



horizonte horizonte

anwendungsbezogen - zukunftsorientiert



Fische in Korallenriffen - wie zählt man sie und was sagen sie über den Klimawandel aus? Ein Projekt der Hochschule Konstanz, S. 12

Die Hochschule Reutlingen stellt ihr Energiezentrum vor. S. 3



Blaues Wunder für Kontaktlinsenträger? Keineswegs! Die Hochschule Ulm präsentiert ein sichereres Verfahren zur Desinfektion solcher Sehhilfen, S. 18



Korrosion von Silber - die Hochschule Albstadt-Sigmaringen entwickelt eine Methode zur deren Verhinderung, S. 36



„Wie rettet man das Klima?“ Studierende der Hochschule Nürtingen-Geislingen lernen Verhandlungsstrategien in Planspielen, S. 22

Liebe Leser der horizonte,

die Auswertung der Forschungsberichte der staatlichen Hochschulen des Landes des Jahres 2015 brachte nochmals eine Steigerung in der Gesamtbilanz: Die wettbewerblich eingeworbenen Drittmittel für Forschungsvorhaben belaufen sich für das genannte Jahr auf 53 Mio. Euro (2014: 43 Mio. Euro); zählt man alle weiteren Drittmittel (Investitionen, Drittmittel für die Lehre und Weiterbildung) hinzu, sind es sogar über 66 Mio. Euro. Allein die Hochschule Aalen - Spitzenreiter in 2015 - verzeichnet 6 Mio. Forschungsdrittmittel - das entspricht der Gesamtdrittmittelsumme aller (Fach)Hochschulen des Landes im Jahr 1995!

Auch die Bilanz der Publikationen hat sich weiter gesteigert: 2015 waren es insgesamt 3025, darunter 630 nach sog. „peer-review-Verfahren“. Insgesamt wurden zudem 72 Promotionen in kooperativen Verfahren erfolgreich abgeschlossen (Vergleichszahlen 2014: 2456 Publikationen, davon 447 peer-reviewed; 42 abgeschlossene Promotionen).

Alles im Grünen Bereich? Wie man es nimmt. Der prozentuale Anteil der in der permanent Forschung tätigen Professor/innen, also der „forschungsstarken“, liegt weiterhin bei rund 30 % und etwa 15 % erwirtschaften mehr als die Hälfte der genannten Drittmittel. Dabei definiert die Rektorenkonferenz alle Professor/innen unserer Hochschulen als theoretisch „forschungsaktiv“, was ja wohl auch richtig ist, denn ohne Bezug zu aktuellen Fragestellungen aus Forschung und Entwicklung ist z.B. eine Betreuung von Bachelor- und Masterarbeiten nicht möglich. Die Frage ist nur, wie sich aus diesen „Forschungsaktiven“ „Forschungsstarke“ (im oben genannten Sinn) machen ließe. Die Antwort kann letzten nur lauten: Mehr öffentliche Fördergelder, mehr Möglichkeiten zur Deputatsreduktion, mehr Mittelbaustellen. Die dafür aufgelegten Programme des Landes und des Bundes sind sicher richtig und notwendig, doch wenn diese Förderprogramme um mehr als das 5fache überzeichnet sind, darf schon auch die Frage erlaubt sein, ob die Programme noch ausreichend sind.

Hoffen wir trotzdem auf eine weitere Steigerung der Forschungsaktivitäten an unseren Hochschulen,

Ihre horizonte-Redaktion

Inhalt

Das Reutlinger Energiezentrum (REZ) - für die Energiewende gewappnet	3
„Unglaublich, was in der Forschung an unseren Hochschulen unter zum Teil widrigen Bedingungen geleistet wird.“ Interview mit Prof. Dr. Gerhard Gruhler, Hochschule Reutlingen	10
FishNet – Automatisierte Erfassung von Fischbeständen für die Klimaforschung	12
„Forschendes Lernen“ - die Umsetzung des Konzepts an der Hochschule für öffentliche Verwaltung Kehl	15
Desinfektion mit violetten LEDs – Kein blaues Wunder für Kontaktlinienträger	18
Apropos Paris: Wie rettet man das Klima?	22
Ökonomische Kennzahlen und Website Qualität – Lässt sich ein Zusammenhang nachweisen?	25
Geschäftsmodelle für virtuelle Kraftwerke	31
Effizienter Korrosionsschutz von Silberoberflächen durch eine schonende und einfache molekulare Technologie	36
Einfluss von Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeit auf die Werkstückrauheit und Oberflächenstruktur beim ultraschallunterstützten Drehen	41
Geldinteressen und wissenschaftliche Verantwortung	44
Who is Who?: Robert Mayer	52
Kurzmeldungen / Kurzberichte: S. 35, 43, 47 - 51	
Buchvorstellungen: S. 17, 35, 50	

Herausgeber und Redaktion:

Dr. R. Thum, Koordinierungsstelle Forschung und Entwicklung der Fachhochschulen des Landes Baden-Württemberg, Hochschule Mannheim, Paul-Wittsack-Str. 10, 68163 Mannheim, Tel. 0621/292-6393, Fax. 0621/292-6450, E-Mail: thum@hs-mannheim.de; <http://www.koord.hs-mannheim.de>
Prof. Dr. O. Künzel, Hochschule Ulm, Prittwitzstr. 10, 89075 Ulm, Tel. 0731-1596760, Fax. 0731-1596838, E-Mail: kuenzel@hs-ulm.de

Anzeigenwerbung und Druck: VMK Verlag für Marketing & Kommunikation GmbH & Co. KG, 67590 Monsheim, Tel. 06243/909-0, e-mail: info@vmk-verlag.de, <http://www.vmk-verlag.de>

ISSN: 1432-9174

Die Abbildungen/Fotos, auch diejenigen auf der Titelseite, stammen – sofern nicht anders vermerkt – von den jeweiligen Autoren bzw. deren Arbeitsgruppen.

Nicht namentlich gekennzeichnete Beiträge stammen von der Redaktion. Meinungen, die in den Interviews oder anderen Beiträgen wiedergegeben werden, entsprechen nicht immer den Meinungen der Redaktion.

