

Boysen-TUD-Graduiertenkolleg

„Nachhaltige Energiesysteme - Interdependenz von technischer Gestaltung und gesellschaftlicher Akzeptanz“

an der Technischen Universität Dresden

Vollantrag

1. Preface/Summary

Das hier beantragte Graduiertenkolleg soll Forschungsprojekte zusammenführen, bei der technik- und naturwissenschaftliche Fächer mit geistes- und sozialwissenschaftlichen zusammenarbeiten. Im Mittelpunkt steht die Interdependenz zwischen technischer Machbarkeit und gesellschaftlicher Akzeptanz von nachhaltigen Energiesystemen und deren Randscheinungen und Folgen. Die Forschungsarbeiten sollen von technologischer Seite Optionen für Energiesysteme entwickeln und bewerten sowie von sozial- und geisteswissenschaftlicher Seite deren gesellschaftliche und ökonomische Akzeptanz prüfen. Die multiple Betreuung der Doktoranden durch Wissenschaftler aus den verschiedenen Disziplinen und Wissenschaftskulturen ist notwendige Voraussetzung für den Erfolg des Graduiertenkollegs. Hochbegabte Doktorandinnen und Doktoranden sollen dabei für einen persönlich erfolgreichen und gesellschaftlich nützlichen Berufsweg in Wissenschaft und/oder Wirtschaft qualifiziert werden.

Die Technische Universität Dresden bietet wie kaum eine andere deutsche Universität die Voraussetzungen für ein solches Graduiertenkolleg. Als Volluniversität vereint sie in jeweils voll ausgebautem Maße Natur- und Technikwissenschaften auf der einen und Geistes- und Sozialwissenschaften auf der anderen Seite. Darüber hinaus garantiert das DRESDEN concept die synergetische Nutzung vorhandener sowohl universitärer als auch außeruniversitärer Ressourcen (Helmholtz Zentrum Dresden-Rossendorf, Max Planck-Institute, Leibniz-Institute sowie Fraunhofer-Institute).

Die TU Dresden hat sich für die Exzellenz-Initiative des Bundes und der Länder beworben und hat am 31. August 2011 die hierfür erforderlichen Unterlagen eingereicht. Das Bewerbungspaket, das die TU Dresden am 1. September 2011 eingereicht hat, umfasst die Vollerträge für das Zukunftskonzept "Universität der Synergien", das Exzellenzcluster "Center for Advancing Electronics Dresden (cfAED)" und die Fortsetzungsanträge für ihren bereits bestehenden Exzellenzcluster "From Cells to Tissues to Therapies" (CRTD) und die Graduiertenschule "DIGS-BB" (Dresden International Graduate School for Biomedicine and Bioengineering).

2. Hintergrund und Relevanz

„We live in an era where most policy debates relevant to science and emerging technologies are not simply technical issues. Rather, they are collectively decided at the intersection of politics, values, and expert knowledge“ (Nisbet & Scheufele 2009, 1776).

Diese auf einer Analyse von Technologiediskursen basierende Erkenntnis gilt für alle entwickelten Industrieländer in gleicher Weise. Sie legt nahe, bei der Planung von Entwicklungs-

szenarien für die künftige Energieversorgung von Beginn an eine enge Kooperation zwischen den Technikwissenschaften und den Sozialwissenschaften zu suchen. Eine solche Kooperation kann den Prozess optimieren und zur Akzeptanz sinnvoller technischer Lösungen im Bereich Energie beitragen. Die Technikwissenschaften können technisch beherrschbare, ökologisch vertretbare und wirtschaftlich sinnvolle Lösungen für die Energieumwandlung, -speicherung und -übertragung entwickeln. Welcher Grad der technischen Beherrschung, oder anders ausgedrückt, des Risikos, aber von der Gesellschaft akzeptiert wird, was langfristig als ökologisch vertretbar und wirtschaftlich sinnvoll angesehen wird, kann von ihnen in der Regel nicht beantwortet werden. Noch weniger kann die Technikwissenschaft die Frage beantworten, wie auf individueller und gesamtgesellschaftlicher Ebene die Prozesse der Urteils- und Willensbildung bei den verschiedenen Akteuren und der breiten Bevölkerung ablaufen.

In Demokratien haben technische Lösungen immer weniger eine Chance auf Realisierung ohne Akzeptanz in der Gesellschaft. Umgekehrt haben Vorgaben durch die Politik und Erwartungen der Bürger keinen Realitätsbezug, ohne dass die entsprechenden technischen Lösungen gefunden werden. Beide Bereiche sind aufeinander angewiesen, wenn sinnvolle Energiekonzepte Erfolg haben sollen. Das legt es nahe, dass auch die entsprechenden Disziplinen zusammenarbeiten und – zum Beispiel in einem Graduiertenkolleg – in enger interdisziplinärer Kooperation wissenschaftliche Arbeiten entstehen, die beide Perspektiven integrieren. Der Erfolg bei der Herausforderung, technische Lösungen mit gesellschaftlicher Akzeptanz zu verbinden, wird zunehmend zu einem Standortvorteil von Staaten und Regionen werden.

Die Zielsetzung des Graduiertenkollegs, ist relevanter denn je. Die Bedeutung einer nachhaltigen (ressourcenökologische) Energieversorgung zeigt sich nicht zuletzt am Beispiel ihrer geopolitischen Implikationen. Die vom Zentrum für Transformation der Bundeswehr 2010 veröffentlichte „Peak-Oil-Studie“ benennt glaubhafte Szenarien für die Zeit, nachdem die maximale Fördermenge an Rohöl erreicht ist (was nach neuesten Schätzungen spätestens 2020 eintreten wird): Zunehmende Fragilität von Staaten, humanitäre Krisen, Zusammenbrüche von Wirtschaftskreisläufen. Das Mineralöl als fossiler Energieträger wird, noch mehr als es bisher der Fall ist, geopolitisch und militärisch zu einer dominanten Größe im Wettbewerb von Staaten, Regionen und politischen Systemen.¹ Daraus folgt die Notwendigkeit, andere Energiequellen an die Stelle des Öls zu setzen.

Deutschland gehört sowohl in der technologischen Entwicklung als auch im politischen Umsetzungswillen für regenerative Energien zu den führenden Ländern weltweit. Die politischen Reaktionen auf das Unglück im japanischen Kernkraftwerk Fukushima haben die energiepolitische Situation noch einmal verschärft. Der aktuelle Entwurf der Bundesregierung zur Energiewende bis 2030 beinhaltet die Umstrukturierung der gesamten deutschen Energieversorgung. Beispielsweise erfordert der weitestgehende Ersatz der Kernenergieerzeugung durch die diskontinuierlich anfallenden regenerativen Energien alternative Lösungen für die Energieumwandlung, -speicherung und -übertragung.

Zur Umsetzung der von der Bundesregierung vorgegebenen Energiestrategie ist einerseits die Weiterentwicklung von bereits vorhandenen regenerativen Energieumwandlungstechnologien, andererseits werden innovative Speichersysteme zu erforschen sowie die Schaffung der notwendigen Infrastruktur zur flächendeckenden Verteilung elektrischer Energie erforderlich sein. Der sich daraus insgesamt ergebende Energiemix liefert somit die Basis für eine sichere, umweltfreundliche sowie wettbewerbsfähige Energieversorgung, welche aus kompetitiver Sicht im Vergleich zu anderen EU-Staaten zu betrachten ist.

Eine holistische Betrachtung, wie sie in diesem Graduiertenkolleg vorgesehen ist, beachtet

¹ Zentrum für Transformation der Bundeswehr (2010): Peak Oil. Sicherheitspolitische Implikationen knapper Ressourcen. www.zentrum.transformation.bundeswehr.de

von Beginn an die Umfeldbedingungen für technisch-technologische Lösungen. Jene liegen vor allem in der Beherrschbarkeit, der ressourcenökologischen Bewertung, der geopolitischen Unabhängigkeit und der Wirtschaftlichkeit. Die Bewertung von Energiesystemen auf jeder der vier Dimensionen ergibt sich dabei nicht alleine aus objektiv-wissenschaftlichen Parametern. Sie ist *auch* das Produkt gesellschaftlicher Diskurse, in denen die in der Gesellschaft vorherrschenden Wertesysteme, jeweilige politische und wirtschaftliche Interessen, die mediale Aufbereitung von Themen und nicht zuletzt einzelne Schlüsselereignisse eine erhebliche Rolle spielen.

So ist die *Beherrschbarkeit* eines Gesamtsystems im Sinne des statistischen Risikos einer Technologie – verstanden als das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und möglichem Schaden² - ungleich dem wahrgenommenen Risiko in der Bevölkerung. „‘Risk’ is a difficult concept to convey and one that is poorly understood by the public“.³ Die kognitiv- und sozialpsychologischen Mechanismen der subjektiven Wahrnehmungen von Risiken sind gut erforscht (vgl. die frühen Arbeit zur Anwendung von sogenannten „Heuristiken“⁴). Dies gilt auch für den Einfluss der personalen und vor allem der Massenkommunikation auf die Risikowahrnehmung.⁵

Die *ressourcenökologische Bewertung* von Energietechnologien beinhaltet mehr als nur technik- und naturwissenschaftliche Aspekte. Wie schnell und wie entschieden sich Gesellschaften auf alternative Energieversorgungsstrategien einlassen und deren Kosten in Form von Preiserhöhungen, Komfortverlust oder politischer Abhängigkeit in Kauf zu nehmen bereit sind, ist wiederum das Ergebnis von individuellen und gesellschaftlichen Wahrnehmungs- und Entscheidungsprozessen, an denen zahlreiche Faktoren beteiligt sind. Auch können bestimmte Lösungen, die ökologisch attraktiv sind, dysfunktionale Nebenwirkungen in anderen Bereichen zeigen – wie die Diskussion „food vs. fuel“ im Zusammenhang mit der Nutzung des Energieträgers Biomasse zeigt.

Auf die *geopolitische Abhängigkeit* im Zusammenhang mit Rohöl hat die erwähnte „Peak Oil“-Studie des Zentrums für Transformation der Bundeswehr hingewiesen.. Angesichts einer sich auf absehbare Zeit als eher politisch unruhig darstellenden weltpolitischen Lage müssen alle Lösungen, die bei der Bereitstellung, Speicherung und Übertragung von Energie auf internationale Kooperation angewiesen sind, hinsichtlich ihrer außen- und vor allem sicherheitspolitischen Implikationen geprüft werden.

Schließlich ist auch die Bewertung der Wettbewerbsfähigkeit, d. h. der *wirtschaftlichen Dimension* von Energieoptionen kein rein betriebs- oder volkswirtschaftliches Rechenergebnis. Die Akzeptanz von Energiepreisen (elektrische Energie sowie Wärmeenergie) hängt oftmals von der Berücksichtigung aller Bewertungsparametern ab und vor allem davon, wie diese kommuniziert werden.

Insofern kommt bei allen Dimensionen, die letztlich über die „Machbarkeit“ technischer Lösungen entscheiden, die Kommunikation über diese Lösungen und ihre Implikationen ins Spiel. Entscheidend ist am Ende nicht die nach rein objektiven Verfahren ermittelte Überlegenheit einer Option, sondern deren positive oder negative Anbindung an bestehende Wertestrukturen auf allen oben genannten Dimensionen. An diesen Werteanbindungen, ihrem „Framing“ durch Betonung positiver oder negativer Eigenschaften, sind verschiedene Ak-

² Rowe, W. D. (1977): An anatomy of risk. New York: John Wiley.

³ Lipkus, Isaac M. (2008): Risk Perceptions. In: Donsbach, W. (ed.): The International Encyclopedia of Communication. Malden et al: Blackwell Publishing, 4420-4424, 4420

⁴ Tversky, A. & Kahneman, D (1974): Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. Science 185 (4157), 1124–1131.

⁵ Peters, H.P., Brossard, D., de Cheveigné, S., Dunwoody, S., Kalfass, M., Miller, S. & Tsuchida, S. (2008). Science Communication: Interactions with the mass media. Science, Vol. 321, No. 5886, 204-205.

teure mit unterschiedlichen Interessen beteiligt. Ihre Botschaften in Form von Ansprüchen und Behauptungen werden öffentlich durch die Medien verarbeitet und für das Laienpublikum aufbereitet, wobei die Medien alleine schon aufgrund ihrer eigenen kommerziellen Ziele (Reichweite) aber auch aufgrund der politischen Werte von Journalisten keine interessenfreien Akteure darstellen. Die neuen Strukturen der öffentlichen und halb-öffentlichen (soziale Netzwerke) Kommunikation im Zeitalter des Internets hat die Komplexität dieser Prozesse dabei noch einmal erhöht und deren Vorhersagbarkeit erschwert. Dass Diskurse über technisch-wissenschaftliche Themen in ansonsten weitgehend isomorphen gesellschaftlichen Systemen ganz verschieden ablaufen können (vgl. die Darstellung und Wahrnehmung von Biotechnologie in Deutschland, Großbritannien und den USA, Listerman 2007), zeigt deren Beeinflussbarkeit durch Wertekommunikation.

3. Relevanz des wissenschaftlichen Programms und Synergien an der Schnittstelle zum DRESDEN-concept

Die TU Dresden (TUD) sieht ihre Zukunft als Exzellenz-Universität, die eine lange Tradition als Spitzenuniversität hat und in einer Region verwurzelt ist, die seit Jahrhunderten nach dem immer Besseren strebt, die Besten anzieht und führende Köpfe hervorbringt. In der zweiten Runde der Exzellenzinitiative hat die TU Dresden ihre Bewerbung innerhalb aller drei Förderlinien eingereicht.

Das DRESDEN-concept (Dresden Research and Education Synergies for the Development of Excellence and Novelty) hat sich das Ziel gesetzt, die erfolgreiche Dresdner Wissenschaftslandschaft zu einem exzellenten Forschungs- und Ausbildungsraum zu vernetzen. Die gemeinsame Nutzung von Forschungsinfrastrukturen ist ein wichtiger Bestandteil dieser Initiative. Um dieses Ziel zu erreichen, setzt die TUD auf ihre und die Stärken der Region Dresden und will diese Stärken ausbauen: Qualität, Ganzheitlichkeit und Interaktion. Kaum eine andere deutsche Universität kann ein so ganzheitliches Studienangebot sicherstellen wie die TUD: Ingenieurwissenschaften, Mathematik und Naturwissenschaften, Geisteswissenschaften und Medizin unter einem Dach. Diese Konzeption stellt einen Verbund der TUD mit starken Partnern aus Wissenschaft und Kultur mit dem Ziel, die Exzellenz der Dresdener Forschung sichtbar zu machen. Ganz konkret zielt die Zusammenarbeit im DRESDEN-concept auf folgendes ab: Die Partner erschließen und nutzen Synergie in den Bereichen Forschung, Ausbildung, Infrastruktur und Verwaltung. Sie koordinieren ihre Wissenschaftsstrategie und identifizieren die Gebiete, auf denen Dresden international führt. Sie entwickeln eine gemeinsame Strategie, weltweit führende Wissenschaftler für Dresden zu gewinnen.

Folgerichtig stellt die Etablierung des „Boysen-TUD-Graduiertenkollegs“ zum Thema Nachhaltige Energiesysteme einen signifikanten Beitrag zur Unterstützung der künftigen Strategie der TU Dresden dar. Infolge der engen Zusammenarbeit mit der Friedrich-und-Elisabeth-Boysen-Stiftung werden Synergien genutzt, um junge und begabte Menschen der Zielgruppe „exzellente Nachwuchswissenschaftler“ zu unterstützen.

4. Wissenschaftliches Programm/Promotionsthemen

Alle im Rahmen des Graduiertenkollegs beantragten Projekte befassen sich sowohl mit ingenieurwissenschaftlichen als auch mit sozial- und geisteswissenschaftlichen Themenfeldern, welche dem Bereich „Nachhaltige Energiesysteme“ zuzuordnen sind.

In Abstimmung mit dem Vorstand der Friedrich-und-Elisabeth-Boysen-Stiftung sollen sechs Doktoranden gefördert werden, deren Promotionsthemen primär einen ingenieurtechni-

schen Bezug aufweisen (P1 bis P6). Im Falle des Projektes P6 „Bewertung von Szenarien für Energiesysteme – Potenziale, Grenzen und Akzeptanz“ stellen technologische Systeme die Grundlage für Bewertungen dar, weshalb es der ingenieurtechnischen Kategorie zugeordnet wurde. Ergänzend hierzu werden weitere vier Doktoranden von der TU Dresden in den Bereichen Sozial- und Geisteswissenschaften gefördert (P7 bis P10). Die folgende Auflistung beinhaltet eine Kurzdarstellung aller Projekte; die vollständigen Antragstexte sind im Abschnitt 8 enthalten. Tabelle 1 weiter unten veranschaulicht die Schnittmengen/Synergien zwischen den einzelnen Projekten.

P1: CO₂-Neutralität von Energiesystemen (Hauptbetreuer: Mollekopf)

Biogas ist wegen seines quasi konstanten Anfalls und seiner unproblematischen Speicherbarkeit eine der wenigen grundlastfähigen unter den nachhaltigen Energiequellen und damit in zukünftigen Energieszenarien kaum weg zu denken. Es wird wegen der damit einhergehenden „Zerstörung der Artenvielfalt“, „Belastung der Umwelt“, seiner „erschreckenden Klimabilanz“ (alle Zitate aus [Sch11]) und nicht zuletzt der Konkurrenzsituation zu Nahrungsmitteln allerdings auch kritisch gesehen. Im beantragten Projekt sollen die nicht-technischen Kritikpunkte „umschifft“ werden, bspw. durch die Beschränkung auf Biogas aus Bio-Abfall oder Gülle statt aus Lebensmitteln. Den die Akzeptanz einschränkenden technischen Kritikpunkten soll einerseits durch die Weiterentwicklung der vermeintlichen CO₂-Neutralität von Biogas zu einer echten CO₂-Senke begegnet werden. Dies setzt die Konditionierung des Biogases voraus, was wiederum auch seiner Qualität zugute kommt. Andererseits soll die Reduzierung seiner hohen H₂S-Konzentration, die vereinzelt bereits zu schweren Arbeitsunfällen geführt hat, zur Erhöhung der Akzeptabilität beitragen, zumal damit gleichzeitig die Korrosivität gemindert wird, was Voraussetzung für die Einspeisung in Gasnetze ist.

P2: Wasserstoff als alternativer Energieträger: Bewertung von Wirkungsgradketten und gesamtökologischer Bilanz unterschiedlicher Implementierungsszenarien (Hauptbetreuer: Hesse)

Aktuell befasst sich ein breites Spektrum von Forschungsarbeiten mit der Nutzung von Wasserstoff als Energieträger, sowohl für lokal begrenzte technische Anwendungen als auch für eine vollständig von Wasserstoff getragene Energiewirtschaft. Die dabei untersuchten Einsatzfelder umfassen vor allem Applikationen im Verkehrssektor als Substitut für die bisher genutzten flüssigen Brennstoffe, die Energiespeicherung in unterschiedlich großen Systemen sowie den Einsatz von Wasserstoff zum Energietransport. Strukturiert werden die Forschungsarbeiten durch eine generelle Unterteilung der Themengebiete z. B. nach der Wasserstoff-herstellungstechnologie (beispielsweise thermische, thermo-chemische oder elektrolytische Aufspaltung von Wasser), nach den eingesetzten Primärenergiequellen (fossile Energieträger, Biomasse, Kernspaltung) oder nach der Art der Wasserstoffspeicherung (gasförmig, tiefkalt-flüssig bzw. tiefkalt-überkritisch in ggf. unterschiedlichen ortho-/para-Konzentrationen; Adsorption an Festkörpern). Des Weiteren wird nach der Art der angewandten Energieumwandlungstechnologie am Ort der Nutzung (Brennstoffzelle, Verbrennungsmotor, Gasturbine) unterschieden. Dabei konnten in den letzten Jahren zum Teil noch einmal erhebliche Entwicklungserfolge, vor allem hinsichtlich der realisierten Wirkungsgrade, erreicht werden. Dies führte jedoch insgesamt zu einer Situation, in der in vielen Bereichen die technisch-technologischen Entwicklungspotenziale ausgeschöpft scheinen.

P3: Thermoelektrische Systeme für zukünftige Antriebskonzepte (Betreuer: Professur für Raumfahrtsysteme und Raumfahrtnutzung)

Einer der größten Probleme bei zukünftigen Fahrzeugkonzepten ist die nur beschränkt zur Verfügung stehende Energie in den Batterien. Solange im Bereich der Batterietechnologie

kein überragender Durchbruch bezüglich der Kapazität erreicht ist, wird es zwangsläufig zu einer starken Reduzierung der Leistungsparameter der Fahrzeuge kommen. Hierzu sind zum einen die Reduzierung der Reichweite und zum anderen der Wegfall von Komfort-Systemen (Klimaanlage, Verstellmotoren von Sitzen, Sitzheizung etc.) zu zählen. Aus diesem Grund sind momentan verfügbare E-Fahrzeuge nur für Nischenanwendungen (auf das Fahren beschränkte Stadtfahrzeuge) geeignet. Um die Akzeptanz und damit die Bereitschaft auf neue Fahrzeuge umzusteigen zu erhöhen, ist es von wesentlicher Bedeutung, die verfügbare Energie zu erhöhen. Ein Mittel ist die zusätzliche On-Board-Generierung von elektrischer Energie und der damit einhergehenden Reduzierung der Energieentnahme. Folge ist die Erhöhung der Reichweite beziehungsweise die Möglichkeit bisher gewohnte Komfort-Systeme auch weiterhin dem Benutzer zur Verfügung stellen zu können. Durch einen TEG-Einsatz im großen Stil würde es zu einer Verringerung der Kosten des Systems kommen und damit E-Fahrzeuge für eine breitere Masse erschwinglich werden.

P4: Grenzen und Risiken von Energiesystemen zur Sicherstellung einer wettbewerbsfähigen und CO₂-armen Energieversorgung (Hauptbetreuer: Hurtado)

Die Substitution der bisher genutzten Kernenergie durch regenerative Energien, vor allem Wind- und Solarenergie, setzt die Fähigkeit zur Speicherung volkswirtschaftlich relevanter Mengen an Elektroenergie voraus. Dies führt zwingend zu einer völlig neuartigen, in ihrer Struktur und Komplexität bisher noch nie realisierten Energieversorgung der Industrie und privaten Haushalte in Deutschland. Im Kontext einer sich rapide verschärfenden globalen Wettbewerbssituation sind, neben den Rohstoffkosten, im Besonderen die technischen Wirkungsgrade der einzelnen Energieumwandlungsstufen im Gesamtsystem der Energiewirtschaft von entscheidender Bedeutung. Sie werden, neben der ökologischen Gesamtbilanz, entscheiden, welche zusätzlichen Kosten von Deutschland zu tragen sind und in welchem Maße Deutschland ein konkurrenzfähiger Partner in der Weltwirtschaft bleibt. Im Rahmen des hier geplanten Promotionsprojektes und in enger Zusammenarbeit mit anderen Teilprojekten innerhalb des Graduiertenkollegs sollen insbesondere die technologischen Rahmenbedingungen der heute und zunächst bis 2030 verfügbaren Energiewandlungstechnologien analysiert und im Vergleich mit konkurrierenden Energieversorgungssystemen verglichen werden. Inwieweit die Implementierung neuer Technologien zum Erreichen der im Energiekonzept der Bundesregierung bis 2030 formulierten Ziele erforderlich sein wird und welche Technikakzeptanz-Probleme daraus resultieren können, wird zusammenfassend untersucht.

P5: Technologische Beurteilung von Energieübertragungssystemen zur verstärkten Nutzung regenerativer Energieträger (Hauptbetreuer: Schegner)

Das politisch vorgegebene Ziel, bis 2050 80% der elektrischen Energie aus erneuerbaren Energiequellen zu erzeugen, wird zu weitreichenden Veränderungen auf dem Gebiet der elektrischen Energieversorgung führen. Die Integration der zum großen Teil dargebotsabhängig und damit fluktuierend einspeisenden Erzeugungsanlagen, wie z. B. Photovoltaik und Windkraftwerke, erfordern leistungsstarke transeuropäische Energieübertragungssysteme, um den Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch sicherzustellen. Der Bau von konventionellen Hochspannungsleitungen und -anlagen wird heute von großen Teilen der Bevölkerung aus unterschiedlichsten Gründen nicht akzeptiert. Im Rahmen dieses Teilprojektes soll eine technologische Bewertung verschiedener technischer Lösungsansätze entwickelt werden, welche gemeinsam mit anderen Projekten innerhalb des Graduiertenkollegs eine holistische Gesamtanalyse erlauben.

P6: Bewertung von Szenarien für Energiesysteme – Potenziale, Grenzen und Akzeptanz (Hauptbetreuer: Möst)

Im Rahmen der Promotionsvorhaben sollen einerseits Szenarien zur Entwicklung des Energiesystems erstellt werden und andererseits die Gesellschaft bei der Erstellung dieser Szenarien mittels partizipativer Elemente eingebunden werden. Der Fokus des Vorhabens soll auf der Analyse der Machbarkeit der Integration der erneuerbaren Energien in das Energiesystem und der Erreichung der von der Bundesregierung gesetzten Ziele zum Ausbau erneuerbarer Energien, sowie der dadurch erwarteten finanziellen Zusatzbelastungen in zukünftigen Jahren liegen. Dabei soll auch die gesellschaftliche Akzeptanz von regionalen Projekten analysiert, erforscht und entsprechende Lösungsvorschläge erarbeitet werden.

P7: Bewertung der Nachhaltigkeit zukünftiger Energiesystemoptionen (Hauptbetreuer: Günther)

Die im Graduiertenkolleg zu entwickelnden Energiesystemoptionen werden nur dann zukunftsfähig sein, wenn sie den Anforderungen der Nachhaltigkeit genügen. Das hier beantragte Vorhaben untersucht die in den ingenieurwissenschaftlichen Teilprojekten betrachteten Optionen hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit: Im Mittelpunkt steht die Bewertung der Nachhaltigkeit im Sinne einer langfristigen ökonomischen und ökologischen Tragfähigkeit. Es gilt mit der Unsicherheit der langfristigen ökonomischen Konsequenzen umzugehen und trade-offs zwischen der ökonomischen und ökologischen Nachhaltigkeit zu identifizieren. Als Ausgangspunkt für die Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit der Energiesystemoptionen dient die standardisierte Ökobilanzierung. Wie bei der ökonomischen Bewertung ist hier mit der Herausforderung der Unsicherheit umzugehen. Ziel ist hierbei im Sinne einer begleitenden Forschung, hot spots bereits im Laufe des Entwicklungsprozesses zu identifizieren und gegebenenfalls zu beeinflussen. Ergänzend werden mögliche Hemmnisse einer erfolgreichen Implementierung der bewerteten und ausgewählten Energiesystemoptionen betrachtet. Eine Berücksichtigung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit, der ökologischen Verträglichkeit, aber auch gegebenenfalls der Hemmnisse ermöglicht einen langfristigen Erfolg der betrachteten zukünftigen Energiesystemoptionen.

P8: Aufmerksamkeits-Generierung und Kommunikations-Strategien für nachhaltige Energiesysteme (Hauptbetreuer: Donsbach)

Mit Hilfe mehrerer Experimente soll überprüft werden, wie die kommunikative und mediale Darstellung von nachhaltigen Energiesystemen gestaltet werden muss, damit die Bevölkerung optimal über diese Optionen aufgeklärt wird und möglichst unabhängige, rationale Wahrnehmungs- und Handlungsentscheidungen treffen kann. Dazu werden auf der Basis von den verschiedenen Akteuren und den Medien verwendeten Argumenten und Framings inhaltliche, formale und mediale Merkmale der Kommunikation systematisch variiert und auf ihre Wirkung hin getestet. Die Prädispositionen der Rezipienten (u.a. Wissen, Einstellungen, Verhalten hinsichtlich von Energiesystemen) werden dabei als moderierende Faktoren kontrolliert. Im Sinne einer optimalen strategischen Kommunikation sollen dabei Erkenntnisse darüber gewonnen werden, mit welchen Argumenten in welcher Aufbereitung und in welchen Medien jeweilige Zielgruppen der Bevölkerung über Energietechnologie angesprochen und von sinnvollen Lösungen überzeugt werden können. „Strategisch“ bedeutet dabei keine einseitige Kommunikation i.S. eines reinen Marketing, sondern die Orchestrierung von Überzeugungsprozessen.

P9: Parteien und die Durchsetzung nachhaltiger Energiesysteme (Hauptbetreuer: Patzelt)

Zu infrastrukturellen Innovationen kommt es nicht allein aufgrund der Verfügbarkeit und der gesellschaftlichen Akzeptanz entsprechender Technologien. Es bedarf auch politischer Entscheidungen zur Schaffung der erforderlichen Rahmenbedingungen, vor allem durch gesetzliche Grundlagen und – zumindest anfänglich – erforderliche Subventionierung. Unter den Bedingungen pluralistischer Demokratie sind es primär die politischen Parteien, welche derlei Entscheidungen herbeiführen oder verhindern. Deren Personal agiert – abhängig von der in den Wahlergebnissen ausgedrückten gesellschaftlichen Akzeptanz seiner Politik - in den Parlamenten und Regierungen. Wenn man ihre Rolle bei der Durchsetzung infrastruktureller Innovationen erkennen sowie bürgergesellschaftliche Einflussmöglichkeiten anhand dieser Faktoren aufzeigen will, muss man die Faktoren der Programmbildung und Positionsfindung von Parteien beachten. Hinsichtlich der Durchsetzungsmöglichkeiten nachhaltiger Energiesysteme lässt sich dies beispielhaft durch einen Vergleich der Partei der Grünen mit der CDU untersuchen. Die Grünen haben in Deutschland als erste auf eine nachhaltige Energiepolitik gesetzt, während die CDU sich zunächst nur mit vorsichtigen Schritten, im Frühjahr 2011 dann aber mit einer dramatischen „Energiewende“ auf dieses Ziel eingelassen hat. Es geht in diesem Projekt darum zu untersuchen, welche Faktoren einerseits den Siegeszug ursprünglich ganz minoritärer „grüner“ Positionen zur Schaffung nachhaltiger Energiesysteme herbeiführten und andererseits eine jahrzehntelang widerstrebende Partei zu einem tiefgreifenden energiepolitischen Kurswechsel veranlassten. Die Ergebnisse dieses Projekts geben Auskunft über die Umstände realer politischer Machbarkeit des technologisch Möglichen und gesellschaftlich Akzeptablen.

P10: Kenntnisse, Einstellungen und Verhaltensdispositionen zu erneuerbaren Energien in der Bevölkerung und bei relevanten Akteuren (Hauptbetreuer: Donsbach/Günther/Möst/Patzelt/Schegner)

Die Dissertation untersucht in deskriptiver Hinsicht die in der Bevölkerung und bei relevanten Akteuren vorhandenen Kenntnisse, Einstellungen und Verhaltensdispositionen zu Energietechnologien im Allgemeinen und zu erneuerbaren Energien im Speziellen sowie zur Nutzung von Energietechnologien. In explikativer Hinsicht untersucht sie die kausalen Zusammenhänge zwischen diesen drei Konstrukten untereinander sowie die Einflüsse von Drittvariablen wie zum Beispiel Bildung, Einkommen oder Wertemustern auf die drei Zielvariablen. Den empirischen Kern des Projekts bilden repräsentative Bevölkerungsumfragen und Leitfadengespräche mit Akteuren aus relevanten Gesellschaftsbereichen wie der Politik, der Wissenschaft und der Energiewirtschaft. Da mindestens fünf der beteiligten Dissertationsprojekte auf solche Daten angewiesen sind, hat dieses Projekt auch eine zentrale Bedeutung als „Servicemodul“ für das Graduiertenkolleg. Die gemeinsame Betreuung durch fünf der beteiligten Professoren soll sicher stellen, dass die jeweils benötigten Daten unter Berücksichtigung der verfügbaren Ressourcen optimal bereit gestellt werden können.

Abbildung 2: Methodische Bezüge zwischen den Dissertationsprojekten (↓ Fragen- und Datenlieferung)

	P1: CO ₂ -Neutralität von Energiesystemen	P2: Wasserstoff als alternativer Energieträger	P3: Thermoelektrische Systeme für zukünftige Antriebskonzepte	P4: Grenzen und Risiken von Energiesystemen	P5: Bewertung Energieübertragungssysteme	P6: Szenarien Energiesysteme	P7: Ökologisch-ökonomische Nachhaltigkeit	P8: Entwicklung Kommunikations-Strategien	P9: Politische Durchsetzung nachhaltiger Energiesysteme	P10: Gesellschaftliche Wahrnehmung Energieoptionen
P1: CO ₂ -Neutralität von Energiesystemen		Wirtschaftlicher Vergleich		CO ₂ -Vergleich von Energiesystemen		Parameter für andere Systeme	Parameter für andere Systeme	Kommunikations-Strategien	Biogas im politischen System	Kenntn./Mein./Verhalten zu Biogas
P2: Wasserstoff als alternativer Energieträger	Wasserstoff-Erzeugung aus Biomasse		Alternativer Treibstoff	Vergleich von Energiesystemen		Parameter für andere Systeme	Parameter für andere Systeme	Kommunikations-Strategien	Wasserstoff im politischen System	Chancen und Risiken im Umgang mit Wasserstoff
P3: Thermoelektrische Systeme für zukünftige Antriebskonzepte				Vergleich von Energiesystemen	Transport elektrischer Energie	Parameter für andere Systeme	Parameter für andere Systeme	Kommunikations-Strategien		Erwartungen an Fahrzeuge
P4: Grenzen und Risiken von Energiesystemen	CO ₂ -Senke Erwartungen	Ökol. & ökon. Parameter beim Einsatz von Wasserstoff	CO ₂ -Senke Erwartungen/ Energieeffizienz		Zuverlässigkeit von Übertragungssystemen	Parameter für andere Energieträger	Parameter für andere Systeme	Kommunikations-Strategien	Nachhaltigkeit im politischen System	Gesellschaftliche Akzeptanz von Energieoptionen
P5: Bewertung Energieübertragungssysteme	CO ₂ -Senke Erwartungen	Ökol. & ökon. Parameter beim Einsatz von Wasserstoff	CO ₂ -Einsparung	Vergleich von Energiesystemen		Parameter für andere Systeme	Parameter für andere Systeme	Kommunikations-Strategien	Übertragungssysteme im politischen System	Gesellschaftliche Akzeptanz von Übertragungssystemen
P6: Szenarien Energiesysteme	CO ₂ -Senke Erwartungen	Techno-ökonomische Parameter beim Einsatz von Wasserstoff	CO ₂ -Senke Erwartungen/ Energie-Ersparnis	Vergleich von Energiesystemen	Parameter für Vergleichsrechnungen		Technologiedaten aus Life-cycle assessment	Kommunikations-Strategien	Erneuerbare Energien im politischen System	Gesellschaftliche Akzeptanz von Energieoptionen
P7: Ökologisch-ökonomische Nachhaltigkeit	CO ₂ -Senke Erwartungen	Ökol. & ökon. Parameter beim Einsatz von Wasserstoff	CO ₂ -Senke Erwartungen/ Energie-Ersparnis	Vergleich von Energiesystemen	Parameter für Vergleichsrechnungen	Parameter für andere Systeme		Kommunikations-Strategien	Nachhaltigkeit im politischen System	Gesellschaftliche Akzeptanz von Energieoptionen
P8: Entwicklung Kommunikations-Strategien	Folgen Biogas als Energiequelle	Chancen & Risiken beim Einsatz von Wasserstoff	Beurteilung Folgen für Fahrzeugnutzer	Ökol. und ökon. Folgen Energieoptionen	Argumente zu Übertragungssystemen	Argumente für Energieoptionen	Argumente für Energieoptionen		Politische Diskursstruktur erneuerbare Energien	Argumente- u. Frame-Pool für Experimente
P9: Politische Durchsetzung nachhaltiger Energiesysteme	Beitrag Biogas zum politischen Energiemix	Beitrag Wasserstoff zum politischen Energiemix	Akzeptanz Mobilitätskonzepte durch Politik	Technologische Implikationen regenerativer Energieträger	Wille der Politik: energiewirtschaftlicher Rahmen	Politische Bewertung von Szenarien	Politische Vorgaben als Handlungsrahmen	Kommunikations-Strategien		Bevölkerungsmeinungen zur Energiepolitik
P10: Gesellschaftl. Wahrnehmung Energieoptionen	Folgen Biogas als Energiequelle	Folgen Einsatz Wasserstoff für Nutzer	Beurteilung Folgen für Fahrzeugnutzer	Ökol. und ökon. Folgen Energieoptionen	Akzeptanz Übertragungssysteme	Kenntn./Mein./Verhalten zu erneuerbaren Energien	Dimensionen für Messung von Kenntn./Mein./Verhalten	Struktur der Medieninhalte	Gesellschaftl. Akzeptanz/ mediale Darstellung Energieoptionen	

5. Educational Concept

Das „Boysen-TUD-Graduiertenkolleg“ hat die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses als wichtigstes Ziel im Fokus. Im Rahmen dieses interdisziplinären Graduiertenkollegs werden hochbegabte Doktoranden für eine Karriere in Wissenschaft oder Wirtschaft qualifiziert. Gemäß der inhaltlichen Zielsetzung des Graduiertenkollegs und in der Auseinandersetzung sowohl mit ingenieurwissenschaftlichen als auch geistes- und sozialwissenschaftlichen Fragestellungen erhalten die Doktoranden umfassende Kenntnisse aus verschiedenen Perspektiven und in verschiedenen Methoden.

