



NASA

# **Forschungsbericht der Research Area Energy, Mobility and Environment (EME) 2013/2014**



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 EME – Eine Area stellt sich vor</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Energy</b> .....	<b>6</b>
2.1 Systemorientierte Energieanalysen .....	6
2.1.1 Optimale Ressourcennutzung und Hotelling-Regel .....	6
2.1.2 Elektrische Netze der Zukunft .....	7
2.1.3 Entwicklung der europäischen Energieinfrastruktur .....	7
2.1.4 Menschliche Aneignung und globale Kapazität an Biomasse .....	8
2.1.5 Gestaltung politischer Rahmenbedingungen für den Biokraftstoffsektor .....	9
2.1.6 Lokale Energiemärkte .....	10
2.1.7 Der Rebound-Effekt.....	10
2.1.8 Import von Energie und Rohstoffen und institutionelle Qualität in den Erzeugerländern.....	11
2.2 Individuelles Entscheidungsverhalten auf Energiemärkten.....	12
2.2.1 Flexible Kraftwerke .....	12
2.2.2 Historisch-basierte Analyse langfristiger Investitionsentscheidungen am Beispiel eines regionalen Energieversorgers .....	12
2.2.3 Private Haushalte als Schlüsselakteure einer Transformation des Energiesystems ..	13
2.2.4 Analyse von Lastmanagementinstrumenten für die Energienachfrage im Haushaltssektor.....	14
2.2.5 Emissionshandel und Managementpraktiken .....	14
2.2.6 Analyse und Bewertung industrieller Energieeffizienzmaßnahmen am Beispiel von Druckluftsystemen.....	15
2.2.7 Ökonomische Erwartungen und technologischer Wandel in historischer Perspektive	15
<b>3 Mobility</b> .....	<b>16</b>
3.1 Systemorientierte Analyse von Entscheidungen zur Verkehrsinfrastruktur.....	16
3.1.1 Gruppen- vs. Individualentscheidungen bei Infrastrukturprojekten.....	16
3.1.2 Die Innovations(un)fähigkeit städtischer Mobilitätssysteme. Ein historisch- soziologischer Ansatz am Beispiel der Aachener Straßenbahn .....	17
3.1.3 Strategische Optionen der Automobilindustrie für die Migration nachhaltiger Antriebstechnologien.....	18
3.1.4 Regulierung von CO <sub>2</sub> -Emissionen neuer PKW in der Europäischen Union nach 2020.....	19
3.1.5 Erprobung von E-Mobilität im Flottenbetrieb .....	19
3.2 Individuelles Mobilitätsverhalten und Anreizsetzung.....	20
3.2.1 Geschäftsmodelle der Elektromobilität: Parkinfrastruktur (eMERGE I) .....	20
3.2.2 Geschäftsmodelle der Elektromobilität: Reverse Logistics von Energiespeichern (eMERGE II).....	21

3.2.3 EmoTal – Nutzerzentrierte Elektromobilität im Bergischen Land.....	21
<b>4 Environment.....</b>	<b>22</b>
4.1 Umwelt als öffentliches Gut: Präferenz-, Wohlstands- und Effizienzmessung.....	22
4.1.1 Altruismus und Zeitpräferenzen.....	22
4.1.2 Kooperationen in öffentlichen Gütern mit positiven und negativen Ressourcen.....	23
4.1.3 Kundennutzen und Zahlungsbereitschaft für ökologiebezogene Produktmerkmale langlebiger Gebrauchsgüter .....	23
4.1.4 Effizienzmessung bei Übelinput mittels DEA.....	24
4.1.5 Wohlstandsmessung mittels DEA .....	24
4.1.6 Verrechnungspreise für Umweltwirkungen .....	25
4.1.7 Umweltaspekte von Ressourcenpartnerschaften .....	25
4.1.8 Entwicklung von Accounting Standards für die Validierung und das Monitoring von CDM-Projekten .....	26
4.2 Fallstudienorientierte Forschungsprojekte .....	26
4.2.1 Strategische Netzwerkplanung für das Recycling von Photovoltaik-Modulen .....	26
4.2.2 Qualitätssplitting bei der Müllverbrennung .....	27
4.2.3 Methodik des Life Cycle Assessment: Theorien und Fallstudien.....	28
<b>5 EME – Ein Ausblick.....</b>	<b>28</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>30</b>
Prof. Dr. Almut Balleer (Empirische Wirtschaftsforschung).....	30
Jun.-Prof. Dr. Robert Böhm (Decision Analysis) .....	30
Prof. Dr. Wolfgang Breuer (Betriebliche Finanzwirtschaft).....	31
Dr. Marcel Clermont (Unternehmenstheorie) .....	31
Prof. Dr. Harald Dyckhoff (Unternehmenstheorie) .....	31
Dr. Barbara Glensk (Energieökonomik) .....	32
Dr. drs. Marjolein Harmsen - van Hout (Energieökonomik) .....	32
Dr. Holger Ketteniß (Controlling).....	32
Prof. Dr. Peter Letmathe (Controlling) .....	32
Prof. Dr. Oliver Lorz (Internationale Wirtschaftsbeziehungen).....	33
Prof. Dr. Reinhard Madlener (Energieökonomik) .....	33
Dr. Mathias Mutz (Wirtschafts-, Sozial- und Technologiesgeschichte).....	34
Dr. Claudia Nadler (Betriebliche Finanzwirtschaft) .....	34
Dr. Christian Oberst (Energieökonomik) .....	34
Jun.-Prof. Dr. Bertram Steininger (Real Estate Finance) .....	34
Prof. Dr. Paul Thomes (Wirtschafts-, Sozial- und Technologiesgeschichte).....	35
Dr. Katrin Waletzke (Unternehmenstheorie) .....	35
Prof. Dr. Grit Walther (Operations Management).....	35

## 1 EME – Eine Area stellt sich vor

An der RWTH Aachen haben sich die Professuren der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften in sogenannten „Research Areas“ zusammengefunden, in denen Forschungsfragen aus verschiedenen Blickwinkeln gemeinsam bearbeitet werden. Hierbei bringt jede Professur ihre individuelle Expertise und die Methodenkompetenzen ihres Fachgebietes ein. Die Kooperation verschiedener Fachrichtungen innerhalb der WiWi-Fakultät ermöglicht es, Fragestellungen mit einer Vielzahl an Forschungsansätzen umfassender zu bearbeiten als es bei einer singulären Betrachtung der Forschungsfragen der Fall wäre. Unsere Research Area „Energy, Mobility and Environment“ hat sich zum Ziel gesetzt, auf Basis wirtschaftswissenschaftlicher Methoden einen Beitrag zur Analyse und Lösung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen in den Bereichen Energie, Mobilität und Umwelt zu leisten. Zwei inhaltliche Schwerpunkte stehen dabei aktuell im Fokus unserer Forschungsaktivitäten.

Den ersten Schwerpunkt bildet die **Bewertung ultralanglebiger Investitionen (ULLIs)**, d.h. solcher Investitionen, die oft jahrzehntelange Wirkung entfalten und damit nicht nur die eigentlichen Entscheidungsträger, sondern typischerweise auch nachfolgende Generationen betreffen. Formal definieren wir ULLIs dadurch, dass der für den Entscheidungsträger oder für andere Betroffene (wie z.B. künftige Generationen) relevante Wirkungshorizont wesentlich über den im Zeitpunkt der Entscheidung maßgeblichen Planungshorizont des jeweiligen Entscheidungsträgers hinausragt. Der Wirkungshorizont beschreibt den Zeitpunkt, bis zu dem für einen betrachteten Beteiligten relevante Konsequenzen jedweder Art auftreten, der Planungshorizont hingegen gibt den Zeitpunkt an, bis zu dem der Entscheidungsträger Konsequenzen in seinem Planungskalkül explizit berücksichtigt. Fallen diese beiden Horizonte auseinander, so kann es sein, dass Entscheidungen bei einem längeren zugrunde gelegten Planungshorizont unter Umständen anders getroffen worden wären. Damit stellt sich unmittelbar die Frage, wie sich die Diskrepanz zwischen Planungs- und Wirkungshorizont verringern lässt. Vor diesem Hintergrund ist beispielsweise zu prüfen, wie gewährleistet werden kann, dass heutige Gene-

rationen die Anliegen künftiger Generationen in ausreichendem Maße berücksichtigen. ULLIs finden sich vor allem bei Investitionen in die Energieversorgung, in (Mobilitäts-) Infrastruktur und bei Umweltschutzmaßnahmen wieder, wobei sie typischerweise die folgenden drei Eigenschaften aufweisen: Sie sind irreversibel und führen somit zu Pfadabhängigkeiten, sie lassen sich nicht beliebig an Märkten handeln, und aufgrund ihrer Größe und systemischen Bedeutung können Fehlentscheidungen hohe Kosten verursachen. Aufgrund dieser spezifischen Probleme von ULLIs bedarf es wissenschaftlicher Analysen.

Den zweiten Forschungsschwerpunkt unserer Area bildet die **Analyse des Verhaltens von sogenannten „Prosumenten“**, verstanden als Produzenten und Konsumenten in Personalunion. Haben Haushalte schon immer mehr oder weniger für ihren Eigenbedarf produziert (z.B. Aufwärmen von Tiefkühlkost oder Endmontage von Möbeln), so geschieht dies neuerdings auch für fremden Bedarf. Damit verschwimmt die scheinbar klare Abgrenzung zwischen Produzieren und Konsumieren. Dies schafft Raum für interaktive Lösungsansätze beispielsweise im Hinblick auf die ökonomische Optimierung der Energienutzung. Gerade vor dem Hintergrund der viel diskutierten „Energiewende“ in Deutschland mit privaten Haushalten (= Konsumenten) als Stromanbieter (= Produzenten) handelt es sich hierbei um ein gesellschaftlich hochaktuelles Thema, das überdies auch unmittelbare Bezüge zur ULLI-Problematik hat, ohne aber mit dieser deckungsgleich zu sein. Ein Teil der Forschung wird im **Sustainable Prosumer Lab** durchgeführt, einer am Institut FCN des E.ON Energy Research Center seit 2010 im Aufbau befindlichen Forschungseinrichtung (Ansprechperson: Prof. Madlener).

Die Gliederung der Forschungsprojekte unserer Area ist damit in zwei Dimensionen möglich, wie auch Abbildung 1 andeutet. Auf der Ebene Energy – Mobility – Environment haben wir die Felder Energie und Mobilität weiter untergliedert in systemorientierte Analysen und Untersuchungen auf der Ebene von Einzelentscheidungen. Da es um Energie- und Mobilitätsmärkte geht, bietet sich diese Untergliederung unmittel-

bar an. Natürlich bilden dabei individuelle Entscheidungen (bei konsistenter Betrachtung) die Basis, um in systemorientierter Weise Implikationen herzuleiten. Die Übergänge zwischen diesen beiden Ebenen sind insofern fließend, dass wir etwa Verbrauchsprognosen im Energiebereich der Systemebene zuordnen und Entscheidungen über Investitionen in Energieerzeugung der Individualebene. Im Themenfeld Umwelt wäre zwar auch eine entsprechende Untergliederung wie für Energie und Mobilität möglich gewesen, doch zeigt sich hier, dass insbesondere die Grundlagenforschung zur Lösung von Mess- und Bewertungsproblemen und die anschließende Umsetzung von Lösungskonzepten für konkrete praktische Probleme zwei tragende Säulen unserer Forschung beschreiben.

Die Problematik ultralanglebiger Investitionen wie auch die der Prosumenten überlagert und ergänzt die gerade beschriebenen Strukturen. ULLI-Forschung ist grundsätzlich in allen drei Bereichen Energy – Mobility – Environment und allen jeweiligen Unterabschnitten möglich und notwendig, ohne dass freilich jedes Projekt dieses Forschungsberichts ULLI-Bezug hat. Abbildung 1 soll daher nur andeuten, dass ULLI-

Spezifika in allen Teilbereichen eine Rolle spielen können. Wir haben die tatsächliche Relevanz der ULLI-Problematik bei den nachfolgenden Projekten jeweils durch ein entsprechendes Piktogramm dargestellt.

Das „Sustainable Prosumer Lab“ kommt ebenfalls in allen drei Bereichen der Research Area zum Einsatz. Gegenwärtiger Schwerpunkt sind Analysen zum Prosumenten-Verhalten und Präferenzen bezüglich der nachhaltigen Energieerzeugung. Bei allen unseren Forschungsarbeiten zu Energie- und E-mobility- Themen ist der Nachhaltigkeitsbezug immanent.

Darüber hinaus weist unsere Research Area vielfältige weitere Forschungsaktivitäten auf, die allenfalls in einem losen Bezug zu ULLI- und Prosumentenfragen stehen, aber unser Forschungsportfolio in den drei Dimensionen Energie – Mobilität – Umwelt sinnvoll arrondieren.



Gegenstand des vorliegenden Forschungsberichts ist es, die wichtigsten aktuellen und künftigen Aktivitäten der Area-Mitglieder in den oben genannten Feldern im Überblick vorzustellen.

	Energy	Mobility	Environment
ULLIs	<b>Systemisch</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Energiewende</li> <li>Verbrauchsprognosen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entscheidungsprozesse</li> <li>Regulierungen</li> </ul>	<b>Grundlagenforschung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Zeit- und soziale Präferenzen</li> <li>Messung von Effizienz und Wohlstand</li> </ul>
	<b>Individuell</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Retrospektive Betrachtungen</li> <li>Emissions-senkungen</li> <li>Investitionen in Energiewandler-technologien</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Neue Geschäftsmodelle, Pricing</li> <li>Zahlungsbereitschaft f. Attribute von Fahrzeugen mit alternativen Antriebskonzepten</li> </ul>
Sustainable Prosumer Lab	Verhalten von Verbrauchern und Kleinerzeugern	E-mobility	Nachhaltigkeit





Abbildung 1: Übersicht über die Forschungsaktivitäten der Research Area EME

## Legende



### Erste Ebene:

Energy	
Mobility	
Environment	

### Zweite Ebene:

Systemebene	
Akteurebene	
Messungen	
Fallstudien	

### Dritte Ebene:

ULLIs	
Sustainable Prosumer Lab	

## 2 Energy



Den ersten Schwerpunkt unserer Research Area bilden energiewirtschaftliche Themen. Diese sind im Folgenden unterteilt in systemorientierte Analysen und in Forschungsprojekte, die sich mit individuellen Entscheidungen innerhalb dieser Systeme befassen. Gerade im energiewirtschaftlichen Bereich sind einerseits ganzheitliche Betrachtungen der Ener-

gieinfrastruktur unverzichtbar, da Forschungsfragen in der Regel von Netzeffekten und Interdependenzen geprägt sind. Andererseits lässt sich die Energiewirtschaft nur verstehen, wenn die Akteure innerhalb dieser Systeme mit ihren Präferenzen, ihrem Entscheidungsverhalten und ihren Informationsständen eingehend untersucht werden.

### 2.1 Systemorientierte Energieanalysen

#### 2.1.1 Optimale Ressourcennutzung und Hotelling-Regel

Dieses Forschungsvorhaben widmet sich der Frage, inwiefern beim Abbau von endlichen Rohstoffen wie z.B. Öl Eingriffe in den Markt vor dem Hintergrund der ULLI-Problematik gerechtfertigt sein können. Ausgangspunkt der Überlegungen ist die Hotelling-Regel, die den optimalen Abbau von endlichen Ressourcen über die Zeit hinweg beschreibt. Eine Förderung entlang des Hotelling-Pfades ist auch für zukünftige Generationen optimal, denn sie profitieren in bestimmter Weise mehr vom Anlegen aktueller Fördergewinne am Kapitalmarkt als vom Aufsparen des Rohstoffabbaus durch eingeschränkte Förderung. Eine künstliche Verknappung von Rohstoffen hätte demnach allgemein eine wohlfahrtsreduzierende Wirkung.

Eine Voraussetzung für die Herleitung der Hotelling-Regel ist unter anderem, dass die je-

weiligen Entscheidungsträger von einem unbegrenzten Planungshorizont ausgehen. Ist der Planungshorizont hingegen begrenzt, so liegt direkt ein ULLI-Problem vor, wie in der Einleitung dieses Berichts beschrieben, und es stellt sich die Frage nach den sich hieraus ergebenden wohlfahrtstheoretischen Implikationen. In diesem Fall würden real beobachtete Preise und Fördermengen nicht mehr notwendigerweise der Hotelling-Regel entsprechen und könnten somit suboptimal sein. Angedacht ist eine Untersuchung der entsprechenden Implikationen begrenzter Planungshorizonte mit Methoden der experimentellen Wirtschaftsforschung. Auch soll analysiert werden, inwiefern die Hotelling-Annahmen bezüglich Nachfrage- und Kostenstrukturen sowie Substitutionsmöglichkeiten realistisch sind und ob nicht andere Annahmen zu einem



besseren Verständnis der Rohstoffmärkte führen. Dies wiederum könnte als Grundlage für die Entwicklung von Lösungskonzepten zur Vermeidung suboptimaler Nutzung endlicher Ressourcen dienen.