Das Reutlinger Energiezentrum (REZ) - für die Energiewende gewappnet

Clemens van Dinther, Peter Kleine-Möllhoff, Sabine Löbbe, Helmut Nebeling, Gernot Schullerus, Bernd Thomas, Frank Truckenmüller, Thorsten Zenner, Hochschule Reutlingen

Das Thema Energiewende ist in aller Munde. Sie soll eine sichere, umweltverträgliche und wirtschaftlich erfolgreiche Zukunft ermöglichen. Ein Ansatz dafür ist die dezentrale, also verbrauchernahe Energieversorgung. Der Trend geht weg vom konventionellen Kraftwerk und hin zur Kraft-Wärme-Koppelung und erneuerbaren Energien. Für einen absehbaren Zeitraum geht es auch darum, zentrale und dezentrale Elemente sinnvoll miteinander zu verknüpfen. Mit der Frage, wie Energiesysteme angepasst und kombiniert werden müssen, um den Energiehaushalt – den nationalen wie den von Unternehmen und Privatpersonen – optimieren zu können, beschäftigt sich das Reutlinger Energiezentrum für Dezentrale Energiesysteme und Energieeffizienz in Lehre und Forschung. Es ist die Kombination aus Technik und Betriebswirtschaft, aus einzelwirtschaftlicher Optimierung und aus Gesamtsicht, die das Reutlinger Energiezentrum ausmacht. Im Folgenden werden die Schwerpunkte des Forschungsteams dargestellt.

Smart Grid – Intelligenz im Verteilnetz (Clemens van Dinther)

Über 90% der Einspeisung dezentraler Erzeugungsanlagen findet im Verteilnetz statt. Die Verteilnetze waren in der Vergangenheit auf eine unidirektionale Versorgung ausgelegt, so dass die Steuerung der Einspeisung an den Verbindungspunkten von Mittel- und Niederspannungsnetzen ausreichte, um Erzeugung und Verbrauch zuverlässig auszugleichen. Demgegenüber führt die dezentrale Einspeisung auf dieser Ebene, der Verteilnetzebene, in der jüngeren Vergangenheit zu bidirektionalen Flüssen, Verletzungen des Spannungsbandes und der Frequenz. Um hier steuernd eingreifen zu können, ist zunächst Transparenz über den Netzzustand wichtig. Dies erfordert Sensorik zur Erfassung des Netzstatus, aber auch die Schaffung von Steuerungskapazitäten im Verteilnetz, um Strom- und Spannungsnebenbedingungen jederzeit erfüllen zu können.

Die hierfür notwendige Einführung von Informations- und Kommunikationstechnologie [1] im Verteilnetz zur Schaffung eines Smart Grid wirft Fragen auf. Dies betrifft verschiedene Ebenen der IKT, (i) die Verarbeitung der gesammelten Messwerte [2], (ii) Einführung von standardisierter Kommunikation und Steuersignalen, (iii) Koordinationsinstrumenten für die Akteure des Energiemarktes, (iv) Anreize und marktliche Aspekte.

Zur Bearbeitung dieser Fragen sind sowohl Methoden der Informationsverarbeitung zu betrachten als auch Modelle aufzubauen, die zur Analyse und Prognose von Verteilnetzen genutzt werden können. Diese Modelle können genutzt werden, um konkrete Alternativen zur Steuerung der Netze zu vergleichen. Wichtig ist hierbei die Entwicklung von anwendungsnahen Lösungen. So wurde in Forschungsarbei-

ten beispielsweise untersucht, inwieweit die Zunahme der Zahl von Elektrofahrzeugen zu Engpässen beim Laden in bestimmten Verteilsubnetzen führen kann [3] oder wie Elektrofahrzeuge mit einem höheren Anteil Strom aus erneuerbaren Erzeugungsanlagen geladen werden können. [4].

Energie und Ressourceneffizienz in der Produktentwicklung, Produktion und Logistik (Peter Kleine-Möllhoff)

Dieser Forschungsschwerpunkt geht über den Themenkomplex Energieeffizienz hinaus. Solange fossile und nukleare Energieträger genutzt werden, sind hierzu endliche Ressourcen und deren Massenströme zu betrachten. Bei der Analyse von Produktionsprozessen, deren Verknüpfungen und den zu erzeugenden Produkten sollten aber auch Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe mit berücksichtigt werden, denn hier liegt oftmals ein erhebliches Potential zur Ressourcenschonung, zum Umweltschutz und zur Senkung von Betriebskosten. Im Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland stellen außerdem die Ausgaben für Materialien den größten Kostenblock dar.

Im Rahmen des Bereiches Energie- und Ressourceneffizienz werden die Themen Produkt- und Prozessdesign, Analyse und Optimierung bestehender Prozesse und die Industrielle Symbiose näher beleuchtet.

Im Design (DfX) hat man prinzipiell den größten Hebel, energie- und res-



v.l.n.r.: Prof. Dr. Bernd Thomas, Prof. Dr. Frank Truckenmüller, Prof. Dr. Helmut Nebeling, Prof. Peter Kleine-Möllhoff, Prof. Dr. Clemens van Dinther, Prof. Dr. Sabine Löbbe, Prof. Dr. Thorsten Zenner, Prof. Dr. Gernot Schullerus

sourceneffiziente Produkte und Verfahren zu realisieren. Hierbei werden die verschiedenen Möglichkeiten Design für Umweltfreundlichkeit, effizienter Energie- und Materialeinsatz, Leichtbau, Lebensdauer, Aufarbeitung, Sanierung oder Verwertung betrachtet.

Die Analyse und Optimierung bestehender Prozesse wird der Regelfall bei der Energie- und Ressourceneffizienz sein. Hier liegt ein großes Potential, wie an einem Beispiel später im Text gezeigt wird. Die Handlungsspielräume sind aber aufgrund verschiedener Restriktionen durch die vorhandene Technik, die bestehenden Netzwerke, die geforderte Flexibilität der Produktion, die Forderung nach kurzen Amortisationszeiten und der Priorisierung dieses Themas im Betriebsalltag sehr eingeschränkt.