Den Doktoranden werden über drei Jahre eine strukturierte Doktorandenausbildung auf dem Gebiet „Nachhaltige Energiesysteme“ sowie ein berufsqualifizierendes und persönlichkeitsbildendes Training angeboten, das ihr Qualifikationsprofil zusätzlich schärfen soll. Durch die gemeinsame Forschung – auch in benachbarten Büroräumen - an übergreifenden Fragestellungen sollen sie früh die Bedeutung strategischer Kooperationen kennenlernen. Sie werden in einem Tandem mit mindestens einem weiteren Doktoranden aus einer anderen Disziplin eng zusammenarbeiten; darüber hinaus wird die Betreuung der Doktoranden jeweils von einem Haupt- und mindestens einem Nebenbetreuer aus dem Professorenteam gewährleistet. Weiterhin stehen die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der jeweiligen Bereiche für die tägliche Betreuung zur Verfügung.

Im Sinne der Mannschaftsbildung innerhalb der Doktorandengruppe und zur Stärkung der Integration und Interaktion aller Beteiligten werden die Doktoranden einen Sprecher wählen. Der gewählte Sprecher hat die Möglichkeit, an den regelmäßig stattfindenden Sitzungen des Vorstands des Kollegs (siehe Abschnitt 6) teilzunehmen.

Im Rahmen des Graduiertenkollegs ist je nach Bedarf der Aufenthalt der Doktoranden bei strategisch wichtigen nationalen wie auch internationalen Einrichtungen wie Ministerien, Genehmigungsstellen, Industrieunternehmen, Forschungszentren etc. vorgesehen. Internationale Gastaufenthalte der Doktorandinnen und Doktoranden an anderen Universitäten sollen ebenfalls zum Erfolgskonzept dieses Graduiertenkollegs beitragen.

Es werden regelmäßig stattfindende wissenschaftliche Workshops durchgeführt, bei denen Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft zu konkreten Themenstellungen eingeladen werden. Im Rahmen von Diskussionen und Gespräche haben die Doktoranden die Möglichkeit zur Diskussion sowie zum Fachgespräch mit den Referenten.

Für die konkrete Ausgestaltung der interdisziplinären Zusammenarbeit existieren didaktische und organisatorische Konzepte, welche zunächst innerhalb der Entscheidungsgremien zu präsentieren und zu diskutieren sein werden. Das Kolleg ist in jedem Falle in der Art der fächerübergreifenden Kooperation wissenschaftlich ambitioniert und innovativ. Exzellenz, Innovationsgehalt und Relevanz des vorgesehenen wissenschaftlichen Programms bilden einen Schwerpunkt der Forschung an der TU Dresden.

6. Organisations- und Managementstrukturen

Folgende Gremien- bzw. Managementstrukturen sind elementarer Bestandteil des Graduiertenkollegs:

- **Beirat:** Die Einrichtung eines Beirats ist Voraussetzung für die Stiftung. Damit soll insbesondere sichergestellt werden, dass die Teilprojekte, die durch die Stiftung gefördert werden, auch dem Stiftungstenor und allgemein den sachlichen und administrativen Randbedingungen entsprechen. Der derzeitige Stand TUD-interner Gespräche sieht u. a. die Berücksichtigung der zwei Graduiertenkolleg-Sprecher für den Beirat

vor. Ein Gespräch mit der Universitätsleitung steht noch aus; die abschließende Entscheidung hierüber wird nachgereicht.

- **Vorstand:** Setzt sich aus der Gruppe aller betreuenden Professoren innerhalb des Graduiertenkollegs zusammen. Sprecher des Vorstands sind die Professoren Donsbach und Hurtado. In regelmäßige Treffen werden u. a. der jeweilige Projektfortschritt, die Budgetverteilung festgelegt (Projektkosten, Mittel für Studentische Hilfskräfte) sowie Vorschläge bei nennenswerten Ist/Soll-Abweichungen in den Projekten erarbeitet. Wahlweise wird zu den Sitzungen des Vorstands der gewählte Sprecher aus der Doktorandengruppe eingeladen.
- **Doktorandengruppe:** Diese Gruppe setzt sich aus allen Doktoranden zusammen. Zur Bildung einer Schnittstelle zum Vorstand des Graduiertenkollegs wählt die Doktorandengruppe einen Sprecher, welcher an Sitzungen des Vorstands teilnehmen kann. Eine Stärkung und Intensivierung der Zusammenarbeit der Doktoranden untereinander wird nicht zuletzt durch die Wahl eines zusammenhängenden Denk- und Arbeitsraums gewährleistet.
- **Koordinations- und Transferstelle:** Diese Position besitzt eine hohe strategische Bedeutung im Hinblick auf eine optimale Koordination bei der Betreuung der Doktoranden sowie zur Nutzung und Umsetzung der am Standort Dresden vorhandenen Synergien (DRESDEN-concept), zur Organisation von Workshops, Konferenzen, etc. Eine wesentliche Aufgabe der Stelle besteht auch darin, ein Wissensmanagement auf dem Gebiet Nachhaltige Systeme/Technikakzeptanz über die gesamte Dauer des Graduiertenkollegs zu gewährleisten. Diese ist für die spätere Beantragung eines Sonderforschungsbereiches bei der DFG unerlässlich.

a) cht enthalten. Sie werden von der TUD bereitgestellt.

7. Projektanträge

Boysen-Graduiertenkolleg
**„Nachhaltige Energiesysteme - Interdependenz von technischer
Gestaltung und gesellschaftlicher Akzeptanz“**
an der Technischen Universität Dresden

1. Thema: CO₂-Neutralität von Energiesystemen

2. Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Norbert Mollekopf
Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik und Umwelttechnik
Fakultät Maschinenwesen
Technische Universität Dresden
Tel.: 0351 463 33513
Email: norbert.mollekopf@tu-dresden.de

3. Benennung der Doktorandin

Frau Dipl.-Ing. Myrea Schröter (Chemieingenieurwesen)

4. Einordnung Disziplinen

Umwelt- und Verfahrenstechnik, Chemische Technik, Energietechnik

5. Kurzfassung

Biogas ist wegen seines quasi konstanten Anfalls und seiner unproblematischen Speicherbarkeit eine der wenigen grundlast-fähigen unter den nachhaltigen Energiequellen und damit in zukünftigen Energieszenarien kaum weg zu denken. Es wird wegen der damit einher gehenden „Zerstörung der Artenvielfalt“, „Belastung der Umwelt“, seiner „erschreckenden Klimabilanz“ (alle Zitate aus [Sch11]) und nicht zuletzt der Konkurrenzsituation zu Nahrungsmitteln allerdings auch kritisch gesehen. Im beantragten Projekt sollen die nicht-technischen Kritikpunkte „umschiffert“ werden, bspw. durch die Beschränkung auf Biogas aus Bio-Abfall oder Gülle statt aus Lebensmitteln. Den die Akzeptanz einschränkenden technischen Kritikpunkten soll einerseits durch die Weiterentwicklung der vermeintlichen CO₂-Neutralität von Biogas zu einer echten CO₂-Senke begegnet werden. Dies setzt die Konditionierung des Biogases voraus, was wiederum auch seiner Qualität zugute kommt. Andererseits soll die Reduzierung seiner hohen H₂S-Konzentration, die vereinzelt bereits zu schweren Arbeitsunfällen geführt hat, zur Erhöhung der Akzeptabilität beitragen, zumal damit gleichzeitig die Korrosivität gemindert wird, was Voraussetzung für die Einspeisung in Gasnetze ist.

6. Hintergrund, Relevanz und aktueller Stand der Forschung

Modellrechnungen zum globalen Kohlenstoffkreislauf zeigen, dass der CO₂-Gehalt der Atmosphäre noch für mehrere Jahrzehnte steigen wird [Rin08]. Dies gilt selbst unter der unrealistischen Annahme, dass es gelingt, fossile Energieträger weltweit sofort und vollständig durch Biomasse zu ersetzen. Die Trägheit des Systems wird einerseits verursacht durch die höchst unterschiedlichen Zeitkonstanten der Einbindung von CO₂ in Biomasse und der CO₂-Freisetzung durch Verbrennung, Vergärung oder Verrottung. Andererseits trägt auch die Kinetik atmosphärischer Transportprozesse ihren Teil zur Trägheit des Systems bei.

Auch der Verzicht auf „Biostrom“ und seine Substitution durch kohlenstofffreie Energieträger wie Solar-, Wind- oder Wasserkraft würde die CO₂-Problematik kurzfristig kaum entschärfen: Die Biomasse würde dann verrotten und dabei ebenso viel CO₂ emittieren wie bei ihrer energetischen Nutzung.

Um sich der sofortigen CO₂-Neutralität im dynamischen System des Kohlenstoffkreislaufs zu nähern, besteht die Möglichkeit, die energetische Nutzung von Biomasse durch CCS (carbon capture and storage) oder Mineralisierung als CO₂-Senke auszuformen und so die Klimaerwärmung zu stoppen oder zumindest zu verlangsamen. CO₂ fällt bislang hauptsächlich bei der Verbrennung fossiler Energieträger an. CO₂ fällt aber ebenso bei der Verbrennung oder Vergärung nachwachsender Rohstoffe an und kann aus Biogas wegen des darin relativ hohen CO₂-Partialdrucks bereits vor der stofflichen oder energetischen Nutzung besonders vorteilhaft abgeschieden werden. Mit der Abscheidung dieses CO₂ wäre eine ökologisch bzw. klimatisch wertvolle CO₂-Senke geschaffen.

Die Abscheidung von CO₂ und H₂S aus Synthesegas mittels Amin-Wäsche ist seit den 1930-er Jahren Stand der Technik. Dem gegenüber ist die Abscheidung aus atmosphärischen Gasen wie Biogas oder Rauchgas wegen der um mindestens eine Zehnerpotenz geringeren Partialdrücke und dem damit verbundenen exorbitanten Wärmebedarf [Goe99] eine neue Herausforderung. [Goe06] berechnet einen exergetischen Wirkungsgrad für die CO₂-Abscheidung aus Rauchgasen von nur 5 bis 10%, maximal 22%. Für diese Anwendung werden neue Amine (KS1[®], Cansolv[®], Genosorb-N[®]) konzentriertere Amin-Lösungen (Econamine[®]), sowie ionische Flüssigkeiten auf ihre Eignung untersucht. Untersuchungen mit reinen, unverdünnten Aminen wurden bislang nicht bekannt, bieten sich aber laut [OM07] aufgrund ihrer Energieeffizienz an.

7. Projektziele und Arbeitsschritte

Ziel ist die energieeffiziente CO₂-Abscheidung aus Biogas sowie die damit einhergehende Co-Abscheidung von H₂S. Diese Schadgase sollen mittels eines unverdünnten Amins und entsprechend angepasster Prozessführung ausgewaschen werden. Zuvor derst soll geklärt werden, unter welchen Umständen und mit welchem Aufwand welcher Anteil des „nachwachsenden CO₂“ aus dem Kohlenstoff-Kreislauf und welcher Anteil an H₂S aus dem Biogas entfernt werden kann. Die Ergebnisse sollen zum einen aus Experimenten⁶ an vorhandenen Versuchsanlagen und zum anderen durch Prozess-

⁶ Wegen seiner Toxizität und der damit einhergehenden Sicherheitsanforderungen sind keine experimentellen Untersuchungen mit H₂S geplant

simulation mit einem vorhandenen Simulationsprogramm gewonnen werden. Im Einzelnen sind folgende Arbeitspakete geplant:

Arbeitspaket	Zeitraum	Meilenstein
N2-Erzeuger	1. Halbjahr	◆
Experimente	1. + 2. Hj.	
Löslichkeit div. Amine	1. Hj.	
Viskosität CO2-beladener Amine	1. + 2. Hj.	
Opt. L/G-Verhältnis	2. + 3. Hj.	
Auswahl günstigstes Waschmittel	2. Hj.	◆
Simulation		
Selektivität CO2/H2S-Abscheidung	4. Hj.	
Partielle Oxidation Biogas	4. Hj.	
Oxidation H2S im CO2	5. Hj.	
Schlussbericht, Einreichung Diss.	6. Hj.	◆

Die CO₂-Löslichkeit in verschiedenen Aminen ist experimentell zu ermitteln. Nachdem Amine bislang nur stark wasserverdünnt (Amingehalt 10 bis 50 gew-%) eingesetzt werden, ist zwar die CO₂-Löslichkeit wässriger Amine bekannt, nicht jedoch diejenige der in diesem Projekt interessierenden reinen Amine. Eine gute Löslichkeit des CO₂ im Amin ist direkte Voraussetzung für die Abscheidung des CO₂. Auch muss die Frage geklärt werden, wie die Viskosität der Amine von ihrer CO₂-Beladung abhängt. Anlass für diese Untersuchung ist die von [Ohl09] für reines Genosorb-N® gefundene und inzwischen auch für reines MEA bestätigte starke Viskositätszunahme mit steigendem CO₂-Gehalt. Der Effekt ist je nach Amin unterschiedlich stark ausgeprägt: Während Genosorb-N® bei Gleichgewichtsbeladung mit 15 vol-% CO₂ in der Gasphase mit einer Viskosität von $\eta = 25 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ tropffähig bleibt, hat MEA unter solchen Bedingungen bereits eine Viskosität von $\eta \cong 2000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ und ist somit nicht mehr pumpbar (bisher unveröffentlicht). Die Viskosität ist mit entscheidend bei der Auswahl eines günstigen Amins: Sie entscheidet über die Gleichmäßigkeit der Verteilung des Waschmittels in der Biogas-Wäsche und damit über die CO₂-Abscheidung. Das L/G-Verhältnis (Mengenverhältnis Waschmittel- zu Gasstrom) entscheidet über den Energieverbrauch der CO₂-Abscheidung, aber auch den Abscheidegrad. Um die Untersuchungen auf einen weiteren L/G-Bereich ausdehnen zu können, ist vorgesehen, die Gasversorgung zu ertüchtigen und um eine N₂-Erzeugung zu erweitern (Membrananlage, Kosten 50 T€). Bei der Auswahl eines günstigen Waschmittels müssen neben den zuvor experimentell ermittelten Daten u.a. auch dessen Kosten, seine Molmasse (wegen der Verdunstungsverluste) sowie die Werkstoffverträglichkeit berücksichtigt werden.

Das im Biogas enthaltenen H₂S wird aufgrund ähnlicher Abscheidemechanismen gemeinsam mit dem CO₂ abgeschieden. Dies ist einerseits positiv, denn H₂S wirkt korrosiv und darf laut DVGW G 260 und 262 nur mit einer extrem geringen H₂S-Konzentration von max. 5 mg/m³ ins Erdgasnetz eingespeist werden. Andererseits muss bei Co-Absorption das H₂S aus dem CO₂ entfernt werden, was in den folgenden Arbeitspaketen angegangen werden soll:

Zunächst ist die Selektivität der kombinierten CO₂- und H₂S-Abscheidung mithilfe thermodynamischer Überlegungen abzuschätzen. Bspw. ist bekannt, dass tertiäre Amine aufgrund thermodynamischer Hemmung der CO₂- Bindung bevorzugt H₂S absorbieren. In einem solchen Fall wäre ggf. an die vorherige Adsorption des H₂S zu denken, die häufig an Raseneisenerz erfolgt. Ob dieses traditionelle Verfahren auch im Falle einer ‚sowieso‘ notwendigen CO₂-Abscheidung eingesetzt werden sollte, er-

scheint fraglich. Deshalb sollen andere, im Kontext der CO₂-Abscheidung möglicherweise günstigere Verfahrenswege untersucht werden:

Statt der Adsorption an Eisenoxid besteht auch die Möglichkeit, das Biogas partiell zu oxidieren, also das H₂S zu SO₂ umzusetzen und dann auszuwaschen.

Eine andere denkbare Strategie besteht in der Co-Abscheidung von CO₂ und H₂S, gefolgt von der Trennung dieser beiden Komponenten. Da CO₂ saurer ist als H₂S, ist die Auswaschung des CO₂ aus dem H₂S generell einfacher als die Auswaschung des H₂S aus dem CO₂. Aufgrund der im Biogas vorliegenden Konzentrationen müsste allerdings erheblich mehr CO₂ als H₂S abgeschieden werden, selbst bei bevorzugter Auswaschung des H₂S. Um den damit einher gehenden hohen Energiebedarf zu vermeiden, ist es denkbar, das H₂S zunächst katalytisch zu SO₂ zu oxidieren und dann die gegenüber CO₂ geringe Menge des stark sauren SO₂ auszuwaschen [HM91].

8. Bezüge zu den anderen Projekten

Zu den ingenieurtechnischen Themen von Hurtado und Schegner ergeben sich bzgl. CO₂-freier Energieversorgung und CCS bzw. der Netzeinspeisung von Biostrom aus traditionellen BHKWs augenscheinliche Bezüge. Insbesondere zu den Themen von Günther und Möst ergeben sich darüber hinaus zu Akzeptanzfragen enge Verknüpfungen: Auch technisch unvermeidliche Hemmnisse wie der Betrieb einer „Chemieanlage“ im landwirtschaftlichen Umfeld ist im Rahmen der Hemmnisse (Thema Günther) zu diskutieren, da er vermutlich selbst für den Betreiber gewöhnungsbedürftig sein wird. Wo über die Machbarkeit der Integration der erneuerbaren Energien in das Energiesystem nachgedacht wird (Thema Möst), spielt Biogas wie oben dargestellt eine zentrale Rolle. Und wenn im vorliegenden Projekt eine technisch überzeugende Lösung entwickelt wird, muss diese der Öffentlichkeit auch überzeugend präsentiert werden, weshalb auch mit Donsbach fruchtbare Diskussionen zu erwarten sind.

9. Beschreibung des eigenen Arbeitsbereichs und eigene Vorarbeiten

Der Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik und Umwelttechnik beschäftigt sich zuvorderst mit umwelttechnischen Fragestellungen, die mit Methoden der thermischen Verfahrenstechnik angegangen werden können. Dabei gewannen die CO₂-Sequestrierung sowie damit verbunden energetische Fragestellungen im vergangenen Jahrzehnt zunehmend an Bedeutung:

Für die (inzwischen aufgelöste) Cargolifter AG haben [LM04, Loo06] die Ballastgewinnung an Bord von Luftschiffen experimentell und theoretisch entwickelt mittels Abscheidung von CO₂ aus dem Abgas von Wellenleistungsgasturbinen. Dieses Verfahren wurde am Lehrstuhl erfunden und von Cargolifter zum Patent angemeldet [HM03]. Zum Schutz der Turbine vor Pumpbetrieb sowie zwecks Energieintegration kam ein zur CO₂-Abscheidung ansonsten ungebräuchlicher Venturi-Wäscher zum Einsatz.

[OM07] stellen den Energiebedarf verschiedener in der Diskussion befindlicher Verfahrenswege zur CO₂-Abscheidung aus Kraftwerksgasen gegenüber. Ein energieeffizienter Betrieb setzt hierbei u.a. ein Ausbalancieren des Verbrauchs von mechanischer gegen thermische Energie im energetisch gekoppelten System der Gaswäsche vo-

raus. Insbesondere trifft dies auf die Regenerierung (Desorption) des Waschmittels zu, die über 90% des gesamten Energiebedarfs verursacht. Dabei wurde eine vorteilhafte Verfahrensvariante gefunden, für die experimentell nachgewiesen werden konnte, dass dadurch der Energie- und insbesondere der Exergieverbrauch um den Faktor 2 reduziert werden kann [Ohl10]. Basis dieser Überlegungen ist die Promotion von Frau Dr. Ohle [Ohl09], die hierfür mit dem Boysen-Preis ausgezeichnet wurde.

Weitere Expertise / Abgeschlossene, themenbezogene Projekte:

- Diss. Polster [Pol09] zum Thema Zustandsbeobachtung in Biogasanlagen
- CO₂-Neutralität durch Abscheidung aus Rauchgasen, Partner: Vattenfall, Linde, Thyssen-Krupp, Chemieanlagenbau Chemnitz
- Biokraftstoffe der 2. Generation, Partner: Chemieanlagenbau Chemnitz, Uni Karlsruhe, BMBF-Projekt Bioliq
- Alternative Möglichkeit der Biogasentschwefelung mit Sekundärrohstoffen, Partner: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
- Verbesserung von Entschwefelungsverfahren in landwirtschaftlichen Biogasanlagen, Partner: Sächsisches Landesamt für Landwirtschaft
- Biogaserzeuger mit Thermostufe, Partner: Sächsische Aufbaubank
- Steigerung der Effizienz von Biogasanlagen durch neuartige Steuerungsstrategien, Partner: verschiedene Anlagenbetreiber

Laufende Projekte:

- Laufende Diplomarbeit „Bestandsanalyse des Biomethan-Marktes in Deutschland: Wertschöpfungsstufen und Nutzungspfade, derzeitige Mengenallokation und Perspektive“ von Frau Lisa Dögl für PricewaterhouseCoopers Wirtschaftsprüfungsgesellschaft AG, Düsseldorf. Co-Betreuung durch die ebenfalls im Graduiertenkolleg vertretene Frau Prof. Günther
- Laufende Diplomarbeit „Verbesserte Einbeziehung von Umwelt- und Sicherheitsaspekten in Planungsprozessen“ von Frau Susann Schütze für MAN AG, München

10. Literatur

- [Goe06] Göttlicher, G.: Entwicklungsmöglichkeiten der CO₂-Rückhaltung in Kraftwerken aus thermodynamischer Sicht. Chem.-Ing.-Techn. 78 (4), S. 407 – 415. 2006.
- [Goe99] Göttlicher, G.: Energetik der Kohlendioxidrückhaltung in Kraftwerken. Diss., Uni Essen. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 6 Nr. 421
- [HM03] Habermann, M. und Mollekopf, N.: Verfahren zur Gewinnung von Ballast aus dem Abgas von Verbrennungskraftmaschinen an Bord von Luftschiffen. Deutsches Patent- und Markenamt, WO 03/097451 A1. 2003.
- [HM91] Heisel, M., Marold, F., Mollekopf, N., Wollny, G.: Verfahren zur Entschwefelung von H₂S-haltigem Biogas. Deutsches Patent- und Markenamt, DE 41 42 399 A1. 1991
- [LM04] Loos, T. und Mollekopf, N.: CFD-Simulation der Chemischen Absorption im Strahlwäscher. Chem.-Ing.-Tech. 76 (11), 1644 – 1649. 2004.
- [Loo06] Loos, T.: Simulation der chemischen Absorption im Strahlwäscher. Diss, TU Dresden, 2006.

Internet: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:swb:14-1154783674930-96048>

- [Ohl09] Ohle, A.: CO₂-Abtrennung aus Gasströmen durch Absorption in Poly(methyldiglykol)amin. Diss, TU Dresden, 2009
Internet: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-23497>
- [Ohl10] Ohle, A.: GenosorbN - Neues Absorptionsmittel für die CO₂-Entfernung aus Gasströmen. Chem.-Ing.-Tech. 82 (5), 666 – 672. 2010.
- [OM07] Ohle, A. und Mollekopf, N.: Energetische Aspekte der CO₂-Abscheidung aus dem Rauchgas konventioneller Kraftwerke. In: Tagungsband des 39. Kraftwerkstechnischen Kolloquiums. 11. / 12. Oktober 2007, Dresden.
- [Pol09] Polster, A.: Anwendung des erweiterten KALMAN-Filters zur Zustandsbeobachtung in Biogasanlagen. Diss, TU Dresden, 2009.
Internet: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-22900>
- [Rin08] Ringer, D.: Globaler Kohlenstoffkreislauf und CO₂-Neutralität, 3. Forum Nachhaltige Energiewirtschaft, Ulm, 9. April 2008
- [Sch11] Schuh, H.: Biostrom, nein danke!, Die ZEIT, 29/2011

Boysen-Graduiertenkolleg
**„Nachhaltige Energiesysteme - Interdependenz von technischer
Gestaltung und gesellschaftlicher Akzeptanz“**
an der Technischen Universität Dresden

1. Thema:

"Wasserstoff als alternativer Energieträger: Bewertung von Wirkungsgradketten und gesamtökologischer Bilanz unterschiedlicher Implementierungsszenarien"

2. Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Ullrich Hesse

Bitzer-Stiftungsprofessur für Kälte-, Kryo- und Kompressortechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. Antonio Hurtado

Professur für Wasserstoff- und Kernenergietechnik

Technische Universität Dresden

Tel.: +49 463 32548/+49 463 34472

Email: ullrich.hesse@tu-dresden.de / antonio.hurtado@tu-dresden.de

3. Benennung der Doktorandin/des Doktoranden:

NN

4. Einordnung Disziplinen

Energietechnik, Energiewirtschaft, in enger Vernetzung mit Kommunikation

5. Kurzfassung

Aktuell befasst sich ein breites Spektrum von Forschungsarbeiten mit der Nutzung von Wasserstoff als Energieträger, sowohl für lokal begrenzte technische Anwendungen als auch für eine vollständig von Wasserstoff getragene Energiewirtschaft.

Die dabei untersuchten Einsatzfelder umfassen vor allem Applikationen im Verkehrssektor als Substitut für die bisher genutzten flüssigen Brennstoffe, die Energiespeicherung in unterschiedlich großen Systemen sowie den Einsatz von Wasserstoff zum Energietransport. Strukturiert werden die Forschungsarbeiten durch eine generelle Unterteilung der Themengebiete z. B. nach der Wasserstoffherstellungstechnologie (beispielsweise thermische, thermo-chemische oder elektrolytische Aufspaltung von Wasser), nach den eingesetzten Primärenergiequellen (fossile Energieträger, Biomasse, Kernspaltung) oder nach der Art der Wasserstoffspeicherung (gasförmig, tiefkaltflüssig bzw. tiefkalt-überkritisch in ggf. unterschiedlichen ortho-/para-Konzentrationen; Adsorption an Festkörpern). Des Weiteren wird nach der Art der angewandten Ener-

gieumwandlungstechnologie am Ort der Nutzung (Brennstoffzelle, Verbrennungsmotor, Gasturbine) unterschieden. Dabei konnten in den letzten Jahren zum Teil noch einmal erhebliche Entwicklungserfolge, vor allem hinsichtlich der realisierten Wirkungsgrade, erreicht werden. Dies führte jedoch insgesamt zu einer Situation, in der in vielen Bereichen die technisch-technologischen Entwicklungspotenziale ausgeschöpft scheinen.

Die wasserstoffbasierten Systeme konkurrieren im Zuge ihrer Markteinführung oftmals mit ausgereiften und seit langem etablierten Technologien, die in ihrer Summe sehr effizient die vorhandenen Energieträger nutzen. Demgegenüber führt die Einführung von Wasserstoff als Energieträger fast immer zu komplexen technischen Verfahrensabläufen und Folgeausrüstungen, wiederum behaftet mit ihrerseits u. U. erheblichen Umwandlungsverlusten.

Ziel der angestrebten Forschungsarbeit ist eine systematische Effizienz-Analyse und eine Bewertung der unterschiedlichen Wasserstoff-Nutzungsszenarien, das Aufzeigen von möglichen Synergieeffekten in der Volkswirtschaft und final die Identifizierung einer optimalen Anwendungsstrategie. Als Besonderheit dabei sollen sowohl laufende Untersuchungen zur Verbesserung der involvierten Technologien sowie das in den einzelnen Bereichen noch zu erwartende Verbesserungspotenzial mit berücksichtigt werden. Zu beachten sind ferner Faktoren wie öffentliche Akzeptanz oder Sicherheitsaspekte. Eine weitere gewichtige Rolle spielen überdies staatliche Förderstrategien oder Verordnungen sowie gesetzliche Auflagen.

6. Hintergrund, Relevanz und aktueller Stand der Forschung

Der aktuelle Entwurf der Bundesregierung zur Energiewende bis 2030 beinhaltet die Umstrukturierung der gesamten deutschen Energieversorgung. Der Ersatz der Kernenergieerzeugung weitestgehend durch die diskontinuierlich anfallenden regenerativen Energien erzwingt die Speicherung elektrischer Energie im Tera-Watt-Bereich über Stunden und Tage. Ein dafür favorisiertes Speichermedium ist durch regenerative Energie erzeugter Wasserstoff. Die Integration von Wasserstoff als alternativer Sekundärenergieträger bzw. Energiespeicher in die deutsche Energiewirtschaft führt in Kombination mit der angestrebten Erhöhung des regenerativen Energieanteils zu einem weltweit noch nie umgesetzten neuartigen Energiekonzept. In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl von Studien und fachspezifischen Arbeiten zur Thematik der „Energiewende in Deutschland“ erstellt. Die Vergleichbarkeit der in diesen Arbeiten getroffenen Aussagen gestaltet sich oftmals schwierig, da je nach Zielstellung und fachspezifischer Fragen-Eingrenzung sehr unterschiedliche Randbedingungen gesetzt wurden. Daraus ergibt sich die zwingende Notwendigkeit für die im Graduiertenkolleg zu bearbeitende Thematik, ein auf physikalisch-technischer Grundlage basierendes Bewertungssystem der angestrebten Energieerzeugung zu erstellen.

Zur Darstellung des Einflusses der angestrebten Energieversorgung auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands soll ein direkter Vergleich Deutschlands mit konkurrierenden Volkswirtschaften auf der Basis der zu erwartenden Umwandlungswirkungsgrade im Kontext mit dem Erreichen globaler Klimaschutzziele sowie aktueller

Rohstoffpreise durchgeführt werden. Dabei ist nicht zwingend davon auszugehen, dass die Wettbewerber ein adäquates Energiekonzept verfolgen.

Die daraus resultierenden Lasten werden einen nicht unerheblichen Einfluss auf die politische Akzeptanz der angestrebten Energiestrategie haben.

7. Projektziele und Arbeitsschritte

Ziel der dargestellten Promotionsarbeit ist es, die wirtschaftlichsten, ökologischsten sowie tragfähigsten Verfahrensketten zur flächendeckenden Markteinführung von Wasserstoff im Energiesektor zu identifizieren sowie darüber hinaus mögliche Entwicklungspotenziale zu ergründen. Hierbei sind zunächst alle relevanten technischen Einzelaspekte im Kontext von Erzeugung, Speicherung, Transport sowie Anwendung von Wasserstoff als Energieträger zu ermitteln. Die Bewertung der Wirkungsgrade der technischen Einzelaspekte führt zur eigentlichen Kernaufgabe des dargestellten Vorhabens, der Identifizierung der verbliebenen Optimierungspotenziale der jeweiligen Einzelwirkungsgrade unter Berücksichtigung technischer, ökonomischer, ökologischer sowie sozialer Charakteristika. Hierzu werden die jeweiligen relevanten Einflussparameter zur Optimierung der Teilprozesse ermittelt und unter Berücksichtigung der vorgenannten Eigenschaften ein realistisches Entwicklungsszenario entwickelt. Im Ergebnis der Forschungsaktivität werden die technischen Teilprozesse in optimierte Prozessketten überführt.

In Tabelle 1 sind der geplante zeitliche Ablauf der Forschungsarbeit und deren Gliederung in Arbeitspakete aufgezeigt.

Tabelle 1: Zeitplan

Arbeitspakete	1. Jahr				2. Jahr				3. Jahr			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
AP 1 - Darstellung des aktuellen Energiemarktes und Erarbeitung geeigneter Referenzmodelle												
AP 2 - Ermittlung von Alternativszenarien zur Anwendung von Wasserstoff, Aufgliederung in einzelne Prozessschritte und Darstellung aller aktuellen Einzelwirkungsgrade												
AP 3 - Bewertung aller Einzelwirkungsgrade und Herausarbeitung von möglichen Optimierungspotenzialen												
AP 4 - Vergleich der Systeme und Identifikation wesentlicher Einflussparameter												
AP 5 - Auswertung aller Systeme und Bewertung einer optimalen An-												

chen Optimierungspotenzialen

Die Entwicklungsstände, der in AP 2 dargestellten einzelnen Verfahrensschritte, variieren teilweise erheblich in ihren Optimierungspotenzialen. Die maximal möglichen Verbesserungen werden in AP 3 analysiert. Hierzu ist es zwingend erforderlich, die betrachteten Systeme auf Basis ingenieurwissenschaftlichen Hintergrundwissens tiefgründig zu hinterfragen und neue Ansätze zu deren quantitativer Bewertung zu entwickeln. Hierauf basierend wird in einem zweiten Bewertungsschritt überprüft, ob die technisch/ technologischen Optimierungspotenziale mit allen relevanten ökonomischen, ökologischen und insbesondere sozialen Aspekten vereinbart werden können (z.B. die gesellschaftliche Akzeptanz von Großprojekten der Wasserstoff-Speicherung in Kavernen oder ökonomisch vertretbare Kosten für Seltenerdmaterialien). Aus der Kombination von technisch/ technologischem Optimierungspotenzial mit der Bewertung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Wirkungen ergibt sich eine abschließende Gesamtbewertung der Einzelsysteme.

AP 4 – Vergleich der Systeme und Identifikation wesentlicher Einflussparameter

In diesem Arbeitspaket werden die einzelnen Optimierungspotenziale hinsichtlich ihrer größten Wirkung auf den Gesamtprozess bewertet. Anschließend werden die jeweiligen Anwendungsszenarien ihrer Anwendungsgruppe (mobile Anwendung, großtechnische stationäre Anwendung, stationäre Anwendung im kleinen Leistungsbereich) miteinander verglichen. Mit Hilfe des erreichten Kenntnisstandes können gezielt einzelne Teilprozesse herausgesucht werden, die aufgrund ihres Optimierungspotenzials einen großen Einfluss auf den Gesamtwirkungsgrad der Verfahrenskette aufweisen.

AP 5 - Auswertung aller Systeme und Bewertung einer optimalen Anwendungsstrategie

Auf der Basis der einzelnen Wirkungsgrade, der analysierten Optimierungspotenziale und der erkannten geeigneten Teilprozesse können die jeweils zu favorisierenden Anwendungsstrategien für die Verwendung von Wasserstoff (mobil, stationär) ausgearbeitet bzw. kombiniert werden. Die sich daraus ergebenden optimierten Wasserstoffsysteme werden mit den in AP 1 entwickelten Referenzmodellen verglichen und bewertet.