Zeitplan: Experimenterstellung und -durchführung bis Ende März 2015, Auswertung und

### 2.1.2 Elektrische Netze der Zukunft

Es ist geplant, das FCN im Projekt des Forschungscampus Elektrische Netze der Zukunft (FEN) an der komplementären Forschung mit der ökonomischen Bewertung zur Planung und zum Betrieb von Gleichspannungsnetzen zu beteiligen. Der erste inhaltliche Schwerpunkt ist die Technikakzeptanz in der Bevölkerung. Da Gleichspannungsnetze aus heutiger Sicht für den Großteil der Bevölkerung hypothetische Anlagen sind, soll die Akzeptanz im Hinblick auf die Installation von Gleichspannungsnetzen in der Nachbarschaft mit Auswahlexperimenten untersucht werden. Auswahlexperimente werden im Wesentlichen zur empirischen Untersuchung von Zahlungsbereitschaften (*willingness-to-pay*) und/oder Akzeptanzbereitschaften (*willingness-to-accept*) für den Erhalt bzw. die Verhinderung eines bestimmten Gutes oder einer Situation verwendet. Zusammen mit einer regionalökonomischen Diffusions-Analyse zu potentiellen Energie-Erzeugungs- und Nachfragestandorten sowie der ermittelten Präferenzen der regionalen Bevölkerung können Regionen identifiziert werden, die zur Markteinführung von Gleichspannungsnetzen aus Akzeptanzgesichtspunkten prinzipiell geeignet wären.

Gleichspannungsnetze versprechen eine Reihe von technologischen Vorteilen gegenüber

### 2.1.3 Entwicklung der europäischen Energieinfrastruktur

Die Frage, welche Integrationspotentiale das Verflechtungsfeld Energie für Europa bietet und wie sie sich im 20. Jahrhundert entfalten, lässt sich nur mit Hilfe einer langfristigen Perspektive beantworten. Das Paper „Energieströme in Europa 1900/2000. Vom Ressourcen- zum Energiehandel“ stellt hierfür das „Europa der Kohle“ dem „Europa der Elektrizität“ gegenüber: Im 19. Jahrhundert waren es Kohlelieferungen, die zu einer transnationalen Verflechtung führten. Die seither folgenden Entwicklungen lassen sich als tiefgreifender

Veröffentlichung der Ergebnisse als Arbeitspapier bis Ende August 2015.

Externer Partner: Prof. Dr. Daniel Spiro, UiO, Oslo

Ansprechpartner: Prof. Dr. Wolfgang Breuer

herkömmlichen Drehspannungsnetzen, unter anderem eine höhere Effizienz und höhere Flexibilität bei der Übertragung und Verteilung elektrischer Energie. Die gegenwärtige elektrische Energieversorgung basiert allerdings auf der Drehstromtechnologie, abgesehen von wenigen Spezialanwendungen. Der Fokus dieses Teilvorhabens soll dabei auf der Mittelspannungsebene liegen, da auf dieser Ebene signifikante Herausforderungen durch die Energiewende zu erwarten sind und bspw. Große Anteile erneuerbarer Energien angeschlossen werden könnten. Die interdisziplinäre Bewertung der neuen Technologie bildet einen integralen Bestandteil des Projektes. Dabei stehen neben den technischen Aspekten und der ökonomischen Bewertung (insb. Akzeptanz) auch die Bewertung der Umweltverträglichkeit und eventueller Risiken, bspw. durch Feldemissionen, sowie die landschaftliche und gesellschaftliche Integration der Netztechnologie im Vordergrund.

Zeitplan: Beginn des Forschungsprojektes im Oktober 2014.

Externer Partner: <http://www.fen.rwth-aachen.de/cms/~djup/FEN/>

Ansprechpartner: Prof. Dr. Reinhard Madlener



Wandel vom Ressourcen- zum Energiehandel beschreiben. Diese Verschiebung war gleichzeitig mit Veränderungen bei Produktion, Versorgung und Konsum verbunden.

Der Blick in die Energiegeschichte gibt nicht nur Aufschluss über die Relevanz der europäischen Integration für den Energiesektor und den Beitrag von Kohle- und Elektrizitätswirtschaft zur Dynamik der Kooperation, sondern erweitert den Fokus der politikhistorischen Europa-Debatte um die prägenden Bereiche Inf-

rastruktur und Technik. Das Europa der Kohle hatte seinen Höhepunkt im frühen 20. Jahrhundert, verlor dann technisch und ökonomisch langsam an Bedeutung, blieb aber für den Integrationsprozess der 1950er Jahre politisch zentral. Das Europa der Elektrizität entstand nach 1951 durch die „Union pour la coordination de la production et du transport de l'électricité“ (UCPTE) und prägt heute die Debatten um den europäischen Energiesektor. Erst das Zusammenspiel der beiden Integrationspfade erklärt die Entwicklungslogik

der europäischen Energiepolitik und ermöglicht es, den Mehrwert der Energie-Integration zu diskutieren.

Zeitplan: Präsentation des Papers im Juni 2013 auf der Tagung „Europa 1900/Europa 2000. Ein historischer Vergleich nationaler und supranationaler Leistungen“ in Düsseldorf; Veröffentlichung im Tagungsband 2014 in Vorbereitung.

Ansprechpartner: Prof. Dr. Paul Thomes, Dr. Mathias Mutz

#### 2.1.4 Menschliche Aneignung und globale Kapazität an Biomasse

Leben kann nur fern vom thermodynamischen Gleichgewicht existieren, indem ständig hochwertige, d.h. arbeitsfähige Energie zugeführt wird, die dazu dient, Ordnung, also Struktur und Komplexität zu schaffen und zu erhalten. Im Laufe ihrer Geschichte hat es bislang nur zwei „Große Transformationen“ gegeben, welche die Menschheit durch den Zugang zu mehr Energie auf eine wesentlich höhere Entwicklungsstufe brachten.

Bis vor 10.000 Jahren lebten die Jäger und Sammler von durchschnittlich über Jahr und Tag gerechnet 200 bis 400 W (Watt = Joule pro Sekunde) Primärenergieeinsatz pro Person für Nahrung, Kleidung und Feuer. Der Bedarf wurde zu fast 100% durch Biomasse gedeckt, wenn man von der direkten Nutzung der Sonnenstrahlung für Licht und Wärme absieht. Erst mit der Neolithischen Revolution gelang es, durch Ackerbau und Viehzucht Überschussenergie über den täglich notwendigen Eigenbedarf zu erzeugen und so komplexere gesellschaftliche und über die Arbeitsteilung auch wirtschaftliche Strukturen aufzubauen. Durch den Übergang von der einfachen Sammlung der von der Natur (ohne Zutun des Menschen) zur Verfügung gestellten Biomasse zu deren künstlicher Produktion erhöhte sich der durchschnittliche Primärverbrauch an Biomasse im Laufe der Zeit auf 1,3 bis 2,4 kW. Die Industrielle Revolution vor etwa 200 Jahren führte dann zu einer weiteren Vervielfachung (Faktor 5 bis 10 und mehr) des Primärenergieinputs aus der Natur auf heute 6 bis über 20 kW pro Kopf in den Industrieländern. Dies ermöglichte die als „Globalisierung“ bekannte weltweite Arbeitsteilung und Spezialisierung und damit verbundene

enorme Economies of Scale. Dabei wurde die Biomasse für die Bereitstellung von Energiedienstleistungen durch nicht regenerierbare natürliche Rohstoffe ersetzt, zunächst durch Kohle, dann durch Öl und Gas sowie Uran. Speziell der globale Transport basiert heute zu über 95% auf Erdölprodukten. Biomasse macht bei den Energiedienstleistungen nur noch 0,5% aus, nämlich 0,08 Terawatt (TW =  $10^{12}$  W) von 17 TW. In den üblichen Statistiken zum Energiebedarf, z.B. der Weltbank oder der Vereinten Nationen, aber auch von BP, wird nur der Primärenergiebedarf für Energiedienstleistungen ausgewiesen („Bioenergie“). Offizielle Statistiken zur aktuellen oder auch zur historischen menschlichen Aneignung an Biomasse insgesamt, also auch der für Nahrung und technische Hilfsmittel wie Kleidung, Baustoffe, Verpackungen etc. existieren dagegen nicht. Lediglich einige in der wissenschaftlichen Literatur verschiedener Disziplinen verstreute Schätzungen.

Wegen der Knappheit fossiler Rohstoffe sowie des durch ihre Verbrennung hervorgerufenen Klimawandels ist eine dritte Große Transformation unabdingbar, die den aktuellen Einsatz fossiler Rohstoffe durch regenerierbare Energieträger ersetzt. Diese sind in ausreichendem Maße verfügbar und mit den heutigen Techniken bereits nutzbar, wohl werden diese auch bald wirtschaftlich nutzbar sein. Allerdings ist bislang nicht geklärt, inwieweit mit ihnen eine weitere Steigerung des Primärenergieeinsatzes und damit auch ein weiteres Wachstum des Wohlstandes der Menschheit möglich ist. Insbesondere ist unklar, welche Rolle die Biomasse spielen kann und wird, ob sie etwa wieder eine dominante Rolle über-





nimmt wie zu Zeiten vor der Industriellen Revolution. Dass es beim Einsatz von Biomasse zu Nutzungskonkurrenzen wegen Knappheiten kommen kann wurde 2007 bei der „Tortilla-Krise“ in Mexiko deutlich, als der Preis für Mais stark stieg, weil daraus in den USA in erheblichem Umfang Biosprit gewonnen wird.

Das Projekt fragt mittels umfangreicher, transdisziplinärer Literaturrecherchen danach, welche Bedeutung die Biomasse im Kontext anderer Energieträger für die Wertschöpfung in den verschiedenen Stufen der menschlichen Entwicklung gehabt hat. Je nach Definition des Begriffs „menschliche Aneignung“ ergeben sich aktuell Verbräuche der globalen Nettoprimärproduktion (NPP) an Biomasse von 10 bis 34 TW.

Um die Chancen und Risiken einer zukünftigen nachhaltigen Versorgung der Weltwirtschaft mit Biomasse und den Anteil der Bioenergie an der Primärenergie abschätzen zu können, wird dem globalen Verbrauch des

Weiteren die natürliche NPP als ultimativ verfügbare Kapazität gegenübergestellt. Sie wird mit 59 bis 77 TW für terrestrische und 32 bis 57 TW für marine Ökosysteme, insgesamt somit auf 90 bis 130 TW geschätzt. In Bezug auf die Biomasse, die auf den Kontinenten anfällt, eignet sich die Menschheit also schon heute etwa 17 bis 43% an. Das ist kaum noch steigerbar, wenn Biomasse nicht in großem Stil künstlich mittels Sonnenenergie erzeugt werden soll (Bioenergie der 3. Generation).

Zeitplan: Ergebnisse mehrjähriger Recherchen, Publikationen liegen bereits vor.

Publikationen: Beran, L. (2014): The significance of biomass for the creation of wealth. (Dissertation) Verlag Dr. Kovac, Hamburg

Beran, L./Dyckhoff, H. (2014): Biomass capacity for the global economy. In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht 37, Heft 2, S. 111-133

Ansprechpartner: Prof. Dr. Harald Dyckhoff

### 2.1.5 Gestaltung politischer Rahmenbedingungen für den Biokraftstoffsektor

Das Projektvorhaben beschäftigt sich mit der Gestaltung optimaler politischer Rahmenbedingungen für den Biokraftstoffsektor.

Vor dem Hintergrund von Ressourcenknappheit und Klimawandel besteht die Notwendigkeit, den Einsatz fossiler Brennstoffe im Transportsektor zu minimieren. Eine Option hierfür stellt die Substitution fossiler Brennstoffe durch Biokraftstoffe dar. Allerdings resultiert hieraus ein Zielkonflikt zwischen wirtschaftlichen (z.B. Gewinnmaximierung), ökologischen (z.B. CO<sub>2</sub>-Minimierung) und sozialen (z.B. Nahrungsmittelkonkurrenz) Zielen. Vor diesem Hintergrund erfolgt die Analyse des Biokraftstoffsektors mit dem Ziel der Gestaltung effektiver und effizienter politischer Rahmenbedingungen. Hierfür wird ein multikriterielles, mehrperiodiges Optimierungsmodell entwickelt, welches die Emissionen und die Landnutzungsänderungen des Anbaus von Biomasse sowie die mit der Produktion, dem Import und dem Einsatz von Biokraftstoffen verbundenen Wirkungen abbildet. Als Ergebnis erhalten wir Informationen über die bestehenden Trade-Offs zwischen den ökonomischen, ökologischen und sozialen Zielen, welche durch Berechnung der entsprechenden Pareto-effizienten Ränder unter Annahme

eines optimal gestalteten Systems generiert werden. Für die Berechnung des effizienten Randes wird der Augmented- $\epsilon$ -constraint-Ansatz auf das multikriterielle MILP-Modell angewandt.

Das Modell wird auf die Fallstudie des deutschen (Bio-)Dieselmarktes angewandt. Die rechtlichen Regelungen der EU werden hinsichtlich ihrer Effektivität und Effizienz analysiert. Aus den Ergebnissen werden Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen für politische Entscheidungsträger und Investoren abgeleitet.

Zeitplan: Erstellen des Optimierungsmodells sowie Implementierung bis Ende August 2014, Auswertung und Veröffentlichung der Ergebnisse bis Ende September 2014, Erweiterung des Modells hinsichtlich der Berücksichtigung von Planungsunsicherheiten und Ambiguitäten in 2015.

Publikation: Hombach, L.E.; Walther, G. (2013): Evaluation of CO<sub>2</sub> abatement measures for (bio-) fuel production. In: Lecture Notes in Logistics, Springer Verlag (to appear).



Externer Partner: Forschungs Kooperation inkl. Doktorandenaustausch mit Prof. Dr. Taraneh Sowlati, University of British Columbia, Canada.

Ansprechpartner: Prof. Dr. Grit Walther

### 2.1.6 Lokale Energiemärkte

Durch die zunehmende Diffusion von Energieerzeugungseinheiten in privaten Haushalten muss der Umgang mit dezentraler Erzeugung auf die neuen Gegebenheiten angepasst werden. Hierbei sind vor allem die Bereiche der Einsatzplanung und der anschließenden Vergütung relevant. Zurzeit gibt es noch das feste Einspeisungsvergütungssystem, das jedoch ausläuft und durch seine Gestaltung keine Dauerlösung sein kann. Als Alternative wird ein marktbasierter Mechanismus vorgeschlagen, der sich selbst flexibel anpasst. Um diesen erfolgreich zu gestalten, ist ein genaues und differenziertes Verständnis von Konsumentenverhalten im Energiebereich entscheidend. Ein gut designtes Experiment lässt solche Rückschlüsse auf Verhalten und Reaktionen auf Änderungen in der Marktumgebung zu. Daher werden lokale Energieauktionsmärkte mithilfe eines ökonomischen Laborexperimentes, durchgeführt im Experimentallabor der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, ausgewertet. Es zeigt, dass ein Auktionsformat, in dem mehrere Gebote abgegeben werden können, in Bezug auf

die Kosten für den Auktionator wesentlich günstiger ist als ein Format, in dem nur ein Gebot abgegeben werden kann. Gleichzeitig führt jedoch ein Mehrgebotsformat dazu, dass geringere Mengen angeboten werden. Dies kann als Hinweis auf die theoretisch vorhergesagte Kapazitätsrückhaltung gedeutet werden. In unserem Fall hat es jedoch keine Auswirkung auf den Preis und resultiert vermutlich eher aus Kostendruck auf die Anbieter, die teurere Anlagen aus dem Markt nehmen. In jedem untersuchten Szenario wird eine Konvergenz zum Kostenniveau beobachtet, die von der Darstellung von Feedbackinformationen unterstützt wird. Eine weitere wichtige Erkenntnis ist, dass die meisten Teilnehmer Spaß am Bieten in der Auktion hatten, was auf eine mögliche hohe Akzeptanz bei einer späteren Umsetzung in der Praxis deutet.

Zeitplan: laufendes Projekt, Abschluss voraussichtlich Ende 2015.

Ansprechpartner: Prof. Dr. Reinhard Madlener



### 2.1.7 Der Rebound-Effekt

In drei zusammenhängenden Forschungsvorhaben wird untersucht, inwieweit der Rebound-Effekt in zukünftige Politikmaßnahmen als Rechengröße eingeordnet werden muss. Der Rebound-Effekt ist in der Energiewirtschaft seit den 1980er Jahren ein immer wieder auftretendes Problem. Er hat zur Folge, dass Potentiale zur Energieeinsparung, aufgrund von Energieeffizienzsteigerungen nur teilweise realisiert werden. Durch die Analysen in den drei Forschungsvorhaben soll ein umfassendes Bild des Ausmaßes und des Einflusses dieses Effekts gezeichnet werden. Im Folgenden werden die Projekte und die jeweiligen Ziele kurz vorgestellt.