Bei der Industriellen Symbiose sollen Möglichkeiten erforscht werden, wie unterschiedliche Betriebe mit ihrem Energie- und Materialbedarf sowie den Abfallströmen optimal miteinander und mit der Kommune, in der sie beheimatet sind, verkoppelt werden können. Dabei ist es das Ziel, den gesamten Energie- und Ressourcenbedarf sowie die Umweltbelastung zu minimieren und somit

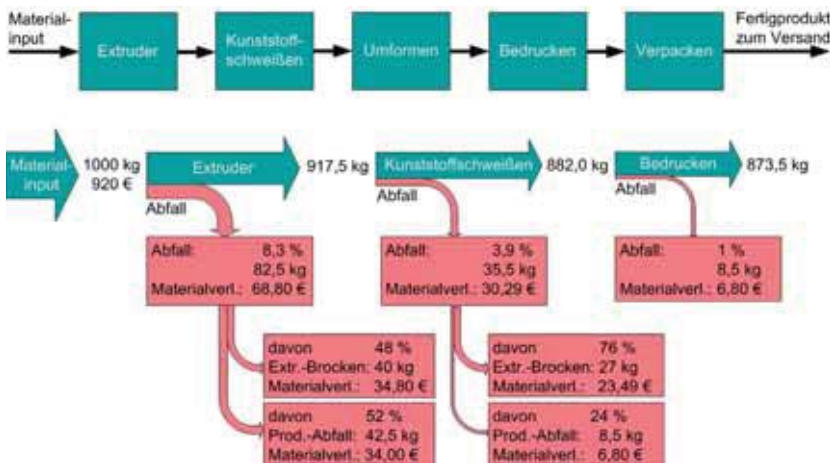


Abb. 1: Ausschnitt aus einem Produktionsprozess sowie das dazugehörige Sankey-Diagramm für die Stoffströme und Kosten für 1000 kg Materialinput.

einen Mehrwert für die Kommune in Bezug auf ihre Attraktivität zu erzeugen. In der Chemischen Industrie wurde dieser Ansatz bereits betriebsintern erfolgreich umgesetzt (Stichwort Verbundstandorte). Die Verknüpfung verschiedener Unternehmen untereinander und mit den Haushalten und Betrieben einer Kommune stellt eine deutlich höhere Herausforderung dar, wie das Beispiel Kalundborg in Dänemark zeigt.

Welche Möglichkeiten im Bereich bestehender Produktionsanlagen liegen, soll das folgende Beispiel zeigen (siehe auch Abbildung 1). In einem Projekt wurde ein mittelständisches Unternehmen analysiert, welches in einem mehrstufigen Produktionsprozess Kunststoffteile herstellt. Der Maschinenpark war ursprünglich für hohe Stückzahlen ausgelegt, das Unternehmen hat sich über die Zeit aber auf optisch und haptisch anspruchsvolle Produkte spezialisiert, um im Wettbewerb eine führende Position einzunehmen. Daraus resultierten kleinere Losgrößen und ein deutlich erhöhter Rüstaufwand. Im Rahmen der Analyse wurde erkannt, dass die Extruder und einige

nachgeschaltete Prozessschritte in Bezug auf Energie- und Materialintensität erheblich optimiert werden können. An einer ausgewählten typischen Produktionslinie wurden detailliert alle Inputs- und Outputs aufgenommen und dargestellt. Im Maschinenpark konnten durch verschiedene Maßnahmen Materialeinsparung im 6-stelligen Bereich realisiert werden, wobei keine oder nur geringe Investitionen getätigt werden mussten. Um weiteres Einsparpotential zu heben, wurde der Einsatz von speziellen Reinigungssubstanzen in den Extrudern empfohlen. Diese Maßnahme würde die Anlagenverfügbarkeit für die Produktion signifikant erhöhen und die Erlössituation nachhaltig im 7-stelligen Bereich verbessern. Bei der Energieeinsparung wurde ein Potential im 5-stelligen Bereich ermittelt. Dafür waren ebenfalls nur geringe Investitionen notwendig; mit Amortisationszeiten deutlich unter einem Jahr. Der Vergleich der Einsparungen im Energie- und Materialbereich zeigt bei diesem Beispiel, dass man sich in der Produktion nicht einseitig auf Energieeffizienz konzentrieren sollte. In einer verbesserten Materialnutzung liegt ein deutlich größerer

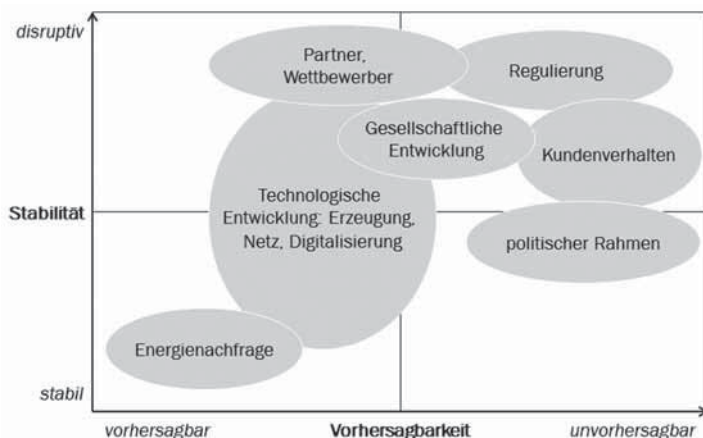


Abb. 2: Umfeldfaktoren der Unternehmensentwicklung in der Energiewirtschaft [5]

Hebel. Der Analyseaufwand zur Erfassung der Materialströme zusätzlich zu den Energieströmen ist sehr gering.

Energiewende: Chancen für Smarte Geschäftsmodelle (Sabine Löbbe)

Die Energiewende ist ohne Zweifel eine technisch-wirtschaftliche Mammutaufgabe, in der Unternehmen ihre Chancen suchen. Seien es Energieversorger, Zulieferer vom Anlagenbau bis zu IT-Dienstleistungen oder diverse Newcomer - die Grundsatzfrage lautet: Wie können wir uns mit welchen Fähigkeiten und Ressourcen zukünftiges Geschäft erarbeiten? Wo sind Chancen und Risiken, welche Geschäftsmodelle können wir mit Aussicht auf Erfolg entwickeln und umsetzen und was brauchen wir für dessen Umsetzung?

Die spezielle Grundlage, die die Energiewende dabei liefert, ist ein zweischneidiges Schwert: Viele der Umfeldfaktoren sind in ihrer Entwicklung schlecht vorhersagbar, und Brüche in der Entwicklung sind an vielen Stellen möglich. Dies gibt Abbildung 2 wieder.