Hierbei sind neben den eigentlichen Tätigkeiten an den entwickelten Verfahrensketten zur Anwendung von Wasserstoff im Energiesektor auch Strategien zur erfolgreichen Etablierung dieser am Energiemarkt zu entwickeln. Hierzu zählen u. a. auch gesellschafts- und wirtschaftspolitische Rahmenbedingungen, welche die angestrebte Einführung entscheidend unterstützen und lenkend eingreifen sollen (z. B. durch Subventionen). Zur umfassenden Etablierung von Wasserstoff als Sekundärenergieträger der Zukunft bedarf es tiefgreifender Maßnahmen, welche nur im Rahmen eines gesamtgesellschaftlichen Konsenses umgesetzt werden können. Die Herbeiführung dieses Konsenses wird durch die angestrebte Forschungstätigkeit gefördert.

8. Bezüge zu den anderen Projekten

Das dargelegte Forschungsvorhaben kombiniert verschiedene Bereiche der Ingenieurstechnik und der Energiewirtschaft unter Berücksichtigung der Kommunikationswissenschaften. Aus technischer Sicht treten Synergieeffekte vornehmlich im Bereich der Energiesystemanalyse sowie der Anwendung alternativer Energieträger auf. Aus dem Bereich der Kommunikationswissenschaften werden vorwiegend die gewonnenen Erkenntnisse in Bezug auf die gesellschaftliche und marktwirtschaftliche Akzeptanz neuartiger Energiesystemkonzepte in die Arbeit einfließen. Da zur flächendeckenden Einführung neuer Technologien stets ein politischer Konsens nötig ist, soll zudem auch das Wissenschaftsgebiet der Politik einbezogen werden. Die enge Zusammenarbeit zwischen den genannten Wissenschaftsdisziplinen ist der erfolgreichen Bearbeitung des dargelegten Forschungsthemas sehr förderlich. Im Kontext des Graduierten-Kollegs „Nachhaltige Energiesysteme“ wird somit die Untersuchung zur Machbarkeit der Integration der erneuerbaren Energien in das Energiesystem sowie der Erreichung der von der Bundesregierung gesetzten Ziele zum Ausbau dieser nennenswert unterstützt.

9. Beschreibung des eigenen Arbeitsbereichs und eigene Vorarbeiten

An der Bitzer-Stiftungsprofessur für Kälte-, Kryo- und Kompressorentechnik stellt das Thema Wasserstofftechnik einen besonderen Schwerpunkt in Lehre und Forschung dar. Die Professur ist gleichzeitig Initiator des Masterstudienganges Wasserstofftechnologie an der Dresden International University (DIU). Zwei der hierbei ausgebildeten Master of Science in Hydrogen Technology (M. Sc. HT) sind Mitarbeiter an der derzeitigen Arbeitsgruppe Kryotechnik. Aktuelle Forschungsprojekte der Professur betreffen Prozesse zur hocheffizienten Verflüssigung von Wasserstoff, die Weiterentwicklung von Tanksystemen für Wasserstoff im tiefkalten Zustand inklusive der hierfür nötigen Sensorik sowie die ortho-para-Umwandlung von Wasserstoff.

Die Professur Wasserstoff- und Kernenergietechnik befasst sich neben der experimentell und mathematisch fundierten Bewertung der Sicherheit und Zuverlässigkeit kerntechnischer Anlagen mit der technisch-technologischen Analyse energetischer Gesamtsysteme. Die Bewertung von Chancen und Risiken der Integration von wasserstoffbasierten Speichersystemen spielt dabei eine zunehmende Rolle. Darüber hinaus ist der Inhaber dieser Professur der wissenschaftliche Leiter des oben erwähnten Masterstudienganges „Wasserstofftechnik“ an der DIU. Beide hier verantwortliche Professuren sind echte Teilmengen des Instituts für Energietechnik an der TU Dresden und verfügen über zahlreiche Industriekooperationen auf diesem Gebiet.

10. Literatur

Züttel, A., Borgschulte, A. und Schlapbach, L.: Hydrogen as a Future Energy Carrier, Wiley-VCH, Weinheim, 2008

Eichseder, H. und Klell, M.: Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik, Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 2010

A portfolio of power-trains for Europe: a fact-based analysis, <http://www.now-gmbh.de/en/press/analysis-decarbonisation-of-personal-mobility.html>

- Wenzel, M.; Gerber, R.; Bartzsch, R.; Hesse, U.; Nickl, J.: Erste Betriebserfahrungen mit einer CO₂-Expander-Kompressor-Einheit (ECU) in Anlagen der Gewerbekälte, KI Kälte-Luft-Klimatechnik, Heft 4, S. 27-31, 2011
- Wenzel, M.; Hesse, U.; Nickl, J.: CO₂-Expander-Kompressor-Einheit: Erste Erfahrungen zu Betrieb und Regelung sowie Versuchsergebnisse an Anlagen der Gewerbekälte, DKV-Tagung, AA II. 2 10, 2010
- Essler, J.; Haberstroh, Ch.: Comparison of Different Equations of State for Hydrogen, Proceedings of the Twenty-Third International Cryogenic Engineering Conference, edited by Maciej Chorowski et al., Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2011, pp. 307-312
- Winkler, H.; Quack, H.: Thermo Acoustic Oscillations in Hydrogen Systems in Proceedings of the 21st International Cryogenic Engineering Conference, edited by Guy Gistau Bager et al., Icaris Ltd. Conference Management, Praha, 2006, pp. 227-230
- Haberstroh, Ch.; Zick, G.: A Superconductive MgB₂ Level Sensor for Liquid Hydrogen, Advances in Cryogenic Engineering 51, edited by J. G. Weisend II et al., AIP 823, New York, 2006, pp. 679-684
- Kirsten, D.; Haberstroh, Ch.: Betriebserfahrungen mit einem Wasserstoff-Laborverflüssiger, DKV-Tagungsbericht Würzburg, Bd. I, 2005, S. 149-153
- Eisel, Th.; Haberstroh, Ch.; Quack, H.: Aufbau eines einfachen Wasserstoff-Verflüssigers, DKV-Tagungsbericht Magdeburg, Bd. I, 2002, S. 29-42
- Quack, H.: Conceptual Design of a High Efficiency Large Capacity Hydrogen Liquefier, Advances in Cryogenic Engineering 47, edited by Melinda Adams et al., AIP 613, New York, 2002, pp. 255-263
- Quack, H.: Die Schlüsselrolle der Kryotechnik in der Wasserstoff-Energiewirtschaft, Wiss. Zeitschrift der TU Dresden, 50, Heft 5/6, 2001, pp. 112-117
- Hurtado, A.: Nachhaltige Kernenergienutzung – Hochtemperaturreaktoren für nukleare Prozesswärme, Vortrag Kraftwerkstechnischen Kolloquium, Dresden, 2009
- Hurtado, A.: Künftige Kernenergienutzung – Kerntechnische Ausbildung und Kompetenzerhalt in Deutschland, Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden, 2010
- Unger, J.; Hurtado, A.: Alternative Energietechnik, 4. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, 2011
- Hurtado, A.: Energie und Rohstoffe, Gestaltung unserer nachhaltigen Zukunft, Nachhaltige Nutzung der Kernenergie, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2011
- Non-oxide ceramics – chances for application in nuclear hydrogen production, Hille, C.; Lippmann, W.; Herrmann, M.; Hurtado, A., 16th International Conference on Nuclear Engineering ICONE-16, 11.-15.05.2008, Orlando, USA
- Heilmann, F.; Rixecker, G.; Börner, F.-D.; Lippmann, W.; Hurtado, A.: Laser hybrid brasing of oxide ceramics for high temperature gas sensing applications in (V)HTR'S, Jahrestagung der Kerntechnischen Gesellschaft 2009, 12.-14.05.2009, Dresden

Boysen-Graduiertenkolleg
**„Nachhaltige Energiesysteme - Interdependenz von technischer
Gestaltung und gesellschaftlicher Akzeptanz“**
an der Technischen Universität Dresden

1. Thema: Thermoelektrische Systeme für zukünftige Antriebskonzepte

2. Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Tino Schmiel
Professur für Raumfahrtsysteme und Raumfahrtnutzung
Fakultät Maschinenwesen
Technische Universität Dresden
Tel.: 0351 4633-8287
Email: tino.schmiel@tu-dresden.de

3. Benennung der Doktorandin/des Doktoranden:

NN

4. Einordnung Disziplinen

Kraftfahrzeugtechnik, Elektrotechnik, Raumfahrtsysteme, Energiesysteme, Umwelttechnik

5. Kurzfassung

Zielstellung des Forschungsvorhabens ist die Bereitstellung kleiner und mittlerer Leistungen durch thermoelektrische Generatoren (TEGs) in Kraftfahrzeugen (PKW und Nutzfahrzeuge). Thermoelektrische Generatoren erzeugen aus einem anliegenden Wärmestrom direkt elektrische Energie ohne den Umweg über einen mechanischen Prozess zu gehen. Dadurch eignen sie sich besonders für eine dezentrale Energieversorgung von kleineren Verbrauchern in mobilen Systemen. Im Rahmen des Vorhabens sollen zum einen Systemstudien durchgeführt werden, an welchen entsprechenden Einheiten sie sinnvoll implementiert werden können und welche Verbraucher infrage kommen. Zum anderen soll ein flexibler Demonstrator entwickelt werden, der an verschiedenen Stellen in Fahrzeugen eingebaut werden kann, um mit den gewonnenen Daten eine Validierung der Systemstudien durchzuführen. Durch eine solche Baugruppe könnten in der Zukunft Masse durch den Wegfall von Kabelsträngen eingespart und die Hauptenergieversorgung (Lichtmaschine in konventionellen Fahrzeugen bzw. Batterie in E-Fahrzeugen) entlastet werden. Beides würde zwangsläufig sowohl zu einer Reduzierung des CO₂-Ausstoßes führen als auch zur Erhöhung bzw. Beibehaltung des gewohnten Komforts.

6. Hintergrund, Relevanz und aktueller Stand der Forschung

Thermoelektrische Generatoren basieren hauptsächlich auf dem Seebeck-Effekt. Dieser beschreibt das Entstehen eines elektrischen Potentials, wenn ein Leiter einem Temperaturgradienten ausgesetzt ist. Um diese Spannung technisch zu nutzen, sind Kontaktstellen zweier verschiedener Materialien notwendig. Durch die Verwendung verschieden dotierter (p- und n-Dotierung) Halbleiter ist der Wirkungsgrad deutlich größer geworden. Dieser liegt heutzutage bei realistischen 5 bis 10%. In Abbildung 1 ist der prinzipielle Aufbau eines TEGs dargestellt. Zu sehen sind die p-n-Übergänge (in Stromrichtung gesehen) auf der heißen Seite beziehungsweise die n-p-Übergänge auf der kalten Seite.

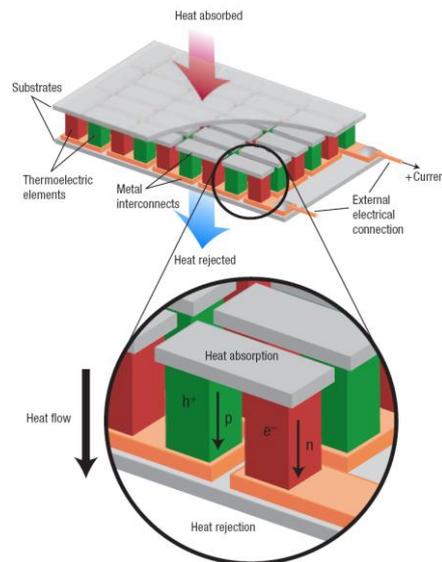


Abbildung 1: Funktionsweise Thermoelektrischer Generatoren [1]

Die Kombination aus einem p- und einem n-dotierten Werkstoff wird Thermopaar genannt. Durch eine elektrische Reihenschaltung vieler Thermopaare wird die induzierte Spannung erhöht. In den momentan verfügbaren TEGs sind diese Thermopaare zwischen zwei Keramikplatten implementiert. Die erhöhte Leistungsfähigkeit dieser TEGs ist im Wesentlichen dadurch zu erklären, dass auf die gleiche Fläche mittlerweile eine sehr große Anzahl von Thermopaaren (bis zu 100 Paare pro mm²) aufgebracht werden können [2], [3]. In aller Regel werden die Thermopaare beziehungsweise die TEGs thermisch parallel geschaltet.

Eine Bewertung verschiedenerer Werkstoffe erfolgt über die so genannte theoretische Effektivität zT :

$$zT = (\alpha^2 T) / \rho \lambda$$

Dabei beschreibt α den Seebeck-Koeffizienten, ρ der elektrische Widerstand und λ die Wärmeleitfähigkeit. Demzufolge lassen sich die Anforderungen an die verwendeten Werkstoffe durch

- einen möglichst hohen Seebeck-Koeffizienten,
- eine möglichst geringen elektrischen Widerstand und
- eine möglichst geringe Wärmeleitfähigkeit

zusammenfassen.

Diese Forderungen zeigen die Problematik bei der Auswahl geeigneter TEGs, da sich schon diese grundlegenden Randbedingungen teilweise gegenseitig ausschließen. Demzufolge gibt es für eine bestimmte (anwendungsbezogene) Temperaturkombination besser oder schlechter geeignete Werkstoffe. In Abbildung 2 ist die Temperaturabhängigkeit der theoretischen Effektivität verschiedener Werkstoffe dargestellt.

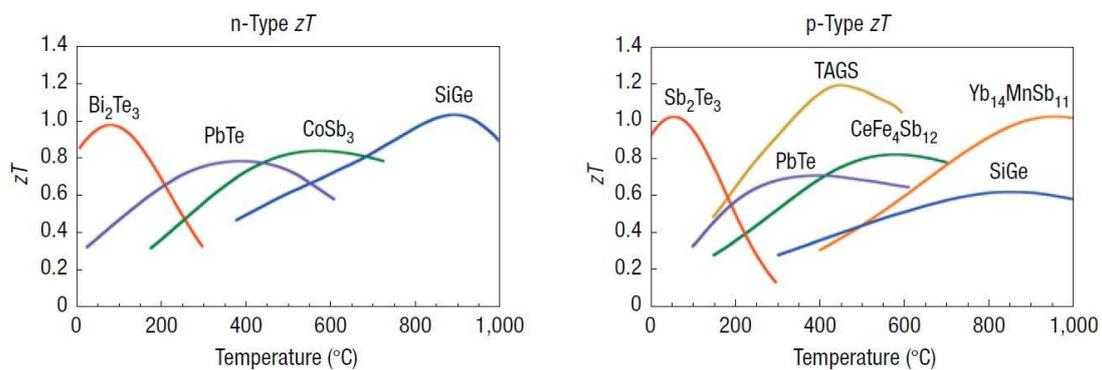


Abbildung 2: Theoretische Effektivität zT in Abhängigkeit der Temperatur für verschiedene thermoelektrische Legierungen (n- und p-Dotierung) [1]

Bisher im größeren Maßstab eingesetzte Lösungen, die auf den modernen TEGs basieren, sind vor allem im Bereich von autarken Sensornetzwerken zu finden [4]. Hierbei versorgt ein TEG einen Sensor und einen Funknetzwerkknoten, der periodisch Messwerte sendet. Die hierbei benötigte und generierte elektrische Leistung ist extrem klein. Eine weitere mehrfach untersuchte Anwendung ist im Bereich konventioneller Kraftfahrzeuge zu finden: Hierbei ersetzt eine Vielzahl von TEGs die Lichtmaschine und führt zwangsläufig zu einer Treibstoffeinsparung [5], [6]. Trotz eines Nachweises der generellen Funktionstüchtigkeit der aufgebauten Versuchsfahrzeuge ist diese Entwicklung nicht kommerziell umgesetzt worden. Vielmehr verschwanden diese Lösungen aus dem öffentlichen Blickfeld der Forschung und Entwicklung. Ein Grund hierfür könnte sein, dass diese Fahrzeuge nicht für Kurzstreckenfahrten geeignet sind, da es eine gewisse Zeit dauert, bis Prozesswärme aus dem Motor zur Generierung von elektrischer Energie zur Verfügung steht und somit die Batterie erst nach einer bestimmten Mindestfahrzeit aufgeladen wird.

7. Projektziele und Arbeitsschritte

Die bisherigen Ergebnisse durchgeführter Studien und erster (grober) Tests zeigen, dass durchaus ein Potential bei der Verwendung von TEGs zur dezentralen Energieversorgung vorhanden ist. Zudem ist davon auszugehen, dass sich direkt und indirekt umwelttechnische Vorteile ergeben.

Im Rahmen dieses Dissertationsprojekts sollen Systemstudien durchgeführt werden, die sich mit Einsatzmöglichkeiten in Kraftfahrzeugen (PKW und Nutzfahrzeuge) auseinandersetzen. Hierbei liegt der Fokus auf zukünftigen Fahrzeuggenerationen (Hybrid, E-Mobilität). Mit dieser Evaluierung möglicher Einsatzpunkte von TEGs (Orte und Verbraucher) erfolgen dann genauere Untersuchungen über das tatsächliche Potential der Anwendung. Hierbei sind vor allem die Frage nach dem Leitungs- und Energiebedarf des Verbrauchers und der verfügbaren Wärme zu beantworten. Zudem muss der Einfluss angeschlossener TEGs auf den Thermalhaushalt der Wärmequelle untersucht werden.

Neben den Untersuchungen soll eine Baugruppe entwickelt und aufgebaut werden, die an verschiedenen Stellen in einem KFZ eingebaut werden kann. Dadurch werden Daten gewonnen, die die Systemstudien mit realen Verhaltensmerkmalen bereichern und untermauern können.

Demnach ergeben sich folgende Arbeitspakete:

- **Evaluierung geeigneter Bereiche zur Integration in einem Kraftfahrzeug:** Es müssen typische Bereiche mit einem vorliegenden Temperaturgradienten gefunden werden. Hierbei sind Temperaturniveau und -gradient, sowie deren Verhalten in Abhängigkeit vom typischen Fahrprofil des Fahrzeuges wichtig.
- **Bestimmung geeigneter Verbraucher:** Mögliche Verbraucher müssen aufgespürt und deren Leistungs- und Energiebedarf in Abhängigkeit vom Fahrprofil des Fahrzeuges bestimmt werden.
- **Untersuchung geeigneter TEGs bezüglich ihrer realen Leistungsdaten:** Die Hersteller der TEGs geben in ihren Datenblättern durchweg nur unzureichende Daten heraus. Es fehlen in der Regel gänzlich die Umgebungsbedingungen, unter denen die Kenndaten aufgenommen wurden. Es ist also davon auszugehen, dass diese optimal und damit nicht realistisch gewählt wurden und damit für die Auslegung und Entwicklung von Systemen nicht ausreichend sind. Daher müssen die Kenndaten (Spannung, Leistung, Strom, Innenwiderstand etc.) bei verschiedenen Randbedingungen (Temperaturgradient und -niveau, Verschaltung der Zellen, Lastwiderstand etc.) bestimmt werden. Neben den elektrischen sind auch die thermischen Kenndaten für die Auslegung einzelner Systeme von Bedeutung.
- **Untersuchung des Langzeit- und Degradationsverhalten von TEGs:** Zwar gelten thermoelektrische Generatoren als verschleißfrei auf Grund der nicht vorhandenen mechanischen Komponenten, aber Erfahrungen aus anderen Bereichen, in denen Halbleiter und elektrische Funktionswerkstoffe verwendet werden, legen nahe, dass sich mit der Zeit das Verhalten von TEGs ändert. In die-

sem Rahmen muss das Verhalten nach langer Betriebsdauer und nach einer großen Zahl von Temperaturzyklen untersucht werden.

- **Untersuchung der mechanischen Festigkeit der TEGs:** Es ist davon auszugehen, dass es durch die im Betrieb vorhandenen Vibrationen zu mechanischen Schädigungen der TEGs kommt. Insofern müssen die TEGs auch auf ihre mechanische Festig- und Belastbarkeit hin untersucht werden. Gerade miniaturisierte TEGs sind auf Grund ihrer Größe unter Umständen besonders anfällig für derartige mechanische Defekte.
- **Entwicklung und Evaluierung der mechanischen Anbindung:** Für einen Einsatz im Serienfahrzeug ist eine kostengünstige, zuverlässige und einfache Integration der TEGs von entscheidender Bedeutung. Hierbei muss zudem zwingend auf eine gute thermische Anbindung geachtet werden.
- **Entwicklung und Evaluierung der elektrischen bzw. elektronischen Anbindung:** In diesen Bereich fällt die Entwicklung einer Elektronik zum Konvertieren der Spannung. Ebenfalls müssen geeignete Energiespeicher untersucht werden, um Zeiträume zu überbrücken, in denen auf Grund des momentan anliegenden Temperaturgradienten und anderer Randbedingungen weniger Leistung generiert werden kann, als der angeschlossene Verbraucher benötigt. Zudem ist ein geeignetes Energiemanagement notwendig, um die Effizienz zu optimieren. Denkbar ist hierbei die Implementierung von so genannten adaptiven Verbrauchern, also Systemen die sich in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Leistung und der Notwendigkeit, momentan Daten zu liefern, ab- und anschalten beziehungsweise ihren Aufgabenbereich teilweise verändern, um weniger Leistung zu benötigen. Erreicht werden kann dieses Verhalten über geeignete Prozessoren und entsprechender Software.
- **Aufbau eines Funktionsmusters in Gestalt eines Technologiedemonstrators:** Der Aufbau des Demonstrators soll möglichst modular erfolgen, um eine größtmögliche Flexibilität zu gewährleisten. Mit ihm sollen in nachfolgenden Projekten (öffentlich oder industriell finanziert) detaillierte und angewandte Lösungen im Bereich des Energy Harvestings mittels TEGs evaluiert werden. Er dient also als Basis für kommerzielle und großflächig verfügbare Lösungen im Bereich des Automobilbaus, kann allerdings auch in andere Bereiche mit ggf. kleinen Änderungen adaptiert werden.

In Abbildung 3 ist der Zeitplan und die Zusammenhänge der einzelnen Arbeitspakete dargestellt.

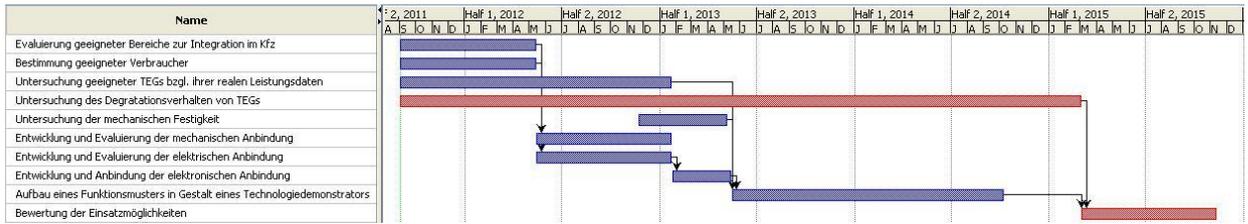


Abbildung 3: Zeitplan der einzelnen Arbeitspakete

8. Bezüge zu den anderen Projekten

Einer der größten Probleme bei zukünftigen Fahrzeugkonzepten ist die nur beschränkt zur Verfügung stehende Energie in den Batterien. Solange im Bereich der Batterietechnologie kein überragender Durchbruch bezüglich der Kapazität erreicht ist, wird es zwangsläufig zu einer starken Reduzierung der Leistungsparameter der Fahrzeuge kommen. Hierzu sind zum einen die Reduzierung der Reichweite und zum anderen der Wegfall von Komfort-Systemen (Klimaanlage, Verstellmotoren von Sitzen, Sitzheizung etc.) zu zählen. Aus diesem Grund sind momentan verfügbare E-Fahrzeuge nur für Nischenanwendungen (auf das Fahren beschränkte Stadtfahrzeuge) geeignet. Um die Akzeptanz und damit die Bereitschaft auf neue Fahrzeuge umzusteigen zu erhöhen, ist es von wesentlicher Bedeutung, die verfügbare Energie zu erhöhen. Ein Mittel ist die zusätzliche On-Board-Generierung von elektrischer Energie und der damit einhergehenden Reduzierung der Energieentnahme. Folge ist die Erhöhung der Reichweite beziehungsweise die Möglichkeit bisher gewohnte Komfort-Systeme auch weiterhin dem Benutzer zur Verfügung stellen zu können. Durch einen TEG-Einsatz im großen Stil würde es zu einer Verringerung der Kosten des Systems kommen und damit E-Fahrzeuge für eine breitere Masse erschwinglich werden.

9. Beschreibung des eigenen Arbeitsbereichs und eigene Vorarbeiten

Die geplanten Aktivitäten sind in ein größeres Projekt zur Untersuchung miniaturisierter TEGs und deren Einsatzmöglichkeiten eingebunden. So sind grundlegende Literaturstudien und erste Tests bereits durchgeführt worden. Dazu gehört auch ein Teststand zur Bestimmung der Leistungsdaten von TEGs, der im Rahmen einer Diplomarbeit entwickelt und aufgebaut wurde und zur Verfügung steht (Abbildung 4).

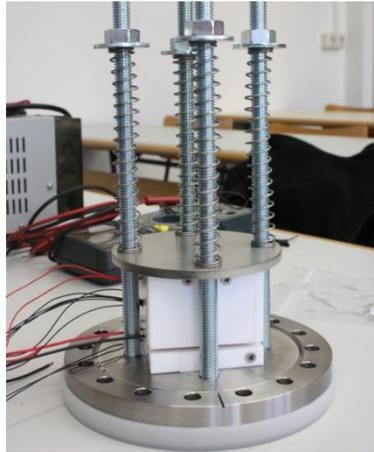


Abbildung 4: Teststand zur Bestimmung der Leistungskennndaten von TEGs der Professur für Raumfahrtsysteme und Raumfahrtnutzung

Der Arbeitsbereich des geplanten Vorhabens ist auf die speziellen Anforderungen bei einem Einbau von TEGs in Kfz zugeschnitten. Hierzu zählen neben den Lastzuständen auch Fragestellung in die Richtung einer einfachen Integrierbarkeit und der Wirtschaftlichkeit bei der Massenproduktion. Daneben wird im Rahmen eines vom DLR geförderten Vorhabens mit angeschlossener Dissertation die Eignung von thermoelektrischen Generatoren zum Energy-Harvesting auf Raumfahrzeugen untersucht. Durch den parallelen Verlauf der vorhandenen und der geplanten Dissertation treten für beide Projekte Synergien auf, zum Beispiel in grundsätzlichen Fragen wie der Energiekonvertierung und –speicherung.

10. Literatur

- [1] Snyder, J.: Complex thermoelectric materials, nature materials VOL 7, 2008
- [2] Datenblatt: Micropelt, Thin film thermogenerators and sensing devices MPG-D602 und MPG-D751, 2010
- [3] Snyder, J.: Miniaturized Radioisotope Solid State Power Sources, Proceedings, Space Technology and Applications International Forum, New Mexico, 2000
- [4] Samson, D.: Energieautonomer Funknetzwerkknoten für Luftfahrzeuge, Elektronik & Informationstechnik Heft 6, 2010
- [5] Yu, C.: Thermoelectric automotive waste heat energy recovery using maximum power point tracking, Energy conversion and management VOL 50, 2009
- [6] Eder, A.: Der thermoelektrische Generator zur Reduktion der CO₂-Emissionen – Rekuperation der Energieverluste im Abgassystem

Boysen-Graduiertenkolleg
**„Nachhaltige Energiesysteme - Interdependenz von technischer
Gestaltung und gesellschaftlicher Akzeptanz“**
an der Technischen Universität Dresden

1. Thema: Grenzen und Risiken von Energiesystemen zur Sicherstellung einer wettbewerbsfähigen und CO₂-armen Energieversorgung

2. Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. habil. Antonio Hurtado
Professur für Wasserstoff- und Kernenergietechnik
Technische Universität Dresden
Tel.: +49 463 34472
Email: antonio.hurtado@tu-dresden.de

3. Benennung der Doktorandin/des Doktoranden:

NN

4. Einordnung Disziplinen

Energietechnik, Energiewirtschaft, in enger Vernetzung mit Kommunikation

5. Kurzfassung

Die Substitution der bisher genutzten Kernenergie durch regenerative Energien, vor allem Wind- und Solarenergie, setzt die Fähigkeit zur Speicherung volkswirtschaftlich relevanter Mengen an Elektroenergie voraus. Dies führt zwingend zu einer völlig neuartigen, in ihrer Struktur und Komplexität bisher noch nie realisierten Energieversorgung der Industrie und privaten Haushalte in Deutschland. Im Kontext einer sich rapide verschärfenden globalen Wettbewerbssituation sind, neben den Rohstoffkosten, im Besonderen die technischen Wirkungsgrade der einzelnen Energieumwandlungsstufen im Gesamtsystem der Energiewirtschaft von entscheidender Bedeutung. Sie werden, neben der ökologischen Gesamtbilanz, entscheiden, welche zusätzlichen Kosten von Deutschland zu tragen sind und in welchem Maße Deutschland ein konkurrenzfähiger Partner in der Weltwirtschaft bleibt. Im Rahmen des hier geplanten Promotionsprojektes und in enger Zusammenarbeit mit anderen Teilprojekten innerhalb des Graduiertenkollegs sollen insbesondere die technisch-technologischen Rahmenbedingungen der heute und zunächst bis 2030 verfügbaren Energiewandlungstechnologien analysiert und im Vergleich mit konkurrierenden Energieversorgungssystemen verglichen werden. Inwieweit die Implementierung neuer Technologien zum Erreichen der im

Energiekonzept der Bundesregierung bis 2030 formulierten Ziele erforderlich sein wird und welche Technikakzeptanz-Probleme daraus resultieren können, wird zusammenfassend untersucht.

6. Hintergrund, Relevanz und aktueller Stand der Forschung

Die in Deutschland politisch forcierte Restrukturierung der Energiewirtschaft ist in ihrer Umsetzung eng an die technisch-technologischen Rahmenbedingungen heutiger und in naher Zukunft zur Verfügung stehender Energieumwandlungsverfahren gebunden. Während bisherige dezentrale Energieumwandlungstechnologien vorwiegend zur dezentralen Energieversorgung beigetragen haben, sollen sie künftig elementarer Bestandteil ganzheitlicher Energieversorgungskonzepte werden. Der aktuelle Entwurf der Bundesregierung zur Energiewende bis 2030 sieht eine vollständige Aufgabe der Kernenergienutzung vor. Ein Großteil der dadurch wegfallenden Stromproduktion soll sukzessive durch Systeme zur Nutzung regenerativer Energieträger ersetzt werden, um so die Treibhausgasemissionen zu begrenzen. Aufgrund der diskontinuierlichen Stromerzeugung der entsprechenden Anlagen werden Speichersysteme benötigt, deren erforderliche Kapazität von mehreren Tera-Watt-Stunden die Leistungsfähigkeit bereits vorhandener Pumpspeicherkraftwerke bei weitem übersteigt.

Die Integration von wasserstoffbasierten Speichersystemen stellt eine künftige Option für die deutsche Energiewirtschaft dar, welche ein völlig neuartiges Energiekonzept voraussetzt. Die hohe Komplexität einer landesweiten Energieinfrastruktur und die ausgeprägten Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Komponenten zur Energiebereitstellung und -verteilung führen jedoch zu einem Lastverhalten und einer Effizienz des Gesamtsystems, die sich nicht allein aus der Betrachtung der Einzelsysteme ermitteln lassen. In seiner Gesamtheit wurde eine auf Wasserstoff basierte Infrastruktur noch nicht in der hier notwendigen Detailtiefe analysiert und bewertet.

Wesentliche Säulen zur künftigen Energieversorgung stellen Wind- und Solarenergie dar. Der Austausch bestehender Windenergiekonverter durch leistungsfähigere Anlagen, die Errichtung neuer Windenergieanlagen, wie in offshore-Windparks sowie der Ausbau der Photovoltaik sollen z. B. in Deutschland zu einer nennenswerten Steigerung der regenerativen Energieversorgung beitragen. Neben den Leistungsparametern der Einzelanlagen (Peakleistung, Wirkungsgrad, Verfügbarkeit etc.) tragen auch politische Anreize wie das EE-Gesetz wesentlich zur Wettbewerbsfähigkeit derartiger Systeme bei. Vor allem lokale Energieversorger (z. B. Stadtwerke) und Privathaushalte profitieren direkt von diesen Anreizen, so dass diese unmittelbar die Akzeptanz dieser Technologien durch die Bevölkerung beeinflussen.

Neben den national geprägten Strategien existieren derzeit Energieversorgungsstrategien, welche die Nutzung der Solarenergie aus nordafrikanischen Regionen verfolgen und auch für Deutschland relevant werden können (DESERTEC-Projekt). Wenngleich die Umsetzung dieser Strategien für den Zeitraum nach 2030 geplant ist, sind sie in die Gesamtbewertung mit einzubeziehen.

Angesichts der CO₂-Reduktionsziele wird der künftige Einsatz des Energieträgers Kohle ausschließlich mit umweltfreundlichen Technologien möglich sein, welche entweder die Extraktion des Kohlendioxids aus dem Rauchgas ermöglichen oder infolge der Ver-

edelung des Brennstoffes eine CO₂-arme Verwertung gewährleisten. Insbesondere CCS-Technologien (Carbon Capture and Storage), welche die Einlagerung des Kohlendioxids in geologischen Formationen über sehr lange Zeiträume erfordern, werden derzeit im Großmaßstab technologisch erprobt. Im Rahmen dieses Projektes sollen die Machbarkeit, die Effizienz und die damit verbundenen Risiken dieser Technologien untersucht werden. Zur Bewertung des Energieträgers Kohle bis 2030 und darüber hinaus werden ganzheitliche ökologische Analysen gemeinsam mit dem Bereich Betriebswirtschaft sowie Fragen der öffentlichen Akzeptanz gemeinsam mit dem Bereich Kommunikationswissenschaft ausführlich behandelt.

Zur Analyse, Bewertung und Diskussion der strategischen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands innerhalb Europas wie auf dem Weltmarkt ist ein direkter Vergleich der für Deutschland angestrebten Energieversorgung mit konkurrierenden Volkswirtschaften auf der Basis der zu erwartenden Umwandlungswirkungsgrade im Kontext mit dem Erreichen globaler Klimaschutzziele und aktueller Rohstoffpreise durchzuführen. Genau hierin liegt der Schwerpunkt dieses Projektes, das als Grundlage physikalische Gesetzmäßigkeiten für alle Systeme betrachtet, da sich diese nicht überwinden lassen.

Es werden Ergebnisse angestrebt, welche sowohl Umsetzungspotenziale als auch Umsetzungsrisiken für die betrachteten Energieträger aufzeigen. Ausgehend vom gewünschten Energiemix bis 2030 wird die „energiewirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit“ Deutschlands im Vergleich mit anderen Staaten bewertet. Es ist zu erwarten, dass die aus der angestrebten "Energiewende" resultierenden technologischen, ökologischen sowie volkswirtschaftliche Auswirkungen einen nicht unerheblichen Einfluss auf die politische sowie öffentliche Akzeptanz der angestrebten Energiestrategie haben werden.

7. Projektziele und Arbeitsschritte

Übergeordnetes Ziel der Promotionsarbeit ist die Analyse der insbesondere aus technisch-technologischer Sicht zu erwartenden Auswirkungen der Energiewende auf die deutsche Energieversorgung und beinhaltet darüber hinaus die wirtschaftliche Umsetzung. Nach der Identifizierung der in Frage kommenden Energiesystemen soll zunächst analysiert werden, wie der Einfluss aktueller und zukünftiger Entwicklungen auf wichtige Parameter wie Fertigungsaufwand, Materialeinsatz, Wirkungsgrad und Zuverlässigkeit der jeweiligen Prozessschritte und Einzelkomponenten dieser Technologien einzuschätzen ist. Außerdem soll eine Machbarkeitsstudie zur großtechnischen Produktion der benötigten Anlagen durchgeführt werden, die bisher in einigen Bereichen (z. B. CCS-Technologie) nur in Prototyp-Stückzahlen gefertigt werden.