Im Projekt Rebound-E.NRW, gefördert vom Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, werden Rebound-Effekte in verschiedenen Sektoren der Volkswirtschaft untersucht. Dabei sollen direkte und indirekte Effekte erfasst werden. Auch die Rebound-Effekte, die durch internationalen Handel (z.B. von gebrauchten Gütern) im Ausland auftreten, werden dabei in die Betrachtung einbezogen. Ziel des Projekts ist die Quantifizierung der Rebound-Effekte für NRW in verschiedenen Sektoren- und Diensten wie z.B. Individualverkehr, Beleuchtung und Informations- und Kommunikationstechnik. Darauf aufbauend sollen konkrete Handlungsempfehlungen für die Politik herausgearbeitet werden, um Rebound-Effekte



bei regulatorischen Maßnahmen stärker zu berücksichtigen. Dies soll ein genaueres Bild der möglichen Folgen umwelt- und energiepolitischer Eingriffe erlauben. Es stellt somit einen übergeordneten Rahmen für die folgenden beiden Projekte dar.

Ein Projekt im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) geht der Frage nach, welche Rebound-Effekte bei der Sanierung von Büro- und Verwaltungsgebäuden zu erwarten sind, was die Ursachen hierfür sind und wie diese Effekte möglicherweise reduziert werden können. Um diese Fragen zu beantworten wird zunächst eine Methodik zur Ermittlung des Rebound-Effekts und dessen Ursachen in Nichtwohngebäuden entwickelt. Diese wird anschließend in Fallstudien mit drei bis fünf Liegenschaften erprobt. Neben der Ermittlung von gebäudespezifischen Daten werden dabei auch die Nutzer/innen der Gebäude über ihre Präferenzen und Verhaltensweisen befragt. Abschließend werden die erhobenen Daten ausgewertet und Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Methodik sowie zur Reduktion des auftretenden Rebound-Effekts abgeleitet.

In dem dritten Projekt „Analyse des Nutzerverhaltens in energieeffizienten Wohngebäuden“ soll erforscht werden, inwieweit unterschiedliche Verhaltensweisen und Präferenzen der Bewohner nach einer umfassenden energetischen Sanierung von Wohngebäuden oder dem Bezug von energieeffizienten Neu-

bauten Abweichungen der realen Energienachfrage von dem ex ante berechneten Energiebedarf verursachen. Für die Beantwortung der Frage, warum das tatsächliche Verhalten anders ausfallen kann als erwartet, bietet sich ein interdisziplinärer Forschungsansatz an. Neben einer technischen ist eine sozioökonomische und verhaltenswissenschaftliche Analyse des Energieverbrauchsverhaltens notwendig, um umfassende Erklärungsansätze zu erlangen. Ziel dieses Forschungsprojekts ist somit eine Identifikation und Untersuchung der Determinanten, welche hinter dem beobachteten Energieverbrauchsverhalten von Bewohnern stehen.

Zeitplan: Das Projekt Rebound-E.NRW soll im März 2016 abgeschlossen werden, das Projekt „Analyse des Nutzerverhaltens in energieeffizienten Wohngebäuden“ soll im Mai 2015 abgeschlossen werden und das Projekt von BBSR endete in Juli 2014.

Externe Partner: Rebound-E.NRW: RWI Essen; BBSR: IÖW Berlin, BTU Cottbus

Finanzierung: Rebound-E.NRW: MIWF (ETN); Rebound Büro- und Verwaltungsgebäude: BBSR; Analyse Nutzerverhalten Wohngebäude: BMWi.

Ansprechpartner: ETN und BBSR: Prof. Dr. Reinhard Madlener; Rebound-E.NRW: Prof. Dr. Reinhard Madlener (Projektleiter), Prof. Dr. Oliver Lorz

### 2.1.8 Import von Energie und Rohstoffen und institutionelle Qualität in den Erzeugerländern

Die Beobachtung, dass viele ressourcenreiche Länder unter schwachen politischen Institutionen und damit verbundenen Problemen wie Korruption, Enteignungsrisiken, mangelnder demokratischer Willensbildung zu leiden haben, ist unter dem Begriff „Institutional Resource Curse“ in der Literatur seit längerem bekannt. In den letzten Jahren wurden verschiedene Initiativen ins Leben gerufen, um die Transparenz bei der Beschaffung von Energie und Rohstoffen aus bestimmten Ländern zu erhöhen und auf diese Weise dem Resource Curse entgegenzuwirken. Ein prominentes Beispiel ist die Extractive Industries

Transparency Initiative (EITI). Das Forschungsprojekt befasst sich mit den Wirkungen solcher und ähnlicher Initiativen auf die institutionelle Qualität in den Gastländern. Dabei werden zunächst die Wirkungszusammenhänge in einem Modell des internationalen Handels mit Energie und/oder Rohstoffen analysiert. Darauf aufbauend werden verschiedene Politikszenerarien durchgespielt und deren Wirkungen auf die institutionelle Qualität sowie auf ökonomische Größen wie Energie und Rohstoffpreise und auf die Wohlfahrt ermittelt. Es ist geplant, die theoretischen Hy-



pothesen des Modells auch empirisch zu testen.

Zeitplan: 2014-2016.

Externer Partner: Prof. Dr. Carsten Hefeker, Fortschrittskolleg Siegen (FoKoS)

Ansprechpartner: Prof. Dr. Oliver Lorz

## 2.2 Individuelles Entscheidungsverhalten auf Energiemärkten

### 2.2.1 Flexible Kraftwerke

In diesem Projekt werden Flexibilisierungsmöglichkeiten für konventionelle Kraftwerke bewertet. Dies ist notwendig, da moderne Kraftwerke in zunehmender Anzahl an Rentabilität verlieren. Systeme mit einem hohen Anteil fluktuierender erneuerbarer Energiequellen erfordern, dass konventionelle Kraftwerke in der Lage sind, auf diese Schwankungen flexibel zu reagieren. Mit Erfüllung dieser Voraussetzungen können Kraftwerke an neuen Märkten teilnehmen, ihre Betriebsstunden steigern und dazu beitragen, den Klimawandel zu verringern. Letzteres wird auf der einen Seite durch die Unterstützung der erneuerbaren Energien und auf der anderen Seite durch die Möglichkeit, moderne, hocheffiziente Kraftwerke besser auszunutzen, erreicht. Der Ansatz des FCN ist interdisziplinär, so dass sowohl technische als auch wirtschaftliche Handlungsmöglichkeiten betrachtet werden. Leistungselektronik in Verbindung mit Speichersystemen ermöglicht die Verschiebung der Betriebspunkte ohne große Wirkungsgradverluste. Der Geldwert solcher Veränderungen, welche die Kraftwerksflexibilität verbessern, sowie die Möglichkeit, das Kraftwerk zu veräußern, werden mit Realoptionen-Modellierung untersucht. Insbeson-

dere werden die beiden Handlungsmöglichkeiten Verkauf der Anlage und Investition in Flexibilität detailliert modelliert. Dabei wird darauf geachtet, dass verschiedene (Groß-) Energieerzeugungstechnologien, einschließlich Gaskraftwerken, untersucht werden können. Als erstes wird die Desinvestitions-Option betrachtet, wobei der optimale Zeitpunkt ein wesentlicher Parameter für den maximalen Gewinn ist. Ein wichtiger Einfluss ist der Kraftstoffpreis, der signifikante Auswirkung auf den Wiederverkaufspreis der Komponenten durch die erwarteten künftigen Gewinne des Käufers hat. Die zweite Option berücksichtigt die Möglichkeit, den Betrieb des bestehenden Kraftwerks durch zusätzliche Komponenten wie Leistungselektronik, Speichersysteme oder Upgrades bestehender Komponenten flexibler zu gestalten. Durch die Möglichkeit ein Kraftwerk effizienter zu steuern, können Märkte, in denen Anfahrzeiten entscheidend sind, leichter adressiert werden.

Zeitplan: Das Projekt soll Ende 2015 abgeschlossen werden.

Finanzierung: E.ON ERC gGmbH

Ansprechpartner: Prof. Dr. Reinhard Madlener, Dr. Barbara Glensk



### 2.2.2 Historisch-basierte Analyse langfristiger Investitionsentscheidungen am Beispiel eines regionalen Energieversorgers

Das Projekt "Energiewenden in Unternehmen. Die Versorgungsnetze der STAWAG zwischen wechselnden Energieoptionen und langfristigen Investitionsentscheidungen, 1838-2013" wurde als Pfadfinderprojekt von unserer Research Area mitfinanziert. Die historisch basierte Fallstudie identifiziert, analysiert und bewertet in einer Langfristperspektive und unter Einbeziehung der allgemeinen Rahmenbedingungen Entscheidungsprozesse eines Unternehmens am Beispiel

der Stadtwerke Aachen AG (STAWAG). Als Energie- und Infrastrukturanbieter sah sich das Unternehmen mit zunehmend komplexen und ambigen Systementscheidungen konfrontiert, die jeweils mit gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Weichenstellungen korrespondierten. Auf der Basis erstmals systematisch ausgewerteter unternehmensinterner Primärquellen und Experteninterviews mit Entscheidern wird der Umgang mit dem wachsenden Planungsrisiko anhand



ausgewählter realer Entscheidungssituationen untersucht, die für die Auswahl eines bestimmten Wärmeversorgungssystems zu treffen sind.

Den zeitlichen Schwerpunkt der Untersuchung bilden die 1980er Jahre, als grundlegende Entscheidungen über die Fernwärmeinfrastruktur getroffen wurden. Das generelle Ziel definierte sich darin, gesicherte Informationen über den Ablauf von Entscheidungsprozessen zu generieren. Speziell geht es erstens um die Identifikation entscheidungsrelevanter Parameter, zweitens um die Identifikation und Bewertung von Pfadabhängigkeiten (theoretischer Bezugsrahmen) und drittens um Planungs-Tools mit der Funktion mit Unsicherheiten umzugehen, ULLI-Planung zu optimieren und Fehlentscheidungen entgegenzusteuern.

Das Pathfinder-Projekt ist abgeschlossen. Ergebnisse wurden im Oktober 2013 auf der Konferenz des Projekthauses IMF (Interdisci-

plinary Management Factory) zum Thema "Management bei Unsicherheit und Komplexität" und auf der Konferenz des EME-Research Areas „Ultra-long investments – A new research field?“ präsentiert. Unter dem Titel "Strategic ULLI-Planning: A Hermeneutic Historically Based Case Study on a Regional Energy Provider" wurde ein Paper zur Publikation in einem Sonderheft des „Journals of Business Economics“ eingereicht. Momentan entsteht auf der Basis des bisherigen Modells einer pfadabhängigen Entwicklung, erweitert um die Stufe der „path disruption“, eine weitere Studie mit der Intention, ein qualitatives, historisch basiertes Analysemodell in die quantitative ULLI-Forschung zu integrieren.

Zeitplan: abgeschlossenes Pathfinder-Projekt (Paper eingereicht); Durchführung eines Nachfolgeprojekts (Abschluss 2015)

Externer Partner: Stadtwerke Aachen AG (STAWAG)

Ansprechpartner: Prof. Dr. Paul Thomes

### 2.2.3 Private Haushalte als Schlüsselakteure einer Transformation des Energiesystems

Lange Zeit waren private Haushalte ausschließlich als Nachfrager auf dem Energiemarkt vertreten. Inzwischen sind viele Haushalte jedoch nicht mehr nur reine Konsumenten von Energie, sondern produzieren diese für sich selbst und für andere. Sie sind sogenannte „Prosumer-Haushalte“. Einerseits erhöhen Prosumer-Haushalte die Komplexität des gesamten Energiesystems, andererseits bieten sie möglicherweise das Potential, Teil der Lösung für anstehende Probleme beim Transformationsprozess des Energiesystems zu sein, etwa die zunehmende Fluktuation im Stromangebot durch Wind- und Solarenergie. Gegenwärtig sind jedoch viele grundsätzliche Fragen rund um Prosumer-Haushalte und die veränderte Rolle von privaten Haushalten im Energiesystem offen. Diese Unsicherheit spiegelt sich auch in den zur Politikberatung eingesetzten volkswirtschaftlichen und energieökonomischen Modellen wider. Sie können die neue Rolle der Haushalte weder auf der Erzeugungs- noch auf der Nachfrage- bzw. Verbrauchsseite adäquat abbilden. Dies liegt unter anderem daran, dass die dafür nötige empirische Validierung bislang erst in Ansätzen existiert.

Mit einem Auswahllexperiment werden die Präferenzen von privaten „Prosumer-Haushalten“ für die zukünftige Rolle im Energiesystem sowie deren Potenziale für eine sozialökologische Energiewende analysiert. Zu den möglichen Untersuchungsgegenständen zählen z.B. die Rolle des Eigenverbrauchs, Einstellungen zur Direktvermarktung, lastabhängige Tarife und Demand Side Management, oder Möglichkeiten zur Bereitstellung von Netz- und Systemdienstleistungen. Auf diesen Ergebnissen aufbauend wird ab dem Sommer 2014 mit der Modellierung von Technologiediffusionspfaden von innovativen Energieerzeugungs- und Speichertechnologien für Prosumer-Haushalte begonnen. Zusammen mit den ermittelten Präferenzen erfolgt mit Hilfe einer regionalökonomischen Diffusions-Analyse eine erste Schätzung des Prosumer-Potentials in Deutschland.

Ziel des Projektes ist es, auf dieser Basis Empfehlungen zu formulieren, die dabei helfen, die Rahmenbedingen für eine sozialökologische Transformation des Energiesystems auszugestalten. Diese sollten die Restriktionen, Bedürfnisse und Verhaltensweisen privater Haushalte in ihrer Vielfalt berücksichtigen



und gleichzeitig die ökologischen und ökonomischen Zielkonflikte zwischen der Einzel- und der volkswirtschaftlichen Ebene reflektieren.

Zeitplan: April 2013 – März 2016; Durchführung Auswahlexperiment im August 2014, Erstellung einer ersten Auswertung bis Oktober

#### 2.2.4 Analyse von Lastmanagementinstrumenten für die Energienachfrage im Haushaltssektor

In diesem Forschungsvorhaben werden die Auswirkungen von Instrumenten des Lastmanagements auf die Energienachfrage des Haushaltssektors untersucht. Insbesondere soll hierbei die Einbindung innovativer energieintensiver Technologien berücksichtigt werden.

Der deutsche Energiemarkt ist zunehmend von einem hohen Anteil erneuerbarer Energien geprägt, die zu nicht steuerbaren Fluktuationen der Einspeisung elektrischer Energie führen. Dem gegenüber steht auch auf der Verbrauchsseite eine zunehmende Fluktuation der Energienachfrage durch die Diffusion energieintensiver Technologien wie batterieelektrischer Fahrzeuge, Wärmepumpen und Mikroblokheizkraftwerke. Diese Technologien führen durch das hohe Gleichzeitigkeitspotential der Nutzung zu weiteren Schwankungen und Spitzen der Nachfrage und damit zu höheren Kosten des Ausgleichs aus Energieangebot und -nachfrage. Zur Unterstützung dieses Ausgleichs können Energieversorger das Nachfrageverhalten durch Lastmanagement beeinflussen. Lastmanagement umfasst verschiedene Instrumente, die durch Anreize oder direkte Gerätesteuern zu einer Veränderung des Lastgangs im Tagesverlauf beitragen können. Diese Instrumente können grundsätzlich zur Reduktion und zu Verschiebungen des Energieverbrauchs sowie zur Speicherung und Substitution von Energieträgern führen.

Vor diesem Hintergrund besteht das Ziel des Projektes in der Entwicklung einer Methodik

2014. Beginn Diffusionsanalyse im Sommer 2014.

Externer Partner: <http://www.prosumer-haushalte.de/>

Fianzierung: BMBF FKZ: 01UN1209

Ansprechpartner: Prof. Dr. Reinhard Madlner, Dr. Christian Oberst

zur Untersuchung der Auswirkungen von anreiz- und steuerungs-basierten Instrumenten des Lastmanagements auf die Energienachfrage von Privathaushalten. Es wird ein Bottom-up-Modell entwickelt, welches die Ausstattung und Funktion jedes Gerätes verursachergerecht abbildet. Durch explizite Erfassung der in Haushalten zum Einsatz kommenden Energieträger und Geräte können Speicherung und Substitution abgebildet werden. Reaktionen auf Lastmanagementinstrumente werden durch explizite Modellierung und Anpassung von Gerätenutzung berücksichtigt.

Zeitplan: Auswertung der Ergebnisse Anfang August 2014, Präsentation Anfang September 2014, Fertigstellung bis Ende September 2014.

Publikationen: Bock, M.; Walther, G. (2014): Balancing of Energy Supply and Residential Demand In: Helber, S. et al. (Hrsg): Operations Research Proceedings 2012 - Selected Papers of the Annual International Conference of the German Operations Research Society (GOR), Springer Verlag, S. 443-448.