Und natürlich sind diese vorzufindenden Rahmenbedingungen voller Widersprüche und Inkonsistenzen: energiepolitische Instrumente tragen an vielen Stellen in unzureichender Form dazu bei, die vorher gesetzten energiepolitischen Ziele zu erreichen. Technisch-energiewirtschaftlich sinnvolle Lösungen sind unter gegebenen regulatorischen Rahmenbedingungen nicht wirtschaftlich umsetzbar. Produkte und Dienstleistungen haben eine sinkende Halbwertszeit, abhängig von sich laufend ändernden Rahmenbedingungen.

Die wesentliche Herausforderung der Energiewende für Unternehmen ist der Umgang mit diesen Unsicherheiten und das Management der Widersprüche. Daraus erwachsen die zwei Forschungsschwerpunkte:

1. WAS: Welches sind die erfolgversprechenden Dienstleistungen, Produkte und Geschäftsmodelle für Unternehmen zur Mitgestaltung der Energiewende?

Dynamik und Opportunitäten für Zukunftsprodukte sind vor allem an den Schnittstellen der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskette zu finden. Dies macht beispielhaft Abbildung 3 deutlich. In der Forschung werden systematisch anhand von Fallstudien Geschäftsmodelle für neues und bestehen-

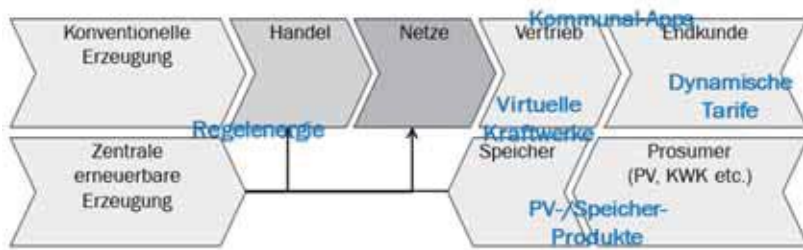


Abb. 3: Neue Dienstleistungen, Produkte und Geschäftsmodelle vor allem an den Schnittstellen der Wertschöpfungskette

de Geschäfte – in der Energiewirtschaft wie in anderen Branchen – untersucht. Hieraus und aus Szenariobetrachtungen werden zukünftige Geschäftsmodelle für einzelne Akteure entlang der Wertschöpfungskette aufgebaut.

Eine wichtige Kernhypothese lautet dabei: „Klassische“ Energieunternehmen sind bei der Strategieentwicklung und –umsetzung wenig kundenzentriert. Daher liegt ein Forschungsschwerpunkt in der Konsumentenforschung: welche Nutzenargumente von welchen Energie-(Effizienz-)Dienstleistungen und –Produkte überzeugen unterschiedliche Kundengruppen? Wie relevant sind diese Gruppen, welche Zahlungsbereitschaft zeigen sie? Wie können Leistungen optimiert und attraktiver gestaltet werden?

2. WIE: Welches sind wichtige Erfolgsfaktoren, um die erfolgversprechenden Produkte und Dienstleistungen „in time“ in den Markt zu bringen?

Der Umgang mit den o.g. Aufgaben stellt Energieversorger, Zulieferer wie Newcomer vor strategische, strukturelle und kulturelle Herausforderungen. Eine klare Positionierung des jeweiligen

Unternehmens in einem Umfeld voller Unsicherheiten und Widersprüchen benötigt besondere Fähigkeiten, Prozesse und Ressourcen, die in diesem Forschungsbereich analysiert werden. Hierzu gehören Führungsfähigkeiten und -strukturen, die Fähigkeit, einerseits disruptive Technologien mit der richtigen Wertschöpfungstiefe aufzugreifen, andererseits das konventionelle Geschäft stringent und inkrementell weiterzuentwickeln. Die Unternehmenskultur & -struktur muss Kooperation und Flexibilität fördern und produktiv machen.

Mit Methoden der Organisationssoziologie werden hier wesentliche Erfolgsfaktoren analysiert, um daraus Schlussfolgerungen und Empfehlungen für unternehmerisches Agieren abzuleiten.

Energieeffiziente Produktionsanlagen und –prozesse (Paul Helmut Nebeling)

Industrielle Produktionsanlagen und –prozesse sind maßgeblich am Gesamtenergieverbrauch beteiligt. Neben der Optimierung von Maschinenkomponenten (z. B. Wirkungsgrad elektrischer Antriebe, Reibungsreduzierung von Reibung in Lagern und Führungen)

spielt die Auslegung und Gestaltung von Prozessketten eine wichtige Rolle. Dabei ist die Kenntnis der einzelnen Verbraucher von entscheidender Bedeutung für die Auslegung optimierter Bearbeitungsprozesse. Bei spanenden Werkzeugmaschinen wird häufig nur ein geringer Anteil der Gesamtenergie für die eigentliche Zerspanung eingesetzt. Einen erheblichen Anteil besitzen die Nebenaggregate (z. B. Kühlschmierung, Kühlung, Hydraulik, Luft). Die genaue Kenntnis dieser Verbraucher sowie die Optimierung der Dimensionierung dieser Aggregate führen neben einer an der tatsächlichen Leistung orientierten Auslegung der Hauptantriebe zu einer Steigerung der Energieeffizienz.

Ein weiterer großer Effekt kann durch die volle Ausnutzung der Maschinenleistung und damit Reduzierung der Produktionszeiten erzielt werden. Dafür ist die genaue Kenntnis z. B. des Nachgiebigkeitsverhaltens erforderlich. Die Aufteilung des Aufmaßes auf möglichst wenige Schnitte reduziert die Bearbeitungszeit. Bei der Erstellung der Bearbeitungsprogramme werden die sich ergebenden Verformungen und die daraus resultierenden Maßabweichungen und Toleranzen berücksichtigt. Die Reduzierung der Produktionszeit führt zu einer kürzeren Belegung der Maschine und damit zu einem geringeren Verbrauch der Nebenaggregate. Aufgrund dieser Zusammenhänge ist nicht die absolute Leistung das entscheidende Kriterium, sondern der pro gut produziertem Werkstück eingesetzte Energie. Während sich bei der Serienproduktion definierter Werkstücke auf einem Produktionsmittel die Antriebe auf den Anwendungsfall optimieren lassen, werden Maschinen

