



FORSCHUNGSBERICHT ENERGIEMARKTDESIGN 2017



ENERGIE
CAMPUS
NÜRNBERG

Projektüberblick

Im Projekt „Energiemarktdesign“ des EnCN² befasst sich ein Forscherteam aus Ökonomen, Mathematikern und Juristen mit den wirtschaftlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen für die Transformation des Energiesystems. Ziel ist es, die Methoden der Energiemarktmodellierung und die notwendigen mathematischen Algorithmen zu entwickeln sowie mit fundierten Analysen zum energiepolitischen Diskurs in Deutschland und Europa beizutragen. Im Bereich des Strommarktes liegen die Schwerpunkte insbesondere auf der Steuerungswirkung des Marktdesigns für regulierten Netzausbau und privatwirtschaftliche Investitionen sowie der Identifikation von Rahmenbedingungen auf Verteilnetzebene, die Geschäftsmodelle regionaler Stakeholder als Flexibilitätsoptionen nutzbar machen. Auf Basis von Umfragen und Forschungsansätzen aus der Verhaltensökonomie werden individuelle Verhaltensmuster und Anreizsysteme zur Beeinflussung der Entscheidungen zu Energiekonsum und Investitionen von einzelnen Individuen und Marktakteuren untersucht. Zur Adressierung komplexer ökonomischer Fragestellungen werden im Projekt „Energiemarktdesign“ außerdem die mathematischen Techniken erarbeitet, um die Lösbarkeit der betrachteten Modelle zu gewährleisten. Eine weitere zentrale Fragestellung ergibt sich aus der wachsenden Bedeutung der Sektorkopplung. In dem Projekt sollen hierzu mathematische Verfahren zur Bewertung des europäischen Gasmarktdesigns zur Anwendung kommen, die im Sonderforschungsbereich Transregio (SFB TRR) 154 zur mathematischen Modellierung, Simulation und Optimierung am Beispiel von Gasnetzwerken von den Projektpartnern und anderen Forschern entwickelt werden. Auf Basis dieser grundlegenden Resultate des TRR 154 können dann im EnCN² realitätsnahe Modelle kalibriert und analysiert werden. Langfristiges Ziel der Arbeitsgruppe ist es, in einer integrierten Betrachtung Änderungen am Strom- und Gasmarktdesign mit ihren Auswirkungen auf Investitionsentscheidungen untersuchen zu können.



Abbildung 1: Das Team Energiemarktdesign am Energie Campus Nürnberg.

Im Rahmen des EnCN², der im Projekt Energiemarktdesign mit der Kick-off Veranstaltung am 05.05.2017 erfolgreich gestartet ist, wurden zu diesen Forschungsfragen im Jahr 2017 mehr als 20 wissenschaftliche Arbeiten verfasst, die zum Teil bereits in hochrangigen internationalen Zeitschriften publiziert wurden. Ein weiteres Highlight war die Veröffentlichung eines Gutachtens im Auftrag der Monopolkommission zur Vorbereitung des 77. Sondergutachtens Energie 2017. Außerdem wurden mehrere Nachwuchswissenschaftler für ihre exzellente Forschungsarbeit ausgezeichnet. Die öffentliche Wahrnehmung und wissenschaftliche Vernetzung des EnCN profitierte wesentlich von der aktiven Teilnahme an internationalen Konferenzen mit ca. 50 Vorträgen, sowie von der Durchführung von internationalen und nationalen Workshops und Seminaren in Nürnberg. Hervorzuheben ist hierbei die bereits dritte Auflage des Nürnberg-München-Berlin Energy Workshops und die umfangreiche Präsenz bei der Langen Nacht der Wissenschaften. Auch die Lehre an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg profitiert weiterhin in hohem Maße von den Aktivitäten am EnCN. Ein breites Spektrum mathematischer und ökonomischer Vorlesungen, die Betreuung von Abschlussarbeiten für Bachelor- und Masterstudenten und ein Seminar in Kooperation mit der N-ERGIE AG boten den Studenten verschiedener Studienrichtungen ein umfangreiches Lehrangebot zu Herausforderungen in der Energiewirtschaft.