Im zweiten Schritt sollen aus den Ergebnissen der Technologieanalyse zeitabhängige Intervalle für die wesentlichen wirtschaftlichen Kennzahlen wie Investitions- und Betriebskosten sowie die Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Einzelsystemen abgeleitet werden. Diese bilden die Eingangsdaten für einen zu entwickelnden Algorithmus zur ganzheitlichen physikalischen Bewertung von komplexen Energieumwandlungs-

systemen. Die Effizienz derartiger Systeme, welche unterschiedliche Energieträger verwenden, soll im Fokus sein.

Dazu wird das Gesamtsystem „Energiebereitstellung für die Sektoren Industrie und private Haushalte“ in Einzelmodulen abgebildet. Diesen sind jeweils die entsprechenden in der Prozesskette auftretenden Energieumwandlungseinheiten zugeordnet, denen die zuvor genannten Parameter und die zugehörigen Intervalle zugewiesen werden. Auf diese Weise soll ein flexibel einsetzbares Tool zur Analyse insbesondere der technisch-technologischen, jedoch auch ökonomischen sowie ökologischen Rahmenbedingungen verschiedener Energieversorgungsstrategien entstehen. Ausgehend von der eingangs formulierten Zielsetzung einer nachhaltigen Energiewirtschaft sind darüber hinaus gesellschaftsrelevante Aspekte (z. B. öffentliche Akzeptanz) ebenfalls zu berücksichtigen und zu gewichten.

Das hier angestrebte Tool bildet gemeinsam mit den in den kooperierenden Promotionsprojekten erarbeiteten Bewertungskriterien eine profunde Basis zur wissenschaftlichen Analyse der Wettbewerbsfähigkeit verschiedenartiger Energieversorgungskonzepte und der damit verbundenen Risiken und Chancen. Die Tabelle 1 zeigt den geplanten zeitlichen Ablauf der Projektarbeiten.

Tabelle 2: Zeitplan

Arbeitspakete	1. Jahr				2. Jahr				3. Jahr			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
AP1: Ganzheitliche Strukturanalyse												
AP2: Ermittlung relevanter Kennzahlen												
AP3: Durchführung von Gesamtanalysen												
AP4: Vergleich der Systeme untereinander												
AP5: Auswertung												

AP 1 – Ganzheitliche Strukturanalyse

In diesem Arbeitspaket werden alle relevanten technischen Strukturen einer künftigen Energieversorgung ermittelt und in Form ihrer technischen Einzelkomponenten (z. B. Windkraftkonverter, Photovoltaik-Modul und Pheripherie, solarthermische Parabolspiegel und kraftwerkstechnische Anlage, Solarturm und kraftwerkstechnische Anlage, Elektrolyseur, Wasserstoffspeicher, Brennstoffzelle etc.) dargestellt. Die technisch bedingte Bilanz-Größe der Einheiten bzw. die Vielfalt alternativer Systemkomponenten innerhalb der Energieumwandlungskette wird dabei je nach Relevanz im Laufe des Bearbeitungsprozesses kontinuierlich differenziert. Diese Strukturen werden jeweils für alle in Frage kommenden Energieversorgungssysteme aufgestellt.

AP 2 – Ermittlung relevanter Kennzahlen und Bewertung der technologischen Entwicklungspotenziale

Ein wesentlicher Arbeitsschwerpunkt bildet die Ermittlung der für die in AP 1 identifizierten Energieversorgungssysteme charakteristischen Kennzahlen. Hierzu zählen vor allem je nach Technologie der energetische Umwandlungswirkungsgrad, die verursachten Emissionen, die zeitliche Verfügbarkeit der Anlage und die zeitliche Vorhersagegenauigkeit der Verfügbarkeit. Aufwendungen zur Produktion und Entsorgung sowie zur Wartung und zum Betrieb der Anlage finden durch eine Lebenszyklusanalyse Berücksichtigung. Den zu formulierenden Kennzahlen werden nicht nur die Werte zugewiesen, die einer Bewertung des aktuellen Standes der Technik folgen, sondern Intervalle, die sich aus der zu erwartenden technologischen Weiterentwicklung der Einzelkomponenten ergeben. Ziel ist, jedes einzelne Energieversorgungssystem jeweils als parameterbehaftetes Modul darzustellen, das in dem in AP 3 zu erstellenden mathematischen Modell verarbeitet werden kann.

AP 3 – Durchführung von Gesamtanalysen

In diesem Arbeitspaket wird der Algorithmus zur ganzheitlichen Bewertung einer landesweiten Energieinfrastruktur erstellt. Die Infrastruktur setzt sich dabei aus einer zu wählenden Kombination der in AP 2 formulierten Energiewandlungsmodule zusammen. Funktion des Algorithmus ist es, aus den Parametern der Einzelmodule Ge-

samteigenschaften der Infrastruktur abzuleiten, wie etwa den spezifischen Stromgestehungspreis und die spezifische Treibhausgasemission, die Gesamteffizienz sowie die Versorgungssicherheit. Der Algorithmus wird Vertrauensintervalle zur Abhängigkeit von Stromimporten aus dem Ausland sowie zur Häufigkeit und zum Ausmaß von zu erwartenden Stromausfällen für die betrachtete Energieinfrastruktur ausgeben.

AP 4 – Vergleich der Systeme untereinander

Hier werden verschiedene Szenarien für die Energieinfrastruktur erstellt und mittels des in AP 3 erstellten Algorithmus anhand der formulierten Kriterien verglichen. Ziel ist es, die unter vorzugebenden Randbedingungen optimale Konfiguration der Infrastruktur zu ermitteln. Die Wahl der Randbedingungen beschreibt die Forderungen, die an die Infrastruktur gestellt werden, wie etwa der Einhaltung von Klimaschutzzielen, einer begrenzten Energieimportabhängigkeit, oder einer hohen Zuverlässigkeit der Stromversorgung. Die Variation dieser Randbedingungen wird die Interdependenzen der einzelnen Kriterien untereinander aufzeigen. So ist zu erwarten, dass sich beispielsweise eine höhere geforderte Zuverlässigkeit der Elektrizitätsversorgung negativ auf die spezifischen Stromgestehungskosten auswirkt, während eine Verringerung des geforderten Treibhausgasausstoßes sowohl zu einer Erhöhung der Gesamteffizienz der Infrastruktur (Einsatz effizienterer Einzelkomponenten) als auch zu ihrer Verringerung (Einsatz von CCS-Technologien) führen kann.

AP 5 - Auswertung

Ausgehend von der in AP 4 ermittelten Konfiguration der Energieinfrastruktur soll eine Aussage über die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Energiewirtschaft nach Vollzug der Energiewende unter den gegenwärtig von der Bundesregierung geforderten Randbedingungen getroffen werden. Zudem wird analysiert, inwieweit sich eine Variation dieser Randbedingungen auf die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie auswirkt. Diese Bewertung wird im Kontext des hoch integrierten europäischen Elektrizitätsnetzwerkes vorgenommen, das den Elektrizitätsaustausch zwischen den Ländern in hohem, aber nicht unbeschränktem Maße ermöglicht. Der Einfluss von relevanten Entscheidungen, die eventuell auf internationaler Ebene getroffen werden können und die deutsche Energiestrategie beeinflussen (wie etwa ein Ausstieg Frankreichs aus der Kernenergie, der umfangreiche Ausbau norwegischer Speicherkraftwerke in Fjorden oder die Umsetzung des DESERTEC-Projektes) wird qualitativ diskutiert. Darüber hinaus soll, in enger Zusammenarbeit mit den kooperativen Forschungsergebnissen der parallel bearbeiteten Projekte, eine Einschätzung der Akzeptanz der künftigen Energiestruktur durch die Bevölkerung getroffen werden.

8. Bezüge zu den anderen Projekten

Das hier beantragte Projekt verfolgt hauptsächlich ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen, welche auf Detailkenntnisse aus der Energie- und Kraftwerkstechnik basieren. Im Rahmen der Bewertung der hier behandelten Technologien und mit dem Ziel, qualifizierte Vorschläge für eine sichere, umweltfreundliche sowie wettbewerbsfähige künftige Energieversorgung zu unterbreiten, wird der Fokus auf eine nachhaltige Energiewirtschaft gerichtet. Daraus resultiert eine unerlässliche Zusammenarbeit mit den Bereichen Betriebswirtschaft, Verfahrenstechnik sowie Kommunikationswissenschaft.

Dieses Forschungsvorhaben kombiniert in besonderer Weise die Disziplinen der Ingenieurs- und Kommunikationswissenschaft mit dem Bereich der Energiewirtschaft. So liegen Synergieeffekte in der Energiesystemanalyse zur Energiewende und zur Einbindung hoher Anteile fluktuierender Energien und der Untersuchung der Akzeptanz von Energieprojekten. Gleichzeitig sind die Themen wie die Erarbeitung eines leistungsstarken Energieübertragungssystems und die Forschung an den Grenzen und Risiken von Energiesystemen für eine sichere, CO₂-arme Energieversorgung eng verbunden mit der Machbarkeit der Integration der erneuerbaren Energien in das Energiesystem und der Erreichung der von der Bundesregierung gesetzten Ziele zum Ausbau erneuerbarer Energien. Damit versteht sich dieser Antrag auch als innovative Brücke zwischen den Bereichen Technik und Kommunikation.

9. Beschreibung des eigenen Arbeitsbereichs und eigene Vorarbeiten

Die Professur Wasserstoff- und Kernenergietechnik befasst sich neben der experimentell und mathematisch fundierten Bewertung der Sicherheit und Zuverlässigkeit kerntechnischer Anlagen mit der technisch-technologischen Analyse energetischer Gesamtsysteme. Naturgemäß steht bei diesen Fragestellungen die öffentliche Akzeptanz im Vordergrund, weshalb zur Widmung der Professur die Auseinandersetzung in Lehre und Forschung mit innovativen Reaktoranlagen mit höheren Sicherheitseigenschaften gehört. Zahlreiche Arbeiten sind bisher auf dem Gebiet der Generation IV-Reaktoren entstanden; die derzeit existierenden Kooperationen mit Südkorea, China und USA werden erweitert. Strategiekonform spielen die Bewertung von Chancen und Risiken im Rahmen der Integration von wasserstoffbasierten Speichersystemen eine zunehmende Rolle in den Lehr- und Forschungsarbeiten der Professur.

Der Lehrstuhlinhaber ist Direktor des Instituts für Energietechnik an der TU Dresden und Mitglied des Wissenschaftlichen Beirats der VGB. In beiden Funktionen befasst er sich intensiv mit technologischen, ökologischen und ökonomischen Aspekten bei der Nutzung von fossilen, nuklearen und regenerativen Energieträgern. Darüber hinaus ist er, gemeinsam mit Prof. Beckmann, Wissenschaftlicher Leiter des jährlich in Dresden stattfindenden Kraftwerkstechnischen Kolloquiums.

10. Literatur

Hurtado, A.: Nachhaltige Kernenergienutzung – Hochtemperaturreaktoren für nukleare Prozesswärme, Vortrag Kraftwerkstechnischen Kolloquium, Dresden, 2009

Hurtado, A.: Künftige Kernenergienutzung – Kerntechnische Ausbildung und Kompetenzerhalt in Deutschland, Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden, 2010

Unger, J.; Hurtado, A.: Alternative Energietechnik, 4. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, 2011

Hurtado, A.: Energie und Rohstoffe, Gestaltung unserer nachhaltigen Zukunft, Nachhaltige Nutzung der Kernenergie, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2011

F.-D. Börner, W. Lippmann, A. Hurtado: Lasergefügte Oxidkeramiken – Bauteile mit definierter Funktionalität, Jahrestagung der DKG, 23. – 24.03.2009, Aachen

Hille, C.; Lippmann, W.; Herrmann, M.; Hurtado, A. Non-oxide ceramics – chances for application in nuclear hydrogen production, 16th International Conference on Nuclear Engineering ICONE-16, 11.-15.05.2008, Orlando, USA

Heilmann, F.; Rixecker, G.; Börner, F.-D.; Lippmann, W.; Hurtado, A.: Laser hybrid brasing of oxide ceramics for high temperature gas sensing applications in (V)HTR`S, Jahrestagung der Kerntechnischen Gesellschaft 2009, 12.-14.05.2009, Dresden

Lippmann, W.; Herrmann, M.; Hille, C.; Hurtado, A.: Laser joining of ceramics a contribution to high temperature range application of ceramic components, 16th International Conference on Nuclear Engineering ICONE-16, 11.-15.05.2008, Orlando, USA

C. Hille, F.-D. Börner, W. Lippmann, A. Hurtado; Mathematische Modellierung des laserinduzierten Aufheizverhaltens von Oxidkeramiken, (Symposium Hochleistungskeramik, 25 – 26.03.2009, Aachen)

Hille, C.; Lippmann, W.; Herrmann, M.; Hurtado, A., Fügen von elektrisch leitfähigen Keramikwerkstoffen mittels Laserstrahlung – Möglichkeiten zur Anwendung im Hochtemperaturbereich, Jahrestagung Kerntechnik-2008, 27.–29.05.2008, Hamburg, Deutschland

Lippmann, W.; Herrmann, M.; Hille, C.; Hurtado, A.; Reinecke, A.-M.; Wolf, R. Laser joining of ceramics, CFI-Sonderheft " cfi-ceramic forum international", DKG 85, 2008, Nr.13

Damen, K.; van Troost, M.; Faaij, A.; Turkenburg, W. A comparison of electricity and hydrogen production systems with CO2 capture and storage. Part A: Review and selection of promising conversion and capture technologies; Progress in Energy and Combustion Science 32, 2006

Elder, R.; Allen, R. Nuclear heat for hydrogen production: Coupling a very high/high temperature reactor to a hydrogen production plant; Progress in Nuclear Energy 51, 2009

Gibbins, J., Chalmers, H. Carbon capture and storage; Energy Policy 36, 2008

Hall, P. J.; Bain, E. J.; Energy-storage technologies and electricity generation; Energy Policy 36 , 2008

Jorgensen, C.; Ropenus, S.; Production price of hydrogen from grid connected electrolysis in a power market with high wind penetration; International Journal of Hydrogen Energy 33, 2008

Kleijn, R.; van der Voet, E.; Resource constraints in a hydrogen economy based on renewable energy sources: An exploration; Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 2010

Zoellner, J.; Schweizer-Ries, P.; Wemheuer, C.; Public acceptance of renewable energies: Results from case studies in Germany; Energy Policy 36, 2008

Boysen-Graduiertenkolleg
**„Nachhaltige Energiesysteme - Interdependenz von technischer
Gestaltung und gesellschaftlicher Akzeptanz“**
an der Technischen Universität Dresden

1. Thema: Technologische Beurteilung von Energieübertragungssystemen zur verstärkten Nutzung regenerativer Energieträger

2. Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. P. Schegner
Professur für Elektroenergieversorgung
Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
Technische Universität Dresden
Tel.: 0351 463-34374
Email: peter.schegner@tu-dresden.de

3. Benennung der Doktorandin/des Doktoranden:

NN

4. Einordnung Disziplinen

Eigene Disziplin:

Elektrische Energieversorgung, Planung und Betrieb elektrischer Netze, Schutz- und Leittechnik, Versorgungsqualität

Bezüge zu anderen Disziplinen:

Betriebs- und Umweltwirtschaft, Energiewirtschaft, Kommunikationswissenschaft, Politikwissenschaft

5. Kurzfassung

Das politisch vorgegebene Ziel, bis 2050 80% der elektrischen Energie aus erneuerbaren Energiequellen zu erzeugen, wird zu weitreichenden Veränderungen auf dem Gebiet der elektrischen Energieversorgung führen. Die Integration der zum großen Teil

dargebotsabhängig und damit fluktuierend einspeisenden Erzeugungsanlagen, wie z. B. Photovoltaik und Windkraftwerke, erfordern leistungsstarke transeuropäische Energieübertragungssysteme, um den Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch sicherzustellen. Der Bau von konventionellen Hochspannungsleitungen und –anlagen wird heute von großen Teilen der Bevölkerung aus unterschiedlichsten Gründen nicht akzeptiert. Im Rahmen dieses Teilprojektes soll eine technologische Bewertung verschiedener technischer Lösungsansätze entwickelt werden, welche gemeinsam mit anderen Projekten innerhalb des Graduiertenkollegs eine holistische Gesamtanalyse erlauben.

6. Hintergrund, Relevanz und aktueller Stand der Forschung

Die elektrische Energie soll zukünftig weitgehend aus erneuerbaren Energiequellen bereitgestellt werden. Dies erfordert sowohl einen transnationalen Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch als auch große und leistungsstarke Speichersysteme, die in das elektrische Versorgungssystem integriert werden müssen. Hierzu ist es notwendig, dass die Transportkapazität der elektrischen Netze massiv ausgebaut wird. In der Dena-Studie II (siehe [1]) wird alleine für Deutschland ein Bedarf von 3000 km neuer Hochspannungsleitungen bis zum Jahr 2015 ausgewiesen. Dies ist aber erst der erste Schritt, da zukünftig eine umfassende Vernetzung Europas bis hin nach Asien sowie Afrika mit einem Overlay-Grid – einem neuen elektrischen Energietransportnetz mit hoher Übertragungskapazität – notwendig sein wird (siehe [3]).

Für die Übertragung elektrischer Energie stehen verschiedene konventionelle Technologien zur Verfügung. Zum einen Höchstspannungs-Drehstromsysteme mit Betriebsspannungen von über 1000 kV und Gleichspannungs-Übertragungsleitungen mit Übertragungskapazitäten von bis zu 6000 MW. Diese beiden Übertragungssysteme benötigen hohe und somit weithin sichtbare Freileitungsmaste mit allen sich hieraus ergebenden Vor- und Nachteilen. Alternativ können auch Drehstrom- und Gleichspannungskabel mit erheblich geringeren Transportkapazitäten genutzt werden. Diese bedingen eine höhere Anzahl solcher Systeme, um vergleichbare Übertragungskapazitäten zu erreichen. Allerdings sind diese quasi unsichtbar unter der Erdoberfläche installiert. Alleine dieser Umstand erhöht häufig die Akzeptanz bei der Bevölkerung, nach dem Motto: „ Aus dem Auge aus dem Sinn“. Die sich aus diesen Lösungen ergebenden höheren Kosten und technischen Nachteile werden als Argument nicht wahrgenommen.

Als weiterer Lösungsansatz stehen heute gasisolierte Leitungen (GIL) zur Verfügung. Diese erreichen annähernd die Übertragungsfähigkeit von 380-kV-Freileitungen und werden unterirdisch verlegt. Problematisch ist das eingesetzte Isoliergas Schwefelhexafluorid. Die Zersetzungsprodukte dieses elektronegativen Gases sind umweltschädlich.

In der Dena-Studie II wurde darauf hingewiesen, dass neben einer technischen Beurteilung von Übertragungssystemen auch die gesellschaftliche Akzeptanz und die Umweltverträglichkeit zu überprüfen ist. Auf Seite 308 des Abschlussberichtes [1] steht hierzu: „*Dem Ausbau des Übertragungsnetzes mit Freileitungen steht das Interesse der betroffenen Bevölkerung an einer möglichst geringen Sichtbarkeit bis hin zur Un-*

sichtbarkeit von Infrastrukturmaßnahmen entgegen. Es besteht die Möglichkeit und die aktuellen Erfahrungen der ÜNB aus Leitungsneubauprojekten bestätigen es, dass dies zu unkalkulierbaren Verzögerungen im Genehmigungsverfahren führt, mit der Gefahr, dass die Netzintegration und der Ausbau der Energieerzeugung aus regenerativen Quellen zeitlich verzögert wird.“ Die Beurteilung der gesellschaftlichen Akzeptanz reduzierte sich hierbei nur auf die Sichtbarkeit solcher Systeme.

Ähnliche Ansätze wurden schon in den Jahren 1980 bis 1995 gemacht. Als Beispiel sei auf die Dissertation „Sichtbarkeit von Freileitungen - Erster Einsatz der graphischen Datenverarbeitung und Bildanalyse“ [2] hingewiesen. In dieser Arbeit wurden unter Berücksichtigung der Sehleistung des menschlichen Auges Kenngrößen wie „Sichtbarkeitsbedeckung“ und „Tarnungswirkungsgrade“ definiert. Man hat sich bei der Beurteilung der Sichtbarkeit auf einen technisch-physikalischen Standpunkt und damit scheinbar objektivierbar und mit Zahlenwerten belegbaren Kenngrößen zurückgezogen.

Aus heutiger Sicht ist davon auszugehen, dass diese rationalen Ansätze zur Beurteilung der Technikakzeptanz nicht genügen, hier setzt das vorgeschlagene Projekt an.

7. Projektziele und Arbeitsschritte

Ziel des Projektes „Technologische Beurteilung von Energieübertragungssystemen zur verstärkten Nutzung regenerativer Energieträger“ ist es, die Grundlagen bzw. Ansätze für eine umfassendere Bewertung von Energieübertragungssystemen zu legen. Dies ist grundsätzlich nur durch einen interdisziplinären Ansatz möglich. Hier schafft das vorliegende Graduiertenkolleg die besten Voraussetzungen, durch die Forschungszusammenarbeit unterschiedlichster Fachdisziplinen. Die wissenschaftliche Co-Betreuung der Doktoranden bietet optimale Rahmenbedingungen für diesen Ansatz.

In Bild 1 sind die Teilaspekte einer holistischen Bewertung von elektrischen Energieübertragungssystemen dargestellt. Aus diesem Bild ist sofort zu erkennen, dass die technologische Beurteilung, wie die Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit, signifikante Aspekte eines solchen Verfahrens ist. Die Besonderheit dieses Projektes besteht darin, dass mit Fokus auf die ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen mehrere sehr unterschiedliche Wissenschaftsgebiete zusammenarbeiten müssen, um eine solche Bewertung zu realisieren.

Ziel und Wunsch des Ingenieurs ist eine Gesamtbewertung in Form von Kennziffern oder anderen Kenngrößen und nicht nur eine verbale, schwer zu verifizierende oder auch einzuordnende Beurteilung. Ob dies wirklich möglich ist, bleibt beim Start des Forschungsprojektes offen. Dies ist ja gerade der Charakter einer solchen Forschungsaufgabe. Durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit werden neue Ansätze auch bei der Darstellung der Beurteilungsergebnisse erwartet. Die holistische Beurteilung soll für die Bewertung und Optimierung elektrischer Energieübertragungssysteme genutzt werden, die Grundlagen für die verstärkte Nutzung regenerativer Energieträger sind. Hierdurch soll der Transformationsprozess der elektrischen Energieversorgung gefördert werden.

Das Forschungsprojekt ist in die folgenden Arbeitsschritte gegliedert:

- AP-01: Erfassung und semantische Charakterisierung von Bewertungsmethoden und -kriterien in unterschiedlichen Wissenschaftsgebieten

Ausgangspunkt des Forschungsprojektes ist eine systematische Erfassung von insbesondere ingenieurwissenschaftlichen Bewertungsmethoden zu den im Bild 1 dargestellten Teilkriterien einer holistischen Beurteilung. Es ist zu prüfen, ob gegebenenfalls noch weitere Aspekte zu berücksichtigen sind. Diese Bestandsaufnahme wird in enger Zusammenarbeit mit allen beteiligten Fachdisziplinen des Graduiertenkollegs erfolgen. Wichtig ist hierbei, dass nicht nur einzelne Kriterien, sondern auch die in den unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen angewendeten Methoden und „Denkweisen“ erfasst und für die weitere Bearbeitung des Forschungsprojektes strukturiert dokumentiert werden.



Bild 1: Modell einer holistischen Beurteilung von elektrischen Energieübertragungssystemen

- AP-02: Beispielhafte Anwendung der in AP-01 erfassten Bewertungsmethoden und -kriterien auf elektrische Energieübertragungssysteme

In diesem Arbeitspaket werden im Sinne eines Trainings- und Evolutionsprozesses die gefundenen Bewertungsmethoden auf elektrische Energieübertragungssysteme appliziert. Hierdurch soll die Anwendbarkeit der Einzelverfahren aus den verschiedenen Wissenschaftsgebieten nicht nur theoretisch, sondern an einem konkreten Beispiel

auch praktisch demonstriert werden. Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede in Ansätzen und Vorgehensweisen sind herauszuarbeiten. Gleichzeitig soll die Doktorandin/der Doktorand die aus fremden Wissenschaftsgebieten übernommenen Methoden vertiefend kennenlernen. Dieses Arbeitspaket bildet hiermit die Basis für den folgenden Arbeitsschritt.

- AP-03: Synthese der in AP-01 erfassten Bewertungsmethoden und -kriterien zu einer holistischen Bewertung

Für eine ingenieurtechnische Bewertung ist die Zusammenführung der Bewertungsmethoden aus den unterschiedlichen Wissenschaftsgebieten notwendig. Basierend auf den vorangegangenen Arbeitspaketen sind Zusammenfassungen und Verknüpfungen zwischen den Bewertungsverfahren der verschiedenen Wissenschaftsgebiete durch mathematische und strukturelle Ansätze zu extrahieren. Hieraus soll ein ganzheitliches Verfahren für eine Bewertung von technischen Systemen entwickelt werden.

- AP-04: Anwendung der holistischen Bewertung auf elektrische Energieübertragungssysteme zur verstärkten Nutzung regenerativer Energieträger

Die im AP-03 entwickelte Bewertungsmethode ist beispielhaft an elektrischen Energieübertragungssystemen anzuwenden. Die erhaltenen Ergebnisse sind mit den Einzelbewertungen des AP-02 zu vergleichen. Die Vor- und Nachteile der Methoden sind herauszustellen.

- AP-05: Optimierung der elektrischen Energieübertragungssysteme unter Berücksichtigung holistischer Bewertungsansätze

Mit Hilfe der holistischen Bewertung soll auch eine Optimierung von technischen Übertragungssystemen erfolgen. Hierdurch sollen aus Sicht des Ingenieurs technische Lösungen entwickelt werden, die eine Realisierung einfacher machen und im Konsens mit der Gesellschaft stehen.

Zeitplan für das Thema „Holistische Beurteilung von Energieübertragungssystemen zur verstärkten Nutzung regenerativer Energieträger“:

Arbeitspaket	1. Jahr				2. Jahr				3. Jahr			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
AP-01	X	X	X	X	X							
AP-02		X	X	X	X	X						
AP-03					X	X	X	X				
AP-04							X	X	X	X		
AP-05										X	X	X

8. Bezüge zu den anderen Projekten

Zu folgenden anderen Projekten des Graduiertenkollegs bestehen enge Verbindungen:

- Wissen, Einstellungen und Verhaltensdispositionen zu Energiesystemen bei Politik, Bürger und Medien.
- Hemmnis- und Umweltforschung zu Energiesystemen aus betrieblicher Sicht.
- Akzeptanz und Effizienz innovativer dezentraler Technologien in zukünftigen Energiesystemen.
- Bewertung von Szenarien für Energiesysteme – Potenziale, Grenzen und Akzeptanz.

Die aufgeführten Projekte befassen sich alle mit der Bewertung von großtechnischen Projekten der Energietechnik. Hierbei werden unterschiedlichste Sichten und Ansätze verfolgt. Diese umfassen unter anderem gesellschaftliche, betriebliche und technische Aspekte.

Durch eine enge Zusammenarbeit zwischen den Kollegiatinnen/Kollegiaten und den betreuenden Kolleginnen/Kollegen können nicht nur Synergien genutzt, sondern der interdisziplinäre Ansatz des beantragten Projektes quasi „gelebt“ werden. Hierdurch können die in den unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen üblichen Vorgehensweisen und Ansätze über die Grenzen des jeweiligen Fachgebietes hinausgetragen werden.

9. Beschreibung des eigenen Arbeitsbereichs und eigene Vorarbeiten

Sowohl für Planung und Betrieb als auch für die Schutz- und Leittechnik elektrischer Energieversorgungssysteme ist die genaue Kenntnis der Parameter aller Betriebsmittel (Freileitung, Kabel, Transformator) notwendig. Diese bilden die Grundlage nicht nur

aller Berechnungen, sondern auch von allen technischen und wirtschaftlichen Vergleichen von z. B. Übertragungssystemen. Klassisch kann aus den geometrischen Daten und den elektrischen Eigenschaften (Permeabilität, Leitfähigkeit) der verwendeten Materialien eine Abschätzung dieser Parameter erfolgen. Diese genügt jedoch häufig nicht, daher wurden neue Ansätze verfolgt, die auf der Auswertung von Störfallaufzeichnungen basieren [4]. Die erhaltenen Ergebnisse sind erheblich genauer und damit auch die Bewertung der Energiesysteme. Es wird möglich, auch den Einfluss von Unsymmetrien zu berücksichtigen [6].

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt auf dem Gebiet der Planung elektrischer Netze bildet die Modellierung von Verbrauchern und Lasten [5]. Dies ist die zwingende Voraussetzung, um Auswirkungen von z. B. neuen Verbrauchern wie Elektroautos aber auch ein verändertes Verbraucherverhalten modellieren und deren Einflüsse auf die elektrischen Netze beurteilen zu können.

Die Gestaltung zukünftiger Energieübertragungssysteme hängt maßgeblich von der örtlichen und zeitlichen Verteilung von Bedarf und Erzeugung ab. Dabei muss einerseits der kontinuierlich wachsende Anteil regenerativer Erzeugung und andererseits die Einführung neuer Arten von elektrischen Verbrauchern (z. B. Wärmepumpen) berücksichtigt werden. Für die bedarfsgerechte Dimensionierung künftiger Netze ist eine möglichst zuverlässige Abschätzung des Lastverhaltens und der Netzrückwirkungen neuer Technologien unabdingbar. Die langjährigen Erfahrungen am Lehrstuhl [7, 8] bezüglich der o. g. Aspekte bilden eine wichtige Grundlage für die erfolgreiche Bearbeitung des Projektes.

10. Literatur

- [1] Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hrsg.): dena-Netzstudie II. Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick auf 2025. Berlin, 2010.
- [2] Groß, M.: Sichtbarkeit von Freileitungen – Erster Einsatz der graphischen Datenverarbeitung und Bildanalyse. Saarbrücken, Dissertation, 1989.
- [3] Desertec foundation: <http://www.desertec.org/de/>. 2011.
- [4] Schegner, P.; Schulze, R.; Stachel, P.: Parameter Identification of Unsymmetrical Transmission Lines Using Accurately Re-Synchronised Fault Records. Calgary, IEEE Power & Energy Society General Meeting, 2009.
- [5] Schegner, P.; Dickert, J.: Residential Load Models for Network Planning Purposes. Wroclaw, Modern Electric Power Systems, 2010
- [6] Schegner, P.; Schulze, R.; Živanović, R.: An application of spectral discretization in modeling of unsymmetrical transmission lines. Stockholm, Power System Computation Conference, 2011.
- [7] Meyer, J.; Hähle, S.; Schegner, P.; Wald, C.: Impact of electrical car charging on unbalance in public low voltage grids. EPQU conference 17.-19.10.2011, Lisboa
- [8] Klatt, M.; Dorado, A.; Schegner, P.; Meyer, J.; Backes, J.; Li, R.: Power Quality Aspects of Rural Grids with High Penetration of Microgeneration, mainly PV Installations. CIRED conference 06.-09.06.2011, Frankfurt a.M.

Boysen-Graduiertenkolleg
**„Nachhaltige Energiesysteme - Interdependenz von technischer
Gestaltung und gesellschaftlicher Akzeptanz“**
an der Technischen Universität Dresden

1. Thema: „Bewertung von Szenarien für Energiesysteme – Potenziale, Grenzen und Akzeptanz“

2. Ansprechpartner:

Prof. Dr. Dominik Möst
Lehrstuhl für Energiewirtschaft
Technische Universität Dresden
Tel.: +49 463 39770
Email: Dominik.Moest@tu-dresden.de

3. Benennung der Doktorandin/des Doktoranden:

NN

4. Einordnung Disziplinen

Energiewirtschaft, Ingenieur- und Kommunikationswissenschaft

5. Kurzfassung

Im Rahmen der Promotionsvorhaben sollen einerseits Szenarien zur Entwicklung des Energiesystems erstellt werden und andererseits die Gesellschaft bei der Erstellung dieser Szenarien mittels partizipativer Elemente eingebunden werden. Der Fokus des Vorhabens soll auf der Analyse der Machbarkeit der Integration der erneuerbaren Energien in das Energiesystem und der Erreichung der von der Bundesregierung gesetzten Ziele zum Ausbau erneuerbarer Energien, sowie der dadurch erwarteten finanziellen Zusatzbelastungen in zukünftigen Jahren liegen. Dabei soll auch die gesellschaftliche Akzeptanz von regionalen Projekten analysiert, erforscht und entsprechende Lösungsvorschläge erarbeitet werden.

6. Hintergrund, Relevanz und aktueller Stand der Forschung Energieszenarien orientieren heutige Energieforschung und heutige Energiepolitik. Dies können einerseits normative Szenarien sein, die z.B. bestimmten erneuerbaren Energieträgern im Jahr 2050 einen konkreten Anteil an der Gesamtenergieversorgung zuweisen und die daraus Konsequenzen ableiten, was heute getan werden müsse, um dies zu realisieren (vgl. hierzu bspw. die die Leitszenarien des BMU). Energieszenarien umfassen aber andererseits auch energierelevante Prognosen oder Simulationen, die die zukünftige Entwicklung des Energiesystems betreffen. Energiesystemanalysen und -szenarien sind notwendig, um rationale Entscheidungen treffen zu können. Rein normativ, d.h.

auf der Basis von Zielsetzungen und anerkannten Werten, sind Fragen der Energiepolitik oder der Ausrichtung der Energieforschung nicht entscheidbar. Sie bedürfen orientierender Zukunftsaussagen, z.B. über die Entwicklung des zukünftigen Energiebedarfs sowie die zukünftige Verfügbarkeit neuer Technologien und ihrer Zeitrahmen.

Aus energiesystemischer Sicht stellen sich zahlreiche Forschungsfragen zur Energiewende und zum Ausbau erneuerbarer Energien, die noch unbeantwortet sind. Dies beinhaltet technische Fragestellungen (bspw. wie viel Back-up Kapazitäten und/oder Speichertechnologien sollen im optimalen Fall vorgehalten werden?) als auch marktliche und regulatorische Fragestellungen (bspw. setzen Kapazitätsmärkte die richtigen Anreize zum Ausbau von Erzeugungskapazitäten?). Diese Fragestellungen sind zudem stark durch Unsicherheiten geprägt. Unsicherheiten existieren in der Elektrizitätsversorgung zum einen im operativen Betrieb wie Ausfälle, Verfügbarkeiten und Einspeisung von Erneuerbaren Energien. Ebenso ist auch die langfristige technologische Entwicklung nicht deterministisch. Beispiele dafür sind die zur Verfügung stehenden Speichertechnologien und die Preisentwicklung auf internationalen Märkten für Brennstoffe und Emissionszertifikate. Diese Unsicherheiten sind in der Energiesystemanalyse und der Szenariobildung entsprechend zu berücksichtigen.