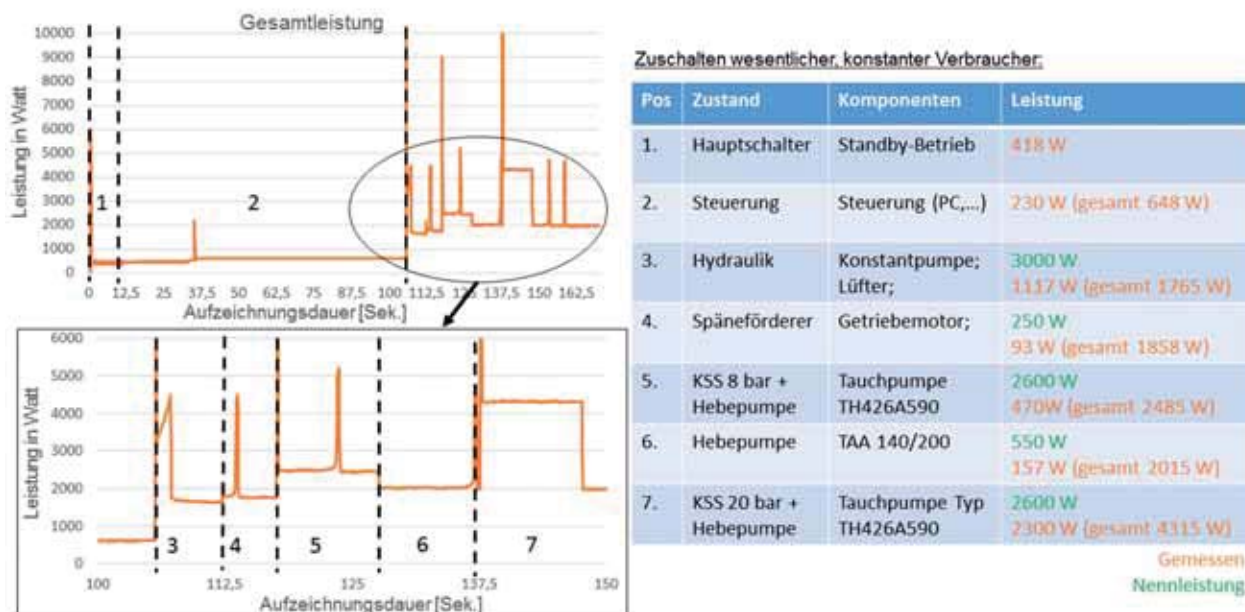


Abb. 4: Analyse einzelner Verbraucher in einer Werkzeugmaschine

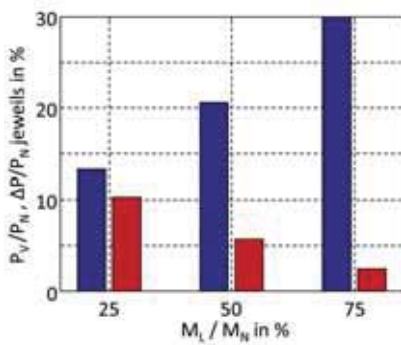


Abb. 5 : Vergleich der Verlustleistungen bei energieeffizienter und konventioneller Betriebsführung für eine Asynchronmaschine mit einer Nennleistung von 370W.

in der Einzelteil- und Kleinserienfertigung häufig außerhalb des optimalen Betriebspunktes betrieben.

Energieeffiziente Betriebsführung von Asynchronmaschinen (Gernot Schullerus)

Ein wesentlicher Beitrag zur Bewältigung der Energiewende wird durch eine Erhöhung der Energieeffizienz elektrisch betriebener Anlagen geleistet. Insbesondere im industriellen Bereich verbrauchen elektrische Maschinen einen erheblichen Teil der eingesetzten elektrischen Energie, so dass selbst eine geringe Steigerung der Effizienz hier eine große Auswirkung hat. Sehr häufig werden in einem Leistungsbereich oberhalb von ca. 350 W Asynchronmaschinen eingesetzt, da diese äußerst robust, weitgehend wartungsfrei, kostengünstig in der Anschaffung und mit vergleichsweise geringem Aufwand zu betreiben sind. Der Nachteil der Asynchronmaschinen bezogen auf deren Effizienz ist der geringe Wirkungsgrad im Teillastbereich, wenn die Maschine mit Nennfluss betrieben wird. Vor diesem Hintergrund wurden in den vergangenen dreißig Jahren eine Reihe von Verfahren entwickelt, mit denen die Effizienz der Asynchronmaschinen auch im Teillastbereich durch eine geeignete Betriebsführung gesteigert werden kann [6,7].

Die Abbildung 5 zeigt die Verhältnisse für eine Asynchronmaschine mit einer Nennleistung $P_N = 370$ W. Dargestellt wird die gemessene Verlustleistung P_v bei energieeffizienter Betriebsführung als blauer Balken sowie die mit dieser Art der Betriebsführung gegenüber der konventionellen Methode eingesparte Verlustleistung ΔP als roter Balken. Diese sind jeweils bezogen auf die Nennleistung P_N der Maschine für drei unterschiedliche Lastzustände, nämlich bei einem Lastmoment M_L von 25, 50 und

75 % des Motornennmoments M_N . Die Abbildung zeigt, dass insbesondere bei niedrigem Lastmoment eine erhebliche Steigerung der Effizienz erreicht werden kann. Mit steigendem Lastmoment M_L nimmt das Einsparpotential ab.

Für stationäre Arbeitspunkte existieren in der Literatur zahlreiche Verfahren zur Einstellung des bezüglich der Verlustleistung optimalen Betriebspunktes [6,7]. Ein Verfahren für Asynchronmaschinen, die mit wechselnden Lasten betrieben werden, wird in [8] vorgestellt. In diesem Bereich sind jedoch noch interessante Ergebnisse und Verbesserungen zu erwarten.

In diesem Bereich verfolgen die Forschungsarbeiten im Reutlinger Energiezentrum zwei Ziele, nämlich

- die Weiterentwicklung der bestehenden Verfahren im Bereich von Lastwechseln und
- die Verbreitung dieser Ansätze im industriellen Einsatz.

Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmespeicher (Bernd Thomas)

Zum Thema Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Blockheizkraftwerke (BHKW) werden an der Hochschule Reutlingen bereits seit 2003 Forschungsprojekte durchgeführt. Kern der Forschungsarbeiten ist bis heute ein sehr gut ausgebauter BHKW-Prüfstand, an dem u.a. Zertifizierungsmessungen für das Umweltzeichen „Der Blaue Engel“ sowie für die Bestimmung des Normnutzungsgrades von BHKW nach DIN 4709 durchgeführt werden können (siehe Abbildung 6).