Bock, M.; Walther, G. (2014): Agentenbasierte Simulation zur Abbildung der Energienachfrage in Privathaushalten In: Kunze/Fichtner (Hrsg.): Einsatz von OR-Verfahren zur Analyse von Fragestellungen im Umweltbereich, Shaker Verlag, Aachen, 2014. S. 85 - 100

Ansprechpartner: Prof. Dr. Grit Walther



## 2.2.5 Emissionshandel und Managementpraktiken

Der europäische Emissionshandel spielt eine zentrale Rolle bei der Reduktion von Treibhausgasen in der europäischen Industrie. Unternehmen können auf die Herausforderungen des Emissionshandels mit verschiedenen Strategien reagieren:

- Investitionen in Vermeidungstechnologien,
- Steigerung der Prozesseffizienz,
- Technologische und organisatorische Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz,
- Kauf von zusätzlichen Emissionsberechtigungen,
- Reaktive bzw. proaktive Veränderung des Produktprogramms,
- Veränderung des Energieträgermixes,

- Gestaltung der unternehmensübergreifenden Prozesskette inklusive Prozessverlagerungen.

Die Ausgestaltung und die Anwendungshäufigkeit der verschiedenen Strategietypen werden im Rahmen einer empirischen Studie erhoben. Dabei werden die für die Unternehmen relevanten Kontextfaktoren (z.B. Branche, Einfluss von Anspruchsgruppen, Rechtsicherheit), die Managementpraktiken inklusive des Greenhouse Gases Performance Management sowie die Auswirkungen auf den „Carbon Footprint“ (GHG Performance) und die bestehenden Kausalketten untersucht.

Zeitplan: 2013-2016.

Ansprechpartner: Prof. Dr. Peter Letmathe.



## 2.2.6 Analyse und Bewertung industrieller Energieeffizienzmaßnahmen am Beispiel von Druckluftsystemen

Im Rahmen dieses Projektes erfolgt die Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems zur Analyse und Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen in industriellen Druckluftsystemen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Entscheidungskriterien, mehrerer Entscheidungsträger sowie von Unsicherheiten. Insgesamt gilt die Verbesserung der Energieeffizienz als einer der kostengünstigsten Wege, um die energetische Versorgungssicherheit zu verbessern und um Treibhausgas- und andere Schadstoffemissionen zu reduzieren. Die Drucklufttechnik bietet sich hierfür als Querschnittstechnologie besonders an, Schätzungen zufolge sind rund 7 % des deutschen Industriestrombedarfs auf die Druckluftversorgung zurückzuführen.

Der entwickelte Ansatz ermöglicht die techno-ökonomische Modellierung von Druckluftsystemen und potenzieller Energieeffizienzmaßnahmen sowie eine ganzheitliche Bewertung der Energieeffizienzmaßnahmen anhand verschiedener entscheidungsrelevanter Kriterien. Hierbei erfolgt die Bewertung der Maßnahmen unter der Berücksichtigung von Unsicherheiten aus der Perspektive einzelner Ent-

scheidungsträger und der Gruppe aller Entscheidungsträger.

Zeitplan: Fertigstellung der Dissertation 2014, Veröffentlichung in Zeitschrift 2015

Publikationen: Hirzel, S.; Walther, G. (2014): Evaluation of Energy Efficiency Measures in Compressed Air Systems: A PROMETHEE Approach for Groups Facing Uncertainty In: Helber, S. et al. (Hrsg.): Operations Research Proceedings 2012 - Selected Papers of the Annual International Conference of the German Operations Research Society (GOR), Springer Verlag, S. 57-62.

Hirzel, S.; Walther, G. (2014): Entscheidungsunterstützung zur Auswahl von Energieeffizienzmaßnahmen für industrielle Druckluftsysteme In: Kunze/Fichtner (Hrsg.): Einsatz von OR-Verfahren zur Analyse von Fragestellungen im Umweltbereich, Shaker Verlag, Aachen, 2014. S. 17 – 34.

Externer Partner: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe

Ansprechpartner: Prof. Dr. Grit Walther



## 2.2.7 Ökonomische Erwartungen und technologischer Wandel in historischer Perspektive



Im Rahmen des Schwerpunktprogramms der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) „Erfahrung und Erwartung. Historische Grundlagen ökonomischen Handelns“ bereitet das Lehr- und Forschungsgebiet Wirtschafts-, Sozial- und Technologiegeschichte bis November 2014 einen Projektantrag zur Erwartungsbildung bei Investitionen und Prognosen im Energiesektor vor. Technologischer Wandel und seine gesellschaftliche Aneignung können gleichermaßen langfristige Verschiebungen und kurzfristige Brüche in der ökonomischen Erwartungsbildung verursachen. Schließlich gelten technische Innovationen als wichtige Grundlage von Wachstumsprozessen, gleichzeitig können sie sich jedoch auch als Sackgasse erweisen. Innovationserfolg hängt nicht zuletzt von politischen und kulturellen Rahmenbedingungen und wechselnden Beurteilungen von Technologiechancen und -risiken ab. Besonders kritisch sind solche Entscheidungssituationen im Bereich ultralanglebiger Wirtschaftsgüter. Dies führt nicht nur zu Versuchen, den technologischen Wandel zu rationalisieren, d.h. erklärbar und vorhersagbar zu machen, sondern auch zu Ansätzen, ihn steuern und planen zu wollen.

Fallstudien zum historischen Umgang mit Innovationsprozessen und Technologieentscheidungen bieten deshalb ein wichtiges Reservoir an Wissen für das Verständnis öko-

nomischer Erwartungen. Gerade der Energiesektor ermöglicht Zugänge von Produzenten- und Konsumentenseite sowie auf der Mikro- und Makroebene. Aus historischer Perspektive interessiert dabei, wie sich die Grundlagen der Entscheidungsfindung im Zeitverlauf verändern und sich darin gegebenenfalls eine neue Reflexivität wirtschaftlichen Handelns zeigt. Antworten auf diese Fragen helfen einer gegenwartsbezogenen Forschung, vorherrschende Strategiemuster herauszuarbeiten, realitätsnahe Szenarien zu entwickeln, Pfadabhängigkeiten zu identifizieren und Instrumente der Risikominderung zu evaluieren.

Als konkreter Untersuchungsgegenstand sollen Energieprognosen sowie ihre Entstehungs- und Verwendungsgeschichte dienen. Sie sind eine wichtige Grundlage politischer und ökonomischer Planungen, deren Grenzen allerdings auch immer wieder aufgezeigt wurden. Sie bieten zudem einen Ausgangspunkt, um den Wandel der politisch-gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und ihrer Bedeutung für die Erwartungsbildung der Unternehmen und die Konsumentenpräferenzen zu diskutieren.

Zeitplan: Antragsstellung bis November 2014, geplante Projektlaufzeit von 3 Jahre

Ansprechpartner: Prof. Dr. Paul Thomes, Dr. Mathias Mutz

## 3 Mobility



Das Themenfeld Mobility setzt sich gleich in mehreren Forschungsvorhaben mit Fragen sowohl zur generellen Gestaltung der Verkehrsinfrastruktur aus einer gesamtheitlichen, systemorientierten Perspektive als auch zur Mobilität aus individueller Sicht auseinander. Dabei betreffen die Forschungsansätze zur Analyse individueller Entscheidungsträger vor allem die Frage, inwiefern gesamtgesellschaftlich gewünschte Entscheidungen durch intelligente Anreizgestaltung herbeigeführt

werden können. Auf diese Weise liegt natürlich unmittelbar eine Verbindung auch zum ersten Forschungsschwerpunkt im Bereich Mobility vor, ist doch das Verhalten von Individuen bei Mobilitätsentscheidungen (ähnlich wie im Gebiet Energy) ein wichtiger Baustein für das Treffen adäquater Infrastrukturmaßnahmen. Einen generellen inhaltlichen Schwerpunkt bei der Analyse des individuellen Entscheidungsverhaltens bilden dabei Fragen der Elektromobilität.



## 3.1 Systemorientierte Analyse von Entscheidungen zur Verkehrsinfrastruktur

### 3.1.1 Gruppen- vs. Individualentscheidungen bei Infrastrukturprojekten

Kosten- und Zeitüberschreitungen bei Infrastrukturprojekten sind ein Phänomen, das seit vielen Jahrzehnten in nahezu allen Ländern beobachtet werden kann und immer wieder wie etwa im Rahmen des geplanten neuen Flughafens Berlin-Brandenburg die Gemüter erhitzt. Warum kommt es immer wieder zu solchen drastischen Fehlplanungen bei Infrastrukturprojekten, die große finanzielle und zeitliche Belastungen – nicht nur für die Entscheidungsträger, sondern für die gesamte Gesellschaft – nach sich ziehen? Welche Einflussgrößen begünstigen infrastrukturelle Fehlplanungen? Die Beantwortung dieser Fragen und die Erarbeitung von Implikationen für Entscheider, um das Risiko für Fehlplanungen zu verringern, stehen im Zentrum dieses erstmalig durchgeführten experimentellen Forschungsprojekts.

Infrastrukturelle Entscheidungen werden oftmals gemeinschaftlich durch Gruppen in Form von politischen Gremien oder Firmenvorständen getroffen, kurz: „Gruppenentscheidungen“. Im Zuge des zunehmenden Bedürfnisses von Bürgern, bei Großprojektentscheidungen etwa über Bürgerentscheide zu partizipieren, stellt sich die Frage, ob solche „dezentralen“ Entscheidungen auf Basis der Aggregation von Individualurteilen, kurz: „Individualentscheidungen“, zu besseren Resultaten führen als Gruppenentscheidungen. Hierbei dürfte der Entscheidungskontext eine wesentliche Rolle spielen. Oftmals stehen verschiedene Planungskonzepte für infrastrukturelle

Großprojekte innerhalb von oder zwischen Regionen im Wettbewerb. Diese Konkurrenz zwischen Entscheidern könnte einen Einfluss auf ihre Infrastrukturentscheidungen haben. In unserem Forschungsprojekt soll deshalb der Einfluss der Entscheidungsform (Gruppen- vs. Individualentscheidung) und des Entscheidungskontextes (Wettbewerb vs. kein Wettbewerb mit anderen Entscheidern) bei ultralangfristigen Investitionen erstmals experimentell untersucht werden.

Wir erwarten, dass Gruppen bessere Entscheidungen treffen als Individuen, sofern sie sich in keiner Wettbewerbssituation befinden, da sie rationaler agieren. Wenn Gruppen indes untereinander im Wettbewerb stehen, vermuten wir, dass sie schlechtere Entscheidungen treffen als Individuen aufgrund einer Fokussierung auf den Wettbewerb.

Die Ergebnisse der vorgeschlagenen Verhaltensexperimente verbessern das Verständnis von und die Vorhersagemöglichkeiten für Entscheidungen in unsicheren und komplexen Situationen, wie sie bei Infrastrukturprojekten auftreten. Darüber hinaus lassen sich aus den Ergebnissen Empfehlungen ableiten, wie Planungsfehler vermieden werden können.

Zeitplan: Experimentdurchführung bis Ende März 2015, Erstellung einer ersten Auswertung bis Ende August 2015.

Ansprechpartner: Jun.-Prof. Dr. Robert Böhm, Prof. Dr. Wolfgang Breuer, Jun.-Prof. Dr. Bertram Steininger



### 3.1.2 Die Innovations(un)fähigkeit städtischer Mobilitätssysteme. Ein historisch-soziologischer Ansatz am Beispiel der Aachener Straßenbahn

Angesichts gravierender Verkehrs- und Umweltprobleme sehen sich viele Städte mit der Herausforderung konfrontiert, die bestehende Verkehrsinfrastruktur im Sinne von Effizienz und Nachhaltigkeit zu optimieren. Daraus ergibt sich in erster Linie das Problem, wie sich Infrastrukturveränderungen herbeiführen lassen, d.h., welche Faktoren Infrastrukturent-

scheidungen begünstigen bzw. hemmen. Die Analyse dieser Fragestellung erfolgt hier anhand verschiedener historischer Case Studies zum Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV), wobei die (Wieder-) Einführung und Abschaffung von Straßenbahnen in deutschen Großstädten im Mittelpunkt stehen.



Ein repräsentatives Beispiel für die ÖPNV-Entwicklung ist das Verkehrssystem der Stadt Aachen. Die Stadt besaß zu Beginn des 20. Jahrhunderts das viertgrößte Straßenbahnnetz Deutschlands. Ebenso wie es zahlreiche andere Städte bis in die 1970er Jahre taten, schaffte Aachen 1972 die Straßenbahn als Verkehrsmittel ab. Danach keimte das Interesse an der Wiedereinführung einer Straßen- oder auch Stadtbahn als Ergänzung des ÖPNV-Angebots zu verschiedenen Zeitpunkten immer wieder auf. Doch im Gegensatz zu Städten, die sich für eine Revitalisierung des Straßenbahnkonzepts entschieden (z.B. Oberhausen, Saarbrücken), geschah dies in Aachen bisher nach der Ablehnung durch einen Bürgerentscheid 2013 nicht.

Das Projekt versucht, solche Entwicklungspfade zu analysieren und zu erklären, wobei

der ÖPNV hier als großtechnisches System verstanden werden kann. Die Untersuchung nutzt Methoden und theoretische Ansätze aus den Science- and Technology-Studies, die durch die Ergebnisse des Projektes erweitert werden. Die Veränderungsentscheidungen und relevanten prägenden Faktoren werden aus einer Multi-Level-Perspective modelliert. Durch den qualitativen Vergleich von Entscheidungssituationen in verschiedenen historischen Kontexten rücken Veränderungen im soziotechnischen Regime und in der soziotechnischen Landschaft in den Blick, die zu einem „window of opportunity“ für Infrastrukturveränderungen führen.

Zeitplan: laufendes Projekt, Abschluss voraussichtlich 2016

Ansprechpartner: Prof. Dr. Paul Thomes

### 3.1.3 Strategische Optionen der Automobilindustrie für die Migration nachhaltiger Antriebstechnologien

Alternativ angetriebene Fahrzeuge wie Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge erscheinen als vielversprechende Möglichkeit, individuelle Mobilität nachhaltig zu gestalten. Aussagen darüber, ob und wann sich diese Fahrzeuge im Markt durchsetzen und mit welchen ökonomischen, ökologischen und sozialen Konsequenzen dies verbunden ist, erweisen sich derzeit jedoch als schwierig. Dies liegt zum einen an der unsicheren technologischen Entwicklung der Antriebskonzepte und zum anderen an den Unsicherheiten hinsichtlich zukünftiger Entscheidungen der Politik, der Automobilhersteller und des Verhaltens von Fahrzeugkäufern.

Vor diesem Hintergrund bestand das methodische Ziel des BMBF-geförderten Projekts darin, verbesserte wirtschaftswissenschaftliche Modelle zur Entscheidungsunterstützung der Akteure des Automobilsektors (Politik, Hersteller und Nachfrager) zu entwickeln. Die Integration der Modelle zu einem Gesamtmodell ermöglicht die ganzheitliche Analyse der Automobilmarktentwicklung und der damit verbundenen Auswirkungen unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten. Die generischen Modelle wurden sowohl für den gesättigten deutschen als auch für den noch wachsenden chi-

nesischen Markt implementiert. Das inhaltliche Ziel des Projektes bestand darin, mit Hilfe der entwickelten Modelle die Abschätzung verschiedener Szenarien der Marktdurchdringung alternativer Antriebstechnologien und der damit verbundenen ökonomischen, ökologischen und sozialen Konsequenzen zu ermöglichen.

Basierend auf den Szenarien wurden Handlungsempfehlungen an politische Entscheidungsträger und Automobilhersteller abgeleitet. Für politische Entscheidungsträger betreffen diese den vorteilhaften Einsatz und die Ausgestaltung politischer Instrumente zur Beeinflussung von Kunden und Automobilherstellern. An Automobilhersteller wurden Empfehlungen hinsichtlich der Attraktivität der verschiedenen Antriebstechnologien und vorteilhafter Strategien für ihre Integration in das bestehende Fahrzeugportfolio gegeben.

Durch die Gegenüberstellung des deutschen und des chinesischen Marktes konnten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, unter welchen Voraussetzungen sich verschiedene Herstellerstrategien und politische Instrumente als besonders erfolgsversprechend erweisen.



Zeitplan: Projektlaufzeit 2010-2013, Transferworkshop am 16.12.2013, weitere Projektveröffentlichungen in 2014 geplant, weitere Informationen siehe <http://www.strom-sustainability.de/>.

Publikation: Herrmann, Ch.; Kieckhäfer, K; Mennenga, M.; Raichur, V.; Skerlos, S.; Stehr, J.; Spengler, T.; Walther, G. (2012): A framework to analyze the reduction potential of life cycle carbon dioxide emissions of passenger cars In: Dornveld, D. A.; Linke, B. S. (Hrsg.): Leveraging technology for a sustainable world. Proceedings of the 19th CIRP Confer-

ence on Life Cycle Engineering, Springer, Berlin, 55–60.

Finanzierung: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Externe Partner: Prof. Dr. Thomas Spengler, Prof. Dr. Christoph Herrmann, TU Braunschweig, Prof. Dr. Gernot Sieg, Universität Münster, Prof. Dr. Steve Skerlos University of Michigan, Volkswagen AG.