Darüber hinaus spielt in entwickelten Ländern die gesellschaftliche Akzeptanz von Technologien eine wichtigere teilweise sogar eine zentrale Rolle. Die gesellschaftliche Akzeptanz von erneuerbaren Energien kann aufgrund der geringen Durchdringung der Technologien derzeit noch nicht endgültig abgeschätzt werden. Einerseits wird der Ausbau erneuerbarer Energien zu höheren Kosten für die Endverbraucher führen, was wiederum ein Hemmnis darstellen kann. Andererseits ist der Flächenverbrauch erneuerbarer Energien aufgrund der geringeren Leistungsdichte deutlich höher als bei konventionellen Technologien, so dass eine höhere Anzahl der Bevölkerung unmittelbar von Energieprojekten betroffen sein wird. Personen in der Nähe eines Energieprojektes – dies schließt Erzeugungstechnologien als auch Übertragungsnetze ein – werden die dort genutzte Technologie aufgrund der stärkeren Betroffenheit und den stärker subjektiv wahrgenommenen Risiken (bspw. Stromfeld, Schattenwurf, Geräuschpegel) wahrscheinlich kritischer beurteilen als Personen in größerer Distanz dazu. Dieser Effekt wird häufig auch als NIMBY-Effekt (Not In My Back Yard) bezeichnet. Deshalb sollte die Technikakzeptanz auch bei der Erstellung von Energiesystemanalysen und -szenarien berücksichtigt werden. Hierzu ist in einem ersten Schritt zu klären, welche Energiesysteme bzw. Technologien von der Gesellschaft akzeptiert werden und ob unterschiedliche Zahlungsbereitschaften für Energiesysteme bzw. Technologien vorliegen. Diese Informationen können dann wiederum bei der Bewertung von Energiesystemen und der Erstellung von Szenarien genutzt werden. Der gesamte Prozess soll darüber hinaus eine Einbindung der Gesellschaft in die Entscheidungsunterstützung ermöglichen.

7. Projektziele und Arbeitsschritte

Im Rahmen der Promotionsvorhaben sollen einerseits Szenarien zur Entwicklung des Energiesystems erstellt werden und andererseits die Gesellschaft bei der Erstellung dieser Szenarien mittels partizipativer Elemente eingebunden werden. In Tabelle 1 sind dazu die Zeiträume für die im Folgenden kurz skizzierten fünf Arbeitspakete dargestellt.

Tabelle 3: Zeitplan

Arbeitspaket	1. Jahr				2. Jahr				3. Jahr			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
AP-01	X	X	X									
AP-02		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
AP-03				X	X	X	X	X				
AP-04							X	X	X	X	X	X
AP-05							X	X	X	X	X	X

AP 1 - Szenarienvergleich und -erstellung

Die Auswertung von Energieszenarien soll einen Beitrag leisten, um energiewirtschaftlich und umweltpolitisch relevante Entwicklungen für Deutschland bzw. Europa abzuleiten. Es existieren bereits zahlreiche Energieszenarien, die von unterschiedlichen Institutionen erstellt wurden. Obwohl sich diese Szenarien häufig im Detail unterscheiden, lassen sich dennoch meist Haupttendenzen in den Szenarien erkennen. In der Regel ist eine Einordnung der Szenarien in verschiedene Gruppen von sogenannten Szenariowelten möglich.

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes sollen in einem ersten Schritt verschiedene Szenarien zum Ausbau erneuerbarer Energien in Europa analysiert und in einen Gesamtkontext eingebettet werden. Dies dient dazu, um einerseits die unterschiedlichen Szenariowelten zu definieren und andererseits die Bandbreite der möglichen Entwicklungen aufzuzeigen. Zudem bilden die Szenarien eine Grundlage sowohl für die eigenen Energiesystemanalysen zur Szenarioerstellung als auch für die späteren Arbeitspakete. Aufbauend auf den identifizierten Szenariowelten sollen Energiesystemanalysen zur Integration erneuerbarer Energien, zur Zielerreichung der von der Bundesregierung gesetzten Ziele zum Ausbau erneuerbarer Energien, sowie der dadurch erwarteten finanziellen Zusatzbelastungen in zukünftigen Jahren durchgeführt werden. Hierzu sind die am Lehrstuhl vorhandenen methodischen Hilfsmittel entsprechend zu erweitern bzw. anzupassen.

AP 2 - Weiterentwicklung von Modellen zur Entscheidungsunterstützung

In diesem Arbeitsschritt sollen die längerfristigen Auswirkungen mit Hilfe eines europäischen Strommarktmodells untersucht werden. Dazu ist das Modell entsprechend den neuen Anforderungen weiterzuentwickeln. Dabei wird insbesondere auch berücksichtigt werden müssen, inwiefern sich die Unsicherheiten einerseits bezüglich der fluktuierenden Einspeisung und andererseits bezüglich zukünftiger Entwicklungen (z. B. technischer Fortschritt) auf die Strategien zur Integration auswirken. Zudem müssen die Aspekte zur Technikakzeptanz und den damit verbundenen Unsicherheiten berück-

sichtigt werden.

Im Rahmen dieses Arbeitsschrittes soll untersucht werden, wie diese längerfristigen Unsicherheiten, die für die Transformation der Energiewirtschaft unter Berücksichtigung von Akzeptanzfragen von mindestens ebenso großer Bedeutung sind, angemessen modelliert werden können. Dabei ist in dem Vorhaben eine entsprechende Abbildung der Unsicherheiten, bspw. mit einer rekombinierenden stochastischen Baumstruktur, in einem optimierenden Strommarktmodell vorgesehen. Damit steht eine Methodik zur Verfügung, mit der die Rolle von technologischen und anderen Unsicherheiten bei der Transformation des Energiesystems hin zu hohen Anteilen erneuerbarer Energien systematisch untersucht werden kann.

AP 3 - Umfragen zur Akzeptanz von Energietechnologien und Zahlungsbereitschaften

Um Grenzen sowohl bei der Zahlungsbereitschaft und der Akzeptanz für erneuerbarer Technologien abzuleiten, sollen in diesem Arbeitspaket Umfragen zur Entwicklung des Energiesystems und zu technologischen Alternativen durchgeführt. An dieser Stelle soll nicht näher auf die einzelnen Aspekte eingegangen werden, da diese Arbeiten gemeinsam im Rahmen des Projektes „Kenntnisse, Einstellungen und Verhaltensdispositionen zu erneuerbaren Energien in der Bevölkerung und bei relevanten Akteuren“ (Donsbach) durchgeführt werden. Eine Besonderheit dieses Arbeitspaketes, welches auch damit das genannte kooperative Vorhaben erweitert, ist die Berücksichtigung von Zahlungsbereitschaften für erneuerbare Technologien. Diese sollen in den Umfragen mittels Choice-Modellen berücksichtigt werden.

Neben den durchgeführten Umfragen sollen die Ergebnisse auch auf öffentlichen Veranstaltungen präsentiert und diskutiert werden. Dies soll das Verständnis der interessierten Bevölkerung für die Entwicklung von Energiesystemen erhöhen und gleichzeitig die Bürger in diesen Prozess einbeziehen. Die räumliche Nähe zu den Energieprojekten ermöglicht eine umfassende Analyse der Akzeptanz der betroffenen Bürger.

AP 4 - Szenarien zur Integration erneuerbarer Energien unter Berücksichtigung technischer Gestaltung und gesellschaftlicher Akzeptanz

Die zentralen Herausforderungen des Umbaus vom Energiesystem sind die Systemintegration und die Konzentration auf erneuerbaren Energien in der Energieversorgung. Von den vielfältigen Fragen zur Ausgestaltung des künftigen Energieversorgungssystems sind die Auswirkungen der verstärkten fluktuierenden Einspeisung und die notwendigen Stromtransporte in der Elektrizitätswirtschaft von besonderer Bedeutung. Gleichzeitig liegt der Fokus auch auf dem Identifizieren der gesellschaftlichen Akzeptanz dieses Systemumbaus.

Mit Hilfe des weiterentwickelten Modellansatzes und den Erkenntnissen aus den Umfragen sollen die mit der Systemintegration erneuerbarer Energien verbundenen Herausforderungen analysiert werden. Darauf basierend sollen Szenarien zur Integration erneuerbarer Energien unter Berücksichtigung der technischen Gestaltung sowie gesellschaftlichen Akzeptanz erstellt werden.

AP 5 - Szenarien für eine breitere Öffentlichkeit – Szenario-Webblog

In diesem Arbeitspaket soll beispielhaft der Dialog mit der Bevölkerung mittels

Weblogs erprobt werden. Bei erfolgreicher Umsetzung und Akzeptanz in der Bevölkerung soll dieses Vorgehen einen Modellcharakter für andere erneuerbare Projekte darstellen und soll somit helfen Persuasionsstrategien zu unterstützen.

Auf Basis der Szenariowelten (AP1) und der eigens erstellten Szenarien zum Ausbau erneuerbarer Energien sollen Entwicklungen zum Energiesystem unter verschiedenen Rahmenbedingungen in Form eines Weblogs im Internet öffentlich gemacht werden. Die veröffentlichten Szenarien können zwar die Entscheidungen in der Energiewirtschaft und -politik nicht ersetzen, allerdings können sie zum besseren Verständnis der Entscheidungen und zu einer sachlicheren Diskussion beitragen, indem sie die verschiedenen Auswirkungen und Wechselwirkungen in einer anschaulichen Form verdeutlichen. Dabei liegt die Intention neben der Vermittlung des Wissens und der Versachlichung der Diskussion auch auf der Möglichkeit das interessierte Publikum einzubinden und dessen Einschätzung und Fragen in Erfahrung zu bringen. Dies soll durch interaktives Forum ergänzt werden, in dem Fragen zur Entwicklung des Energiesystems diskutiert werden können. Auf Basis der Umfragen und der Ergebnisse des Weblogs sollen spezifische Lösungsvorschläge für regionale Projekte erarbeitet werden und auch allgemeine Handlungsempfehlungen zur Erhöhung der Akzeptanz abgeleitet werden.

8. Bezüge zu den anderen Projekten

Dieses Forschungsvorhaben kombiniert in besonderer Weise die Disziplinen der Ingenieurs- und Kommunikationswissenschaft mit dem Bereich der Energiewirtschaft. So liegen Synergieeffekte in der Energiesystemanalyse zur Energiewende und zur Einbindung hoher Anteile fluktuierender Energien, der Untersuchung der Akzeptanz von Energieprojekten und der Entwicklung sowie experimentellen Prüfung von Persuasionsstrategien. Gleichzeitig sind die Themen wie die Erarbeitung eines leistungsstarken Energieübertragungssystem und die Forschung an den Grenzen und Risiken von Energiesystemen für eine sichere, CO₂-arme Energieversorgung eng verbunden mit der Machbarkeit der Integration der erneuerbaren Energien in das Energiesystem und der Erreichung der von der Bundesregierung gesetzten Ziele zum Ausbau erneuerbarer Energien. Damit versteht sich dieser Antrag auch als innovative Brücke zwischen den Bereichen der Technik und Kommunikation.

9. Beschreibung des eigenen Arbeitsbereichs und eigene Vorarbeiten

Der Forschungsansatz des Lehrstuhls ist interdisziplinär und

beinhaltet Kooperationen mit anderen Disziplinen wie den Ingenieurwissenschaften, anderen Sozialwissenschaften und der Jurisdiktion. Der Lehrstuhl hat eine fundierte Erfahrung bei der Modellierung von Energiemärkten, insbesondere in Bezug auf die Integration von erneuerbarer Energien in das Energiesystem. Schwerpunkt der Arbeiten ist die modellgestützte Analyse der europäischen Strom-, Gas- und Emissionshandelsmärkte. Der Lehrstuhl verfügt hierzu über ein umfangreiches Instrumentarium zur Beantwortung von energiewirtschaftlichen und -politischen Fragestellungen. So wurde ein detailliertes Modell der europäischen Elektrizitätsmärkte namens ELMOD entwickelt. Mithilfe des Modells können verschiedene Fragestellungen zu Engpässen im Übertragungsnetz, zur Marktgestaltung und zur Integration erneuerbarer Energien mit Fokus auf Deutschland und Kontinentaleuropa untersucht werden. Zudem wurde in den letzten Jahren das Energiesystemmodell PERSEUS entwickelt, welches auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus zur Anwendung kommt, von lokalen Gebieten, wie einzelnen Industriebetrieben, über urbane Energiesysteme und Versorgungsgebiete von Energieversorgungsunternehmen bis hin zu internationalen Energiesystemen. PERSEUS wurde im Rahmen von zahlreichen Forschungsvorhaben kontinuierlich weiterentwickelt und an die Rahmenbedingungen der heutigen Energiemärkte angepasst. Die zahlreichen Forschungsarbeiten zur Entwicklung der Energiemärkte und -systeme auf Basis der beiden entwickelten Modelle sind in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht (siehe unter www.ee2.biz).

10. Literatur

- Leuthold, Florian U., Hannes Weigt, and Christian von Hirschhausen (2011): A Large-Scale Spatial Optimization Model of the European Electricity Market. In: Journal of Network and Spatial Economics, doi:10.1007/s11067-010-9148-1.
- Möst D., Jochem P., Fichtner W.: Dezentralisierung der Energieversorgung - Herausforderungen an die Systemanalyse und -steuerung, Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis, Heft 3, 19. Jahrgang, S. 22-30, Dezember 2010
- Keles D., Möst D., Fichtner W.: The development of the German energy market until 2030 - A critical survey of selected scenarios, Energy Policy, 2010
- Möst, D.; Fichtner, W.: Renewable energy sources in European energy supply and interactions with emission trading, Energy Policy, 2010
- Möst, D.; Keles, D.: A critical survey of stochastic modeling approaches for liberalized energy markets, in: EJOR – European Journal of Operation Research, 2009
- Möst, D. und Fichtner, W.: Einführung zur Energiesystemanalyse, in: Möst, D., Fichtner, W. und Grunwald, A. (Hrsg.): Energiesystemanalyse, Universitätsverlag Karlsruhe, 2009
- Möst, D.; Perlwitz, H.: Prospects for gas supply until 2020 in Europe and its relevance for the power sector in the context of emission trading, Energy Journal, Volume 34, Issue 10, Oktober, S. 1423-1754, 2009
- Rosen, Johannes: The future role of renewable energy sources in European electricity supply, Dissertation Universität Karlsruhe (TH), 2007

Boysen-Graduiertenkolleg
**„Nachhaltige Energiesysteme - Interdependenz von technischer
Gestaltung und gesellschaftlicher Akzeptanz“**
an der Technischen Universität Dresden

1. Thema: Bewertung der Nachhaltigkeit zukünftiger Energiesystemoptionen

2. Ansprechpartner:

Prof. Dr. Edeltraud Günther

Lehrstuhl für Betriebliche Umweltökonomie

Fakultät Wirtschaftswissenschaften

Technische Universität Dresden

Tel.: 0351/46332833

Email: edeltraud.guenther@tu-dresden.de, bu@mailbox.tu-dresden.de

3. Benennung der Doktorandin/des Doktoranden:

NN

4. Einordnung Disziplinen

Betriebswirtschaftslehre, Bezug zu Technikwissenschaften durch Ökobilanzierung

5. Kurzfassung (150 Wörter)

Die im Graduiertenkolleg zu entwickelnden Energiesystemoptionen werden nur dann zukunftsfähig sein, wenn sie den Anforderungen der Nachhaltigkeit genügen. Das hier beantragte Vorhaben untersucht die in den ingenieurwissenschaftlichen Teilprojekten betrachteten Optionen hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit: Im Mittelpunkt steht die Bewertung der Nachhaltigkeit im Sinne einer langfristigen ökonomischen und ökologischen Tragfähigkeit. Es gilt mit der Unsicherheit der langfristigen ökonomischen Konsequenzen umzugehen und trade-offs zwischen der ökonomischen und ökologischen Nachhaltigkeit zu identifizieren. Als Ausgangspunkt für die Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit der Energiesystemoptionen dient die standardisierte Ökobilanzierung. Wie bei der ökonomischen Bewertung ist hier mit der Herausforderung der Unsicherheit umzugehen. Ziel ist hierbei im Sinne einer begleitenden Forschung, hot spots bereits im Laufe des Entwicklungsprozesses zu identifizieren und gegebenenfalls zu beeinflussen. Ergänzend werden mögliche Hemmnisse einer erfolgreichen Implementierung der bewerteten und ausgewählten Energiesystemoptionen betrachtet. Eine Berücksichtigung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit, der ökologischen Verträglichkeit, aber auch gegebenenfalls der Hemmnisse ermöglicht einen langfristigen Erfolg der betrachteten zukünftigen Energiesystemoptionen.

6. Hintergrund, Relevanz und aktueller Stand der Forschung

a) Ökonomische und ökologische Bewertung unter besonderer Berücksichtigung der Unsicherheit

Die von Seiten der Ingenieure zu entwickelnden Energiesystemoptionen zeichnen sich durch die Langfristigkeit und die Unsicherheit der mit ihnen verbundenen ökonomischen und ökologischen Konsequenzen aus. Lebenszyklus-Kostenanalysen leisten hier einen Beitrag, in-

dem sie die langfristigen ökonomischen Konsequenzen betrachten. Studien zeigen allerdings, dass nur 2 bis 4% der Unternehmen Lebenszykluskosten systematisch rechnen, auch andere Umweltkosten-Rechnungsverfahren kommen nur sporadisch zum Einsatz (SCHÄFFER / STEINER 2007). Ökobilanzen ermöglichen erst die Ganzheitlichkeit der Nachhaltigkeitsbewertung, indem sie nicht-monetäre Informationen erfassen und so den Entscheidungsträgern eine breitere und Lebenszyklus übergreifende Informationsbasis liefern. Zudem können sie Umweltprodukterklärungen zugrunde gelegt werden, die die Kommunikation mit den Kunden, aber auch die Produktentwicklung unterstützen (BRAUNGART et al. 2007). Bei der Betrachtung der eingehenden (Inputs) und ausgehenden Stoff- und Energieflüsse (Outputs) liegen in Form der DIN EN ISO 14040 und 14044 bereits Standards vor (DIN EN ISO 14040:2006; DIN EN ISO 14044:2006), Datenbanken und Softwaretools (z.B. Ecoinvent, TreMod, Umberto, SimaPro, GaBi) erlauben, diese Analysen auf bisherigen Studien aufzubauen (EUROPEAN COMMISSION – JOINT RESEARCH CENTRE (ED.) (2009)).

Ökobilanzen werden bis heute nur fallweise erstellt (GÜNTHER (2008), HUNKELER et al. (2008)). Forschungsbedarf besteht insbesondere bei der Berücksichtigung der Unsicherheit (COULON (1997); BRETZ (1998); CIROTH (2004)) auf verschiedenen Ebenen, wie Datenerhebung, Modellierung, zeitliche, räumliche oder natürlicher Variabilität (BJÖRKLUND (2002); HEIJUNGS et al. (2004)). Aber auch die Datenqualität als Quelle für Unsicherheiten bezüglich der Belastbarkeit der Ergebnisse ist eine noch ungelöste Fragestellung (REAP et al. (2008a) und REAP et al. (2008b)). Vorschläge zum Umgang mit Unsicherheit liegen bereits vor (BJÖRKLUND 2002; ROSS et al. (2002); FINNVEDEN et al. (2009); LLOYD et al. (2007)) und sind im Hinblick auf ihre Machbarkeit zu testen. Eine Untersuchung von 30 Ökobilanzen im Hinblick auf die Berichterstattung von Unsicherheiten (ROSS et al. (2002)) zeigt, dass bisher nur 47% der Ökobilanzen diese Fragen überhaupt adressieren, die meisten davon nur ansatzweise. Gerade im Bereich zukünftiger Energiesystemoptionen ist die Berücksichtigung der Langfristigkeit und der Unsicherheit für die Vorbereitung politischer und wirtschaftlicher Entscheidungen von großer Bedeutung.

b) Hemmnisanalyse

Bis aus dem Stand der Wissenschaft schließlich der Stand der Technik und später die allgemein anerkannten Regeln der Technik werden, müssen Unternehmen, aber auch Individuen, eine Vielzahl an Barrieren überwinden. Eine Analyse von über 100 empirischen Studien zeigt vier Gruppen von Hemmnissen, die systematisch auftreten: a) Erkenntnishemmnisse: unzureichendes Wissen, unzureichende Fähigkeiten (CHAN, E. S. W. (2008)), fehlende Verfügbarkeit von Informationen (SHI, H. et al. (2008)), Fehlwahrnehmungen (BALA, A. et al. (2008)), b) Ressourcenhemmnisse: Fehlende finanzielle Mittel, fehlende Zeit, fehlende Mitarbeiter (ADAMS, C. A. und MCNICHOLAS, P. (2007)); c) Organisationshemmnisse: Fehlende Anpassung der Organisationsstrukturen (KUNDA, D. und BROOKS, L. (2000)), d) Kommunikationshemmnisse (BEER, M. et al. (2007)) und Willenshemmnisse: fehlendes Bekenntnis der Unternehmensleitung, rechtliche Unsicherheiten (DONIEC, A. et al. (2002)), unsichere Reaktionen der Kunden und anderer Stakeholder (BALA, A. et al. (2008)).

7. Projektziele und Arbeitsschritte

AP 1: Prüfung der Datenverfügbarkeit für die im Graduiertenkolleg ausgewählte/n Energiesystemoption/en

Je nach Schwerpunktsetzung im Graduiertenkolleg erfolgt eine systematische Analyse vorliegender Lebenszyklus-Kostenanalysen und Ökobilanzen für die von Seiten der Ingenieure näher betrachteten Energiesystemoptionen. Da sich die Prozesse aus verschiedenen Teilprozessen zusammensetzen, liegt ein Teil der erforderlichen Daten erfahrungsgemäß in Datenbanken vor. Der Lehrstuhl für Betriebliche Umweltökonomie verfügt über die den Soft-

warelösungen GaBi, SimaPro und Umberto zugrunde liegenden Datenbanken. Desweiteren stellen öffentlich zugängliche Datenbanken Energie- und Materialflusszahlen bereit, die teilweise genutzt werden können. Somit steht die Erhebung vorhandener Daten im Fokus von AP 1.

AP 2: Lebenszykluskostenanalyse und Ökobilanzierung

Die international anerkannten Normen DIN EN ISO 14040 und DIN EN 14044 bilden die Grundlage für das Bewertungsverfahren, nach dem die Studie durchgeführt werden soll. Da die Lebenszyklus-Kostenanalyse auf die gleichen Grunddaten wie die Ökobilanzierung zurückgreift, erfolgen die ökonomische und die ökologische Bewertung in den einzelnen Arbeitsschritten parallel. Die Ökobilanz dient der Analyse möglicher Umweltwirkungen über alle Lebenszyklusphasen, die mit dem betrachteten Produktsystem in Verbindung stehen. Dabei werden über die gesamte Lebensdauer des Energiesystems sowohl die Rohstoffentnahmen als auch die verursachten Emissionen betrachtet und als mögliche Umweltwirkungen („externe Effekte“) bewertet. Durch die Aufdeckung von trade-offs können bereits in der Entwicklungsphase Optimierungspotentiale genutzt werden.

AP 2.1: Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen

Um Ziel und Umfang der Studie festzulegen, ist zu entscheiden, welche Teilschritte für die Produktionsprozesse in die Berechnung mit einbezogen werden (Systemgrenzen) und welche Annahmen für den Lebenszyklus (Lebensdauer, Form der Entsorgung oder Wiederverwendung) getroffen werden sollen. Ebenso ist an dieser Stelle die betrachtete funktionelle Einheit zu definieren, die als Bezugsgröße für die Ergebnisse der Studie herangezogen wird (z.B. eine kWh). In der Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen wird auch die Form der Bewertungsgrundlage festgelegt, d.h. es wird eine Reihe von Wirkungskategorien und Wirkungsindikatoren festgelegt, anhand derer die spätere Beurteilung der Ergebnisse erfolgt. Dieses Arbeitspaket erfordert eine intensive Abstimmung mit den ingenieurwissenschaftlichen Arbeiten.

AP 2.2: Erstellung der Sachbilanz

In diesem zeitintensiven Schritt des Verfahrens werden alle für die Bewertung notwendigen Daten der über den definierten Lebenszyklus anfallenden Stoff- und Energieflüsse gesammelt. Dabei wird nach der Reihenfolge "Messen - Berechnen - Schätzen" verfahren, d.h. die direkte Messung an der Produktionsstätte ist als erste Variante der Datenerhebung zu wählen. Sollte dies nicht möglich oder zu aufwändig erscheinen, kann auf die bereits genannten Datenbanken zurückgegriffen werden. Im schlechtesten Falle müssen Schätzungen angesetzt werden, worauf im Rahmen der Auswertung dann gesondert hingewiesen werden muss. Zusätzlich werden für solche unsicheren Eingangsparameter Sensitivitätsanalysen durchgeführt, die den Einfluss der unsicheren Parameter auf das Gesamtergebnis untersuchen. Um eine Lebenszykluskostenanalyse und eine Ökobilanzierung durchführen zu können, werden neben den Stoff- und Energieflüssen ökonomische Daten erhoben.

AP 2.3: Durchführung der Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung wird auf Basis der Sachbilanz durchgeführt. Die Wirkungsabschätzung wird für die im Untersuchungsrahmen festgelegten Wirkungskategorien erstellt und die Ergebnisse in den entsprechenden Wirkungsindikatoren dargestellt. Die Durchführung erfolgt über eine weltweit führende Softwarelösung (z.B. SimaPro, GaBi).

AP 2.4: Auswertung der Ergebnisse

Die Auswertung fasst die Ergebnisse der Studie zusammen, indem sie die wesentlichen Wirkungskategorien hervorhebt, in denen die potentiellen Umweltwirkungen des Produkts zu erwarten sind. Weiterhin werden die Phasen des Lebenszyklus (bzw. Produktionsschritte)

gesondert betrachtet, in denen diese externen Effekte verursacht werden. So können Möglichkeiten zur Verbesserung der Umwelteigenschaften von Produkten in den verschiedenen Phasen ihres Lebenszyklus aufgezeigt und damit Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Forscher in den anderen Teilprojekten abgeleitet werden.

Alle Teilschritte der Ökobilanz werden iterativ durchgeführt, um die Erkenntnisse der Wirkungsabschätzung zu einer Vertiefung der Sachbilanzierung führen zu können.

AP 3: Hemmnisanalyse

Für die Erforschung der Hemmnisse für die im Graduiertenkolleg ausgewählten nachhaltigen Energiesystemoptionen wird ein mehrstufiges Delphi-Verfahren durchgeführt. Basis der Untersuchung ist die Erhebung des Stands der Forschung zu Hemmnissen für die ausgewählten Technologien. Darauf aufbauend werden Experten zu den von ihnen wahrgenommenen Hemmnissen befragt. Die Ergebnisse der Experteninterviews werden synthetisiert und an die Befragten zurückgespielt. In der zweiten Stufe nehmen die Experten im Rahmen eines Onlineforums zu den Ergebnissen der Experteninterviews Stellung. In einer dritten Stufe erfolgt eine Abstimmung über die relevantesten Hemmnisse. Diese gehen dann in einen Workshop ein, in dem Strategien für die Überwindung der Hemmnisse diskutiert werden. Diese forschungspraktische Hemmnisanalyse soll durch eine Generalisierung einen Beitrag zur Organisationsforschung einerseits, aber auch für die ingenieurwissenschaftliche Forschung andererseits leisten. Diese Erkenntnisse können so für die im Rahmen des Graduiertenkollegs zu entwickelnden Energiesystemoptionen bereits ex ante berücksichtigt werden.

Zeitplan (in Quartalen)

Arbeitspaket	1/12	2/12	3/12	4/12	1/13	2/13	3/13	4/13	1/14	2/14	3/14	4/14	1/15
AP 1													
AP 2													
AP 2.1													
AP 2.2													
AP 2.3													
AP 2.4													
AP 3													

8. Bezüge zu den anderen Projekten

Alle Stufen erfordern eine intensive Kooperation mit den ingenieurwissenschaftlichen Teilprojekten: Für die Datenerhebung sind sie der Geber, für die Datenbewertung der Empfänger der Informationen. Vor dem Hintergrund der angestrebten Diskussion der Technikakzeptanz ist diese enge Verzahnung eine Voraussetzung, um in einen informierten Dialog eintreten zu können. Die Analyse der Hemmnisse erfolgt in enger Abstimmung mit der kommunikationswissenschaftlichen Dissertation im Graduiertenkolleg.

9. Beschreibung des eigenen Arbeitsbereichs und eigene Vorarbeiten

Die Forschungsausrichtung des Lehrstuhles für Betriebliche Umweltökonomie widmet sich der ökonomisch-ökologischen Optimierung in Organisationen. Seit 15 Jahren erforscht der Lehrstuhl in Forschungsprojekten in den Bereichen Chemie, Technik, Bauingenieurwesen und Medizin die Auswirkungen neuer Verfahren auf die Umwelt. Im Fokus steht dabei immer die Unternehmensperspektive, indem der Blickwinkel der Entscheidungsträger gewählt

wird. Alle Projekte sind an der Schnittstelle zu den Ingenieurwissenschaften angesiedelt (http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_wirtschaftswissenschaften/bwl/bu/forschung/index_html#Oekobilanzierung), alle Veröffentlichungen finden sich unter http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_wirtschaftswissenschaften/bwl/bu/forschung/veroeffentlichung)

GUENTHER, E.; HOPPE, H.; ENDRIKAT, J.: Corporate financial performance and corporate environmental performance: A perfect match? In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht 3/2011. (in Veröffentlichung)

GUENTHER, E.; GRESCHNER FARKAVCOVA, V.: Decision making for transportation systems as a support for sustainable stewardship: Freight transport process evaluation using the ETIENNE-Tool. In: Management Research Review, Volume 33, Special Issue 4, 2010 (pp. 317-339). (2011 Highly commended award)

GÜNTHER, E.; HOPPE, H.; POSER, C.: Environmental Corporate Social Responsibility of Firms in the Mining and Oil and Gas Industries: Current Status Quo of Reporting Following GRI Guidelines. In: Greener Management International, 53, 2007; 7-25

GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L.: The hurdle analysis. A self-evaluation tool for municipalities to identify, analyse and overcome hurdles to green procurement. In: Corporate Social Responsibility & Environmental Management, 13. Jg.; 2, 2006, 61-77

GÜNTHER, E.; KAULICH, S.: The EPM-KOMPAS: an Instrument to Control the Environmental Performance in Small and Medium-sized Enterprises (SMEs). In: Business Strategy and the Environment; John Wiley & Sons, Inc., 14. Jg., 6, 2005, 361-371

GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L.: The hurdles analysis as an instrument for improving environmental value chain management. In: Progress in Industrial Ecology, 2. Jg., 1, 2005, 107-131.

10. Literatur

ADAMS, C. A.; MCNICHOLAS, P. (2007): Making a difference: Sustainability reporting, accountability and organisational change. In: Accounting, Auditing and Accountability Journal, 20 (3), 2007, p. 382-402.

BALA, A.; MUNOZ, P.; RIERADEVALL, J. et al. (2008): Experiences with greening suppliers. The Universitat Autònoma de Barcelona. In: Journal of Cleaner Production, 16 (15), 2008, p. 1610-1619.

BEER, M.; EISENSTAT, R.; SCHRADER, D. (2007): Why Good Innovations Don't Get to Market. In: Harvard Management Update, 12 (10), 2007, p. 3-5.

BJÖRKLUND, A. E. (2002): Survey of approaches to improve reliability in LCA. International Journal of Life Cycle Assessment 7(2), S. 64-72

BRAUNGART, M.; MCDONOUGH, W.; BOLLINGER, A. (2007): Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design. In: Journal of Cleaner Production, Vol. 15, Iss. 13-14, September 2007, S. 1337-1348.

BRETZ, R. (1998): SETAC LCA Workgroup: Data Availability and Data Quality. International Journal of Life Cycle Assessment 3(3), S. 121-123

CHAN, E. S. W. (2008): Barriers to EMS in the hotel industry. In: International Journal of Hospitality Management, 27 (2), 2008, p. 187-196.

CIROTH, A. (2004): AP 4 Fehlerrechnung, Datenqualität, Unsicherheit. Netzwerk Lebenszyklusdaten, Karlsruhe, Germany. Verfügbar unter <http://www.netzwerk-lebenszyklusdaten.de/cms/content/projektberichte>.

- COULON, R.; CAMOBREO, V.; TEULON, H.; BESNAINOU, J. (1997): Data Quality and Uncertainty in LCA. *Int J Life Cycle Assess* 2(3), S. 178-182
- DIN EN ISO 14040:2006: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen.
- DIN EN ISO 14044:2006: Umweltmanagement: Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen.
- DONIEC, A.; REICHEL, J.; BULIRÍSKA, M. (2002): Assessment of the potential of cleaner production implementation in Polish enterprises. In: *Journal of Cleaner Production*, 10 (4), 2002, p. 299-304.
- EUROPEAN COMMISSION – JOINT RESEARCH CENTRE (Hrsg.) (2009): LCA Info Hub - List of tools. Verfügbar unter <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/toolList.vm>
- FINNVEDEN, G.; HAUSCHILD, M.Z.; EKVALL, T.; GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R.; HELLWEG, S.; KOEHLER, A.; PENNINGTON, D.; SUH, S. (2009): Re-cent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management* 91(1):1-21
- FRISCHKNECHT, R.; JUNGBLUTH, N.; ALTHAUS, H.; DOKA, G.; DONES, R.; HISCHIER, R.; HELLWEG, S.; NEMECEK, T.; REBITZER, G.; SPIELMANN, M. (2007): Overview and Methodology. Final report ecoinvent data v2.0, No. 1. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf
- GÜNTHER, E. (2008): *Ökologieorientiertes Controlling*, Stuttgart 2008.
- HEIJUNGS, R.; HUIJBREGTS, M.A.J. (2004): A Review of Approaches to Treat Uncertainty in LCA. iEMS conference 2004, proceedings, 14-17 June 2004, Osnabrück, Germany.
- HERRERO SOLA, A. V.; DE PAULA XAVIER, A. A. (2007): Organizational human factors as barriers to energy efficiency in electrical motors systems in industry. In: *Energy Policy*, 35. Jg., 2007, Heft 11, S. 5784-5794.
- HUNKELER, D.; LICHTENVORT, K.; REBITZER, G. (Hrsg.) (2008): *Environmental Life Cycle Costing*. Boca Raton, Fla., 2008.
- KUNDA, D.; BROOKS, L. (2000): Assessing organisational obstacles to component-based development: a case study approach. In: *Information & Software Technology*, 42 (10), 2000, p. 715-726.
- LLOYD, S. M.; RIES, R. (2007): Characterizing, propagating, and analyzing uncertainty in life-cycle assessment. A survey of quantitative approaches. *Journal of Industrial Ecology* 11(1), S. 161–179
- REAP, J.; ROMAN, F.; DUNCAN, S.; BRAS, B. (2008b): A survey of unre-solved problems in life cycle assessment. Part 2: impact assessment and interpretation. *International Journal of Life Cycle Assessment* 13(5), S. 374-388
- REAP, J.; ROMAN, F.; DUNCAN, S.; BRAS, B. (2008a): A survey of unre-solved problems in life cycle assessment. Part 1: goal and scope and inventory analysis. *International Journal of Life Cycle Assessment* 13(4), S. 290-300
- ROSS, S.; EVANS, D.; WEBBER, M. (2002): How LCA Studies Deal with Uncertainty. *International Journal of Life Cycle Assessment* 7(1), S. 47-52
- SCHÄFFER, U.; STEINER (2005): Controllinginformationen für das Top-Management deutscher Industrieunternehmen – Angebot und Nutzung im Spiegel einer empirischen Erhebung. In: *Zeitschrift für Controlling und Management*. 49. Jg., 2005, H.3., S. 209 – 224.

SHI, H.; PENG, S. Z.; LIU, Y. et al. (2008): Barriers to the implementation of cleaner production in Chinese SMEs: government, industry and expert stakeholders' perspectives. In: Journal of Cleaner Production, 16 (7), 2008, p. 842-852.