In dem Bild sind zwei BHKW zu erkennen, was anzeigt, dass der Prüfstand mittlerweile zwei Prüfplätze bietet. Bei dem hinteren BHKW handelt es sich um ein Hochtemperatur-(SOFC)-Brennstoffzellen-BHKW des Typs BlueGen von der Firma SolidPower. Dieses Gerät wird im Dauerlauf getestet. Dabei war ein Ergebnis, dass der elektrische Wirkungsgrad des Gerätes von anfänglich 60% nach einem Dauerbetrieb von 12.000 Stunden auf etwa 50% abfiel. Das BHKW vom Typ ecopower im Vordergrund befindet sich am Haupt-Prüfplatz, an dem die Zertifizierungsmessungen durchgeführt werden. Weiterhin ist am rechten Rand des Bildes ein Wärmespeicher zu erkennen. Diese Komponente ist ein wesentlicher Bestandteil einer KWK-Anlage, der dazu dient, den BHKW-Betrieb von der stochastischen Wärmeanforderung abzukoppeln und

ausreichend lange Betriebsintervalle für das BHKW zu ermöglichen. Damit wird ein taktender Betrieb, der bei konventionellen Heizkesseln üblich ist, für das BHKW vermieden, und es ergeben sich längere Wartungsintervalle und eine längere Lebensdauer für die Geräte.

Aktuell erkennt man jedoch, dass der Wärmespeicher weitere wichtige Aufgaben übernehmen kann. Zum einen bietet der Wärmespeicher das Potenzial zur kurzfristigen Bereitstellung thermischer Spitzenleistung, beispielsweise zur Warmwasserbereitung. Damit ist eine höhere Deckung des Wärmebedarfs möglich, und das BHKW erreicht eine größere Anzahl Betriebsstunden, was mit einer größeren Menge an erzeugtem Strom einher geht. Zum anderen besteht über den Wärmespeicher die Möglichkeit, die parallele Erzeugung von elektrischem Strom und Nutzwärme aus dem BHKW zu entkoppeln und unterschiedlichen Nutzungsprofilen zuzuführen. Konkret wird so eine bedarfsgerechte Stromerzeugung mit Hilfe von Blockheizkraftwerken möglich. Die anfallende Wärme wird in den Pufferspeicher eingebracht und steht so für die Nutzung zu einem späteren Zeitpunkt zur Verfügung. Anwendungen für dieses Konzept sind sowohl die Optimierung der Eigenstromversorgung, aber auch die gezielte Stromerzeugung zur Stützung des elektrischen Netzes und zum Ausgleich bei ausbleibender PV- und Windstromproduktion, z.B. bei Dunkelheit und Flaute, den so genannten „dunklen Flauten“. Die Verwendung des ohnehin vorhandenen Wärmespei-



Abb. 6: BHKW-Prüfstand an der Hochschule Reutlingen

chers ist dabei erheblich kostengünstiger als die zusätzliche Anschaffung eines elektrischen Batteriespeichers, der prinzipiell auch für diese Zwecke installiert werden könnte.

Für die Nutzung des Wärmespeichers entwickeln die Forscherinnen und Forscher am REZ unter der Leitung von Prof. Thomas mit Förderung vom Umweltministerium Baden-Württemberg derzeit ein Steuerungssystem, das auf

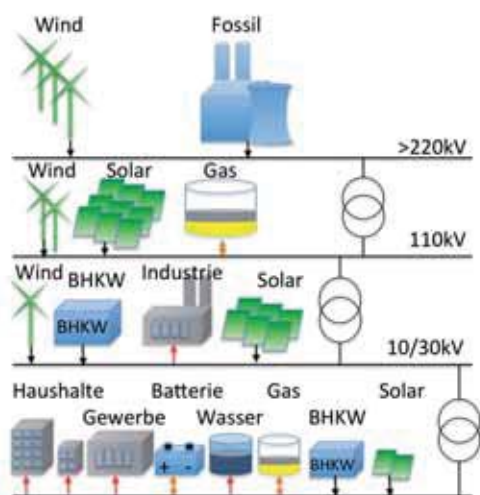


Abb. 7: Netzkonfiguration bis heute

der Basis von Strom- und Wärmelastprognosen sowie weiteren Randbedingungen einen optimierten Fahrplan für den stromorientierten Betrieb des BHKWs errechnet [9,10].

Neben den Arbeiten am Prüfstand existieren Projekte zum Anlagenmonitoring im Feld, wobei hier neben Erdgas auch Bio- und Klärgas-BHKW betrachtet werden. So besteht eine Zusammenarbeit mit der Universität Hohenheim, in deren Rahmen das Biogas-BHKW an der Versuchsstation der Universität „Unterer Lindenhof“ im Zuge eines Intensivmessprogramms als Teil der Bioenergieforschungsplattform Baden-Württemberg eingehend untersucht und analysiert wurde [11].

Außerdem wird das Thema Kraft-Wärme-Kopplung seitens des REZ in Person von Prof. Thomas in verschiedenen Gremien beim VDI und beim Umweltministerium Baden-Württemberg vertreten. Dabei geht es u.a. um die Erarbeitung von Stellungnahmen [12] und Gutach-

ten zu den jeweils anstehenden Gesetzgebungsverfahren wie der jüngst verabschiedeten Novelle des EWärmeG Baden-Württemberg oder des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG).