Ansprechpartner: Prof. Dr. Grit Walther

### 3.1.4 Regulierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen neuer PKW in der Europäischen Union nach 2020

In diesem Forschungsprojekt wurden in Kooperation mit der TU Braunschweig und dem Karlsruher Institut für Technologie verschiedene Optionen zur Regulierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen neuer PKW für den Zeitraum nach 2020 analysiert und bewertet.

Die derzeitige EU-Regulierung für CO<sub>2</sub>-Emissionen neuer PKW – (EC) No. 443/2009 – ist als ordnungsrechtliche Outputauflage ausgestaltet und schreibt für die Neuwagenflotte eines Herstellers einen gewichtsabhängigen Flottenemissionswert vor. Dieser Emissionszielwert beträgt für das Jahr 2023 durchschnittlich 95 g CO<sub>2</sub>/km – in Abhängigkeit von der Flottenzusammensetzung. Hierbei wird eine lineare Fortschreibung des Emissionszielwerts für konventionelle Fahrzeuge ab einem bestimmten Zeitpunkt nicht mehr mit rein technischen Maßnahmen erreichbar sein. Deswegen und aufgrund der langen Entwicklungszyklen in der Automobilindustrie wird auf europäischer Ebene bereits jetzt über die Ausgestaltung der ab 2023 gültigen Regulierung diskutiert. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden alternative Gestaltungsmöglichkeiten des Grenzwertes sowie eine Erweiterung des europäischen Emissionshandels als mögliche Regulierungsoptionen für den Zeitraum nach 2020 untersucht und der derzeitigen gewichtsbasierten Regulierung gegenübergestellt.

Dazu wurden die Kategorien Neutralität, Implementierbarkeit, Zielerreichung, gesamtwirtschaftliche Effekte und Anwendbarkeit definiert und jede Regulierungsoption wurde anhand von 25 Unterkriterien auf einer fünfstufigen Skala (von „am wenigsten geeignet“ bis „am besten geeignet“) bewertet.

Als vielversprechendste Regulierungsoptionen wurden ein Energieverbrauchsstandard sowie die Einbeziehung der Automobilindustrie in den europäischen Emissionshandel identifiziert. Darüber hinaus wurden Kombinationen aus Emissionsgrenzwert und Emissionshandel skizziert sowie mit ihren Vor- und Nachteilen als neues Regulierungskonzept vorgestellt.

Zeitplan: Laufzeit des Projektes 2013, Präsentation der Ergebnisse beim Auftraggeber und auf europäischer Ebene (Januar – April 2014), Veröffentlichung der Studie (geplant für 2014), Veröffentlichung der wissenschaftlichen Erkenntnisse in einer Fachzeitschrift (geplant für 2015)

Externe Partner: Karlsruher Institut für Technologie, TU Braunschweig, Verband der deutschen Automobilindustrie

Ansprechpartner: Prof. Dr. Grit Walther



### 3.1.5 Erprobung von E-Mobilität im Flottenbetrieb

In Zeiten beständig hoher Kraftstoffpreise und strenger werdender Gesetzgebungen hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen und der städtischen Luftqualität, steht dem Verkehrssektor, mit seiner fast vollständigen Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen, in den kommenden Jahren ein radikaler Wandel bevor. Dies gilt insbesondere für den Logistiksektor, welcher stark auf Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren beruht. In diesem Zusammenhang ist der Ersatz von konventionell angetriebenen Lieferwagenflotten durch alternativ angetriebene Fahrzeuge unerlässlich. Insbesondere elektrische Antriebstechnologien haben das Potenzial, eine wichtige Rolle in der Reorganisation von Fahrzeugflotten zu spielen, da ihre typischen Nachteile (begrenzte Reichweite und geringe Geschwindigkeit) in städtischen Fahrzyklen nicht ins Gewicht fallen, während die bekannten Vorteile (wirtschaftliche Effizienz und (lokale) Emissionsfreiheit) vollständig erhalten bleiben.

Ziel dieses Forschungsprojekts ist es, die betriebliche Eignung einer großen Flotte von Elektrokleintransportern unter einer Vielzahl von Betriebsbedingungen (Jahreszeit, Tageskilometer, Ladestrategien) und über einen langen Zeitraum zu identifizieren.

Hierbei liegt ein Hauptaugenmerk auf der wirtschaftlichen und ökologischen Bewertung der Umstellung auf eine Elektrofahrzeugflotte. Es werden verschiedene methodische Ansätze angewendet, wie z. B.:

1. Optimierung der Batterieladestrategien in Bezug auf zahlreiche Rahmenbedingungen, z. B. den Kosten für die Ladeinfrastruktur, den Strompreisen, der Batterieal-

terung, dem Nutzerverhalten, dem Stromnetz und dem Fahrprofil;

2. Berechnung der wirtschaftlich optimalen Strategie für eine Fahrzeugflottenumstellung von herkömmlichen auf elektrisch angetriebene Fahrzeuge über die Zeit, wobei die Unsicherheit bezüglich zukünftiger Entwicklungen von Batterie- und Strompreisen explizit berücksichtigt werden;
3. Lebenszyklusanalyse von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, unter Berücksichtigung des Einflusses von Änderungen in den Rahmenbedingungen auf die Treibhausgasemissionen und
4. Untersuchung der Ladestrategien, die unterschiedliche Auswirkungen bzgl. Netzanschlusskosten, Elektrizitätserzeugungskosten und Kraftwerksemissionen bewirken.

Der abschließende Schwerpunkt des Projekts ist es, die Ergebnisse dieser umfassenden Bewertung für wissenschaftsbasierte Politikempfehlungen und die Unterstützung von Unternehmen bei der Umstellung ihrer Fahrzeugflotten auf Elektrofahrzeuge zu verwenden.

Zeitplan: Juli 2012 bis Juni 2016

Externe Partner: Deutsche Post Lehrstuhl für Optimierung von Logistiknetzwerken (RWTH), Institute for Power Generation and Storage (PGS) / Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA), Langmatz GmbH

Finanzierung: BMUB 16EM1032

Ansprechpartner: Prof. Dr. Reinhard Madlener



## 3.2 Individuelles Mobilitätsverhalten und Anreizsetzung

### 3.2.1 Geschäftsmodelle der Elektromobilität: Parkinfrastruktur (eMERGE I)

Für die erfolgreiche Marktdiffusion von Elektromobilität ist die Schaffung einer geeigneten Ladeinfrastruktur unerlässlich. Dabei bietet es sich an, Parkzeiten für das Laden der Batterien von Elektrofahrzeugen zu nutzen. Allerdings müssen die Parkplätze dafür mit erheblichem Aufwand umgerüstet werden. Auch muss die Stromabnahme mit den Energiever-

sorgungsunternehmen vertraglich geregelt und mit den Endkunden rechtssicher sowie transparent abgerechnet werden. Aus Sicht des Betreibers sind neben der Lage der Parkplätze, die Verfügbarkeit der Ladesäulen und das Pricingmodell von großer Bedeutung. Unser Vorhaben konzentriert sich auf das Pricingmodell als relevante Größe für die Ge-



schäftsmodellierung von Parkhausbetreibern und die Kundenattraktivität der angebotenen Ladeinfrastruktur. Dafür werden verschiedene Geschäftsmodelle formalisiert und im Rahmen eines simulierten Parkhausbetriebs bewertet. Die untersuchten Pricingmodelle umfassen Pay-per-Use-Modelle (separate Abrechnung von Parken und Stromabnahme), zeitbezogene Modelle (Parkdauer als bestimmendes Preismerkmal ohne Berücksichtigung der Stromabnahme) sowie Penalty-Modelle, die das Nichttanken durch eine höhere zeitbezogene Gebühr bestrafen. Gerade die letzteren Modelle können dazu beitragen, die Erlöse

der Parkhausbetreiber und die Verfügbarkeit der Ladesäulen zu erhöhen.

Zeitplan: Experimentdurchführung Mai 2014, Erstellung einer ersten Auswertung bis Juli 2014, Projektdauer bis Juni 2015

Finanzierung: Bundesministerium für Verkehr und digitale Kommunikation

Externe Partner: Daimler AG, RWE AG, Fraunhofer Fokus, TU Berlin, Universität Siegen, PTV Group

Ansprechpartner: Prof. Dr. Peter Letmathe

### 3.2.2 Geschäftsmodelle der Elektromobilität: Reverse Logistics von Energiespeichern (eMERGE II)

Elektrofahrzeuge sind gegenüber konventionellen, durch Verbrennungsmotoren angetriebene Fahrzeuge nach wie vor erheblich teurer. Ursächlich dafür sind die hohen Kosten für die in Elektrofahrzeugen verwendeten Energiespeicher, die je nach Fahrzeugtyp deutlich über 10.000 Euro liegen können. Die Nutzungsdauer der Energiespeicher wird mit ca. acht Jahren angesetzt, d.h. bei den meisten Fahrzeugen muss die Batterie mindestens einmal während der Fahrzeuglebensdauer ersetzt werden. Der Ersatzzeitpunkt tritt ein, wenn die Batterie weniger als 80 Prozent ihrer ursprünglichen Ladekapazität aufweist. In der bisherigen Diskussion wird die Weiternutzung der Altbatterien für andere Verwendungszwecke häufig vernachlässigt. Denkbar ist, dass die Altbatterien z. B. als Energiespeicher für Ladesäulen oder in privaten Haushalten weiter eingesetzt werden. Alternativen dazu sind die Wiederaufbereitung oder das Materialre-

cycling. Im Rahmen des Forschungsvorhabens eMERGE wird untersucht, wie sich die Nutzungsmöglichkeiten von Altbatterien aus Elektrofahrzeugen auf die Erlöse und Kosten über den gesamten Lebenszyklus auswirken und welche wirtschaftlichen Konsequenzen sich daraus für die Gesamtbatteriekosten und die Fahrzeugbepreisung ergeben. Dabei werden empirische Daten aus der Erprobung von bis zu 175 smart fortwo electric drive zugrunde gelegt.

Zeitplan: Januar 2013 bis Juni 2015

Finanzierung: Bundesministerium für Verkehr und digitale Kommunikation

Externe Partner: Daimler AG, RWE AG, Fraunhofer Fokus, TU Berlin, Universität Siegen, PTV Group

Ansprechpartner: Prof. Dr. Peter Letmathe



### 3.2.3 EmoTal – Nutzerzentrierte Elektromobilität im Bergischen Land

Besitzer von Elektrofahrzeugen sehen sich leider noch mit deutlichen praktischen Nachteilen in der alltäglichen Nutzung konfrontiert. Neben der benötigten flächendeckenden Ladeinfrastruktur und Reichweite von E-Mobilen belasten hohe Kosten der Versicherung und teure Reparaturen durch Händlerwerkstätten die Besitzer von E-PKW finanziell deutlich stärker als die Besitzer herkömmlicher Fahrzeuge. Wie können solche – leider eben nicht

immer nur guten – Erfahrungen der Nutzer von E-Fahrzeugen konkret genutzt werden, um die aktuelle Situation zu verbessern? Wie kann die Attraktivität der Elektromobilität durch nutzerzentrierte Ansätze erhöht werden?

Das Verbundprojekt EmoTal will konkrete Antworten auf diese Fragen liefern. In einer deutschlandweit derzeit einzigartigen Untersuchungsumgebung nutzt das Projekt die na-



türlich gewachsene E-Fahrzeugflotte des Bergischen Landes (emobil.wuppertal-aktiv.de), um das Nutzungsverhalten und die Ansprüche „echter“ Käufer und aktueller Nutzer von Elektrofahrzeugen zu untersuchen. Die aus der Analyse gewonnenen Erkenntnisse fließen in die Entwicklung passgenauer Dienstleistungsinnovationen für den praktischen Alltag.

Die entwickelten Konzepte werden mit Partnern in der Praxis umgesetzt. Mit dem TÜV NORD werden E-Schulungs- und Zertifizierungskonzepte für Werkstätten, Betriebe und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (Feuerwehr, Polizei etc.) entwickelt. Gemeinsam mit der Stadt Wuppertal werden elektrische Fahrräder für ein erweitertes Funktionsspektrum optimiert und Routenplanungsmodelle entwickelt. Mit dem auf E-Versicherungen

spezialisierten Unternehmen Schmitz & Horn GmbH erfolgt die Entwicklung einer flexiblen und den Nutzerbedürfnissen anpassbaren Tariflandschaft für E-Versicherungen, die unterschiedliche Sicherheitsbedürfnisse und verschiedene Ausmaße der Datenbereitstellung der Nutzer berücksichtigt.

Finanzierung: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Externe Partner: Institute der Bergischen Universität Wuppertal, TÜV NORD GmbH, Stadt Wuppertal, Schmitz & Horn GmbH

Zeitplan: Laufzeit des Projektes 2014 - 2017, 2 Dissertationenprojekte, Veröffentlichung in Fachzeitschriften (ab 2016)

Ansprechpartner: Grit Walther (Lehrstuhl für Operations Management)

## 4 Environment



Der Forschungsschwerpunkt Environment beschäftigt sich mit der Beschreibung, Bewertung und Verbesserung ökonomischer Entscheidungen und Prozesse mit Auswirkungen auf das Klima und die Umwelt. Die Forschungsvorhaben unserer Area lassen sich hierbei erneut in zwei inhaltliche Bereiche gliedern: Zum einen sind ökologische Fragestellungen untrennbar mit dem Auftreten externer Effekte und den damit einhergehenden vielfältigen Mess- und Bewertungsproblemen

verbunden. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit einer theoretischen Basis, an der wir in unserer Area gemäß dem folgenden Abschnitt 4.1 arbeiten. Zusätzlich aber besteht gerade im Zusammenhang mit ökologischen Fragestellungen ein großer Bedarf von Politik und Wirtschaft an praktischen Hilfestellungen bei komplexen Problemen. Im Abschnitt 4.2 stehen daher konkrete Fallstudien im Vordergrund, die mit wissenschaftlichen Methoden gelöst werden.

### 4.1 Umwelt als öffentliches Gut: Präferenz-, Wohlstands- und Effizienzmessung

#### 4.1.1 Altruismus und Zeitpräferenzen

In diesem Forschungsvorhaben werfen wir die Frage auf, wie der intuitive Wunsch nach einer Berücksichtigung der Interessen zukünftiger Generationen theoretisch handhabbar gemacht werden kann und in welchem Umfang dieser Wunsch tatsächlich das Verhalten von heute lebenden Akteuren beeinflusst. Intergenerationen-Gerechtigkeit wird hier als ein sogenanntes Diktatorspiel modelliert, da argumentiert werden kann, dass sich alle heutigen Wertgegenstände im Besitz der gegenwärtigen

Generation befinden und das Aufsparen von Wohlstand für künftige Generationen freiwillig und gegen heutige, eigene, egoistische Interessen geschieht. Die Berücksichtigung der Bedürfnisse zukünftiger Generationen kann also nur aus einem altruistischen Motiv der aktuellen Generation erwachsen. Genau die Stärke und die Determinanten dieses Altruismusmotivs sollen von uns zum ersten Mal experimentell untersucht werden. Während beim herkömmlichen Diktatorspiel



der „Diktator“ einen Teil seiner Ausstattung direkt einem anderen zukommen lassen kann (oder auch nicht), kommt die „Spende“ des Diktators in unserer Spielvariante anderen erst mit erheblicher realer Zeitverzögerung von mehreren Jahren zu. Insbesondere wollen wir prüfen, wie sich verschiedene Verzinsungen über den Verzögerungszeitraum auf die Abgabebereitschaft auswirken, und so auch Aussagen zum Verhältnis zwischen privater und sozialer Diskontierung ableiten. Ein besseres Verständnis der Determinanten des

intertemporalen Altruismus kann dazu beitragen, Intergenerationenkonflikte zu reduzieren und den Umbau der Gesellschaft hin zu einer verstärkten Nachhaltigkeitsorientierung zu fördern.

Zeitplan: Experimentdurchführung im Mai 2014, Auswerten und Veröffentlichen der Ergebnisse als Arbeitspapier bis Ende Dezember 2014.

Ansprechpartner: Prof. Dr. Wolfgang Breuer, Prof. Dr. Peter Letmathe, Dr. Holger Ketteniß

#### 4.1.2 Kooperationen in öffentlichen Gütern mit positiven und negativen Ressourcen

Umwelt- und Klimaschutz stellen ein soziales Dilemma dar, in dem die individuellen Interessen den sozialen Interessen oftmals widersprechen. Dieser Konflikt wird typischerweise in Entscheidungsexperimenten untersucht, wobei die Teilnehmer/innen über den Beitrag zu einem öffentlichen Gut mit positiven Ressourcen entscheiden müssen. Beim Umwelt- und Klimaschutz geht es aber oftmals um die Aufteilung negativer statt positiver Ressourcen (z. B. Einschränkungen, Kosten). In diesem Projekt wird der Einfluss der (positiven vs. negativen) Ressourcendomäne auf die Kooperationsbereitschaft in Dilemmata mit öf-

fentlichen Gütern untersucht. Hierfür werden neue Varianten dieses Dilemmas entwickelt und in Laborexperimenten miteinander verglichen. Die Ergebnisse sind zum einen wichtig um angemessene Experimentalparadigma für den beim Umwelt- und Klimaschutz vorliegenden Entscheidungskonflikt zu entwickeln, und zum anderen um mittels „Framing“ die Kooperationsbereitschaft zu erhöhen.

