstberufung an der Hochschule nicht langer als fünf Jahre zurückliegt, kann die Förderung ebenfalls bis zu 95 Prozent der Personal- und Sachkosten betragen. Der Gesamtbetrag der Förderung beträgt maximal 150.000 Euro. Die Projektlaufzeit ist in der Regel 24 Monate. Neue HWT-Projektantrage können bei der EKSH an zwei Stichtagen im Jahr eingereicht werden. Alle Informationen zum Programm finden sich auf der Webseite der Gesellschaft (https://www.eksh.org/projekte-foerderung/hwt-energie-und-klimaschutz/).

HWT
Förderprogramm
Hochschule-Wirtschaft-Transfer

DIE POTENZIALE DER DÖRFER NUTZEN

Marius Hübler kann sich dank eines Promotionsstipendiums der EKSH voll auf seine Arbeit über Klimapolitik auf dem Land konzentrieren

Mehr Energieeffizienz in der automatisierten Fertigung, neue Geschäftsmodelle für Biogasanlagen, die Optimierung der Flügel von Windenergieanlagen oder verbesserte Leistungselektronik zu deren Steuerung: Die Bandbreite dessen, was die Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein (EKSH) über ihre erstmals im Jahr 2013 verliehenen Promotionsstipendien fördert, ist groß. Hauptsache ist, dass das, womit sich der wissenschaftliche Nachwuchs beschäftigt, dem Klima, der Wissenschaft und möglichst auch dem Land einen Nutzen bringt.

Marius Hübler zum Beispiel konzentriert sich in seiner Arbeit über kommunalen Klimaschutz nicht wie schon vielfach geschehen auf die größeren Städte, sondern aufs flache Land. Sein Forschungsthema »Klimaschutz und Resilienz durch kommunale Suffizienzpolitik in ländlichen Räumen« behandelt im Kern die Frage: Wie geht Klimaschutz und sparsamer Umgang mit Ressourcen abseits der Städte? Es geht dem Doktoranden darum, welche Potenziale es in ländlichen Kommunen für klimafreundliche Verhaltens- und Wirtschaftsweisen geben könnte und wie diese Möglichkeiten durch veränderte kommunale Rahmenbedingungen gefördert werden könnten. Hübler denkt dabei an lokale Versorgungssysteme für Nahrungsmittel oder an Sharing-Lösungen im Mobilitätsbereich. Mit in der Gemeinde erzeugtem Ökostrom das elektrische »Dörpsmobil« anzutreiben und damit die Älteren mobil zu halten, das wäre für ihn ein Modell, wie es in dieser Weise nur auf dem Land möglich ist. Zugleich geht es aber auch um individuelle Verhaltensweisen, etwa um die Bereitschaft, sich an gemeinschaftlichen und raumeffizienten Wohnkonzepten zu beteiligen. »Diese Arbeit kann sowohl einen wissenschaftlichen als auch einen praktischen Beitrag zum kommunalen Klimaschutz leisten«, glaubt deshalb Professorin Silja Klepp, die am Geographischen Institut der Uni Kiel tätig ist und Hüblers Arbeit betreut.

01 –EKSH-Promotionsstipendiat Marius Hübler

DER WEG ZUM STIPENDIUM

Die EKSH vergibt pro Jahr meist zwei bis drei Promotionsstipendien. Aktuell werden neben Herrn Hübler neun weitere Stipendiaten gefördert. Alle Informationen zum Programm finden sich auf der Webseite der Gesellschaft (https://www.eksh.org/projekte-foerderung/eksh-promotionsstipendium/)

IMPRESSUM

HERAUSGEBER:

Gesellschaft für Energie und Klimaschutz
Schleswig-Holstein GmbH (EKSH)
Boschstraße 1
24118 Kiel
0431 9805-800
info@eksh.org
www.eksh.org

Geschäftsführer: Stefan Sievers, Stefan Brumm

Juni 2020

REDAKTION:

Sabine Recupero
Martin Geist (S. 45-47, 49-51, 65-67, 69)
Björn Stähler (S. 28/29, 42/43)
Joachim Welding (S. 5-7, 8-11, 13-15, 17-19, 21-23, 25-27, 31-33, 35-37, 39-41, 53-55, 61-63)

GESTALTUNG:

FRESH!KONZEPT GmbH, Flensburg
www.freshkonzept.de

DRUCK UND PAPIER:

Carius Druck Kiel GmbH, Kiel
Circle Silk Premium White – Recycling-Papier

Klimaneutral
Druckprodukt
ClimatePartner.com/12238-2005-1001

BILDNACHWEIS

Seite 4-7:	Fachhochschule Kiel
Seiten 8/10:	WETI, Hochschule Flensburg
Seiten 12/14:	Joachim Welding
Seite 15:	CAU Kiel
Seite 16:	Areva Multibrid_Jan Oelker
Seite 17:	Joachim Welding
Seite 18:	Fachhochschule Kiel (Grafiken), Areva Multibrid_Jan Oelker
Seiten 20:	Adobe Stock #330088097, IrkIngwer
Seiten 21/22:	Stadtwerke Flensburg
Seite 22:	Quelle: ZNES (Grafik)
Seite 23:	Marcus Dewanger
Seite 24:	MAN Turbo
Seite 26:	Prof. Dr.-Ing. Ilja Tuschy
Seite 27:	Quelle: FENES, OTH Regensburg
Seite 28:	ARGE Netz GmbH & Co. KG, Schleswig-Holstein Netz AG
Seite 30:	Adobe Stock #51175430, markus dehlzeit
Seite 32:	Prof. Dr.-Ing. Christoph Weber
Seite 33:	Joachim Welding
Seite 34:	Adobe Stock #296813724, photka
Seiten 35/36:	WiE-Zentrum, TH Lübeck
Seite 37:	iStock_865749162/gopixa
Seite 38:	Symcon GmbH
Seite 40/41:	Universität zu Lübeck
Seite 42:	Quelle: aus den Grand Challenges Informatik, Gesellschaft für Informatik, 2014. Gestaltung: www.mehrwert.de
Seite 43:	Björn Stähler
Seite 44:	Adobe Stock #200069209, panimoni
Seiten 45/47:	Martin Geist
Seite 48:	Europa-Universität Flensburg/ZNES
Seiten 49/51:	Martin Geist
Seite 50:	Adobe Stock/vidoque_stock
Seite 51:	Adobe Stock/Helmut Schmidt (oben)
Seiten 52/53:	Joachim Welding
Seite 54:	CAU Kiel (Grafik), Dr.-Ing. Marinus Petersen
Seiten 56/59:	Martin Geist
Seite 59:	Adobe Stock #86528443, donvictori0 (oben)
Seiten 60/62:	Joachim Welding
Seite 64:	Prof. Dr. Yves Reckleben
Seiten 65/66:	Amandus Kahl GmbH & Co. KG, Martin Geist (unten)
Seite 67:	Martin Geist
Seite 68:	Adobe Stock #263691227, Monthira
Seite 69:	Martin Geist
Seite 70/71:	Adobe Stock #252881117, Studio_East

Gesellschaft für Energie und Klimaschutz
Schleswig-Holstein GmbH (EKSH)
Boschstraße 1, 24118 Kiel

0431 9805-800
info@eksh.org
www.eksh.org