Intelligente Vernetzung von Energiesystemen im Virtuellen Kraftwerk mit Sektoren übergreifendem Verbund zwischen Strom-, Wärme und Mobilitätsmarkt (Frank Truckenmüller)

In den letzten Jahren war das Entwickeln und Etablieren von dezentralen Energiesystemen Schwerpunkt der Forschung und Entwicklung. Der konsequente logische nächste Schritt ist die intelligente Vernetzung dieser mit dem Verbraucher, um die notwendige „Flexibilisierung“ auf die volatile Erzeugung durch Wind und Sonne optimal abstimmen zu können. In dem geförderten Projekt „Demonstrator Virtuelles Kraftwerk Neckar-Alb“ wird an der Hochschule Reutlingen mit Verbundpartnern aus Industrie und Wissenschaft ein funktionsfähiges Smart-Grid-konformes Virtuelles Kraftwerk (VK) entstehen. Die informationstechnische Zusammenfassung unterschiedlicher dezentraler Energiewandlungsanlagen (Erzeuger, Verbraucher, Speicher), mit dem Ziel der direkten Koordination auf der IKT-Ebene, soll in einer „Leitwarte“ der Hochschule erfolgen. Hierbei werden innovative Komponenten, Prozesse, Verfahren und Technologien der Verbundpartner eingesetzt, die in ihrer Kombination noch nicht am Markt präsent sind. Die Einbindung der unterschiedlichen DER (Distributed Energy Resources) wie z.B. BHKW, Wärmepumpen, PV-Anlagen, Batteriespeicher, Elektromobilität, Industrieanlagen, Wärmespeicher, Solarthermie etc.) erfolgt größtenteils aus Bestandsanlagen der Hochschule Reutlingen, der Partner sowie aus Anlagen aus der Region mit folgenden Zielsetzungen:

- Demonstration eines VKs mit Aufzeigen unterschiedlicher Lösungswege und Flexibilitäten,
- Aufbau einer komplexen Testumgebung für Komponenten von VKs,
- reale Simulation von Optionen der Querverbundoptimierung zwischen Strom-, Gas-, und Wärmemarkt unter Berücksichtigung realer Marktdaten,
- Integration in das zukünftige Smart Grid (SG),

- Unterstützung der Markteinführung durch Öffentlichkeitsarbeit und sozioökonomische Untersuchungen; unter anderem verbunden mit der Energieberatung nach DIN EN ISO 50001,
- Aus- und Weiterbildung von Spezialisten,
- Sensibilisieren des Fachpublikums und der Öffentlichkeit mit Hilfe des „anfassbaren“ VKs.

Dabei soll der Schwerpunkt auf Sicherheit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit gesetzt werden und die Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse sowie deren Adaption in der Fläche ermöglicht werden.

Der modulare Aufbau soll es ermöglichen, neu aufkommende Fragestellungen im Bereich VK bzw. Smart Grid zu untersuchen, zu lösen und zu optimieren. Das Demonstrationsvorhaben stärkt die Vernetzung zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Energieversorgungsunternehmen und erhöht die Wertschöpfung und Wettbewerbsfähigkeit der Region.

Der Demonstrator steht Unternehmen und Institutionen nach der Förderperiode weiterhin für Tests, Forschung, Ausbildung sowie für Öffentlichkeitsarbeit zur Verfügung. Neben der Etablierung von VKs und SG in der Region ist eine Übertragung der erarbeiteten Ergebnisse auf weitere Regionen angestrebt. Das innovative Konzept des Demonstrationsprojektes VK Neckar-Alb soll es ermöglichen, einen nicht kommerziellen Betrieb durch Entwicklungs-, Forschungs- und Weiterbildungsdienstleistung an Dritte zu etablieren, um aufkommende Fragestellungen aus Forschung und Entwicklung zur Unterstützung des Transformationsprozesses von einem zentralen zu einem nachhaltigen dezentralen Energieversorgungssystem mit Hilfe von VKs und SG zu bearbeiten.

Energiedatenmanagement und Vernetzung (Thorsten Zenner)

Die im Rahmen der Energiewende steigende Zahl von dezentralen und volatilen Erzeugern und Verbrauchern stellt erhöhte Anforderungen an die Vernetzung und Kommunikation der Teilnehmer. Abbildung 7 zeigt in stark vereinfachter Form die Situation, wie sie sich in der Vergangenheit darstellte.

Energie wurde im Wesentlichen in der Höchstspannungsebene erzeugt und über die Hoch- und Mittelspan-

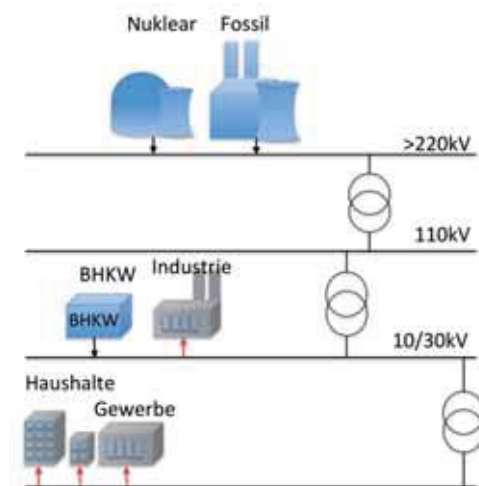


Abb. 8: Netzkonfiguration mit erneuerbaren Energieerzeugern und Speichern

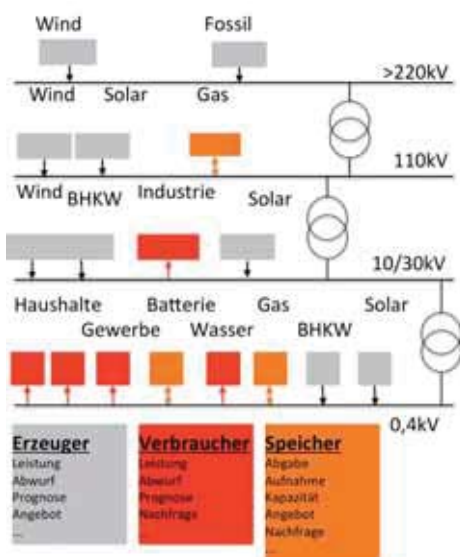


Abb. 9: Abstrakte Modellierung der Netzteilnehmer

nungsebene verteilt. Die Energieabnahme erfolgte abgesehen von großen Industrieunternehmen in der Niederspannungsebene. Die Einspeisungen durch erneuerbare Energien in der Mittel- und Niederspannungsebene waren vernachlässigbar klein und spielten für das Netzmanagement eine untergeordnete Rolle.

Die Situation, die sich durch den zunehmenden Ausbau von regenerativen Energieerzeugern ergibt, zeigt die Abbildung 8. Die Einspeisung erfolgt auf allen Spannungsebenen, zeitlich und räumlich stark schwankend. Die Notwendigkeit der Energiespeicherung erhöht zusätzlich die Komplexität des Netzbetriebes.