Zeitplan: Präsentation auf wissenschaftlichen Tagungen ab August 2014, Veröffentlichung als Arbeitspapier bis Dezember 2014

Ansprechpartner: Jun.-Prof. Dr. Robert Böhm



#### 4.1.3 Kundennutzen und Zahlungsbereitschaft für ökologiebezogene Produktmerkmale langlebiger Gebrauchsgüter

In den letzten Jahren wurden in der wissenschaftlichen Literatur zwei Aspekte besonders hervorgehoben, die offenbar ein Konsumentenverhalten mit Blick auf „ökologische Nachhaltigkeit“ charakterisieren: Zum einen wird ein erheblicher Unterschied zwischen der Einstellung gegenüber ökologisch nachhaltigen Produkten und dem tatsächlichen Kaufverhalten hervorgehoben. Die Ursachen dieser Einstellungs-Verhaltens-Diskrepanz (sog. Gap-Hypothese) sind bisher nur selten empirisch belegt. Des Weiteren ist unzureichend erforscht, welchen zusätzlichen Kundennutzen („Ökonutzen“) und welche zusätzliche Zahlungsbereitschaft ökologiebezogene Produktmerkmale erzeugen (können).

Das vorliegende Forschungsvorhaben beschäftigt sich mit dem Kundennutzen und der Zahlungsbereitschaft von Konsumenten für ökologiebezogene Produktmerkmale langlebiger Gebrauchsgüter (Automobil, TV, Kühl-

schränk, Waschmaschine). Es werden Aussagen über den Stellenwert einzelner ökologiebezogener Produktmerkmale getroffen, indem für verschiedene identifizierte Konsumentengruppen Nutzenbestandteile und Zahlungsbereitschaften für ökologiebezogene Produktmerkmale und klassische Kaufkriterien verglichen werden. Die Antwort auf die Frage, welche ökologiebezogenen Produktmerkmale welche Zahlungsbereitschaft in welcher Konsumentengruppe erzeugen, soll die Ursachen „nachhaltigen Konsums“ besser verstehen helfen und handlungsnahen Ansatzpunkte für eine verbesserte Nachhaltigkeitspolitik liefern.

Die bestehende Literatur zu diesem Thema wird in fünf Punkten sowohl inhaltlich als auch methodisch erweitert. Erstens werden zu ermittelnde Nutzenbestandteile und Zahlungsbereitschaften für ökologiebezogene Produktmerkmale hierbei auch in Relation zu



klassischen Kaufkriterien gestellt. Zweitens werden nicht nur ökologiebezogene Produktmerkmale untersucht, die die Konsumphase betreffen (z. B. Energieverbrauch), sondern auch solche, die die Produktion (z. B. Materialeinsatz) oder Entsorgung des Produktes (z. B. Recyclingquote) betreffen. Drittens wird – neben weiteren Konzepten – das (emotionale) Involvement in Betracht gezogen, um eine Konsumentenheterogenität hinsichtlich des Ökonutzens und der Zahlungsbereitschaft zu erklären. Viertens wird zum ersten Mal in der Literatur zum nachhaltigen Konsum eine derartige Fragestellung mit der sog. Kano-Methode untersucht, um eine Präferenzwirkung der ökologiebezogenen Produktmerkmale zu ermitteln. Dies kann einerseits Ansatzpunkte zur Erklärung der oben skizzierten Gap-Hypothese liefern und ist für die anschließende auswahlbasierte Conjoint-Analyse unerlässlich,

da diese nur mit präferenzwirksamen Attraktivitätskriterien arbeiten kann. Fünftens werden mit der auswahlbasierten Conjoint-Analyse produktmerkmalsweise Zahlungsbereitschaften ermittelt. Damit ist die auswahlbasierte Conjoint-Analyse der weniger realitätsnahen und methodisch unausgereiften traditionellen Conjoint-Analyse vorzuziehen, die im Themenfeld „nachhaltiger Konsum“ bislang verwendet wird.

Zeitplan: Kooperationsprojekt mit dem Bereich Marketing der Research Area TIME. Empirische Erhebung war im März 2014. Aktuell laufende Datenanalyse mit anschließender Publikation.

Externe Partner: Marketing (Research Area TIME, RWTH; TU Clausthal)

Ansprechpartner: Prof. Dr. Harald Dyckhoff

#### 4.1.4 Effizienzmessung bei Übelinput mittels DEA

Bei Kreislauf- und Abfallwirtschaft stellen mit Blick auf Nachhaltigkeitsziele und Energieeffizienz nicht nur steigende Stoffmengen, sondern auch qualitative Anforderungen an die Entsorgungsaktivitäten wie z. B. die Umweltfreundlichkeit der Verfahren, weitere an Bedeutung gewinnende Herausforderungen dar. Dabei stehen privatwirtschaftliche und auch kommunale Unternehmen verstärkt unter dem Druck einer wirtschaftlichen Betriebsführung. Unter Effizienzaspekten gilt es somit, sowohl ökonomische als auch ökologische und soziale Ziele angemessen zu berücksichtigen. Als Konstrukt zur Messung der Effizienz unter Beachtung verschiedener Ziele bietet sich die Data Envelopment Analysis (DEA) an.

Gemeinhin wird bei der Effizienzmessung gewöhnlicher Produktionsprozesse angenommen, dass geringere Inputquantitäten sowie höhere Outputquantitäten zu präferieren sind. Jedoch verdeutlicht insbesondere der Umweltschutz, dass dies nicht zwingend der Fall sein muss, weil hier unerwünschte Objektarten („Übel“) an den Prozessen beteiligt sind, etwa in Form von Emissionen auf der Outputseite oder zu beseitigendem Abfall auf der Inputseite.

Während Übel auf Outputseite in der einschlägigen Literatur bereits des Öfteren un-

tersucht worden sind, wenn auch noch nicht unbedingt zufriedenstellend, werden Übelinputs lediglich vereinzelt thematisiert. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wird daher die Frage gestellt, wie die Effizienzmessung von Reduktionsprozessen, deren Sachziel in der Umwandlung oder Vernichtung von Übelinput wie Abfall oder Abwasser besteht (vgl. dazu auch Forschungsprojekt 4.2.4: Qualitätssplitting bei der Müllverbrennung), methodisch gestaltet werden kann, wenn der Unerwünschtheitseigenschaft derartiger Redukture Rechnung getragen werden soll.

Zunächst soll untersucht werden, welche Ansätze zur Behandlung von Übelinputs in der Literatur bereits bestehen (state-of-the-art) und welche Defizite diese aufweisen. Basierend hierauf ist geplant, sowohl konzeptionell zur Entwicklung in diesem Bereich beizutragen als auch konkret bestehende und erarbeitete Konzepte im Rahmen einer Fallstudie anzuwenden, etwa für die Müllverbrennungsbranche.

Zeitplan: Arbeitsbericht zum State of the Art bis Juli 2014 mit anschließender Publikation. Danach konzeptionelle Weiterentwicklung oder ggf. Neuentwicklung; parallel Fallstudie mit Datenerhebung.

Ansprechpartner: Prof. Dr. Harald Dyckhoff





#### 4.1.5 Wohlstandsmessung mittels DEA

Traditionell wird Wohlstand über das Wirtschaftswachstum bzw. das Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf gemessen. In fortgeschrittenen Wohlstandskonzepten werden gänzlich andere oder zumindest zusätzliche und insbesondere immaterielle Faktoren über das Wirtschaftswachstum hinaus ausgemacht, die den Wohlstand eines Landes beeinflussen. Diese Faktoren können zumeist den Dimensionen sozialer und ökologischer Lebensqualität zugeordnet werden.

Ein derartiges Konzept hat das 2007 gegründete „Denkwerk Zukunft – Stiftung kulturelle Erneuerung“ mit einem Set von fünf Schlüsselindikatoren – dem sogenannten Wohlstandsquintett – vorgestellt. Bislang wurde das Wohlstandsquintett mit Datensätzen für 2010/2008 sowie 2012/2010 auf die Länder der Europäischen Union (EU 27) angewendet. Dabei erscheint die Auswertungsphase, in der ein Land dann ohne weitergehende Differenzierung als wohlhabend eingeteilt wird, wenn in vier der fünf Schlüsselindikatoren ein bestimmtes Anspruchsniveau erreicht wird, unzulänglich. Hier zeigt sich ein Bedarf für einerseits praktikable und andererseits präzise, methodisch-strukturelle Ansätze zur mehrdimensionalen Wohlstandsmessung.

Im Rahmen eines an diesem Punkt ansetzenden Forschungsvorhabens wird der Frage nachgegangen, wie die Wohlstandsmessung im Sinne einer verallgemeinerten Effizienzmessung aufgefasst und methodisch mittels Data Envelopment Analysis (DEA) unterstützt werden kann.

Die DEA ist eine Methode zur Messung der Effizienz von Leistungseinheiten (hier: die

Länder). Üblicherweise geht die DEA von klassischen Produktionsprozessen aus, in denen geringe Inputquantitäten sowie hohe Outputquantitäten zu präferieren sind. Im Kontext der Wohlstandsmessung sind jedoch verallgemeinerte Modelle relevant, in denen anstelle von Inputs und Outputs zu minimierende oder zu maximierende Ziele unterschieden werden.

Basierend auf vielfältigen eigenen Vorarbeiten zur DEA (insb. Varianten wie aDEA, GDEA und Balanced DEA) soll das Potenzial der Methode für Wohlstandsmessungen genutzt werden. Hierbei werden sowohl konzeptionelle Schwächen bestehender Ansätze zur Wohlstandsmessung aufgezeigt als auch Verbesserungen erarbeitet. Ein konkretes neu entwickeltes Modell wird im Rahmen einer Fallstudie auf die aktuellen Daten des „Denkwerk Zukunft“ angewendet. Anschließend soll dessen Übertragbarkeit auf die Wohlstandsmessung im Allgemeinen erforscht werden.

Zeitplan: Einführender Artikel zur Wohlstandsmessung, basierend auf klassischen DEA-Modellen und erstem Datensatz des Denkwerk Zukunft; Arbeitsbericht zu erweiterten Modellierungen bis Sommer 2014. Weitere Ergebnisse und Publikation in 2015.

Publikation: Dyckhoff H, Mbock E, Waletzke, K (2014): Wohlstandsmessung mit Methoden des Operations Research. In: Lübbecke M, Weiler A, Werners B (Hrsg), Zukunftsperspektiven des Operations Research, Springer Gabler, Wiesbaden, S. 277-296

Ansprechpartner: Dr. Marcel Clermont, Dr. Katrin Waletzke



#### 4.1.6 Verrechnungspreise für Umweltwirkungen

Die Unternehmenstätigkeit wird durch marktorientierte und regulatorische umweltpolitische Instrumente beeinflusst. Dies wirkt sich nicht nur auf die Kostenseite aus, sondern beeinflusst auch die Nachfrage umweltorientierter Kundensegmente. Für Unternehmen ist es daher bedeutsam, die ökonomischen Konsequenzen von umweltrelevanten Handlungen zu erfassen, zu planen und zu bewerten. In diesem Vorhaben werden Verfahren entwi-

ckelt, die Umweltwirkungen nicht nur mit Preisen versehen, sondern die auch die Auswirkungen verschiedener umweltpolitischer Instrumente auf das Verhalten der Unternehmen und die Entwicklung wirtschaftlich relevanter Größen aufzeigen. Damit werden zugleich die Voraussetzungen für ein um Umweltaspekte erweitertes Controlling geschaffen.



#### 4.1.7 Umweltaspekte von Ressourcenpartnerschaften

Ressourcenpartnerschaften werden als Möglichkeit angesehen, um Industrieländern den Zugang zu strategisch wichtigen Rohstoffen zu sichern und gleichzeitig rohstoffreichen Schwellenländern die für den Abbau notwendige Technologie und das Kapital zur Verfügung zu stellen. Mit dem Rohstoffabbau können jedoch gravierende Umweltprobleme verbunden sein, die von den Entscheidungsträgern möglicherweise nur unvollständig internalisiert werden. Zudem leiden Rohstoffab-

kommen als unvollständige Verträge unter dem bekannten „hold up“-Problem, das den Technologie- und Kapitaltransfer behindert. Das Forschungsprojekt befasst sich mit dem Zusammwirken dieser beiden Teilaspekte in einem Property Rights-Ansatz der grenzüberschreitenden Investitionen.

Zeitplan: 2013-2015

Ansprechpartner: Prof. Dr. Oliver Lorz



#### 4.1.8 Entwicklung von Accounting Standards für die Validierung und das Monitoring von CDM-Projekten

Clean Development Mechanism (CDM) stellen neben Joint Implementation einen von zwei Flexibilitätsmechanismen im Kyoto-Protokoll dar. Die Flexibilitätsmechanismen erlauben den Erwerb von Emissionsberechtigungen, die z.B. auf dem EU-Emissionszertifikatemarkt verkauft werden können, durch Investition in umweltfreundliche Technologien, die zu einer Senkung von Kohlendioxid-Emissionen führen. CDM-Projekte umfassen Vorhaben, bei denen ein Projektpartner aus einem Industrieland in der Regel eine Investition in einem Entwicklungsland tätigt oder dort ein neues Produkt einführt, die bzw. das zu einer Reduktion des absoluten Kohlendioxid-Ausstoßes führt. Für die eingesparten Kohlendioxid-Emissionen erhalten die Partner dann Emissionsberechtigungen, die sie auf einem Emissionshandelsmarkt verkaufen können. CDM-Projekte ermöglichen somit Emissionsreduktionen in Entwicklungsländern als eine Alternative zu höheren Vermeidungskosten in

Industrieländern. Gleichzeitig können durch die zusätzlichen Projekteinnahmen Investitionen überhaupt erst realisiert werden und in der Folge der Technologietransfer zwischen Industrie- und Entwicklungsländern gestärkt werden. Das Forschungsvorhaben untersucht die für die Validierung und das Monitoring relevanten Accounting-Standards. Dafür wurde eine eigene Datenbank entwickelt, in denen Daten aus über 2.000 CDM-Projekten enthalten sind. Beantwortet wird die Frage, inwiefern die angewendeten Accounting-Standards eine zuverlässige Bewertung der Vorhaben und der erzielten Emissionsreduktionen ermöglichen.

Zeitplan: laufendes Projekt, Abschluss voraussichtlich 2015.

Externe Partner: Naomi Soderstrm (University of Melbourne), Hui Chen (Universität Zürich)

Ansprechpartner: Prof. Dr. Peter Letmathe



## 4.2 Fallstudienorientierte Forschungsprojekte

### 4.2.1 Strategische Netzwerkplanung für das Recycling von Photovoltaik-Modulen

In diesem Projekt wird die strategische Ausgestaltung eines Recyclingnetzwerkes für Photovoltaik-Module (PV-Module) unter besonderer Berücksichtigung von kritischen Rohstoffen analysiert.

In Deutschland sind aktuell über 1,4 Mio. PV-Anlagen installiert. Ausgehend von einer er-

warteten Lebensdauer von 25–30 Jahren wird in den nächsten Jahren mit einem stark steigenden Abfallaufkommen gerechnet. Vor diesem Hintergrund wurden PV-Module im Jahr 2012 in die EU-Richtlinie „Waste Electrical and Electronic Equipment“ (WEEE) aufgenommen. Für die Erfüllung der in dieser Richt-



linie und somit auch in den nationalen Gesetzen vorgegebenen Verwertungs- und Recyclingquoten ist es bislang ausreichend, die massenmäßig bedeutendsten Bestandteile der PV-Module – Glas und Rahmen – zu verwerten bzw. zu recyceln. Allerdings kann zukünftig auch das Recycling der in geringen Mengen enthaltenen kritischen Metalle, wie bspw. Silber, Kupfer, Tellur, Indium oder Gallium, sinnvoll sein, beispielsweise für die Erfüllung politischer Ziele zur Ressourcensicherung oder aber auch aufgrund steigender Rohstoffpreise. Es stellt sich daher die Frage, ob und wie eine Kreislaufführung der in den PV-Modulen enthaltenen kritischen Rohstoffe durch eine frühzeitige Einführung einer entsprechenden Sammlungs- und Verwertungsinfrastruktur ermöglicht werden sollte. Potentielle Technologien zur Kreislaufführung dieser in den PV-Modulen relativ gering konzentrierten Materialien befinden sich zum Teil noch im Labor- bzw. Technikumsstadium, die Installation derartiger Technologien ist mit hohen Investitionen und Risiken verbunden.