Boysen-Graduiertenkolleg
„Nachhaltige Energiesysteme
Interdependenz von technischer Gestaltung und gesellschaftlicher
Akzeptanz“
an der Technischen Universität Dresden

1. Thema: Aufmerksamkeits-Generierung und Kommunikations-Strategien für nachhaltige Energiesysteme

2. Ansprechpartner:

Prof. Dr. Wolfgang Donsbach
Kommunikationswissenschaft I,
Institut für Kommunikationswissenschaft
Philosophische Fakultät
Technische Universität Dresden
Tel.: 0351.463.33533
Email: wolfgang.donsbach@tu-dresden.de

3. Benennung der Doktorandin/des Doktoranden:

NN

4. Einordnung Disziplinen

Kommunikationswissenschaft, beteiligte Technikwissenschaften, Wirtschaftswissenschaft, Politikwissenschaft, Soziologie, Psychologie

5. Kurzfassung

Mit Hilfe mehrerer Experimente soll überprüft werden, wie die kommunikative und mediale Darstellung von nachhaltigen Energiesystemen gestaltet werden muss, damit die Bevölkerung optimal über diese Optionen aufgeklärt wird und möglichst unabhängige, rationale Wahrnehmungs- und Handlungsentscheidungen treffen kann. Dazu werden auf der Basis von den verschiedenen Akteuren und den Medien verwendeten Argumenten und Framings inhaltliche, formale und mediale Merkmale der Kommunikation systematisch variiert und auf ihre Wirkung hin getestet. Die Prädispositionen der Rezipienten (u.a. Wissen, Einstellungen, Verhalten hinsichtlich von Energiesystemen) werden dabei als moderierende Faktoren kontrolliert. Im Sinne einer optimalen strategischen Kommunikation sollen dabei Erkenntnisse darüber gewonnen werden, mit welchen Argumenten in welcher Aufbereitung und in welchen Medien jeweilige Zielgruppen der Bevölkerung über Energietechnologie angesprochen und von sinnvollen Lösungen überzeugt werden können. „Strategisch“ bedeutet dabei keine einseitige Kommunikation i.S. eines reinen Marketing, sondern die Orchestrierung von Überzeugungsprozessen.

6. Hintergrund, Relevanz und aktueller Stand der Forschung

„We live in an era where most policy debates relevant to science and emerging technologies are not simply technical issues. Rather, they are collectively decided at the intersection

of politics, values, and expert knowledge" (Nisbet & Scheufele 2009, 1776). Eine engere Kooperation der wissenschaftlichen Bereiche bereits in frühen Phasen der Technikentwicklung kann den Prozess optimieren und zur Akzeptanz sinnvoller technischer Lösungen im Bereich Energie beitragen.

Dabei ist gesellschaftliche Akzeptanz das Ergebnis eines höchst komplexen Prozesses, bei dem neben der objektiven Funktionalität von Technologien auch Prädispositionen, wirtschaftliche Interessen und oftmals diffuse Ängste eine Rolle spielen. Die Kommunikationswissenschaft hat sich der Technikakzeptanz auf zwei verschiedenen Wegen gewidmet. Auf der Makro-Ebene haben sich Forscher einerseits dem Wissen, den Einstellungen und dem Verhalten bei den verschiedenen Akteuren, insbesondere der Gesamtbevölkerung, und andererseits der Diffusion von Technologien gewidmet. Auf der Mikro-Ebene und unter Einbeziehung kognitions- und sozialpsychologischer Theorien haben sich Forscher der Informationszuwendung, -verarbeitung und nachfolgenden Urteilsbildung im Zusammenhang mit Technologien gewidmet. In beiden Fällen wurden Medieninhalte als Wirkungsfaktoren einbezogen.

Auf der *Makro-Ebene* ist eine gesellschaftliche Akzeptanz technisch-wissenschaftlicher Lösungen heute schwerer zu erreichen als früher, was nicht nur an der gestiegenen Komplexität der Technologien, sondern auch an veränderten Einstellungen und Werthaltungen liegt. In einer Repräsentativbefragung der Region Dresden (Donsbach & Jandura 2004), einer durchaus durch Wissenschaft und Forschung geprägten Gegend Deutschlands, meinten 62% der Befragten, der technische Fortschritt bringe mehr Risiken oder waren unentschieden.

Diese Einstellungen basieren dabei häufig auf eher dürftigem Wissen, das wiederum der hohen Komplexität der jeweiligen Technologien, zu nicht geringen Teilen aber auch einer gering ausgeprägten Motivation und Fähigkeit, sich mit diesen näher auseinanderzusetzen sowie einer oftmals kruden Darstellung in den Medien geschuldet ist. Im europäischen Durchschnitt halten zum Beispiel 65%, in der Region Dresden immerhin noch 45% die Aussage „Normale Tomaten enthalten keine Gene“ für entweder richtig oder wissen diese Frage nicht zu beantworten (Eurobarometer 2002; Donsbach & Jandura).

Auch im spezifischen Bereich der Energietechnologie, soweit hier überhaupt Repräsentativdaten vorliegen, ist der Kenntnisstand eher niedrig und verändert sich teilweise in eine besorgniserregende Richtung. Nur 17% meinten 2008, die Energieversorgung sei wichtig, damit „die wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland gesichert ist“ (Köcher 2009, 506). Nur 36% befürchteten Schwierigkeiten mit der zukünftigen Energiesicherung (ebd., 505). Von einem der eingangs beschriebenen Lage angemessenen Problembewusstsein kann also nur eingeschränkt die Rede sein.

Hinsichtlich der Zukunftsfähigkeit spezifischer Energietechnologien sind die Deutschen (2007 und damit lange vor Fukushima) unsicher. Auf die Frage, mit welcher Energietechnologie man am ehesten sicherstellen kann, „dass jederzeit genügend Strom zur Verfügung steht“, wird nur die Sonnenenergie von einer Mehrheit (55%) genannt. Wind- und Kernenergie folgen mit 44 bzw. 41 Prozent knapp dahinter (ebd., 507). Der Glaube an die langfristige Versorgung durch Erdöl geht zwar zu Ende (nur noch 16% halten dies für möglich), aber eine eindeutige Alternative erkennen die Deutschen offensichtlich nicht. Kenntnisse und noch mehr Einstellungen der Bevölkerung zu Technologien variieren erwartungsgemäß mit aktuellen Ereignissen wie Krisen in Öl exportierenden Ländern (wie derzeit in Libyen) oder Unfällen in Kernkraftwerken (wie derzeit in Japan) sowie deren Darstellung in den Medien.

Auch mit der Darstellung von Technologien in den Medien und deren Wirkung auf die Bevölkerung haben sich mehrere Studien beschäftigt. Diese Darstellung folgt meist den üblichen Mechanismen der Nachrichtenauswahl und ist umso technikfeindlicher und verzerrter, je weniger sie in den Fachressorts erscheint und je stärker der Gegenstand der Berichterstat-

tung an politisch-ideologische Grundhaltungen angebunden ist (z.B. Kepplinger 1989). Da die Medien für die meisten Bürger die wichtigste Quelle darstellen, aus der sie Argumente zu Technologien im Allgemeinen und Energietechnologien im Besonderen erhalten, legen viele Studien den Schluss nahe, dass diese Mediendarstellungen ausschlaggebend für die Akzeptanz der jeweiligen Technologien sind (Peters 2002, Peters et al. 2008; Ho et al. 2011). Wie die Dresdner Dissertation von Thomas Listerman (2007) am Beispiel der Darstellung von Biotechnologie in deutschen, US-amerikanischen und britischen Zeitungen nachgewiesen hat, kommt es dabei in einzelnen Ländern zu aufschlussreichen Unterschieden im Medien-Framing der Technologien, die sich auch in der jeweiligen öffentlichen Meinung niederschlagen. Unter „Frames“ versteht man grundlegende Blickwinkel auf ein Thema. Während in den USA der Frame „Nützlichkeit der Technologie“ am stärksten ausgeprägt ist, sind in Deutschland Argumente zu den möglichen Risiken und zur politisch-rechtlichen Kontrolle der Technologie signifikant stärker vorhanden. Diese Unterschiede sind ein Hinweis auf die Bedeutung der sozialen Faktoren für die Akzeptanz von Technologien.

Auf der *Mikro-Ebene* interessierte man sich bisher vor allem für Informationsverarbeitung, Urteilsbildung, Motivation und Verhalten in Bezug auf Wissenschaft und Technologien. In diesem Zusammenhang hat sich die Risikoforschung als eigener Forschungszweig etabliert (vgl. Ruhrmann 2008). Unsicherheit und Unkenntnis der Bevölkerung darüber, welche Energietechnologien als zukunftsfähig oder sicher einzuschätzen sind, kann mit einer zunehmenden Ambivalenz von Einstellungen und einer geringeren Wahrnehmung eigener Einflussmöglichkeiten in Bezug auf die zukünftige Entwicklung einhergehen (low efficacy). Dieses kann sich wiederum negativ auf Interesse und Akzeptanz auswirken (Abramson & Aldrich, 1982; Zhang et al. 2010). Das Elaboration-Likelihood-Modell (Petty und Cacioppo 1986) und das Modell der heuristischen Wahrnehmung von Kahneman (2003) stellen kognitive Modelle dar, mit denen die Urteilsbildung unter geringem Wissensstand/geringem Involvement vorausgesagt wird. Speziell für angstbesetzte Themen stellt Wittes (2008) „extended parallel process model (EPPM)“ ein theoretisches Konstrukt dar, mit dem Botschaften optimiert werden können.

Nisbet und Scheufele (2009) kommen auf der Grundlage ihrer Literaturübersicht zur Urteilsbildung über technologische Themen zu dem Schluss, dass die Mediendarstellungen, insbesondere das Framing, deutlich stärkeren Einfluss ausüben als der Kenntnisstand und somit das sogen. „deficit model“ (das Wissenschaftsjournalisten primär in der Rolle sieht, Unwissen zu beseitigen) nur wenig zur Klärung beitrage. Sie plädieren für eine gleichberechtigte und die neuen sozialen Kommunikationskanäle nutzende Technologiekommunikation, bei der die Technologie nicht nur – um den Preis des Vertrauens der Bevölkerung – ‚verkauft‘ wird.

Wenn es darum geht, die Akzeptanz nachhaltiger Energietechnologien in der Bevölkerung zu steigern, müssen diese Erkenntnisse auf Makro- und Mikro-Ebene zur Kenntnis genommen und spezifisch auf die Umstände der betreffenden Technologien angewendet werden. Die Dissertation wird theorie-offen an die Fragestellung herangehen und auf der Integration von Makroansätzen (zum Beispiel des diffusionstheoretisch fundierten Concerns-Based Adoption Model von Hall und Hord 1987) und Mikro-Ansätzen wie den oben beschriebenen aufbauen.

7. Projektziele und Arbeitsschritte

Das Projekt „Aufmerksamkeits-Generierung und Kommunikations-Strategien für nachhaltige Energiesysteme“ zielt im weitesten Sinne auf Kommunikation und sozialen Wandel, im engeren Sinne auf die Optimierung der strategischen Kommunikation für nachhaltige Energiesysteme. „Strategisch“ bedeutet dabei keine einseitige Kommunikation i.S. eines reinen Marketing, sondern die Orchestrierung von Überzeugungsprozessen. Es soll gezielt und pra-

xisnah Lösungsmöglichkeiten aufzeigen, wie die öffentliche Diskussion über Energiesysteme rationaler und effektiver gestaltet werden kann, wobei auch die Rolle neuer sozialer Medien zu explorieren ist. Speziell sollen Erkenntnisse darüber gewonnen werden, mit welchen Argumenten in welcher Aufbereitung und in welchen Medien jeweilige Zielgruppen der Bevölkerung optimal über Energietechnologie angesprochen und von sinnvollen Lösungen überzeugt werden können. Das Forschungsprojekt ist in folgende Arbeitsschritte gegliedert:

- AP-01: Exploration der theoretischen Bezüge und bisherigen empirischen Evidenzen

Hinsichtlich des umfangreichen theoretischen Hintergrundes (u.a. Determinanten der Wissenschafts-/Innovations-/Risiko-Kommunikation, Zielgruppenanalysen, Framing, Persuasion) ist im Vorfeld der experimentellen Erörterung eine umfassende Recherche einzuplanen.

- AP-02: Präevaluation zur Ermittlung der Key facts

Auf der Basis von (a) Expertengesprächen (Akteure aus Wissenschaft, Politik, Wirtschaft), (b) einer Medieninhaltsanalyse und von (c) Bevölkerungsumfragen sollen die wichtigsten Key Facts zu verschiedenen Dimensionen der als derzeitige Optionen vorhandenen Energiekonzepte ermittelt werden. Diese Key facts bilden das inhaltliche Fundament des Testmaterials des sich anschließenden Experiments, mit deren Hilfe sich die wichtigsten Dimensionen des öffentlichen Diskurses über Energietechnologien abbilden lassen, um diese systematisch im Stimulusmaterial variieren zu können.

- AP-03: Entwicklung des Stimulusmaterials

Aufbauend auf AP-02 ist Testmaterial für verschiedene mediale Aufbereitungen unter Verwendung von standardisierten Messverfahren für die abhängigen Variablen (Kenntnisse, Meinungen, Verhaltensdispositionen) zu entwickeln. Hierfür werden themenspezifische inhaltliche Frames gebildet (z. B. Nachhaltigkeit, Risiko, Wirtschaftlichkeit, Unabhängigkeit). Auch die formalen Darstellungsformen energietechnologischer Themen sollen systematisch auf ihre Wirkkraft hin getestet werden. Hierbei wird das Testmaterial u. a. hinsichtlich der Ausprägung themenunabhängiger, formaler Frames („generic frames“) manipuliert, wofür entsprechende Stimuli zu entwerfen sind. Variiert werden sollen außerdem die medialen Kanäle, über die eine Auseinandersetzung mit Energietechnologie in der Bevölkerung erfolgen kann (Print, TV, Radio, Online). Hintergrund ist dabei die erwiesene Tatsache, dass die Überzeugungswahrscheinlichkeit von Botschaften je nach Thema mit der Art ihrer Darbietung (z.B. auf der Dimension sachlich-emotional oder hinsichtlich des Rekurses auf zentrale Werte wie Sicherheit) sowie je nach Transportmedium variieren kann.

- AP-04: Durchführung und Auswertung der Experimente

Experimentell werden die verschiedenen Argumente (inhaltlich), verschiedenen Aufbereitungsformen (formal) und verschiedenen Quellen (medial), anhand des in AP-03 entwickelten Stimulusmaterials, hinsichtlich des Wissenserwerbs sowie ihrer Persuasionskraft bei den Rezipienten getestet. Die Untersuchungspersonen sollen aus einem repräsentativen Bevölkerungs-Sample stammen und werden den einzelnen Bedingungen per Zufallsauswahl (Randomisierung) zugewiesen. Ein besonderer Fokus wird auf den Interaktionen zwischen den Darstellungsmerkmalen (inhaltlich, formal, medial) und den Dispositionen der Probanden (Wissen, Einstellungen, Handlungsdispositionen) liegen. Die Durchführbarkeit von Feldexperimenten wird erwogen und ist zu prüfen.

Arbeitspaket	1. Jahr				2. Jahr				3. Jahr			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
AP-01	X	X	X									
AP-02(a)			X	X								
AP-02(b)				X	X							
AP-02(c)					X	X						
AP-03						X	X	X	X			
AP-04								X	X	X	X	

8. Bezüge zu den anderen Projekten

Das Projekt hat Bezüge zu allen anderen Dissertationen: Kenntnisse, Einstellungen und Verhaltensdispositionen zu erneuerbaren Energien in der Bevölkerung (Donsbach/Günther/Möst/Schegner); Wahrnehmung von Akzeptanz-Hemmnissen bei der Bevölkerung (Günther), Experten-Befragung zur Generierung von key facts (Günther), Akzeptanz von Energie-Leitungssystemen in holistischer Betrachtung (Schegner), Bewertung von Energiesystem-Szenarien (Möst), Risikobewertung (Hurtado), Wertewandel und Vertrauen in Technologien sowie Entwicklung und Test von „Argumentations-Strategien“ (Irrgang), Erwartungen an Komfort-Risiken von thermoelektrischen Generatoren in Fahrzeugen (Schmiel). Alle anderen Projekte liefern an das Projekt technische, ökologische, ökonomische oder politische Sachverhalte, deren Folgen und - darauf aufbauend – Argumente, die Eingang in die experimentellen Tests finden. Umgekehrt liefert das Projekt erstens durch die Medieninhaltsanalysen Erkenntnisse darüber, wie in der veröffentlichten Meinung Energiethemen behandelt werden und zweitens, durch die experimentellen Ergebnisse, welche Argumente und Frames zu nachhaltigen Energiesystemen besondere Erfolgchancen in der öffentlichen Wahrnehmung haben.

9. Beschreibung des eigenen Arbeitsbereichs und eigene Vorarbeiten

Die Kommunikationswissenschaft ist für den Bereich des Graduiertenkollegs nicht nur relevant, sondern zentral, weil ihr Objektbereich die kommunikative Verbindung zwischen verschiedenen Akteuren und Sektoren darstellt. Zu ihren Bereichen gehören speziell auch die Erforschung von Wissenschaftskommunikation, Risikokommunikation, der Dynamik der öffentlichen Meinung, Persuasion und Urteilsbildung sowie die Kontrolle von Kommunikationsmaßnahmen.

Wolfgang Donsbach, Professur Kommunikationswissenschaft I am Institut für Kommunikationswissenschaft der TU Dresden und dessen Gründungsdirektor, hat seine Arbeitsschwerpunkte in den Bereichen Politische Kommunikation und öffentliche Meinung, Journalismus und Nachrichtenauswahl sowie den empirischen Methoden Umfrageforschung und quantitative Inhaltsanalysen. In seiner Habilitationsschrift „Medienwirkung trotz Selektion“ untersuchte er die Wirkkraft der Berichterstattung über politische Themen in Abhängigkeit von den Einstellungen der Bürger und den formalen und inhaltlichen Merkmalen der Medieninhalte. Er hat kürzlich eine Dissertation zum Thema Biotechnologie in Medien und öffentlicher

Meinung“ betreut und selbst Studien über die Wahrnehmung von Gentechnologie für Bio-Met und die BASF erstellt sowie zahlreiche empirische Projekte über Journalismus, Medieninhalte und öffentliche Meinung durchgeführt und publiziert. Donsbach ist Herausgeber der 12-bändigen International Encyclopedia of Communication und Fellow der International Communication Association.

Donsbach, W. & Traugott, M.W. (eds.,) (2008): Handbook of Public Opinion Research. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore Sage Publishing

Donsbach, W. (ed,) (2008): International Encyclopedia of Communication, 12 Bände, Malden, Oxford: Blackwell Publishing

Donsbach, W. & Jandura, O. (2004) Abschlussbericht: Öffentliche Wahrnehmung der Biotechnologie im Raum Dresden.

Donsbach, W. (2009): Journalists and Their Professional Identities. In: Allen, S. (ed.): The Routledge Companion to News and Journalism. London and New York: Routledge, 38-48

Psychology of News Decisions. Factors Behind Journalists' Professional Behavior. In: Journalism, vol. 5, No. 2 (2004), 131–157

Listerman, T. (2007): Biotechnology in Press and Public. An International Study of Press Coverage about Biotechnology and its Relationship to Public Opinion. Dresden: TUDPress

10. Literatur

Abramson, P. R. & Aldrich, J. H. (1982). The decline of electoral participation in America. *American Political Science Review*, 76, 502-521.

Donsbach, W. & Jandura, O. (2004) Abschlussbericht: Öffentliche Wahrnehmung der Biotechnologie im Raum Dresden.

Ho, S. H., Brossard, D., & Scheufele, D. A. (2008). Effects of value predispositions, mass media use, and knowledge on public attitudes toward embryonic stem cell research. *International Journal of Public Opinion Research*, 20(2), 171-192.

Ho, S. S., Scheufele, D.A. & Corley, E.A. (2011): Value Predispositions, Mass Media, and Attitudes Toward Nanotechnology: The Interplay of Public and Experts. *Science Communication*, 33, 167-200

Hall, G. E., & Hord, S. M. (1987). *Change in Schools: Facilitating the Process*. Albany, N.Y.: State University of New York Press.

Hüsing, B., Bierhals, R., Bührlen, B., Friedewald, M., Kimpeler, S., Menrad, K. ... Zoche, P. (2002). *Technikakzeptanz und Nachfragemuster als Standortvorteil*. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Fraunhofer-Institut Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe.

Kahneman, D. (2003). A perspective on judgment and choice: Mapping bounded rationality. *American Psychologist*, (58) (9), 697–720

Kepplinger, H. M. (1989). *Künstliche Horizonte. Folgen, Darstellung und Akzeptanz von Technik in der Bundesrepublik*. Frankfurt & New York: Campus.

Köcher, R. (2009): *Allensbacher Jahrbuch der Demoskopie*. Band 10. Berlin, New York: de Gruyter

- Listerman, T. (2007). Biotechnology in Press and Public. An International Study of Press Cover-age about Biotechnology and its Relationship to Public Opinion. *International Journal of Public Opinion Research*, 20, 258-261.
- Nisbet, M. C., & Scheufele, D. A. (2009). What's next for science communication? Promising directions and lingering distractions. *American Journal of Botany*, 96(10), 1767-1778
- Peters, Hans P. (2002). Medienhysterie? In Gloger, S., Klinke, A. & Renn, O. (Eds), *Kommunikation über Umweltrisiken zwischen Verharmlosung und Dramatisierung*. Stuttgart/Leipzig: Hirzel.
- Peters, H.P., Brossard, D., de Cheveigné, S., Dunwoody, S., Kallfass, M. , Miller, S. & Tsuchida, S. (2008). Science Communication: Interactions with the mass media. *Science*, Vol. 321, No. 5886, 204-205.
- Petty, R. E. & Cacioppo, J.T. (1986): *Communication and persuasion*, New York.
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of Innovations* (4th ed.). New York: Free Press.
- Ruhrmann, G. (2008): Risk Communication. In: Donsbach, W. (ed). *The International Encyclopedia of Communication*. Malden et al: Blackwell Publishing, 4415-4419
- Witte, K. (1998). Fear as motivator, fear as inhibitor: Using the extended parallel process model to explain fear appeal successes and failures. In P. A. Andersen and L. K. Guerrero (eds.), *The handbook of communication and emotion: Research, theory, applications, and contexts*. San Diego, CA: Academic Press, pp. 423–450.
- Zhang, W., Johnson, T. J., Seltzer, T., & Bichard, S. L. (2010). The revolution will be networked: The influence of social networking sites on political attitudes and behavior. *Social Science Computer Review*, 28, 75-92.

Boysen-Graduiertenkolleg
„Nachhaltige Energiesysteme -
Interdependenz von technischer Gestaltung und gesellschaftlicher
Akzeptanz“
an der Technischen Universität Dresden

1. Thema: Parteien und die Durchsetzung nachhaltiger Energiesysteme

2. Ansprechpartner:

Prof. Dr. Werner J. Patzelt
Lehrstuhl für Politische Systeme und Systemvergleich
Institut für Politikwissenschaft
Philosophische Fakultät
Technische Universität Dresden
Tel.: 0351.463.32888
Email: werner.patzelt@tu-dresden.de

3. Benennung der Doktorandin/des Doktoranden:

NN

4. Einordnung Disziplinen

Politikwissenschaft, Soziologie, Kommunikationswissenschaft, Wirtschaftswissenschaft, beteiligte Technikwissenschaften

5. Kurzfassung

Zu infrastrukturellen Innovationen kommt es nicht allein aufgrund der Verfügbarkeit und der gesellschaftlichen Akzeptanz entsprechender Technologien. Es bedarf auch politischer Entscheidungen zur Schaffung der erforderlichen Rahmenbedingungen, vor allem durch gesetzliche Grundlagen und – zumindest anfänglich – erforderliche Subventionierung. Unter den Bedingungen pluralistischer Demokratie sind es primär die politischen Parteien, welche derlei Entscheidungen herbeiführen oder verhindern. Deren Personal agiert – abhängig von der in den Wahlergebnissen ausgedrückten gesellschaftlichen Akzeptanz seiner Politik - in den Parlamenten und Regierungen. Wenn man ihre Rolle bei der Durchsetzung infrastruktureller Innovationen erkennen sowie bürgergesellschaftliche Einflussmöglichkeiten anhand dieser Faktoren aufzeigen will, muss man die Faktoren der Programmbildung und Positionsfindung von Parteien beachten. Hinsichtlich der Durchsetzungsmöglichkeiten nachhaltiger Energiesysteme lässt sich dies beispielhaft durch einen Vergleich der Partei der Grünen mit der CDU untersuchen. Die Grünen haben in Deutschland als erste auf eine nachhaltige Energiepolitik gesetzt, während die CDU sich zunächst nur mit vorsichtigen Schritten, im Frühjahr 2011 dann aber mit einer dramatischen „Energiewende“ auf dieses Ziel eingelassen hat. Es geht in diesem Projekt darum zu untersuchen, welche Faktoren einerseits den Siegeszug ursprünglich ganz minoritärer „grüner“ Positionen zur Schaffung nachhaltiger Energiesysteme herbeiführten und andererseits eine jahrzehntelang widerstrebende Partei zu einem tiefgreifenden energiepolitischen Kurswechsel veranlassten. Die Ergebnisse dieses Projekts

geben Auskunft über die Umstände realer politischer Machbarkeit des technologisch Möglichen und gesellschaftlich Akzeptablen.

6. Hintergrund, Relevanz und aktueller Stand der Forschung

Neue Politik, mit der auf neue Probleme reagiert wird, setzt sich nicht von selbst durch. Vielmehr müssen mit politischer Gestaltungsmacht ausgestattete Akteure neue Probleme und Handlungsbedarfe erst erkennen, Vorstellungen über grundsätzlich machbare Problemlösungen entwickeln sowie solchen Handlungsdruck erfahren bzw. entwickeln, der ein prinzipiell angehbares Problem auch tatsächlich auf die aktuelle Agenda setzt. Das alles verkompliziert sich unter den Bedingungen von Rechtsstaatlichkeit, Pluralismus und Mehrheitsdemokratie. Die erforderlichen Gesetzgebungs- und Allokationsentscheidungen setzen nämlich parlamentarische Mehrheiten voraus, und diese kommen nie ohne taktisch-strategische Opportunitätsabwägungen aus, gerade angesichts von nicht beliebig realisierbaren Koalitionsmöglichkeiten, von politisch nicht kontrollierbarem Policy-Framing der Massenmedien sowie von Wahlterminen, die in Mehr-Ebenen-Regierungssystemen wie dem unseren recht kontingent zusammenwirken.

Unter solchen Bedingungen ist es einerseits bemerkenswert, wenn eine Partei – konkret: die Grünen - es schafft, eine bestimmte inhaltliche Position auch gegen viele Widerstände jahrelang durchzuhalten und immer populärer zu machen. Andererseits ist es bemerkenswert, wenn es – konkret: bei der CDU – in kurzer Frist zu einem grundlegenden Kurswechsel bei einer lange Zeit durchgehaltenen und vehement verteidigten Politik kommt. Gerade solche Fälle erlauben eine Abschätzung der zentralen Faktoren sowohl programmatischer Kontinuität als auch eines tiefgreifenden Politikwechsel.

Ausweislich des seit Längerem etablierten politikwissenschaftlichen Forschungsstandes scheinen die nachstehenden angeführten Faktoren für *policy turns* von Parteien mit realen staatlichen Steuerungsaufgaben von zentraler Bedeutung zu sein (Korte & Fröhlich 2004). Umgekehrt scheint das Fehlen der im Folgenden genannten Wandlungsfaktoren Programm- und Politikkonstanz nach sich zu ziehen. Obendrein wirken bei einigen der nachstehenden Faktoren die Parteien rekursiv auf ihre eigenen Prägefaktoren ein (vor allem: 3 bis 7), was die Modellierung komplexer Wirkungszusammenhänge erfordert.

(1) *Realer Ressourcenwandel in der politisch zu gestaltenden Umwelt, der neue Knappheits- oder Überflussbedingungen schafft.* Im vorliegenden Fall geht es einerseits um die reale Verknappung fossiler Energieträger bei steigender Weltbevölkerung und vermehrter Energienachfrage von Großstaaten wie China oder Indien, andererseits um die mit Abhängigkeit von fossilen Energieträgern einhergehende geopolitische Erpressbarkeit eines Landes, das – wie Deutschland – obendrein ganz auf die Nutzung der Kernenergie verzichten will.

(2) *Wandel im verfügbaren Wissen oder technischem Know-how, der reale Handlungsnotwendigkeiten stiftet bzw. Handlungsmöglichkeiten eröffnet.* Im vorliegenden Fall zeichnen sich technische Möglichkeiten ab, auch ohne Kernenergie und unter Rückbau der evident nicht-nachhaltigen Nutzung fossiler Energieträger eine nachhaltige Energieversorgung aufzubauen. Das Wissen darum fehlt aber im öffentlichen bzw. politischen Bereich noch weithin bzw. gilt als allzu hypothetisch, als dass man sich bei weichenstellenden politischen Entscheidungen darauf fest verlassen wollte (Nullmeier 1993).

(3) *Wandel in der Attraktivität bestimmter Politikziele in den vorherrschenden politischen ‚belief systems‘, der überhaupt neue politische Programmöglichkeiten schafft oder unter-*

bindet. Im vorliegenden Fall hat sich – nach Jahrzehnten sorglosen Setzens auf Wachstum und die Erschließbarkeit immer neuer Ressourcen – erstens der Wunsch nach „Nachhaltigkeit“ fast flächendeckend durchgesetzt: von Nachhaltigkeit bei der Energieversorgung über nachhaltige Finanzpolitik bis zu einer nachhaltigen Bevölkerungsentwicklung. Zweitens ist in Deutschland die Ablehnung von Kernenergie zu einer politisch unumkehrbaren Tatsache geworden. Drittens ist es hierzulande noch überhaupt nicht selbstverständlich, Energiepolitik als Teil geopolitischer Machtpolitik aufzufassen. Viertens ist seit einigen Jahren akzeptiert, dass Kernenergie, konventionelle fossile Energien und nachhaltige Energieversorgungssysteme auch unterschiedliche demokratiepolitische Konsequenzen haben: Die Sicherheitsanforderungen an die Nutzung der Kernenergie sowie die aus technischen Gründen weitgehende Zentralisierung konventioneller Energieversorgung begünstigen obrigkeitstaatliche Politikmuster, während das vermutlich dezentrale Design eines nachhaltigen Energieversorgungssystems die bürgergesellschaftlich-partizipativen Züge unseres politischen Systems fördern wird.

(4) *Veränderungen von politischen advocacy coalitions bzw. Konstellationen von Veto-Spielern* (Interessengruppen, Parteien, Koalitionen, Ministerialabteilungen, tonangebende Medien, Gerichte ...), die dann auch Veränderungen in der Struktur politischer Transaktionskosten und taktischen Möglichkeiten nach sich ziehen (Kübler 2001, Bandelow 1999). Im vorliegenden Fall handelt es sich um jenen grundlegenden Wandel, in dem zunächst die Umweltbewegung sowie die entstehende Partei der Grünen recht allein gegen den energiepolitischen Konsens von SPD, FDP und Union standen, von dem zunächst in kleinen Schritten die SPD und vor wenigen Monaten in recht dramatischer Weise die CDU abrückte. Im Zuge dieses Wandels – einesteils als seine Folge, andernteils ihn rekursiv mitverursachend – änderte sich auch die Zusammensetzung machtvoller energiepolitischer Interessengruppen sowie die gesellschaftliche Unterstützung einer – selbst unter Inkaufnahme erheblicher Zusatzkosten – nachhaltigen Energiepolitik.

(5) *Veränderungen im massenmedialen ‚framing‘ politischer Probleme bzw. Lösungsansätze, woraus sich zumal unter den Bedingungen einer Medien- und Stimmungsdemokratie alsbald Veränderungen politischer Rationalitätskalküle ergeben.* Im vorliegenden Fall wandelte sich zunächst grundlegend das Bild von der friedlichen Nutzung der Kernenergie und vollzog anschließend die – ursprünglich auf den Bereich der Forstwirtschaft beschränkte - Denkfigur der Nachhaltigkeit ihren Siegeslauf. Auch Konzepte wie „ökologischer Fußabdruck“ oder „Grenzen der Tragfähigkeit der Erde“ angesichts immer größeren Energiehungers nicht mehr allein der „westlichen Welt“ spielten eine immer größere Rolle. Das veränderte völlig die Diskurslandschaft, innerhalb derer sich die kommunikative Legitimation politischen Handelns vollzieht (Kaplan 1993, Schön & Rein 1994).

(6) *Unmittelbare „elektorale Schocks“ bzw. verlässlich erwartbare „elektorale Gratifikationen“, deren Erfahrung oder bereits Antizipation die parteipolitische Positionsbildung im Vorfeld von Wahlen und Wahlserien beeinflusst.* Dieser institutionelle Mechanismus ist letztlich der Kern repräsentativer Demokratie. Im Fall der „Energiewende“ der CDU handelt es sich hier vor um die Wahlniederlagen – auch der FDP - seit 2009 sowie um den Höhenflug der Grünen in Verbindung mit dem Streben der Union, sich für eine Koalition auch mit dieser Partei fit zu machen. Der „Fukushima-Schock“ führte dann endgültig zur „Frontbegrädigung“ der CDU bei der Energiepolitik. Sie war umso dramatischer, als kurz zuvor – freilich bereits eingebettet in ein recht umfassendes und durchaus auf Nachhaltigkeit ausgehendes energiepolitisches Konzept – die Restlaufzeit für Kernkraftwerke verlängert worden war (von Prittwitz 1990).

(7) *Personenkonstellationen, in denen sich die Durchsetzung oder Verhinderung von Policy-Wandel unmittelbar mit persönlichen Rivalitäten oder Animositäten von politischen Führungspersonen verbindet.* Das ist ein typischer Mikro-Faktor des Politischen. Im Fall der CDU

geht es um die Positionierung aktueller Führungspersonen für die Zeit nach Angela Merkels Kanzlerschaft.

Zu jedem dieser Wirkungszusammenhänge liegt vielerlei teils theoretische, teils empirische Literatur vor, teils auch journalistisches oder politisch parteiergreifendes Schrifttum. Desgleichen gibt es ausgedehnte Literatur zur Energiepolitik und zu deren gesellschaftspolitischen Korrelaten (Rieder 1998, Brauch 2000, Geden 2008, Häder 2010, Pollak & Schubert & Slominski 2010). Abgesehen von journalistischen Erklärstücken ist aber weder die „Energiewende“ der CDU systematisch aufgearbeitet noch der Versuch unternommen worden, durch einen Vergleich von CDU und Grünen politisch-programmatische Adaptionsprozesse in ihrer über den Einzelfall hinaus wichtigen, nämlich systematischen Struktur zu klären.

7. Projektziele und Arbeitsschritte

Alle sieben aufgelisteten Wirkungszusammenhänge konkreter Politikformulierung lassen sich bei einem exemplarischen Vergleich der großen Konstanz grüner Energiepolitik im Vergleich mit deren starkem Wandel bei der CDU besonders gut untersuchen. Das Ziel des Vorhabens besteht einesteils in der Analyse dessen, wie grundsätzliche gesellschaftliche Akzeptanz für erneuerbare Energien im Lauf der Zeit auch zentrale politische Hemmnisse für eine auf solche Akzeptanz gegründete Politik bricht. Andernteils soll auf dem wirtschafts-, technologie- und gesellschaftspolitisch wichtigen Feld der Energiepolitik vertiefter Einblick in die Prägefaktoren „politischer Machbarkeit“ gewonnen werden.

Das Zeitfenster für eine solche Studie muss von der Gegenwart – wo der Schwerpunkt des Interesses liegt – bis in die Zeit des Konsenses der damals allein tonangebenden Parteien über eine zentrale Rolle der Kernenergie für die deutsche Energieversorgung reichen, also zurück bis in die 1970er Jahre. Dabei ist der Blick nicht nur auf die Parteiorganisationen von CDU und Grünen (Programmatik, Parteitage ...), sondern gerade auch auf ihre Parlamentsfraktionen in Bundestag und Landesparlamenten zu richten, desgleichen auf ihre Führungstätigkeit in den einschlägigen Regierungsämtern, also vor allem in den Wirtschafts-, Wissenschafts- und Umweltministerien sowie in den Regierungszentralen.