Um dieser steigenden Komplexität der Regelungsaufgaben zu begegnen, wird es eine Entwicklung von zentralen zu dezentralen Regelungskonzepten geben, in denen sich verschiedene Aggregate selbstständig organisieren, Daten austauschen und z. B. in sog. Microgrids oder virtuellen Kraftwerken zusammen gefasst werden. Diese werden dann autonom geregelt und bieten ihre Kapazität bzw. Leistung in Echtzeit an der Energiebörse an.

In diesem Zusammenhang ist es notwendig, abstrakte Objektmodelle für Erzeuger, Verbraucher und Speicher sowohl für ihre Rolle im Netzbetrieb als auch als Marktteilnehmer zu entwerfen, wie es die Abbildung 9 zeigt. Diese Objektmodelle machen es möglich, ohne Kenntnis der technischen Details der einzelnen Aggregate das Netz zu regeln, den Handel mit Energie in Echtzeit zu gewährleisten und die Vielzahl der verschiedenen Teilnehmer hinreichend zu

beschreiben. Diese Objektmodelle müssen über eine Vielzahl unterschiedlicher Kommunikationswege (Bandbreite, Verfügbarkeit) effizient und sicher Ende-zu-Ende ausgetauscht werden. Auch dafür muss man geeignete Kommunikationskonzepte entwickeln. Um die Installations- und Betriebskosten niedrig zu halten, aber auch bei ständig wechselnder Konfiguration der Kommunikationspartner funktional zu bleiben, muss die Kommunikation mit einem Minimum an Installations- und Parametrierungsaufwand (Adressen, Schlüssel, Zertifikate) erfolgen. Deshalb sind selbstkonfigurierende Kommunikationssysteme zu entwerfen, die auch bei häufig wechselnden Teilnehmern stabil arbeiten. Hinzu kommt, dass

durch die steigende Zahl von kleineren Aggregaten die Kosten für die Kommunikationstechnik einen immer größeren Anteil an den Investitions- und Betriebskosten ausmachen. Ganz deutlich wird dies z. B. bei der Ausstattung von Zählern im Haushaltsbereich mit Kommunikationstechnik zur Fernauslesung und Tarifgestaltung. Hier machen die Kosten für die Kommunikation einen erheblichen Anteil sowohl der Investitions- als auch der Betriebskosten aus.

Das durch die dezentrale Struktur deutlich vergrößerte Netz bringt es mit sich, dass auch das Thema Datensicherheit steigende Bedeutung beansprucht - vor allem, wenn man bedenkt, dass zunehmend öffentliche Kommunikationsnetze genutzt werden.

Sowohl der Einsatz neuer Technologien zur Erzeugung und Speicherung von Energie als auch geeignete Geschäftsmodelle zum wirtschaftlichen und energiebewussten Betrieb können nur gelingen, wenn die verschiedenen Teilnehmer und Geräte angemessen vernetzt sind, um alle relevanten Daten schnell, sicher und wirtschaftlich auszutauschen.

Literatur

[1] Strüker, J. und C. van Dinther, Demand Response in Smart Grids: Opportunities for IS Research, Proceedings of the 18th Americas Conference on Information Systems (AMCIS), 2012.
 [2] Flath, C. M.; Nicolay, D.; Conte, T.; van Dinther, C.; Filipova-Neumann, L. Clusteranalyse von Smart Meter Daten - Eine praxisorientierte Umsetzung. WIRTSCHAFTSINFORMATIK, 2012.
 [3] Salah, F.; Ilg, J. P.; Flath, C. M.; Basse,

H.; van Dinther, C. Impact of Electric Vehicles on Distribution Substations: A Swiss Case Study. Applied Energy, Vol. 137, 2015, pp. 88-96, 2015.
 [4] Richstein, J. C.; Schuller, A.; vanDinther, C.; Weinhardt, C. Renewable Energy for Electric Vehicles: Price Based Charging Coordination. Proceedings of the 12th IAAE European Energy Conference. International Association for Energy Economics, 2012.
 [5] Lötbe, Sabine; Jochum, Gerhard (2016): Imagine a future where entrepreneurial, profitable utilities thrive despite disruptive technologies: German case study, in: F. Sionshansi (editor): Future of utilities: Utilities of the future, How technological innovations in distributed generation will reshape the future of power sector, S. 326, Academic Press
 [6] Bazzi, A. M.; Krein, P. T.: Review of Methods for Real-Time Loss Minimization in Induction Machines. IEEE Transactions on Industry Applications, 46(6):2319-2328, 2010.
 [7] Schullerus, G.: Methoden zur energieeffizienten Betriebsführung von Asynchronmaschinen – Ein Überblick. In: Tagungsband Antriebssysteme 2013, Seiten 34-39, Nürtingen, 2013.
 [8] Stumper, J.-F.; Dötlinger, A.; Kennel, R.: Loss Minimization of Induction Machines in Dynamic Operation. IEEE Transactions On Energy Conversion, 28(3):726-735, 2013.
 [9] Lödige, D., Thomas, B., Widmann, C.: „Control Strategy for Electricity Production on Demand by CHP units“, Proc. of 4th Int. Conf. on Microgeneration and Related Technologies, Tokio, 28.-30.10.2015
 [10] Lödige, D., Thomas, B., Widmann, C.: „Intelligent management of the heat storage tank for production of electricity on demand using CHP units“, Energy Procedia, Vol. 73, June 2015, S. 239-243, DOI information: 10.1016/j.egypro.2015.07.678
 [11] Naegele H-J, Thomas B, Schrade C, Lemmer A, Oechsner H, Jungbluth T.: "Influence of Maintenance Intervals on Performance and Emissions of a 192 kWel Biogas Gas Otto CHP Unit and Results of Lubricating Oil Quality Tests—Outcome from a Continuous Two-Year Measuring Campaign" Energies 2013, 6(6), S. 2819-2839
 [12] Bachor, A., Binde, W., Buller, M., Fischer, M., Matics, J., Schmieder, E., Scholz, W.-H., Selzam, P., Thomas B., Weisenberger, D., Zilch, R.: VDI Statusreport 2013 "Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen: Status und Perspektiven", VDI, Oktober 2013

Kontakt

Elke Linkenheil, Sekretariat Dezentrale Energiesysteme und Energieeffizienz (DEE) Hochschule Reutlingen, Alteburgstrasse 150, 72762 Reutlingen; E-Mail: elke.linkenheil@reutlingen-university.de