Vor diesem Hintergrund besteht das Ziel des Projektes in der Konzeption eines strategi-

schen Planungsansatzes für die Gestaltung einer Recyclinginfrastruktur für PV-Module. Eine Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen der Rohstoffverfügbarkeit erfolgt durch die Integration von Informationen aus Rohstoffkритikalitätsindikatoren im Planungsansatz. Hierbei werden subjektive Eintrittswahrscheinlichkeiten bestimmter Verfügbarkeits- und Preisszenarien und potenzielle Risikoeinstellungen der Entscheidungsträger berücksichtigt.

Zeitplan: erste Veröffentlichung in einem Tagungsband im Juni 2014, Vortrag auf einer internationalen Tagung im September 2014, Fertigstellung eines Papers bis März 2015.

Die Arbeiten werden im Rahmen eines weiteren Projekts fortgesetzt, das auf die Entwicklung eines robusten Modells zur Entscheidungsunterstützung bei Unsicherheit/Ambiguität fokussieren wird.

Externer Partner: Nationales Graduiertenetzwerk zum WEEE-Recycling unter Federführung des Instituts für Advanced Sustainability Studies, Potsdam (IASS)

Ansprechpartner: Prof. Dr. Grit Walther

#### 4.2.2 Qualitätssplitting bei der Müllverbrennung

Die Natur kann den Stoffkreislauf nicht mehr selbsttätig schließen, da ihr mit zu hoher Geschwindigkeit Rohstoffe entnommen und Abfallstoffe zugeführt werden. In Analogie zu ökologischen Systemen ist es deshalb nötig, nach den Phasen der Produktion und der Konsumtion auch die Reduktion in das Wirtschaftssystem zu integrieren und sie nicht wie bisher weitgehend der Natur zu überlassen. Reduktion stellt den spiegelbildlichen Prozess zur Produktion dar (etwa Demontage vs. Montage) und bezweckt die Verwertung zur Schließung von Kreisläufen oder zumindest die naturverträgliche Beseitigung der Alt- und Abprodukte (Abfälle, Abwässer und sonstige Emissionen). Sachziel und -leistung bestehen materiell in der Umwandlung oder Vernichtung unerwünschter Objektarten als Input der Reduktionsprozesse. Final wird durch die Entsorgung der Gesellschaft von ihren „Übeln“ eine Dienstleistung erbracht (Produktion im weiteren Sinn).

Trotz ihrer heutigen Relevanz werden Reduktionsprozesse in der produktionswirtschaft-

lichen Literatur bislang nur in Teilaspekten behandelt. Sie unterscheiden sich von gewöhnlichen Produktionsprozessen zur Versorgung der Konsumenten mit Gütern jedoch grundlegend: zum einen durch die prinzipiell entgegengesetzte Planungsrichtung, nämlich vom Input zum Output, sowie zum anderen durch die regelmäßige Inhomogenität des Inputs.

Im Rahmen des vorläufig weitgehend abgeschlossenen, durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft geförderten Forschungsprojektes werden die Besonderheiten der Reduktion an Hand eines praktischen Prozesses pionierhaft modelliert und tiefergehend analysiert. Konkret geht es um die Verbrennung von Abfall auf der Grundlage realer Daten der Müllverwertungsanlage Bonn. Dabei zeigen sich in Teilprozessen den üblichen ökonomischen Prämissen widersprechende Zusammenhänge von Input und Output, welche – auch insgesamt – eine nicht konvexe Menge an Produktionsmöglichkeiten implizieren. Dies hat zur Folge, dass die separate Verbrennung verschiedener Müllsorten, also



ein Qualitätssplitting, unter Umständen vorteilhafter sein kann als die gleichmäßige Zuführung einer homogenen Gemisches. Diese Erkenntnisse rechtfertigen eine eigenständige theoretische Analyse der Reduktion und zeigen weiteren Forschungsbedarf.

Zeitplan: Arbeitsbericht liegt vor. Erstellung und Einreichung eines Papers zur Veröffentlichung bis Juli 2014.

Externer Partner: Prof. Dr. Rainer Souren, Lehrstuhl für Produktionswirtschaft und Industriebetriebslehre der TU Ilmenau.

Ansprechpartner: Prof. Dr. Harald Dyckhoff

#### 4.2.3 Methodik des Life Cycle Assessment: Theorien und Fallstudien

Dieses Projekt wurde 2010 durch ein Drittmittelprojekt mit Voith Paper als Industriepartner ausgelöst. Diese Sparte des weltweit führenden Herstellers verschiedener Arten von Maschinen und Anlagen (so auch Wasserkraftturbinen sowie Schiffs- und Bahnantriebe) wollte zum einen durch eine Ökobilanz bzw. ein Life Cycle Assessment (LCA) in der Sache wissen, inwieweit ihre Papiermaschinen während ihrer Lebenszeit die Umwelt belasten, und zum anderen hinsichtlich der Vorgehensweise das Know How gewinnen, wie dies wissenschaftlich fundiert methodisch ermittelt werden kann (sozusagen prototypisch für die anderen von Voith hergestellten Produkte).

Ein LCA langlebiger Systeme des Maschinen- und Anlagenbaus gab es zu Projektbeginn noch nicht, wohl eine große Zahl von Ökobilanzen für kurzlebige Konsumgüter, vor allem für Verpackungen (vom Joghurtbecher bis zur Mehrwegflasche), aber auch für Papier, insbesondere als Druckerzeugnis. Dabei wurden zwar der Energieeinsatz bei der Herstellung dieser Produkte berücksichtigt, auch beim Papier, nicht aber die Umweltbelastungen, die mit der Erstellung, Nutzung und Entsorgung der Produktionsanlagen selber ansonsten noch verbunden sind. Gerade für ultralanglebige Anlagen, wie es auch Papiermaschinen mit 40 bis 100 Jahren sind, lagen keine wissenschaftlich fundierten Ökobilanzen vor. Die Standards der Reihe ISO 14040 sind nach wie vor an kurzlebigen Gütern orientiert ebenso wie die wissenschaftliche Literatur dazu. Dem Projekt liegen deshalb folgende Forschungsfragen zugrunde: Inwiefern können langlebige Systeme des Maschinen- und Anlagenbaus bzw. Investitionsgüter mittels der LCA-Methodik hinsichtlich ihrer Umweltwir-

kungen bewertet werden? Welche speziellen Herausforderungen und methodischen Defizite treten auf und wie sind sie zu bewältigen?

Damit wurde wissenschaftliches Neuland betreten. Nicht zuletzt zieht das Projekt weitere Kreise, da die Research Area EME sich zukünftig der Bewertung von ULLIs als übergreifendes, bislang kaum erforschtes Forschungsthema annehmen will.

Parallel zu den spezifischen Fragen langlebiger Systeme, die in eine Dynamische LCA münden, werden auch weitere offene Fragen der LCA-Methodik untersucht, so zur Kuppelproduktionsthematik und zur Ökoeffizienzanalyse der BASF.

Zeitplan: Einige Ergebnisse liegen bereits als Publikationen in Tagungsbänden und Zeitschriften vor. Das Projekt wird längerfristig weiter verfolgt. Kooperationspartner sind erwünscht.

Publikationen: Dyckhoff H, Kasah T (2014): Time Horizon and Dominance in Dynamic Life Cycle Assessment; in: Journal of Industrial Ecology. DOI: 10.1111/jiec.12131. Kasah T (2014): LCA of a newsprint paper machine: A case study of capital equipment; in: The International Journal of Life Cycle Assessment 19, S. 417-428. Kasah T (2014): Life Cycle Assessment langlebiger Systeme des Maschinen- und Anlagenbaus – Fallstudien und theoretische Weiterentwicklungen; Dr. Kovac Verlag, Hamburg. Kasah T, Kujas M, Renner T (2013): Produktlebenszyklusmodelle in der Übersicht; in: Productivity Management 1/2013: S. 61-63.

Externer Partner: Voith Paper, Heidenheim

Ansprechpartner: Prof. Dr. Harald Dyckhoff



## 5 EME – Ein Ausblick

### **Vielfalt in der Research Area EME – zwischen Chance und Herausforderung.**

Die Research Area EME forscht zu ökonomischen Fragestellungen in den Bereichen Energie, Mobilität und Umwelt. Das sind drei Gebiete, die einen großen Anteil an den Grundbedürfnissen ausmachen, zentral für ein nachhaltiges Wirtschaftssystem sind und seit Jahren im Zentrum politischer und gesellschaftlicher Debatten in den Industriestaaten stehen. Der von Seiten der Öffentlichkeit, der Politik und der Kollegen in anderen Wissenschaften, insbesondere in den Ingenieurwissenschaften, an die wirtschaftswissenschaftliche Forschung herangetragene Informationsbedarf ist hoch. Die EME-Gruppe betrachtet Forschungsfragen zu diesen Bereichen aus nahezu allen Blickwinkeln, die die Wirtschaftswissenschaft mit ihren jeweiligen Teildisziplinen und Forschungsansätzen derzeit umfasst. Dazu zählen die Perspektiven der Produzenten und Konsumenten (bzw. die neu in den Fokus gerückte hybride Gruppe der Prosumenten). Die Betrachtungsebenen reichen vom Individuum über Kooperationsverbände bis hin zur gesellschaftlichen bzw. gesamtwirtschaftlichen Ebene. In der zeitlichen Dimension reicht das Spektrum der Forschungsarbeiten innerhalb der Research Area von der historischen Betrachtung über die Analyse gegenwärtiger Zustände bis zur Szenarien-Entwicklung für zukünftige Märkte und Wirtschaftssysteme. Diese Perspektivenvielfalt wird ermöglicht durch die Vereinigung verschiedener wirtschaftswissenschaftlicher Teildisziplinen aus Betriebs- und Volkswirtschaftslehre sowie durch Bereiche, welche die klassische Unterteilung überlagern, wie etwa die Verhaltensforschung, die an der RWTH Themen zu Energie, Mobilität und Umwelt bearbeiten. Die Interdisziplinarität innerhalb der Research Area mit ihrer Vielzahl an Perspektiven spiegelt sich entsprechend auch bei den angewandten Methoden wider. Diese umfassen theoretische Analysen, Simulationen und empirische Arbeiten. Konkret sind dies z. B. Experimente im Labor, Auswahlexperimente

über Befragungen, Realoptionsanalysen, Lebenszyklusanalysen, Fallstudien, Experteninterviews sowie verschiedene Modellierungs- und Simulationsansätze wie etwa Multi-Agenten-Simulationen, um an dieser Stelle nur einige zu nennen.

Ebenso spiegelt sich die Vielfalt der Betrachtungsebenen in der Research Area bei der Wahl der beiden Forschungsschwerpunkte wider, nämlich der Bewertung ultralanglebiger Investitionen (ULLIs) und der Analyse des Prosumenten-Verhaltens. Damit umfassen die aktuellen Schwerpunkte der Research Area eine Spannweite innerhalb der betrachteten Themenbereiche, die nur sehr schwer erweiterbar ist. Zusammengenommen ermöglicht die Vielfalt der Analyseelemente in der Research Area ganzheitliche Betrachtungen zu Forschungsfragen in den Bereichen Energie, Mobilität und Umwelt, ohne dass diese dabei übermäßig vereinfacht werden müssen oder einzelne Methoden mit der Komplexität der vielschichtigen Fragestellungen und Entwicklungen überfrachtet werden. Aktueller Hintergrund des Untersuchungsgegenstands sind häufig die Energiewende und Elemente für ein nachhaltiges Wirtschaften.

In Zukunft soll die Research Area über gemeinsame Forschungsarbeiten, Projekte, Workshops und Lehrveranstaltungen noch stärker zusammenwachsen, sodass sich die klassischen Grenzen der verschiedenen Teildisziplinen weiter auflösen und die Konturen von Organisationseinheiten sich zunehmend an den bearbeiteten Themenstellungen orientieren – ein Trend bzw. eine Notwendigkeit, die sich im interdisziplinären und integrierten Forschungsalltag seit Jahren abzeichnet. Diesem Trend zur interdisziplinären und integrierten Bearbeitung eines Forschungsfeldes trägt die Research Area EME funktionell durch eine entsprechende organisatorische Struktur Rechnung. Die ersten Schritte der Idee und der Kommunikation von Forschungsthemen und -ansätzen sind getan, auch im Hinblick auf die Identifikation von Kooperationsmöglichkeiten innerhalb der Integrated Manage-

ment Factory (IMF), der Andock-Möglichkeiten an die RWTH-Profilbereiche (insbes. Energy, Chemical & Process Engineering – ECPE und Mobility & Transport Engineering – MTE) sowie erster Projekte, welche die Etablierung von Projekthäusern und I3-Einrichtungen\* mit EME-Beteiligung vorsehen. In den kommenden Jahren müssen die Vorteile und Potentiale der neuen Struktur durch neue, gemeinsame Forschungsprojekte genutzt werden. Auch in dieser Hinsicht ist die Forschergruppe EME mit ersten gemeinsamen Projektanträgen schon auf einem sehr guten Weg.

### **Bisherige und zukünftige Konferenzen und Workshops**

Zu den Aktivitäten des letzten Jahres zählen die internationale EME-Konferenz zum Thema "Ultra-Long Investments: A New Research Field?" (29.-30. November 2013) und der EME-Workshop, der am 2. April 2014 statt-

fand. Bei der EME-Konferenz haben nicht nur Mitglieder der Research Area, sondern auch Forscher von anderen Fakultäten innerhalb der RWTH, anderen deutschen Universitäten (Universität Duisburg-Essen, Universität Magdeburg, Universität zu Köln, TU Dresden, Ruhr-Universität Bochum) sowie von der Oslo University mit zahlreichen Präsentationen teilgenommen.

Während des internen Workshops wurden die relevanten Forschungsthemen wie Ultra-Long Investments und das Sustainable Prosumer Lab diskutiert.

Der für dieses Jahr geplante zweite interne EME-Workshop fand am 16. Oktober 2014 statt. Der Termin der nächsten EME-Konferenz ist der 25.-26. Februar 2015.

\* I3 = Integrierte interdisziplinäre Institute (typischerweise in einer Größenordnung von 100-150 Wissenschaftler/innen)

## **Anhang**

### **Prof. Dr. Almut Balleer (Empirische Wirtschaftsforschung)**

#### **Persönliche Daten**

Almut Balleer, geboren 1979, ist seit September 2012 Professorin für Empirische Wirtschaftsforschung an der RWTH Aachen. 2009 wurde sie Assistant Professor am Institute for International Economic Studies (IIES) an der Universität in Stockholm. Sie erlangte ihren Dokortitel an der Universität Bonn und besuchte die Universität Pompeu Fabra in Barcelona im Rahmen des European Doctoral Programs mit einem Marie Curie Stipendium.

Ihre Forschungsinteressen sind Makroökonomie, angewandte Ökonometrie und Arbeitsmarktökonomie. In ihrer Forschung hat sie unter anderem die Rolle des technologischen Fortschrittes und Humankapitals für konjunkturelle Schwankungen in gearbeiteten Stunden, Beschäftigung und Arbeitslosigkeit untersucht.

#### **Forschungsgebiete**

- Makroökonomie
- Angewandte Ökonometrie
- Arbeitsmarktökonomie

### **Jun.-Prof. Dr. Robert Böhm (Decision Analysis)**

#### **Persönliche Daten**

Robert Böhm (Jahrgang 1983) studierte von 2002-2007 Psychologie und Interkulturelle Kommunikation an der Technischen Universi-

tät Chemnitz und der Universität Utrecht (Niederlande). Anschließend wurde er Promotionsstipendiat am International Graduate College "Conflict and Cooperation between Social Groups" und der International Max Planck

Research School on "Adapting Behavior in a Fundamentally Uncertain World" in Jena. Während dieser Zeit hatte er Forschungsaufenthalte am Center for the Study of Rationality der Hebräischen Universität Jerusalem (Israel) und der University of Kent (Großbritannien). Seine Promotion an der Friedrich-Schiller-Universität Jena erlangte er im Jahr 2010 durch eine Arbeit im Schnittstellenbereich zwischen Sozialpsychologie und Experimenteller Wirtschaftsforschung. Anschließend wurde er Post-Doc-Stipendiat am Center for Empirical Research in Economics and

Behavioral Sciences (CEREB) der Universität Erfurt. Seit Juli 2013 hat Robert Böhm die Juniorprofessur für Decision Analysis an der RWTH Aachen inne. In seiner Forschung analysiert er menschliche Entscheidungen im Wirtschaftskontext, mit einem Schwerpunkt auf den zugrundeliegenden psychologischen Prozessen.

#### **Forschungsgebiete**

- Sozialpsychologie
- Ökonomische Psychologie
- Experimentelle Ökonomie

### **Prof. Dr. Wolfgang Breuer (Betriebliche Finanzwirtschaft)**

#### **Persönliche Daten**

Wolfgang Breuer wurde 1966 in Köln geboren. Er studierte Betriebswirtschaftslehre an der Universität Siegen und an der Universität zu Köln. Herr Breuer promovierte ebenfalls an der Universität zu Köln, wo er sich auch habilitierte. 1995 übernahm er einen Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre an der Universität Bonn. Seit dem Jahr 2000 ist er an der RWTH Aachen tätig, wo er den Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Betriebliche Finanzwirtschaft, innehat.