Methodisch ist sowohl mit qualitativen Interviews der jeweils relevanten Entscheidungsträger und journalistischen bzw. wissenschaftlicher Beobachter der jeweiligen Wandlungsprozesse zu arbeiten als auch mit Auswertungen von Primärquellen sowie des Schrifttums zur Energiepolitik der beiden Parteien. Die forschungsleitenden Theoreme und analytischen Konzepte finden sich einesteils im Schrifttum zur Policy-Analyse (Bandelow & Schubert 2009) bzw. Parteiensoziologie, andernteils im Theoriegebäude des Evolutorischen Institutionalismus (siehe Patzelt 2007, 2007a). Bei der Auswertung gilt es, diesen spektakulären Fall von langfristiger Policy-Konvergenz von zwei ganz verschiedenen Ausgangspunkten her *vergleichend* aufzurollen. Dabei sind folgende Arbeitsschritte nacheinander zu tun und dürften jeweils vier bis sechs Monate in Anspruch nehmen:

- Kondensierung der im Schrifttum erarbeiteten Aussagen einesteils zu den sieben oben genannten Wirkungszusammenhängen, andernteils zu den Prägefaktoren von Organisations- und Institutionen-Evolution in prüfbare Hypothesen;
- Nachzeichnung der energiepolitischen Diskussionen und einschlägigen, in Regierungsverantwortung getroffenen Entscheidungen sowohl der CDU als auch der Grünen seit den 1970er Jahren (an Vorarbeiten siehe Brauch 1999, Istel 2007, Häder 2010);
- Nachzeichnung – anhand des verfügbaren Schrifttums – der Veränderungen energiepolitisch relevanter Ressourcenbedingungen, technologischer Möglichkeiten, gesellschaftlicher *belief systems*, massenmedialer *framings*, politisch wichtiger *advocacy*

coalitions, blockadelösender elektoraler Schocks und politikprägender Personenkonstellationen; dabei auch: Auswertung der politischen (Hintergrund-) Berichterstattung zur jüngsten „Energiewende“ der CDU;

- Vorbereitung und Durchführung von Interviews mit Entscheidungsträgern und kompetenten Beobachtern der Politik von Grünen und CDU in Sachen „nachhaltige Energieversorgung“;
- Gesamtauswertung und Interpretation der erzielten Befunde im Licht von Theorien zur Evolution politischer Institutionen und ihrer Leitideen;
- Rückbeziehung gewonnener politikwissenschaftlicher Einsichten auf die Ergebnisse der anderen Teilprojekte des Graduiertenkollegs.

Von den dank eines solchen holistischen Ansatzes zu erzielenden Befunden sind wichtige Einsichten in jene Interdependenz von Knappheitsphänomen, gesellschaftlicher Problematik, technischer Machbarkeit, rational-opportunistischem Elitenverhalten und politisch-institutioneller Funktionslogik zu erwarten, die zu erhellen das übergeordnete Ziel des Graduiertenkollegs ist. Außerdem stellt ein politikwissenschaftliches Teilprojekt wie das umrissene die Vernetzung der in den anderen – und zumal technikwissenschaftlichen – Teilprojekten gewonnenen Erkenntnisse in die Gesamtschau technisch-ökonomisch-gesellschaftlich-politischer Wirkungszusammenhänge sicher. In ihnen wird technisch Mögliches und sogar gesellschaftlich Akzeptables politisch real – oder eben nicht.

8. Bezüge zu den anderen Projekten Dieses Projekt hat Bezüge zu fast allen anderen entstehenden Dissertationen. Vor allem sind das die über Aufmerksamkeitsgenerierung und Kommunikationsstrategien für erneuerbare Energien (Donsbach), über die Kenntnisse, Einstellungen und Verhaltensdispositionen zu erneuerbaren Energien in der Bevölkerung (Donsbach/Günther/ Möst/Schegner) sowie zur Wahrnehmung von Akzeptanz-Hemmnissen bei der Bevölkerung (Günther), ferner zur Akzeptanz von Energie-Leitungssystemen in holistischer Betrachtung (Schegner), und mittelbar zur Bewertung von Energiesystem-Szenarien (Möst) sowie zur Risikobewertung (Hurtado). Besonders enges Zusammenwirken wird mit den beiden erstgenannten Projekten angestrebt, die durch Inhaltsanalysen und Bevölkerungsumfragen wichtige Befunde zum massenmedialen Framing sowie zur Akzeptanz energiepolitischer Werthaltungen in den Medien erheben.

9. Beschreibung des eigenen Arbeitsbereichs und eigene Vorarbeiten

Da nachhaltige Energiesysteme nicht ohne politische Rahmensetzungen flächendeckend installiert werden können, sind für den Themenbereich des Graduiertenkollegs – und zumal beim Blick auf die mögliche praktische Relevanz seiner Ergebnisse – Untersuchungen zu den Wechselwirkungen des technisch Möglichen und gesellschaftlich Akzeptierten mit dem politisch Machbaren nicht nur wünschenswert, sondern nachgerade unverzichtbar. Immerhin ist es gerade die Politik, welche durch wissenschaftspolitische Allokationsentscheidungen mannigfaltigen technischen Fortschritt stimuliert und dessen Früchte – oft abseits ihrer Durchsetzung an Märkten - durch geeignete Regelsetzungen und Normierungen praktisch folgenreich macht. Umgekehrt kann Politik auch schwer beseitigbare Hemmnisse für die Nutzung des technisch eigentlich Möglichen aufbauen. Aus allen diesen Gründen kann ein derlei Zusammenhänge erhellendes Teilprojekt einen sehr nützlichen Beitrag zu diesem Graduiertenkolleg leisten, zumal als Politikfeldanalyse und als an Fragen der Institutionenevolution interessierte Parteiensoziologie.

Werner J. Patzelt, Professor für Politische Systeme und Systemvergleich, hat seinen Schwerpunkt in der vergleichenden Analyse von Systemen politischer Willensbildung und Entscheidungsfindung, wie sie in der Regel um Parlamente, Regierungen und Parteien gelagert sind. In der an seinem Lehrstuhl angebotenen Lehre spielt seit Jahren die Politikfeldanalyse eine große Rolle. Zu seinen zentralen Forschungsergebnissen während der letzten Jahre gehört die Entwicklung der Theorie des Evolutorischen Institutionalismus und deren Anwendung auf Parlamente sowie – in etlichen von ihm betreuten Qualifikationsarbeiten – auf eine Vielzahl weiterer Organisationen und Institutionen. Obendrein ist er regelmäßig an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik tätig und hat deshalb auch sehr unmittelbare Eindrücke vom zu bearbeitenden Forschungsgegenstand.

Patzelt, W. J. (1996). Politik als Ursache von Wachstum. Eine Problemdiagnose. In: Riedl, R. & Delpo, M. (eds.): Die Ursachen des Wachstums. Unsere Chancen zur Umkehr. Mit einem Vorwort von Dennis Meadows. Wien: Kremayr & Scheriau, 264-281.

Patzelt, W. J. (2006). Warum regieren Politiker gegen die Bürger? In: Riedl, R. & Gehmacher, E. & Hingst, W. (eds.): Regieren gegen den Bürger? Frankfurt u.a.: Lang, 273-302.

Patzelt, W. J. (2007a). Das Challenge-Response-Konzept im Evolutorischen Institutionalismus. In: de Nève, D. & Reiser, M. & Schnapp, K.-U. (eds.): Herausforderung – Akteur – Reaktion. Diskontinuierlicher sozialer Wandel aus theoretischer und empirischer Perspektive. Baden-Baden: Nomos, 73-86.

Patzelt, W. J. (2011a). "Blueprints" and Institution-Building. *Journal of East European and Asian Studies*, 2(1), 17-40.

Patzelt, W. J. (ed.) (2007). Evolutorischer Institutionalismus. Theorie und empirische Studien zu Evolution, Institutionalität und Geschichtlichkeit. Würzburg: Ergon.

Patzelt, W. J. (ed.) (2011). Parlamente und ihre Evolution. Baden-Baden: Nomos.

10. Literatur

Bandelow, N. & Schubert, K. (eds.) (2009). Lehrbuch der Politikfeldanalyse. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag

Bandelow, N. (1999). Lernende Politik. Advocacy-Koalitionen und politischer Wandel am Beispiel der Gentechnikpolitik. Berlin: Edition Sigma.

Brauch, H. G. (1999). „Zum Import erneuerbarer Energien nach Deutschland. Vorschläge an politische Entscheidungsträger“. In: Knies, G. & Czisch, G. & Brauch, H. G. (eds.): Regenerativer Strom für Europa durch Fernübertragung elektrischer Energie. Mosbach: AFES-PRESS, 149–162.

Brauch, H. G. (2000). Europäische Energiepolitik zwischen Marktliberalisierung und Umweltpolitik. *Politische Vierteljahresschrift*, 41 (3), 563-580.

Geden, O. & Fischer, F. (2008). Die Energie- und Klimapolitik der Europäischen Union: Bestandsaufnahme und Perspektiven. Baden-Baden: Nomos.

Häder, M. (2010) Energiepolitik in Deutschland. Bochum: Brockmeier.

Istel, K. (2007). Förderung erneuerbarer Energien im Bundesland Nordrhein-Westfalen: Eine politikwissenschaftliche Analyse der Auswirkungen des Regierungswechsels nach den Landtagswahlen 2005. Stuttgart: Ibidem.

Kaplan, T. (1993). Reading Political Narratives. In: Fischer, F. & Forester, J. (eds.): The Argumentative Turn in Policy Analysis and Planning. Durham: Duke UP, 167-185.

- Korte, K.R. & Fröhlich, M. (2004). Politik und Regieren in Deutschland. Paderborn: Schöningh UTB.
- Kübler, D. (2001). Understanding Policy Change with the Advocacy Coalition Framework: an Application to Swiss Drug Policy. *Journal of European Public Policy*, 8, 623-641.
- Nullmeier, F. (1993). Wissen und Policy Forschung. Wissenspolitologie und rhetorisch-dialektisches Handlungsmodell. In: Héritier, A. (ed.) *Policy-Analyse. Kritik und Neuorientierung*. PVS Sonderheft 24. Opladen: Westdeutscher Verlag. 175-196.
- Pollak, J. & Schubert, S. & Slominski, P. (2010). Die Energiepolitik der EU. Stuttgart: UTB.
- Rieder, S. (1998).: Regieren und Reagieren in der Energiepolitik. Die Strategien Dänemarks, Schleswig-Holsteins und der Schweiz im Vergleich. *Berner Studien zur Politikwissenschaft*. Bern/Stuttgart/Wien: Haupt.
- Schön, D. & Rein, M. (1994). *Frame Reflection. Toward the Resolution of Intractable Policy Controversies*. New York: Basic Books.
- von Prittwitz, V. (1990). *Das Katastrophenparadox. Elemente einer Theorie der Umweltpolitik*. Opladen: Leske + Budrich.

Boysen-Graduiertenkolleg
„Nachhaltige Energiesysteme -
Interdependenz von technischer Gestaltung und gesellschaftlicher
Akzeptanz“
an der Technischen Universität Dresden

1. Thema: Kenntnisse, Einstellungen und Verhaltensdispositionen zu erneuerbaren Energien in der Bevölkerung und bei relevanten Akteuren

2. Ansprechpartner:

Prof. Dr. Wolfgang Donsbach
Kommunikationswissenschaft I,
Institut für Kommunikationswissenschaft
Philosophische Fakultät
Technische Universität Dresden
Tel.: 0351.463.33533
Email: wolfgang.donsbach@tu-dresden.de

Prof. Dr. Edeltraud Günther
Lehrstuhl für Betriebliche Umweltökonomie
Fakultät Wirtschaftswissenschaften
Technische Universität Dresden
Tel.: 0351/46332833
Email: edeltraud.guenther@tu-dresden.de, bu@mailbox.tu-dresden.de

Prof. Dr. Dominik Möst
Lehrstuhl für Energiewirtschaft
Technische Universität Dresden
Tel.: +49 463 39770
Email: Dominik.Moest@tu-dresden.de

Prof. Dr. Peter Schegner
Professur für Elektroenergieversorgung
Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
Technische Universität Dresden
Tel.: 0351 463-34374
Email: peter.schegner@tu-dresden.de

Prof. Dr. Werner J. Patzelt
Institut für Politikwissenschaft
Philosophische Fakultät
Technische Universität Dresden

3. Benennung der Doktorandin/des Doktoranden:

NN

4. Einordnung Disziplinen

Kommunikationswissenschaft, alle beteiligte Technikwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften, Soziologie, Psychologie, Philosophie

5. Kurzfassung

Die Dissertation untersucht in deskriptiver Hinsicht die in der Bevölkerung und bei relevanten Akteuren vorhandenen Kenntnisse, Einstellungen und Verhaltensdispositionen zu Energietechnologien im Allgemeinen und zu erneuerbaren Energien im Speziellen sowie zur Nutzung von Energietechnologien. In explikativer Hinsicht untersucht sie die kausalen Zusammenhänge zwischen diesen drei Konstrukten untereinander sowie die Einflüsse von Drittvariablen wie zum Beispiel Bildung, Einkommen oder Wertemustern auf die drei Zielvariablen. Den empirischen Kern des Projekts bilden repräsentative Bevölkerungsumfragen und Leitfadengespräche mit Akteuren aus relevanten Gesellschaftsbereichen wie der Politik, der Wissenschaft und der Energiewirtschaft. Da mindestens fünf der beteiligten Dissertationsprojekte auf solche Daten angewiesen sind, hat dieses Projekt auch eine zentrale Bedeutung als „Servicemodul“ für das Graduiertenkolleg. Die gemeinsame Betreuung durch mindestens vier der beteiligten Wissenschaftler soll sicher stellen, dass die jeweils benötigten Daten unter Berücksichtigung der verfügbaren Ressourcen optimal bereit gestellt werden können.

6. Hintergrund, Relevanz und aktueller Stand der Forschung

Die verschiedenen wissenschaftlichen Grundlagen für dieses Projekt sind bereits in den Einzelanträgen beschrieben worden und werden hier zur Redundanz-Vermeidung nur kurz angesprochen.

Das Projekt „Bewertung der Nachhaltigkeit zukünftiger Energiesystemoptionen“ (Günther) widmet sich unter anderem der Hemmnisanalyse von Technologien. Bis aus dem Stand der Wissenschaft der Stand der Technik und später die allgemein anerkannten Regeln der Technik werden, müssen die beteiligten Akteure eine Vielzahl an Barrieren überwinden. Wie eine Metaanalyse zeigte, treten vier Gruppen von Hemmnissen systematisch auf: Erkenntnishemmnisse, Ressourcenhemmnisse, Organisationshemmnisse und Kommunikations- und Willenshemmnisse. Dieses Projekt wird sich in dem Zusammenhang vor allem den Erkenntnishemmnissen zuwenden. Sie betreffen unzureichendes Wissen, unzureichende Fähigkeiten, fehlende Verfügbarkeit von Informationen und Fehlwahrnehmungen. Das Projekt wird unter anderem auf einer Expertenbefragung (Delphi-Studie) aufbauen, die mit dieser Querschnitts-Projekt koordiniert wird.

Das Projekt „Bewertung von Szenarien für Energiesysteme – Potenziale, Grenzen und Akzeptanz“ (Möst) soll einerseits Szenarien zur Entwicklung des Energiesystems erstellen und andererseits die Gesellschaft bei der Erstellung dieser Szenarien mittels partizipativer Elemente und/oder experimenteller Analysen einbinden. Es geht davon aus, dass Fragen der Energiepolitik oder der Ausrichtung der Energieforschung nicht mehr rein normativ, d.h. auf der Basis von Zielsetzungen entscheidbar sind, sondern orientierender Zukunftsaussagen über das benötigten, was technisch machbar und gesellschaftlich akzeptabel ist. In einem ersten Schritt will das Projekt klären, welche Energiesysteme bzw. Technologien von der Gesellschaft auch hinsichtlich der Zahlungsbereitschaft akzeptiert werden. Diese Informationen sollen dann wiederum bei der Bewertung von Energiesystemen und der Erstellung von Szenarien genutzt werden. Der gesamte Prozess soll darüber hinaus eine Einbindung der Gesellschaft in die Entscheidungsunterstützung ermöglichen.

Das Projekt „Holistische Beurteilung von Energieübertragungssystemen zur verstärkten Nutzung regenerativer Energieträger“ (Schegner) will die Grundlagen für eine holistische Bewertung verschiedener technischer Lösungsansätze entwickelt werden. Holistisch bedeu-

tet dabei, dass die technische Beurteilung, wie die Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit von Übertragungssystemen, nur einer von zahlreichen Gesichtspunkten der Bewertung sein kann. Gesellschaftliche Akzeptanz, ethische Resonanz, Wirtschaftlichkeit und Political Correctness sind entscheidende Teile des Modells dieser holistischen Betrachtung. Die konkrete Beschreibung der gesellschaftlichen Akzeptanz ist dabei bereits in der Dena-Studie 2 eingefordert worden.

Das Projekt „Aufmerksamkeits-Generierung und Persuasions-Strategien für erneuerbare Energien“ (Donsbach) will mit Hilfe mehrerer Experimente soll prüfen, wie die kommunikative und mediale Darstellung erneuerbarer Energien gestaltet werden muss, damit die Bevölkerung optimal über Energietechnologien aufgeklärt und von sinnvollen Lösungen überzeugt werden kann. Den Input in die Kausalmodelle wie auch dem entsprechend in die experimentellen Stimuli bildet der in der Gesellschaft (Bevölkerung, relevante Akteure) vorhandene Argumente-Pool (Key facts).

Neben diesen vier Projekten, die Daten aus einer Bevölkerungsumfrage für ihre zentrale Fragestellung benötigen, steht die im Rahmen dieser Dissertation vorgesehene repräsentative Bevölkerungsumfrage auch für die eher technikwissenschaftlichen Projekte als Servicemodul zur Verfügung.

In theoretischer Hinsicht steht bei dem Projekt die Frage im Mittelpunkt, wie die Kenntnisse, Einstellungen und Verhaltensdispositionen zu Energietechnologien und insbesondere zu erneuerbaren Energien heute beschaffen sind und wie sie sich durch die Einwirkung verschiedener Faktoren herausbilden. Zu diesen Faktoren gehören langfristig die bestehenden Wertvorstellungen in der Gesellschaft, aber auch eher kurz- und mittelfristig die Beeinflussung durch Kommunikationsaktivitäten relevanter Akteure aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft, aktuelle Ereignisse wie Katastrophen und die Aufbereitung der Energieoptionen in den Medien.

Hinsichtlich der *Deskription der Akzeptanz* stehen verschiedene theoretische Zugänge zur Verfügung, mit denen das Phänomen bisher untersucht worden ist. Am bekanntesten ist hierbei die Diffusionstheorie, die sich mit der Akzeptanz von technischen Innovationen in Gesellschaften beschäftigt (Rogers 1996). Eines von vielen Modellen der Diffusion ist das Concerns-Based Adoption Model (CBAM) von Hall und Hord (1987), bei dem die Einstellungen der Bevölkerung eine zentrale Rolle spielen (vgl. Abbildung 1).

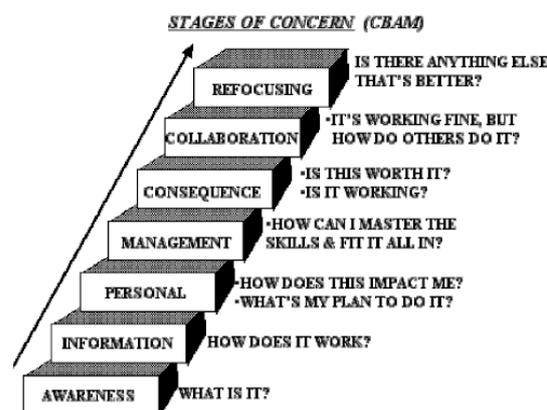


Abbildung 1: Concerns-Based Adoption Model von Hall und Hord 1987

Akzeptanz hat eine kognitive, eine normative und ein konative Dimension. Auf der kognitiven Dimension geht es im Wesentlichen um die Kenntnisse und Vorstellungen von bestimmten Technologien, auf der normativen um die Bewertung ihrer Bedingungen oder Folgen, und

auf der konativen um das auf die jeweilige Technik bezogene Verhalten. Konkret im Falle von Energietechnologie lässt sich dies auf die einfachen Fragen herunterbrechen: Was wissen die Bürger über die verschiedenen Optionen? Wie bewerten sie die Umstände und Risiken ihrer Anwendung (Technikfolgen-Abschätzung)? Welches Verhalten legen sie bei der Energienutzung an den Tag?

Zur Akzeptanz von verschiedenen Energiekonzepten und insbesondere zur Güterabwägung zwischen ihren verschiedenen Dimensionen Sicherheit, Komfort, Wirtschaftlichkeit, Unabhängigkeit liegen bisher nur sporadisch Daten vor. Der deskriptive Teil dieses Projekts soll dies auf der Basis profunder Kenntnisse über den Objektbereich wie auch über die Verfahren zur validen Messung durch Befragungen beheben. Wir wissen, dass die Kenntnisse über technologische Themen generell wie auch über die Energieversorgung eher dürftig sind und dass die Deutschen bisher wenig Veranlassung sehen, ihre Verhaltensdispositionen zu ändern (Köcher 2009, 505ff.), wobei aktuelle Ereignissen (Stichwort: Fukushima) sowie deren Darstellung in den Medien einen erheblichen zumindest kurzfristigen Einfluss haben.

Diese Darstellungen in den Medien (vgl. Projekt „Aufmerksamkeits-Generierung und Persuasions-Strategien für erneuerbare Energien“) hat erwiesenermaßen einen erheblichen Einfluss auf Kenntnisse, Einstellungen und Verhaltensdispositionen (Peters et al. 2008; Listerman 2007). Sie ist aber ihrerseits wieder beeinflusst durch die strategische Kommunikation interessierter Akteure, insbesondere der Experten, die sich erwiesenermaßen in ihren Beurteilungskriterien von Technologien erheblich von der Bevölkerung unterscheiden (Ho et al. 2011).

Bei der *Explikation der Akzeptanz* wird die Framing-Theorie eine zentrale Rolle spielen (vgl. Entman 1993; Chong & Druckman 2007; Simon & Jerit 2007; Zhou & Moy 2007). "To frame is to select some aspect of a perceived reality and make them more salient in a communicating text, in such a way as to promote a particular problem definition, causal interpretation, moral evaluation, and/or treatment recommendation for the item described" (Entman 1993, 51). Anders als die meisten anderen Theorien, überbrückt die Framing-Theorie mehrere Bereiche, die ansonsten getrennt behandelt werden: Sie lässt sich auf den Input von öffentlicher Kommunikation durch handelnde Akteure (zum Beispiel in diesem Falle Wissenschaftler, Politiker, Unternehmer), die Merkmale der öffentlichen, insbesondere medial vermittelten Kommunikation selbst und schließlich deren Wirkung auf die Wahrnehmung der Rezipienten anwenden. Und sie lässt sich demnach auf Wahrnehmungen von Akteuren und auf Inhalte von Kommunikaten anwenden. Mit ihrer Hilfe lässt sich somit in idealer Weise ermitteln, welche Informationen und Argumente sich in der öffentlichen Kommunikation durchsetzen und dort besondere Wirkungskraft entfalten (vgl. Anwendungen bei Kohring & Mathes 2002 und Listerman 2007). Hier steht das Projekt in enger Beziehung zu allen anderen Projekten, die sich nicht nur mit der Deskription von Kenntnissen, Einstellungen und Verhaltensdispositionen beschäftigen, sondern auch Handreichungen erwarten, wie zukünftige Kommunikation für erneuerbare Energien besonders wirkungsvoll gestaltet werden können.

7. Projektziele und Arbeitsschritte

Das Ziel des Projekts besteht darin, die verschiedenen Dimensionen von Kenntnissen, Einstellungen und Verhaltensdispositionen zu Energietechnologien in der Bevölkerung und bei relevanten Akteuren umfassen zu beschreiben und hinsichtlich ihrer Ursachen zu erklären. In allen Phasen ist dieses Projekt dabei mit den anderen Projekten verknüpft, für die es in erheblichem Umfang wissenschaftliche Dienstleistungen erbringt. Auf der Grundlage dieses Projekts und vor allem in Kombination einerseits mit den experimentellen Untersuchungen und andererseits der Medieninhaltsanalyse ist es möglich, ein differenziertes Mapping der Wahrnehmungen zu den Energieoptionen zu erstellen und daraus Folgerungen für die stra-

tegische Kommunikation abzuleiten. Vor allem hinsichtlich der Ermittlung der Frames erfolgt eine enge Zusammenarbeit mit dem Projekt „Aufmerksamkeits-Generierung und Persuasions-Strategien für erneuerbare Energien“, das auch eine Medieninhaltsanalyse einschließt. Den empirischen Kern des Projekts bilden Leitfadengespräche mit relevanten Akteuren aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik sowie - darauf aufbauend – eine repräsentative Bevölkerungsumfrage.

- AP-01: Exploration der bisherigen empirischen Evidenzen, Methoden und relevanten Wirkungstheorien

Die bisherigen Studien zur Akzeptanz von Technologien im Allgemeinen und zu Energietechnologie im Speziellen sind hinsichtlich Methoden und Ergebnissen zusammenzutragen. Dabei ist besonderer Wert auf die Fragestellungen zu legen. Das Projekt legt ein „Kataster für Fragen zu Technik- und Energieakzeptanz“. Ebenfalls in diesem ersten Arbeitspaket wird die Literatur zu Einflussfaktoren auf technik- und wissenschaftsbezogene Kognitionen und zur Framing-Theorie gesichtet und aufgearbeitet

AP-02: Leitfadengespräche (bzw. andere zielgruppengerechte Interviews) mit relevanten Akteuren

Je nach Eignung bzw. Wunsch der Zielpersonen werden Leitfadengespräche, schriftliche oder Online-Befragungen bei relevanten Akteuren durchgeführt. Sie sollen die wesentlichen Argumente, Key facts und Frames aus deren jeweiliger Sicht ermitteln. Die Akteure werden im Wesentlichen aus drei Bereichen rekrutiert: Wissenschaftler im Bereich der Energietechnologie, Politiker mit Technikbezug und –kompetenz sowie Vertreter der relevanten Industrien. Diese Key facts bilden später das inhaltliche Fundament für die Medieninhaltsanalyse und die Bevölkerungsbefragung.

AP-03: Vorbereitung und Durchführung der Bevölkerungsumfrage

Aufbauend auf AP-1 (insbesondere das Methoden-Kataster) und den Ergebnissen Expertengespräche in AP-02 wird in enger Abstimmung mit den anderen Projekten der Fragebogen für die repräsentative Bevölkerungsbefragung (N > 1000) entwickelt und getestet. Die eigentliche Feldarbeit wird entweder an ein kommerzielles Meinungsforschungsinstitut oder an das CATI-Labor der TU Dresden vergeben.

AP-04: Auswertung und Zusammenführung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Bevölkerungsumfrage werden allen interessierten Projekten zur jeweils individuellen Auswertung zur Verfügung gestellt. In diesem Projekt erfolgt die umfassende Auswertung, deskriptiv hinsichtlich aller Dimensionen der Akzeptanz und explikativ hinsichtlich der Ursache-Wirkungsbeziehungen aller Variablen.

Arbeitspakete	1. Jahr				2. Jahr				3. Jahr			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
AP-01	X	X	X									
AP-02				X	X	X						
AP-03						X	X	X				
AP-04									X	X	X	X

8. Bezüge zu den anderen Projekten

Das Projekt hat Bezüge zu allen anderen Dissertationen: Kenntnisse, Einstellungen und Verhaltensdispositionen zu erneuerbaren Energien in der Bevölkerung (Donsbach/Günther/Möst/Schegner); Wahrnehmung von Akzeptanz-Hemmnissen bei der Bevölkerung (Günther), Experten-Befragung zur Generierung von key facts (Günther), Akzeptanz von Energie-Leitungssystemen in holistischer Betrachtung (Schegner), Bewertung von Energiesystem-Szenarien (Möst), Risikobewertung (Hurtado), Wertewandel und Vertrauen in Technologien sowie Entwicklung und Test von „Argumentations-Strategien“ (Irrgang), Erwartungen an Komfort-Risiken von thermoelektrischen Generatoren in Fahrzeugen (Schmiel). Das Projekt kann zudem als weiteres Servicemodul für alle anderen Projekte dienen, da es durch die Inhaltsanalysen die Akzeptanz und Werthaltungen in den Medien erhebt.

9. Beschreibung des eigenen Arbeitsbereichs und eigene Vorarbeiten

Siehe die entsprechenden Einzelanträge der betreuenden Professoren. Die Durchführung von Meinungsumfragen liegt insbesondere im Kompetenzbereich des Lehrstuhls Kommunikationswissenschaft I. Donsbach ist Herausgeber des International Handbook of Public Opinion Research (Sage 2008), langjähriger Herausgeber (1999-2010) des International Journal of Public Opinion Research und Past-President der World Association for Public Opinion Research (WAPOR). Am Institut für Kommunikationswissenschaft werden regelmäßig Repräsentativbefragungen in allen Modi (Telefon, face-to-face, schriftlich und online) durchgeführt.

10. Literatur

Entman, R. M. (1993): Framing: Toward Clarification of a Fractured Paradigm. *Journal of Communication* 43 (4), 51-58

Chong, Dennis; Druckman, James N. (2007): A Theory of framing and opinion formation in competitive Elite Environments. *Journal of Communication* 57, 2007, 99-118

Ho, S. S., Scheufele, D.A. & Corley, E.A. (2011): Value Predispositions, Mass Media, and Attitudes Toward Nanotechnology: The Interplay of Public and Experts. *Science Communication*, 33, 167-200

Köcher, R. (2009): Allensbacher Jahrbuch der Demoskopie. Band 10. Berlin, New York: de Gruyter

Kohring, M.; Matthes, J. (2002): The face(t)s of biotech in the nineties: how the German press framed modern biotechnology. *Public Understanding of Science*, 11, 143-154

Listerman, T. (2007). *Biotechnology in Press and Public. An International Study of Press Coverage about Biotechnology and its Relationship to Public Opinion*. *International Journal of Public Opinion Research*, 20, 258-261.

Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of Innovations* (4th ed.). New York: Free Press.

Simon, A. F.; Jerit, J. (2007): Toward a theory relating political discourse, media, and public opinion. *Journal of Communication* 57, 2007, 254-271

Zhou, Y.; Moy, P. (2007): Parsing framing processes: the interplay between online public opinion and media coverage. *Journal of Communication* 57, 2007, 79-98

9. Wissenschaftlicher Werdegang der beteiligten Professoren

Prof. Dr.-Ing. Norbert Mollekopf

Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik
und Umwelttechnik
Fakultät Maschinenwesen
Technische Universität Dresden



- 08.11.1955 Geboren in Herrenberg/Baden-Württemberg
- 10/75 - 06/80 Studium an der Universität Karlsruhe (TH)
- 05/77 Vordiplom in Wirtschaftsingenieurwesen
- 01 - 06/80 Diplomarbeit über koaxiale Freistrahlfammen bei Prof. R.Günter, Engler-Bunte-Institut
- 06/80 Diplom in Chemieingenieurwesen, Vertiefung Verfahrenstechnik
- 07/80 - 12/83 Wiss. Ang. am Inst. f. Thermische Verfahrenstechnik der Univ. Karlsruhe
- 12/83 Promotion bei Prof. E.U. Schlünder zum Thema „Wärmeübertragung an mechanisch durchmischtes Schüttgut mit Wärmesenken in Kontaktapparaten“
- 02/84 - 09/85 Hoesch Hüttenwerke AG und Hoesch Stahl AG, Dortmund, Entwicklungsingenieur Wärmewirtschaft
- 10/85 - 09/99 Linde AG, Werksgruppe Tieftemperatur- und Verfahrenstechnik, München
- 85 - 87 Berechnungsingenieur für Apparate der therm. Verfahrenstechnik, insbes. Mehrstrom-Wärmetauscher
- 87 - 89 Entwicklungsingenieur für Programme zur Auslegung von Apparaten der therm. Verfahrenstechnik
- 89 - 90 Projektingenieur: Studien, Betreuung von Anlagen, ...
Projektleiter:
Bau der weltweiten nachhaltigen Anlage zur Biogas-Entschwefelung, Kunde Jungbunzlauer, Pernhofen / Österreich
- 89 - 93 Projektierung, Basic Engineering und Verkauf der zweiten derartigen Anlage, Kunde Lucky-Goldstar, Seoul
Projektierung einer Absorptionsanlage zur Reinigung der Abluft aus der Lackiererei von BMW, München
Projektleiter Linde-KCA-Dresden GmbH:
Projektierung und Bau von Sauergaswäschen zur CO₂- und H₂S- Abscheidung für (u.a.) Henkel KGaA, Düsseldorf; Kvaerner A.S., Oslo; Erdöl-Erdgas GmbH, Gommern; Praxair Spanien, Gijon; Joint-Venture BP-Samsung, Ulsan/Korea; MOL Hungarian Oil and Gas Co., Budapest
- 94 - 99 Projektierung und Bau einer Anlage zur Ablaageoxidation für die IOCL Gujarat Refinery in Indien

Projektierung und Bau einer Anlage zur Herstellung von Silikon für Joint Venture GeneralElectric-Bayer in Leverkusen

ab 10/99 Leiter des Lehrstuhls Thermische Verfahrenstechnik und Umwelttechnik der Technischen Universität Dresden

Relevante Literatur der letzten Jahre

Treppe, K.; Dixit, O.; Mollekopf, N.; Fiala, P.: Vacuum Microwave Treatment of Potato Starch and the Resultant Modification of Properties, *Chemie Ingenieur Technik*, 83 (2011) No. 3, S. 262 - 272

Ohle, A.; Mollekopf, N.: Absorptive Minderung von CO₂-Emissionen aus Kraftwerksgasen, in: *Emissionsminderung 2008: Stand - Konzepte - Fortschritte*, VDI-Berichte 2035, ISBN: 978-3-18-092035-1

Brummack, J.: Fremdenergiefreie Trocknung von Holzhackgut, in: *Bornimer Agrartechnische Berichte*, Heft 63, Potsdam-Bornim 2008, S. 5 - 20, Leibnitz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V., Potsdam-Bornim, 2008, ISSN 0947-7314

Staroste, H.; Mollekopf, N.: Mineralisierung von CO₂ mittels modifizierten Dual-Alkali-Verfahren. *Wiss. Z. TU Dresden*, in: *Energie im Brennpunkt*, Bd. 56(2007) Heft 3-4, ISSN 0043-6925.

Trois, C.; Griffith, M.; Brummack, J.; Mollekopf, N.: Introducing mechanical biological waste treatment in South Africa: A comparative study, *Waste Management* (online veröffentlicht am 1. März 2007).

Averlant, G.; Mollekopf, N.: Kopplung des Wärme- und Stofftransports bei der Modellierung exothermer Reaktion in einem Porennetzwerk. *Chem.-Ing.-Tech.* 77 (2005) Nr.8, S. 1088.

Loos, T.; Mollekopf, N.: CFD-Simulation der Chemischen Absorption im Strahlwäscher. *Chem.-Ing.-Tech.* 76 (2004) Nr.11, S. 1644-1649.

Leiker, M.; Adamska, M. A.: Energetischer Wirkungsgrad und Trocknungsgeschwindigkeiten bei der Vakuum- Mikrowellentrocknung von Holz. "Holz als Roh- und Werkstoff" , 62 (2004) Nr.3, S. 203-208.

Mollekopf, N.; Brummack, J.; Paar, S.; Vorster, K.: Use of the Dome Aeration Technology for Biochemical Stabilization of Waste Prior to Landfilling in: *Wastecon 2002 - 40th Annual International Solid Waste Exposition Proceedings (WT/a/1)*, Durban, RSA, Oktober 2002.

Streitberger, H.; Pfüller, O.; Stankowiak, A; Mollekopf, N.; Müller, H.D.: Verfahren zur Reinigung von Gasen, Deutschland: 102 004 042 418 (erteilt am 30.04.2008), USA: 7 387 768 (erteilt am 17.06.2008); Patentverfahren ist in der EU und in China noch anhängig: Patentamtliches AZ: 10 2004 042 418.7 2004DE429 - R 4900 (international).

Heisel, M. ; F. Marold ; N. Mollekopf ; G. Wollny: Verfahren zur Entschwefelung von H₂S-haltigem Biogas. Deutsche Patentanmeldung P 41 42 399.2, 1992.

Prof. Dr.-Ing. Ullrich Hesse

Bitzer-Stiftungsprofessur für Kälte-, Kryo- und Kompressorentchnik
Institut für Energietechnik
Fakultät Maschinenwesen
Technische Universität Dresden



- geboren am 27. Dezember 1954 in Celle
- 1976-1983 Studium des Maschinenbaus an der Universität Hannover
- 1984-1988 wissenschaftlicher Mitarbeiter, Promotion auf dem Gebiet der Kältetechnik
- 1988-1990 Oberingenieur an der Universität Hannover
- 1990-1994 Technischer Leiter des FKW Hannover (parallel Lehrauftrag Universität Hannover)
- 1994-1997 Leitender Ingenieur Büro Spauschus Ass., USA
- 1997-2009 Mitarbeiter der Fa. Bosch, Ludwigsburg (später aufgrund Umstrukturierung Fa. Zexel bzw. Valeo); über Gruppen- bzw. Abteilungsleiter und Leiter der Forschung und Entwicklung zum Mitglied der Geschäftsführung
- 2009-2010 Ipetronik GmbH, Leitung des Unternehmensbereichs Consulting + Engineering
- seit 2010 Lehrstuhlinhaber der Bitzer-Stiftungsprofessur für Kälte-, Kryo- und Kompressorentchnik an der Technischen Universität Dresden

Profil

- Ausbildung als Maschinenbauingenieur mit der Vertiefung Energie- und Verfahrenstechnik
- Promotion im Bereich Kältetechnik
- ca. 30 Jahre Berufserfahrung im Bereich Kältetechnik, Klimatechnik, Thermosysteme
- Forschung und Entwicklung im Bereich Kältetechnik, Klimatisierung, Kompressoren und Thermosysteme
- Projektmanagement in verschiedenen Bereichen
- Entwicklung, Applikation, Qualitätssicherung und Vertrieb im Bereich der Fahrzeugklimatisierung
- Engineering und Consulting Klimatisierung, Kältetechnik, Thermomanagement, Fahrzeugtechnik
- Lehre und Forschung an der Bitzer-Stiftungsprofessur für Kälte-, Kryo- und Kompressorentchnik

Vernetzung

- UNEP - United Nations Environment Programme
 - Technical Options Report für den Bereich Kältetechnik, Klimatechnik und Wärmepumpen zur Überprüfung des Montreal Protokolls
 - Training Kältetechnik-Spezialisten in Afrika zu FCKW-freien Technologien in Nairobi, Kenia
- Normung - Mitarbeit in verschiedenen Kommissionen des DIN, CEN, SAE und ANSI/ASHRAE
- DKV - Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein
- IIR - International Institute of Refrigeration
- VDMA – Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
 - Forschungsrat Kältetechnik
- ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- EFRC - European Forum for Reciprocating Compressors

Erfahrungen

- Kältemittel und Kältemaschinenöle und deren Stoffdaten und Eigenschaften
- Klimatisierung, Kälteerzeugung und Wärmebereitstellung für Industrie, Gewerbe, Steinkohle-Bergbau und mobile Anwendungen
- Entwicklung und Erprobung von Kälteanlagen mit umweltfreundlichen Alternativkältemitteln
- Entwicklung neuartiger Klimasysteme mit dem umweltfreundlichen Hochdruck-Kältemittel CO₂ für die Automobilindustrie
- Begutachtung und Analyse von Schadensfällen und Funktionsstörungen an Anlagen, Kompressoren, Verdampfern und sonstigen Komponenten für die Klimatisierung
- Entwicklung, Applikation, technische Kundenbetreuung, Qualitätssicherung, Vertrieb von Fahrzeugklimakompressoren
- R+D-Director, Sales-Direktor, Geschäftsführung bei einem international tätigen Hersteller von Fahrzeugklimaanlagen
- Director Engineering and Consulting für den Bereich Messtechnikapplikation, Flottenerprobung, Technologiezentrum, Prüfstandsbereich
- Lehre und Forschung Kältetechnik, Kryotechnik, Klimatechnik, Kompressorentchnik

Publikationen

- 3 Bücher

- ca. 100 Patente (als Erfinder bzw. Miterfinder)
- ca. 65 Fachveröffentlichungen

Prof. Dr.-Ing. habil. Antonio Hurtado

Chair of Hydrogen Technology and Nuclear Energy
Faculty of Mechanical Engineering
Technische Universität Dresden



Born on: 13 October 1959 in Puertollano (Spain)

1980-1985 Studies at the Mercator University in Duisburg, graduated as Diplom-Ingenieur in 1985

1986-1988 Research engineer at DEMAG Meer GmbH in Mönchengladbach

1988-1990 Co-researcher at the Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, Mercator University of Duisburg

1990 Doctorate (Dr.-Ing.) at the Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH Aachen University)

1996 Habilitation and venia legendi at the RWTH Aachen University

1990-1996 Chief Engineer at the Institute for Reactor Safety and Reactor Technology, RWTH Aachen University

1997-1999 Head of Sales and Head of Project Management at Siempelkamp Energie- und Anlagentechnik GmbH, Dresden

1999-2005 Head of Portfolio Management and Managing Director at the Berliner Stadtreinigungsbetriebe, Berlin

2005-2007 Managing Director at Nuon Deutschland GmbH, Berlin

Since 2007 Head of the Chair of Hydrogen Technology and Nuclear Power Engineering at Technische Universität Dresden

Research profile Stability studies of boiling water reactors, materials development for new nuclear power plants, safety analyses of high-temperature reactors, VHTR as generation IV reactor

Publications approx. 80 scientific papers in technical magazines, collected editions and presentations

Third-party funds Since 1990 continuous national and international research grants as well as numerous industrial contracts

Journals: Journal of Nuclear Materials, Innovative Reactors, Atomwirtschaft, European Ceramic Society, Keramische Gesellschaft

Other functions

- Director of the Institute of Energy Technology
- Scientific Director of the master degree programme in "HydrogenTechnology" at Dresden International University
- Member of the German Network of Competence in Nuclear Technology (Kompetenzverbund Kerntechnik)
- Member of the Board of OncoRay
- Member of the Advisory Board of Kerntechnische Gesellschaft

(German Nuclear Society)

- Member of the Customer Advisory Board of Bilfinger Berger AG
- Director of the Dresden Summer School on "Efficient Energy" at the Dresden University of Technology
- Member of the Scientific Advisory Board of the German "Vereinigung Großkraftwerksbetreiber", VGB-Beirat
- Head of the research group "Safety of high-temperature reactors" at Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Relevant selected 10 publications of the last 3 years

A. Hurtado: Kernkraftwerke der 4. Generation, Tagungsband, Verfahren und Anlagen der Hochtemperatur-Energietechnik: Stand und Entwicklungsperspektiven. 39. Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden, 11.-12.10.2007

W. Lippmann, M. Herrmann, C. Hille, A. Hurtado, A.-M. Reinecke, R. Wolf: Laser Joining of Ceramics, DKG-Symposium- Thermische Verfahrenstechnik in der Keramik, Erlangen, 27.-28.11.2007, cfi/Berichte, DKG 85 (2008), Nr.13

A. Hurtado, W. Hansen, R. Druschel, J. Heyer: Cooperation Agreement between the Technical University Dresden and AREVA NP. Proceedings of the Nuclear Engineering Science and Technology Conference (NESTet 2008), 04 - 08 May 2008, Budapest, Hungary, published by European Nuclear Society, Brussels, Belgium, ISBN 978-92-95064-05-8

C. Hille, W. Lippmann, M. Herrmann, A. Hurtado: Non-Oxide Ceramics – Chances for Application in Nuclear Hydrogen Production. 16th International Conference on Nuclear Engineering, Orlando (USA), May 11-15, 2008

M. Esch, B. Juergens, A.Hurtado, D. Knoche, W. Tietsch: State of the Art of Helium Heat Exchanger Development for Future HTR-Projects. 4th International Topical Meeting on High Temperature Reactor Technology, September 28 – October 1, 2008, Washington, D.C., USA

C. Lange, C. ; D. Hennig; A. Hurtado; V. G. Llorens; G. Verdù: In depth analysis of the nonlinear stability behavior of BWR-Systems. Proceedings of PHYSOR'08, Interlaken, Switzerland, 2008

S. Böhlke; C. Schuster; A. Hurtado: About the volatility of Boron in aqueous solutions of Borates with vapour in relevance to BWR-Reactors. Proceedings of PHYSOR'08, Interlaken, Switzerland, 2008

W. Jäger, A. Hurtado, V. H. Sánchez Espinoza: Investigations of Experiments and Applications with supercritical H₂O with the System Code TRACE. 7th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics, Operations and Safety, Seoul, Korea, October 5.-9. 2008

W. Jaeger, V. H. Sánchez Espinoza, N. Schneider; A. Hurtado: Assessment of Heat Transfer Correlations for Supercritical Water in the Frame of Best-Estimate Code Validation. Proceedings of the International Congress on Advances in Nuclear Power Plants, Tokyo, Japan, May 2009

W. Jaeger, V. H. Sánchez Espinoza, A. Hurtado, Safety Related Investigations of a LFR Core with the Coupled TRACE/ERANOS System: Proceedings of International Conference on Fast Reactors and Related Fuel Cycles (FR09), Kyoto, Japan, December 2009

Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner

Chair of Electrical Power Systems
Institute of Electrical Power Systems and High-Voltage Engineering
Faculty of Electrical and Computer Engineering
Technische Universität Dresden



Geburtsdatum: 06.03.1955 in Gera (Thüringen, Deutschland)

Schulbildung:

Mai 1975 Allgemeine Hochschulreife

Studium:

1975 - 1980 Studium der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule Darmstadt (Elektrische Energietechnik); Abschluss Diplom-Ingenieur

Promotion:

1984 - 1989 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität des Saarlandes am Lehrstuhl für Energieversorgung (Univ.-Prof. Dr.-Ing. H.-J. Koglin); Abschluss Promotion (summa cum laude)

Berufspraxis:

1982 - 1983 Mitarbeiter bei AEG-Telefunken im Bereich Netzautomatisierung. Ausbildung zum Softwareingenieur

1984 - 1989 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität des Saarlandes

1989 - 1995 Mitarbeiter bei AEG im Fachgebiet Schutz- und Schaltanlagenleittechnik;
1990 - 1993 Leiter der Entwicklungsabteilung für Schutzeinrichtungen
1993 - 1995 Leiter des Produktmanagements für Schutzeinrichtungen

seit Oktober 1995 Universitätsprofessor an der Technischen Universität Dresden, Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik, Professur für Elektroenergieversorgung

Mitgliedschaften:

- VDE

- IEEE-Senior Member

- Kabelbereit Hannover

- Fachkollegiat der DFG

- EMTP-Usergroup

- Mitglied des „Technical Programme Committee“ der „Power Systems Computation Conference“

- Mitglied des „Technical Programme Committee“ der „International Conference on Clean Electrical Power“

Veröffentlichungen:

Schegner, P.; Schulze, R.; Zivanovic, R.: Parameter Identification of Unsymmetrical Transmission Lines Using Fault Records Obtained From Protective Relays. IEEE Transaction on Power Delivery, 2011

Schegner, P.; Schulze, R.: A New Fault Location Method for Transmission Lines Taking the Places of Transposing Into Account. IEEE PES General Meeting 2011, Detroit/USA, 24.-28.07.2011

Gordon, J. M. R.; Meyer, J.; Schegner, P.: Design Aspects for large PQ Monitoring Systems in future Smart Grids. IEEE PES General Meeting 2011, Detroit/USA, 24.-28.07.2011

Schegner, P.; Klatt, M.; Elst, M.; Meyer, J.: Frequency responses of MV voltage transformers. ICHQP-Tagung, Bergamo/Italien, 26.-29.09.2010

Dickert, J.; Schegner, P.: Residential Load Models for Network Planning Purposes. MEPS'10 Symposium, Breslau/Polen, 20.-22.09.2010

Stachel, P.; Schegner, P.: Estimation of DC time constants in fault currents and their relation to Thévenin's impedance. MEPS'10 Symposium, Breslau/Polen, 20.-22.09.2010

Schegner, P.; Schulze, R.: Two-Terminal Fault Location on Unsymmetrical Transmission Lines. IEEE PES General Meeting 2010, Minneapolis/USA, 25.-29.07.2010

Schegner, P.; Stachel, P.: Detection and correction of current transformer saturation effects in secondary current signals. IEEE PES General Meeting 2009, Calgary/Canada, 26.-30.07.2009

Schegner, P.; Schulze, R.; Stachel, P.: Parameter Identification of Unsymmetrical Transmission Lines Using Accurately Re-Synchronised Fault Records. IEEE PES General Meeting 2009, Calgary/Kanada, 26.-30.07.2009

Dickert, J.; Hable, M.; Schegner, P.: Energy loss estimation in distribution networks for planning purposes. PowerTech 2009, Bukarest/Rumänien, 28.06.-02.07.2009

Vogt, S.; Stachel, P.; Schegner, P.: Enhanced stability of EHV power networks with HVDC connections. PowerTech 2009, Bukarest/Rumänien, 28.06.-02.07.2009

Schulze, R.; Schegner, P.: Parameter Identification of Unsymmetrical Transmission Lines. PowerTech 2009, Bukarest/Rumänien, 28.06.-02.07.2009

Prof. Dr. habil. Dominik Möst

Lehrstuhl für Energiewirtschaft
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Technische Universität Dresden



Geboren am: 21.03.1977 in Stuttgart

- 1996-2001 Studium des Wirtschaftsingenieurwesens an der Universität Karlsruhe (TH)
- 2000-2001 Studium an der ENSGI-INPG Grenoble, Frankreich (Ecole nationale supérieure de Génie Industriel)
- 2002-2006 Wissenschaftlicher Angestellter am Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP), Prof. Dr. O. Rentz, Universität Karlsruhe (TH)
- 2004-2010 Leiter der Arbeitsgruppe *Energiesystemanalyse und Umwelt* (mit durchschnittlich 12 Drittmittel-finanzierten Mitarbeitern) am Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP),
- 2006 Promotion zum Dr. rer. pol. der Universität Karlsruhe (TH), *Zur Wettbewerbsfähigkeit der Wasserkraft in liberalisierten Elektrizitätsmärkten – Eine modellgestützte Analyse dargestellt am Beispiel des schweizerischen Energieversorgungssystems*
- 2006-2010 Akademischer Rat auf Zeit (Habilitation) an der Universität Karlsruhe (TH)
- 2007-2010 Leiter der Young Investigator Group (YIG) „*Neue methodische Ansätze in der Energiewirtschaft*“, gefördert im Rahmen der KIT-Zukunftsstrategie der Exzellenzinitiative
- 2010 Habilitation mit *venia legendi* in Betriebswirtschaftslehre, Titel der Arbeit: *Energy Economics and energy system analysis – Methods for decision support and their application in energy markets* am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), ehemals Universität Karlsruhe (TH)
- Seit 2010 Professor am Lehrstuhl für Energiewirtschaft an der TU Dresden

Arbeitsschwerpunkte Energiesystemmodellierung und -analyse, Integration erneuerbarer Energien in Energiesysteme, langfristige Entwicklung von Energiemärkten und -preisen (insbesondere Strom, Gas und CO₂-Zertifikate), Energieeffizienz und agentenbasierte Modellierung in der Energiewirtschaft.

Publikationen ca. 100 wissenschaftliche Veröffentlichungen in Zeitschriften, Büchern, Konferenzen und Forschungsendberichten

Drittmittel Seit 2004 ca. 400k€ pro Jahr eingeworbene Drittmittel

- Auszeichnungen und Preise
- Förderung der Young Investigator Group „*Neue methodische Ansätze in der Energiewirtschaft*“ am KIT durch Gelder der DFG-Exzellenzinitiative (2 Mitarbeiter für 5 Jahre)
 - Erster Preis der Sparkassen-Stiftung zur Förderung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiet des Umweltschutzes für die Dissertationsschrift

- Young Scientist Best Paper Award auf der 5. Internationalen Energiewirtschaftstagung im Februar 2007 der TU Wien für das Paper: Möst, D. und Eßer, A.: „*Simulation einer Marktplattform für den Handel mit dezentral erzeugter elektrischer Energie*“
- Young Author Award und Förderpreis der TU Graz für das Paper: Möst, D. und Perlwitz, H.: *Modellgestützte Analyse des europäischen Erdgas-, Strom- und CO₂-Zertifikatemarktes - Ausgewählte Szenarien mit dem PERSEUS-EEM* - , 9. Symposium Energieinnovation, 2006
- Maple-Award "Modelling, Simulation and Computing" für das Paper:
Genoese, M; Sensfuß, F.; Weidlich, A.; Möst, D.; Rentz, O.: *Development of an agent-based model to analyse the effect of renewable energy on electricity markets*, Proceedings of the EnvirolInfo, Brno, 6-9 September 2005

Ausgewählte Publikationen

Keles, D., Genoese, M., Möst, D., and Fichtner, W.: *Comparison of extended mean-reversion and time series models for electricity spot price simulation considering negative prices*, Energy Economics, 2011

Keles, D., Hartel, R., Möst, D., and Fichtner, W.: *Power plant investments under uncertain electricity prices - An evaluation of compressed-air energy storage (CAES) plants in liberalized energy markets*, angenommen in Journal of Energy Markets, 2011

Rieger S., Möst D., Fichtner W.: *Zur Analyse der Auswirkungen der Biomethaneinspeisung auf die Entwicklung der deutschen Erdgasversorgung*, Zeitschrift für Energiewirtschaft, Springer, Volume 35, Number 1, 2011

Möst D., Jochem P., Fichtner W.: *Dezentralisierung der Energieversorgung - Herausforderungen an die Systemanalyse und -steuerung*, Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis, Heft 3, 19. Jahrgang, S. 22-30, Dezember 2010

Keles D., Möst D., Fichtner W.: *The development of the German energy market until 2030 - A critical survey of selected scenarios*, Energy Policy, 2010

Möst, D.; Fichtner, W.: *Renewable energy sources in European energy supply and interactions with emission trading*, Energy Policy, 2010

Möst, D.; Keles, D.: *A critical survey of stochastic modeling approaches for liberalized energy markets*, in: EJOR – European Journal of Operation Research (Invited Paper), 2009

Möst, D.; Genoese, M.: *Market Power in the German wholesale Electricity Market*, Journal of electricity markets, S. 47 – 74, Volume 2, Number 2, July 2009

Möst, D.; Perlwitz, H.: *Prospects for gas supply until 2020 in Europe and its relevance for the power sector in the context of emission trading*, Energy Journal, Volume 34, Issue 10, Oktober, S. 1423-1754, 2009

Groschke, M.; Eßer, A.; Möst, D.; Fichtner, W.: *Neue Anforderungen an optimierende Energiesystemmodelle für die Kraftwerkseinsatz- und Zubauplanung bei begrenzten Netzkapazitäten*, ZfE - Zeitschrift für Energiewirtschaft, 1/2009, S. 14-22.

Prof. Dr. Edeltraud Günther

Lehrstuhl für BWL, insb. Betriebliche Umweltökonomie
Fakultät Wirtschaftswissenschaften
Technische Universität Dresden



Werdegang

- von Dezember 2005 bis Mai 2012 Visiting Professor of Commerce, McIntire School of Commerce at the University of Virginia, Charlottesville, U.S.A.
- von August 2001 bis Februar 2002 Visiting Professor of Commerce, McIntire School of Commerce at the University of Virginia, Charlottesville, U.S.A.
- seit 1996 Professorin für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Betriebliche Umweltökonomie, Fakultät Wirtschaftswissenschaften der TU Dresden
- von 1994 bis 1996 wissenschaftliche Mitarbeiterin und Projektleiterin in der Abteilung Ökonomie des Bayerisches Institut für Angewandte Umweltforschung und -technik GmbH (BIfA), Augsburg
- Juni 1993 Dissertation "Ökologieorientiertes Controlling"
- von 1989 bis 1994 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Wirtschaftsprüfung und Controlling an der Universität Augsburg (Prof. Dr. Dres. h.c. A.G. Coenenberg) und Promotion zum Dr. rer. pol.
- 1989 Sprachstudium an der École de Traduction et d'Interprétation der Universität Genf
- Studium der Betriebswirtschaftslehre von 1984 bis 1989 an der Universität Augsburg

Forschungsschwerpunkte

Ökonomische und ökologische Bewertung, Environmental Management und Accounting

Publikationen

über 230 Veröffentlichungen in Büchern, Zeitschriften und in Tagungsbänden (siehe http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_wirtschaftswissenschaften/bwl/bu/forschung/veroeffentlichung)

Drittmittelforschung

Seit 1997 nationale und internationale Projekte mit Förderung durch öffentliche und private Auftraggeber:

(http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_wirtschaftswissenschaften/bwl/bu/forschung)

Arbeitskreise, Gutachtertätigkeit

- Expert Reviewer für die IPCC.Sonderberichte "Erneuerbare Energien und Minderung von Klimaänderungen" und "Risikomanagement von Extremereignissen und Desastern zur Förderung der Anpassung an den Klimawandel"
- Organization and Natural Environment (ONE) Internationalization/Integration Team of the Academy of Management (AOM) (seit August 2010)

- Mitherausgeberin der Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht ZfU (seit Oktober 2009)
- Vorsitzende des Arbeitskreises Nachhaltige Unternehmensführung der Schmalenbach-Gesellschaft für Betriebswirtschaft e. V. (seit 2008) www.aknu.org
- Obfrau im DIN-Arbeitskreis "Materialflusskostenrechnung" (seit November 2008)
- Vorsitzende der Regionalgruppe Süd-Ost des Verbandes der Betriebsbeauftragten für Umweltschutz e. V. (seit März 2005); - VBU-Tagung "Kostensenkungspotenziale in Arbeitssicherheit und Umweltschutz" 06.09.2006 im Umweltbundesamt in Dessau
- Vorsitzende der Kommission Umwelt der TU Dresden (Oktober 1998 bis November 2006)
- Vorsitzende des Arbeitskreises Umweltmanagement der Schmalenbach-Gesellschaft für Betriebswirtschaft e. V. (seit April 2002) - Herbsttagung 07./08.10.2004 in Dresden

Preise & Auszeichnungen

- 2005 Preis für die Entwicklung des Lehrkonzeptes "Investing in a sustainable future" im Rahmen des Procter & Gable Wettbewerbs zur Entwicklung von innovativen Curricula
- 2008 B.A.U.M.-Umweltpreis in der Kategorie Wissenschaft
- 2010 selected faculty of Semester at Sea, Spring 2010 "Sustainability" to Mexico, Hawaii, Japan, China, Vietnam, India, Mauritius, South Africa, Ghana, Brazil (classes: Global Citizenship, Investing in a Sustainable Future)
- 2011 2. Preis Plusenergiehaus mit E-Mobilität (Offener Interdisziplinärer Planungswettbewerb für Hochschulen in Zusammenarbeit mit Planungsbüros (http://www.forschungsinitiative.de/PDF/Presseinformation_Plusenergiehaus.pdf))
- 2011 Highly commended Award für wissenschaftliche Veröffentlichung im Bereich Umweltleistungsbewertung
- 2011 Highly commended Award von Emerald LiteratiNetwork für den Beitrag "Decision making for transportation systems as a support for sustainable stewardship: Freight transport process evaluation using the ETIENNE-Tool", erschienen in Management Research Review, Vol. 33, No. 4, 2010

Ausgewählte Veröffentlichungen der letzten Jahre

GÜNTHER, E.; HOPPE, H. (2011): Ökonomie und Ökologie in Beschaffungsentscheidungen. In: Gege, M.; Heib, M. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Energieeffizienz - Investitionen, die sich lohnen. München 2011, S. 57-62

GUENTHER, E.; HOPPE, H.; ENDRIKAT, J. (2011): Corporate financial performance and corporate environmental performance: A perfect match? In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht 3/2011. (in Veröffentlichung)

GUENTHER, E.; NOWACK, M.; WEBER, G. (2011): How does Emissions Trading Influence Corporate Risk Management? Case Study of a Multinational Energy Company. In: Antes R. et al. (eds.), Emissions Trading, Springer Berlin 2011, S. 127-139, DOI 10.1007/978-3-642-20592-7_8

NOWACK, M.; ENDRIKAT, J.; GUENTHER, E. (2011): Review of Delphi-based scenario studies: Quality and design considerations. In: Technological Forecasting and Social Change (2011),

Artikel in Druck, doi:10.1016/j.techfore.2011.03.006, online:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162511000576>.

GÜNTHER, E.; GRESCHNER FARKAVCOVA, V.(2010): Decision making for transportation systems as a support for sustainable stewardship: Freight transport process evaluation using the ETIENNE-Tool. In: Management Research Review, Volume 33, Special Issue 4, 2010 (pp. 317-339). (2011 Highly commended award)

GÜNTHER, E.; NOWACK, M.; WEBER, G.; ARNDT, S. (2009): Klimaberichterstattung. Offenlegung von Klimaleistung im Rahmen der Umwelt- und Nachhaltigkeitsberichterstattung in der Energie- und Zementbranche. In: Die Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden (2009), Heft 3-4, S. 125 - 131.

GÜNTHER, E.; FRIEDEMANN, J. (2008): Steuerungsinstrumente des Energiemanagements in der Verwaltung, Dresden 2008. (= Dresdner Beiträge zur Betriebswirtschaftslehre. 141) Im Internet unter:
http://www.qucosa.de/recherche/frontdoor/?tx_slubopus4frontend%5Bid%5D=173

GÜNTHER, E.; HOPPE, H.; POSER, C. (2007): Environmental Corporate Social Responsibility of Firms in the Mining and Oil and Gas Industries: Current Status Quo of Reporting Following GRI Guidelines. In: Greener Management International, 53, 2007; 7-25

GÜNTHER, E.; NOWACK, M. (2007): The Importance of Energy in LCA: the Case of Operating-Room Textiles - Sustainable Procurement of Operating-Room Textiles. Conference Proceedings der SETAC Europe 14th LCA Case Studies Symposium, Göteborg, 03.-04.12.2007.

GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L. (2006): The hurdle analysis. A self-evaluation tool for municipalities to identify, analyse and overcome hurdles to green procurement. In: Corporate Social Responsibility & Environmental Management, 13. Jg.; 2, 2006, 61-77

GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L. (2006): The hurdles analysis as an instrument for improving environmental value chain management. In: Progress in Industrial Ecology, 2. Jg., 1, 2005, 107-131.

GÜNTHER, E.; KAULICH, S. (2005): The EPM-KOMPAS: an Instrument to Control the Environmental Performance in Small and Medium-sized Enterprises (SMEs). In: Business Strategy and the Environment; John Wiley & Sons, Inc., 14. Jg., 6, 2005, 361-371

Prof. Dr. phil. habil. Wolfgang Donsbach

Chair of Communication I
Institute of Media and Communication
Faculty of Arts, Humanities, and Social Sciences
Technische Universität Dresden



- Born on: 09 November 1949 in Bad Kreuznach (Germany)
- 1968-1975 Studies at the Johannes-Gutenberg-University Mainz, Magister in Communication
- 1975-76 Research Assistant DFG-Project, University of Mainz
- 1977 Assistant professor, Department of Journalism, University of Dortmund
- 1977-1991 Assistant professor, University of Mainz (tenured since 1984)
- 1981 Dr. phil., University of Mainz
- 1988 Habilitation and *venia legendi* in Communication, University of Mainz
- 1989/90 Fellow, Gannett Center for Media Studies, and Visiting Scholar, Department of Sociology, Columbia University, New York
- 1990 Visiting professor, Department of Political Science, Syracuse University, Syracuse, New York
- 1991-93 Visiting and substitute professor, Free University Berlin
- 1993- Founding director & chair of Communication, Technische Universität Dresden
- 1999 Lombard Visiting Professor, Joan Shorenstein Center on the Press, Politics and Public Policy, Harvard University

- Research profile Political Communication and Public Opinion, Journalism Studies, Exposure to and Effects of Communication
- Publications 14 monographs, 4 edited books, approx. 170 scientific papers in journals and books
- Research grants Since 1990 continuous national and international research grants and fellowships as well as numerous industry projects
- Awards Helen-Dinerman Award of the World Associations for Public Opinion Research (WAPOR) for lifetime achievements in the field of public opinion research (2007)
- David Swanson Award for Political Communication Research by the Political Communication Division of the International Communication Association (2008)
- Elected as Fellow of the International Communication Association for Contributions to the Study of Human Communication (2010)
- Journals e.g. International Journal of Public Opinion Research, Journal of Communication, Journal of Broadcasting and Electronic Media, Journalism, Gazette, European Journal of Communication, Harvard Journal Press/Politics, Political Communication, Publizistik, Medien + Kommunikationswissenschaft

- Other functions
- Senator, Senate for Culture of the State of Saxony (2003-)
 - Permanent visiting professor, Facultad de Ciencias de la Informacion, Universidad de Navarra, Pamplona, Spain
 - President, World Association for Public Opinion Research 95-96
 - President, International Communication Association (2004-2005)
 - Editorial Board of 11 scientific journals
 - Governing Board, Staatsschauspiel Dresden (2005-)
 - Chairman of the Board of Trustees, Dresden International School (2011- , member of the Board since 1996)

Relevant publications of the last 3 years:

General Editor: International Encyclopedia of Communication, 12 volumes, Wiley-Blackwell (2008)

Handbook of Public Opinion Research. Sage Publishing: Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, 2008 (with Michael W. Traugott)

Publizistischer Mehrwert von privatem Ballungsraumfernsehen. Vergleichende Analysen auf Basis von Produzentenbefragungen, Inhaltsanalysen und Zuschauerbefragungen in Sachsen und Baden-Württemberg. Schriftenreihe der SLM Band 20, Berlin: Vistas 2010 (with Anne-Marie Brade, Martin Degen und Franziska Gersdorf).

Die Sachsen im wiedervereinigten Deutschland. Erfahrungen und Einstellungen auf der Grundlage von 20 Jahren demoskopischer Forschung (The Saxonians in unified Germany. Experiences and attitudes on the basis of 20 years of survey research) Dresden: TUDpress 2010 (with Caroline Förster)

Audience Selectivity and Media Power – A Brief Research History. In: Vartanova, E. (ed.) Content, Channels and Audiences in the New Millennium: Interaction and Interrelations. Moscow: Faculty of Journalism, Lomonosov MSU – MediaMir 2010; pp. 22-29.

The Rivalry of Nonverbal Cues on the Perception of Politicians by Television Viewers. Journal of Broadcasting and Electronic Media, 53/2009 No.2, 262-279 (with Florian Haumer)

Journalists and Their Professional Identities. In: Allen, S. (ed.): The Routledge Companion to News and Journalism. London and New York 2010: Routledge, 38-48

The Global Journalist: Are Professional Structures Being Flattened? In: Dobek-Ostrowska, B., Glowacki, M., Jakubowicz, K. & Sükösd, M. (eds.): Comparative Media Systems. European and Global Perspectives. Budapest, New York: CEU Press, 2010, 153-170

Factors Behind Journalists' Professional Behavior: A Psychological Approach to Journalism Research. In: Martin Löffelholz & David Weaver (eds.): Global Journalism Research. Malden, Oxford, Carlton: Blackwell Publishing, 2008, pp. 65-78

Multimodale Konstruktvalidierung: Ein Mehrmethodenansatz am Beispiel des Persönlichkeitsmerkmals 'Need for Cognition' (Multimodal construct validation: a multi-method design testing the construct 'need for cognition'). In: Matthes, J., Daschmann, G., Fahr, A. (eds.):

Methoden und Forschungslogik der Kommunikationswissenschaft. Die Brücke zwischen Theorie und Empirie. Köln: von Halem Verlag, 326-354 (2008)

Prof. Dr. phil. habil. Werner J. Patzelt

Chair of Comparative Government
Department of Political Science
Faculty of Philosophy
Technische Universität Dresden



Born on 23 May 1953 in Passau
1974-1980 studies at the universities of Munich, Strasbourg, and Ann Arbor, graduated as M.A.
1980-1991 assistant at the chair of political science at University of Passau
1984 doctorate (at University of Passau)
1990 habilitation and *venia legendi* (at University of Passau)
1991 - professor of political science at Technische Universität Dresden, chair of comparative government

Research Profile	comparative government, parties, and legislatures; institutional theory; sociology of everyday life
Publications	6 major monographs, 10 major edited volumes, appr. 70 journal articles, appr. 150 book chapters, appr. 50 minor publications (without newspaper articles and interviews)
Research Grants	since 1990 continuous national research grants; since 1996 continuously member of two subsequent complex research programs (Sonderforschungsbereiche) of DFG
Journals	u.a. Politische Vierteljahresschrift; Zeitschrift für Parlamentsfragen; Zeitschrift für Politik; Ethik und Sozialwissenschaften; Aus Politik und Zeitgeschichte; German Politics; Journal of Legislative Studies; Legislative Studies Quarterly; Historical Social Research; Archives Européennes de Sociologie
Other functions	Member of the Executive Committee of the International Political Science Association and of the German Political Science Association, chair of the IPSA Research Committee of Legislative Specialists, member of the editorial board of the Zeitschrift für Parlamentsfragen and of numerous advisory bodies

Relevant selected 10 publications of the last 3 years

Patzelt, W. J. (2006). Warum regieren Politiker gegen die Bürger? In: Riedl, R. & Gehmacher, E. & Hingst, W. (eds.): Regieren gegen den Bürger? Frankfurt u.a.: Lang, 273-302.

Patzelt, W. J. (2007). Das Challenge-Response-Konzept im Evolutorischen Institutionalismus. In: de Nève, D. & Reiser, M. & Schnapp, K.-U. (eds.): Herausforderung – Akteur – Reaktion. Diskontinuierlicher sozialer Wandel aus theoretischer und empirischer Perspektive. Baden-Baden: Nomos, 73-86.

Patzelt, W.J. (2009): Charisma und die Evolution von Institutionen, in: Franz J. Felten / Annette Kehnel / Stefan Weinfurter, Institution und Charisma. Festschrift für Gert Melville zum 65. Geburtstag, Köln u.a. (Böhlau), S. 607-616.

Patzelt, W.J., together with Edinger, M. (eds.) (2011): Politik als Beruf, Special Issue of Politische Vierteljahresschrift 33, Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften

Patzelt, W.J. (2011): Was für Politiker brauchen wir? Ein normativer Essay, in: Edinger / Patzelt (eds.), Politik als Beruf, Special Issue of Politische Vierteljahresschrift 33, Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften pp. 70-100

Patzelt, W.J. (2011): Die Allgemeine Evolutionstheorie und ihr Nutzen für die Sozialwissenschaften, in: Knoflacher, M. (Hrsg.): Faktum Evolution. Gesellschaftliche Bedeutung und Wahrnehmung, Frankfurt u.a.: Peter Lang, S. 217-246.

Patzelt, W.J., together with Khmelko, I.S. (eds.) (2011): Democratic Institutionalism, Journal of East European and Asian Studies, vol. 2/1, Special Issue

Patzelt, W. J. (2011a). "Blueprints" and Institution-Building. Journal of East European and Asian Studies, 2(1), 17-40.