#### **Forschungsgebiete**

- Unternehmensbewertung/Investitionsrechnung (z.B. Kraftwerksbau)
- Finanzierungsentscheidungen (z.B. Household Finance, Behavioral Finance)
- Kapitalmarktfragen (insb. Portfoliotheorie und Währungsmanagement)
- Immobilienökonomik

### **Dr. Marcel Clermont (Unternehmenstheorie)**

#### **Persönliche Daten**

Marcel Clermont, geboren 1977 in Würselen, studierte nach einer Ausbildung zum Bankkaufmann von 2001 bis 2005 Betriebswirtschaftslehre an der RWTH Aachen, wo er im Jahr 2011 promovierte. Er ist seit 2005 an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften tätig. Hier beschäftigt er sich in der Forschung schwerpunktmäßig mit Fragestellungen der Leistungsmessung schwer monetär messba-

rer Leistungen, während er in der Lehre vor allem die Bereiche "Performance Analyse" und "Wertschöpfungscontrolling" vermittelt.

#### **Forschungsgebiete**

- Instrumente des Performance Measurements
- Leistungsmessung schwer monetär erfassbarer Leistungen
- Hochschulcontrolling

### **Prof. Dr. Harald Dyckhoff (Unternehmenstheorie)**

#### **Persönliche Daten**

Harald Dyckhoff wurde 1951 in Rheine geboren. Er studierte an der RWTH Aachen zunächst Mathematik und Physik und danach Betriebswirtschaftslehre und Operations Research. An der Fernuniversität Hagen promo-

vierte er über Wirtschaftstheorie und habilitierte sich für BWL. Nach einer Professur für Operations Research an der Universität Essen wurde Herr Dyckhoff 1988 auf seinen heutigen Lehrstuhl an der RWTH Aachen berufen.

## Forschungsgebiete

- Entscheidungsorientierte Produktionstheorie

## Dr. Barbara Glensk (Energieökonomik)

### Persönliche Daten

Barbara Glensk ist seit November 2008 Post-Doc am Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN), das zum des E.ON Energy Research Centers an der RWTH Aachen gehört. Als studierte Wirtschaftswissenschaftlerin mit dem Schwerpunkt Ökonometrie und Operations-Research war sie zuvor am Institut für Operations-Research der Wirtschaftsuniversität in Kattowitz in Polen tätig. Dort promovierte sie 2002 mit einer Dissertation zum Thema Anwendung

- Nachhaltige industrielle Wertschöpfung
- Performance- und Effizienzanalyse

des Beta-Koeffizienten bei der Findung von Investitionsentscheidungen.

### Forschungsgebiete

- Optimierung von Stromerzeugungsportfolios
- Portfolio Analyse
- Ökonometrie und Operations-Research

## Dr. drs. Marjolein Harmsen - van Hout (Energieökonomik)

### Persönliche Daten

Marjolein J.W. Harmsen - van Hout wurde 1979 in den Niederlanden geboren. Sie studierte Ökonometrie (Spezialisierungen: Ökonometrie und Mathematische Ökonomik) und Volkswirtschaftslehre (Spezialisierung: Internationale Wettbewerbspolitik) an der Universität Maastricht. Seit dem 1. Mai 2003 arbeitete sie an ihrer Doktorarbeit zum Thema "Online Consumer-to-Consumer Communication Networks: an Economic Exploration of their Formation and Value" im Fachbereich Marketing derselben Universität. Sie wurde betreut von Prof. Dr. Ir. Benedict G.C. Dellaert (Erasmus Universität Rotterdam) und Prof. Dr. P. Jean-

Jacques Herings (Fachbereich Volkswirtschaftslehre). Seit dem 27. Oktober 2008 arbeitet sie als Habilitandin am Institut für Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN) der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, welches einen Teil des E.ON Energy Research Centers an der RWTH Aachen bildet.

### Forschungsgebiete

- Kommunikationsnetzwerkbildung
- Verhaltens- und Experimentalökonomie
- Mathematische Mikroökonomie und Ökonometrie

## Dr. Holger Ketteniß (Controlling)

### Persönliche Daten

Holger Ketteniß, geboren 1975 in Stolberg, studierte Betriebswirtschaftslehre an der RWTH Aachen von 1995 bis 2000. Seit dem Jahr 2000 ist er an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften in den Bereichen "externes (internationales) Rechnungswesen" und "internes Rechnungswesen / Controlling" tätig. Holger Ketteniß promovierte 2008 an

der RWTH Aachen. Seit 2010 ist er als Oberstudienrat im Hochschuldienst an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften beschäftigt.

### Forschungsgebiete

- Internes Rechnungswesen / Controlling
- (Internationales) externes Rechnungswesen
- Empirische (Kapitalmarkt-)Forschung



## **Prof. Dr. Peter Letmathe (Controlling)**

### **Persönliche Daten**

Peter Letmathe (geboren 1966) hat an der Universität Bielefeld Betriebswirtschaftslehre studiert und dort sein Studium als Diplom-Kaufmann abgeschlossen. Nach der Promotion an der Universität GH Essen und der Habilitation an der Ruhr-Universität Bochum hatte er seine erste Professur für Umwelt- und Technologiemanagement an der Universität Bayreuth inne. Von 2002 bis 2011 hat er an der Universität Siegen den Lehrstuhl für Wertschöpfungsmanagement insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen geleitet und hat dort auch das Siegener Mittelstandsinstitut Im Jahr 2003 gegründet und bis 2011 geleitet. Seit Oktober 2011 forscht und lehrt er in den Feldern des Controllings, des betrieblichen Wertschöpfungsmanagements und des Umweltmanagements an der RWTH Aachen

und hat dort den Lehrstuhl für Controlling inne. In diesen Bereichen hat er jeweils hochrangig publiziert. Seine praktischen Erfahrungen umfassen mehr als fünfzig Auftragsforschungs- und öffentlich geförderte Drittmittelprojekte im Bereich des Controllings, der Prozessoptimierung sowie des strategischen Managements. Er ist zugleich Mitglied in mehreren wissenschaftlichen Beiräten, u.a. im wissenschaftlichen Beirat der BAUM e.V., der Gesellschaft für Operations Research e.V. sowie Vorsitzender des wissenschaftlichen Beirats des FOKOS-Instituts der Universität Siegen.

### **Forschungsgebiete**

- Management Accounting
- Value Chain Management
- Environmental Management

## **Prof. Dr. Oliver Lorz (Internationale Wirtschaftsbeziehungen)**

### **Persönliche Daten**

Oliver Lorz wurde 1968 in Kassel geboren. Nach seinem Studium der Volkswirtschaftslehre an der Universität Konstanz promovierte er und habilitierte sich an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Er war in Kiel am Institut für Weltwirtschaft als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig und hat sowohl an der Universität Konstanz als auch an der RWTH Aachen Professurvertretungen übernommen. Forschungsaufenthalte hat er beim National Bureau of Economic Research, am Massachusetts Institute of Technology sowie an der

Massey University absolviert. Seit 2004 ist Herr Lorz Leiter des Lehr- und Forschungsgebiets Internationale Wirtschaftsbeziehungen an der RWTH Aachen. Seit April 2011 ist er Dekan der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften.

### **Forschungsgebiete**

- Wirtschaftspolitik bei internationaler Mobilität
- Internationale Politische Ökonomie
- Internationale Produktion

## **Prof. Dr. Reinhard Madlener (Energieökonomik)**

### **Persönliche Daten**

Reinhard Madlener wurde 1964 in Dornbirn (Österreich) geboren. Er studierte Handelswissenschaften und Wirtschaftspädagogik an der Wirtschaftsuniversität Wien (1987-1994) und Ökonomie am Institut für Höhere Studien in Wien (1992-1994). Herr Madlener promovierte 1996 in Sozial- und Wirtschaftswissen-

schaften an der WU Wien, und spezialisierte sich bereits früh auf Energie- und Umweltthemen (disziplinäre und interdisziplinäre Forschung), später zusätzlich auch auf ökonomische Aspekte der Technologieinnovation und -diffusion. Vor seinem Wechsel an die RWTH Aachen war Herr Madlener Oberassistent am Centre for Energy Policy and Economics an der ETH Zürich (2001-2007), Lehrbeauftragter

an der Universität Zürich (seit 2003) und Leiter des Instituts für Höhere Studien Kärnten (1999-2000). Der Lehrstuhl von Herrn Madlener bildet eine der fünf Säulen des neuen E.ON Energy Research Center (E.ON ERC) an der RWTH Aachen. Seit Dezember 2010 ist Herr Madlener auch Direktor der RWTH Aachen von JARA Energy.

## **Dr. Mathias Mutz (Wirtschafts-, Sozial- und Technologiesgeschichte)**

### **Persönliche Daten**

Mathias Mutz vertritt seit April 2012 als wissenschaftlicher Mitarbeiter die Technologie- und Innovationsgeschichte in der Lehre der RWTH Aachen. Als studierter Historiker und Politikwissenschaftler war er zuvor am Institut für Geschichtswissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin und am Lehrstuhl für Wirtschafts- und Sozialgeschichte der Univer-

## **Dr. Claudia Nadler (Betriebliche Finanzwirtschaft)**

### **Persönliche Daten**

Claudia Nadler (geb. Kreuz) wurde 1974 in Düsseldorf geboren. Sie studierte Betriebswirtschaftslehre an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, wo sie ebenfalls promovierte. Seit Oktober 2005 forscht und lehrt sie als Oberstudienrätin im Hochschuldienst am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Betriebliche Finanzwirtschaft, von Professor

## **Dr. Christian Oberst (Energieökonomik)**

### **Persönliche Daten**

Christian Oberst, 1983 in Dortmund geboren, ist seit August 2012 Post-Doc am Institute for Future Energy Consumer Needs and Behaviour (FCN) von Prof. Madlener, welches Bestandteil des E.ON Energy Research Centers an der RWTH Aachen ist. Zuvor war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Siedlungs- und Wohnungswesen der Universität Münster. Herr Oberst hat von 2004-2008 Volkswirtschaftslehre an der Universität Münster und Erasmus Universität Rotterdam studiert und 2012 mit einer regionalökonomischen Arbeit an der Universität Münster promoviert. Während der Promotionszeit hatte er Forschungs- und Studienaufenthalte beim Spatial Econometric Advanced Institute an der

### **Forschungsgebiete**

- Energieökonomie und -politik
- Ökonomie der Technologiediffusion, Innovationsökonomie
- Verhaltensökonomie, Ökologische Ökonomie, Technologiemanagement, IO

sität Göttingen tätig. Dort wurde er 2010 mit einer Arbeit zur Umweltgeschichte der Papierindustrie promoviert.

### **Forschungsgebiete**

- Technologie- und Innovationsgeschichte
- Energie- und Umweltgeschichte
- Geschichte der Zeitnutzung

Dr. Wolfgang Breuer.

### **Forschungsgebiete**

- Immobilienökonomie
- Nachhaltige Investitionsrechnung (z.B. Bewertung von Infrastrukturprojekten)
- Finanzierungsentscheidungen (z.B. Microfinance, Cultural Finance)
- Empirische Glücksforschung

La Sapienza Universität Rom (Italien), der Universität von São Paulo (USP) und dem IJSN, einem öffentlichen Forschungsinstitut für Wirtschaft, Planung und Statistik in Vitória, ES, in Brasilien.

### **Forschungsgebiete**

- Angewandte Räumliche Ökonometrie und Statistik
- Ökonomie der Technologiediffusion
- Energie-Prosumer-Haushalte und regionale Wohnungsmärkte

## **Jun.-Prof. Dr. Bertram Steininger (Real Estate Finance)**

### **Persönliche Daten**

Seit Dezember 2012 hat Bertram I. Steininger eine Juniorprofessur für Real Estate Finance an der RWTH Aachen inne. Zuvor war er Post-Doc im Forschungsbereich „Internationale Finanzmärkte und Finanzmanagement“ am Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim. Er promovierte an der IRE|BS-International Real Estate Business School der Universität Regensburg über

Verbriefungen und Immobilien. Im Rahmen des Leibniz-Netzwerks „Immobilien- und Kapitalmärkte“ (ReCapNet) arbeitet er überdies mit anderen Forschungsinstituten zusammen.

### **Forschungsgebiete**

- Immobilieninvestmentvehikels (insb. REIT, AG und Fonds)
- Immobilienindizes und -derivate
- Infrastruktur

## **Prof. Dr. Paul Thomes (Wirtschafts-, Sozial- und Technologiesgeschichte)**

### **Persönliche Daten**

Paul Thomes wurde 1953 geboren. Er studierte in Saarbrücken und Edinburgh Anglistik, Geschichte und Volkswirtschaftslehre. 1984 promovierte er zur preußischen Sparkassengeschichte und habilitierte sich 1992 mit einer Arbeit zur Kommunalwirtschaft. Nach Vertretungsprofessuren an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, Frankfurt am Main, und

an der RWTH Aachen ist er seit 1996 Professor für Wirtschafts-, Sozial- und Technologiesgeschichte an der RWTH.

### **Forschungsgebiete**

- Geld und Kredit
- Strukturwandel (change and innovation)
- Migration, Mobilität und Ressourcen
- Unternehmensgeschichte

## **Dr. Katrin Waletzke (Unternehmenstheorie)**

### **Persönliche Daten**

Katrin Waletzke, geboren 1970 in Viersen, studierte nach einer Ausbildung zur Industriekauffrau von 1991 bis 1996 Betriebswirtschaftslehre an der RWTH Aachen, wo sie im Jahr 2002 promovierte. Es folgten Praxistätigkeiten im Bereich der Unternehmensberatung und des Finanzcontrollings. Seit 2012 ist sie wieder an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften tätig und beschäftigt sich in Lehre und Forschung mit dem Bereich „Nachhaltige

Unternehmensführung“. Sie ist außerdem als Lehrbeauftragte unter anderem für die Hochschule Niederrhein tätig.

### **Forschungsgebiete**

- Wohlbstandsmessung mittels Data Envelopment Analysis
- Sustainability Performance Measurement
- Unternehmerische Nachhaltigkeitsstrategien

## **Prof. Dr. Grit Walther (Operations Management)**

### **Persönliche Daten**

Grit Walther, geboren 1974, ist seit September 2012 Professorin für Operations Management an der RWTH Aachen. Nach ihrem naturwissenschaftlichen Studium der Geoökologie promovierte sie 2004 am Lehrstuhl für Produktion und Logistik der TU Braun-

schweig. Von 2004 bis 2009 leitete sie am Institut für Automobilwirtschaft und Industrielle Produktion der TU Braunschweig die Arbeitsgruppe „Nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke“ und habilitierte sich 2009 mit einer Arbeit zu diesem Thema. Vor ihrem Ruf nach Aachen war sie von 2010 bis 2012 Inhaberin

des Lehrstuhls für Produktion und Logistik an  
der Bergischen Universität Wuppertal.

- Sustainable Supply Chain Management
- Reverse Logistics

### **Forschungsgebiete**

- Operations Management

<b>Kontakt</b>	Prof. Dr. Reinhard Madlener Direktor, Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN) Mathieustrasse 10 52074 Aachen
<b>Internet</b>	<a href="http://eme.rwth-aachen.de">eme.rwth-aachen.de</a>

## EME Research Area

### Fakultät für Wirtschaftswissenschaft

Von Beginn an kommt den Wirtschaftswissenschaften an der RWTH Aachen eine wichtige Bedeutung zu. Noch im Gründungsjahr 1870 richtete die Hochschule eine Professur für Nationalökonomie und gewerbliche Betriebslehre ein. Seither schritt die Verzahnung von Technik und Ökonomie stetig voran: Weitere Ordinariate wie beispielsweise für Betriebswirtschaftslehre (1961), Statistik und Wirtschaftsmathematik (1962), Internationale Technische Zusammenarbeit (1963) sowie Unternehmensforschung (1967) wurden geschaffen. Im Jahr 1986 entstand eine **eigenständige Fakultät für Wirtschaftswissenschaften**.

Im Wintersemester 2013/2014 zählte die Fakultät (inklusive der zahlreichen Wirtschaftsingenieure der vier Fachrichtungen "Bauingenieurwesen", "Elektrische Energietechnik", "Werkstoff- und Prozesstechnik" sowie "Maschinenbau") insgesamt **5.437 Studierende**. Das entspricht über 13% aller Studierenden der insgesamt neun Fakultäten der RWTH. Im Studienjahr 2013 wurden **27 Promotionen** erfolgreich abgeschlossen. Derzeit stehen an der Fakultät bei rund **30 Professuren** über 110 wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Dienst von Forschung und Lehre. Das **Drittmittelvolumen** (Ausgaben) der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften betrug im Jahr 2013 5.015.418€. Im Hinblick auf die **Publikationsleistung** werden sowohl einzelne Professorinnen und Professoren als auch die Fakultät insgesamt in einschlägigen Rankings auf Spitzenplätzen geführt.