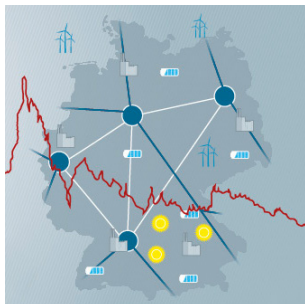
BETEILIGTE GRUPPEN		TEILPROJEKTE
Prof. Dr. Veronika Grimm, FAU - LS für Wirtschaftstheorie (Sprecherin) Prof. Dr. Roland Ismer, FAU - LS für Steuerrecht und Öffentliches Recht Prof. Dr. Frauke Liers, FAU - LS für Wirtschaftsmathematik Prof. Dr. Alexander Martin, FAU - LS für Wirtschaftsmathematik PD Dr. Lars Schewe, FAU - LS für Wirtschaftsmathematik Prof. Dr. Martin Schmidt, FAU - LS für Wirtschaftsmathematik Prof. Dr. Gregor Zöttl, FAU - Professur für Volkswirtschaftslehre		TPJ1: Investitionsanreize in liberalisierten Energiemärkten TPJ2: Ökonomische Analyse von Gasmärkten TPJ3: Geschäftsmodelle in Smart Grids
MITARBEITER	DRITTMITTELPROJEKTE AUSWAHL	(INDUSTRIE)PARTNER AUSWAHL
Mirjam Ambrosius Dr. Jonas Egerer Julia Grübel Manuel Haußner Thomas Kleinert Vanessa Krebs Sandra Kretschmer Simon Mehl Galina Orlinskaya Bastian Rückel Philipp Runge Christian Sölch Johannes Thürauf	N-ERGIE AG (SWARM), Monopolkommission, ThyssenKrupp AG, DFG SFB/TRR 154, EET (Smart Grid Solar) Elite Netzwerk Bayern EBE - Internationales Doktorandenkolleg „Evidence-Based Economics“ Elite Netzwerk Bayern ASC - Elitestudiengang „Advanced Signal Processing & Communications Engineering“	Bayernwerk AG Caterva GmbH HYDROGENIOUS TECHNOLOGIES GmbH Monopolkommission N-ERGIE AG ThyssenKrupp AG Prognos AG

Gefördert durch

Bayerische Staatsregierung

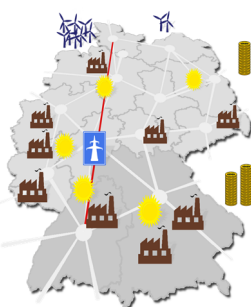


Highlights 2017



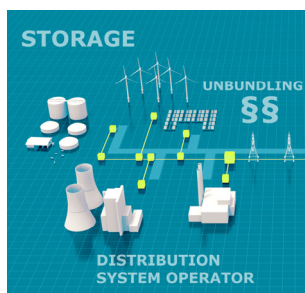
Gutachten „Regionalkomponenten bei der EE-Vergütung“

In einem Gutachten für die Monopolkommission wird das EnCN-Strommarktmodell genutzt, um die langfristigen Auswirkungen der Rahmenbedingungen am Strommarkt auf Investitions- und Produktionsanreize in Netz- und Erzeugungskapazitäten zu analysieren. Im Fokus stehen dabei verschiedene Szenarien für den regionalen Zubau von EE-Anlagen. Die Studie zeigt, dass verbrauchsnahe, dezentrale Standorte im Vergleich mit den aktuell avisierten – vornehmlich am Ertrag der Anlagen orientierten – Standorten zu einer höheren Systemeffizienz führen. Regional differenzierte EE-Förderung kann lastnahe Standorte ermöglichen.



Endogene Preiszonen im deutschen Strommarkt

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Endogene Preiszonen“ wird mithilfe des EnCN-Strommarktmodells die wohlfahrtsmaximierende Zonierung des deutschen Strommarktes bestimmt und deren Auswirkungen auf Investitionsanreize untersucht. Dabei zeigt sich, dass sich durch die Implementierung optimaler Preiszonen hohe Wohlfahrtsgewinne erzielen lassen und dass die optimale Zonierung von der zur Verfügung stehenden Übertragungskapazität abhängt. Diese Arbeit geht in ein Dissertationsvorhaben ein, das mit dem Fakultätsfrauenpreis der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg ausgezeichnet wurde.



Studie zu Speicherbetrieb und Entflechtung auf Verteilernetzebene

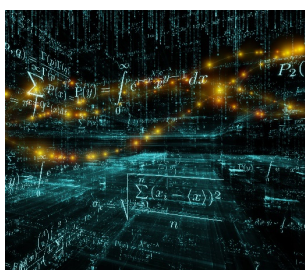
Die Studie untersucht Vertrags- und Ausschreibungsszenarien, die es dem Verteilnetzbetreiber ermöglichen, in den rein gewinnmaximierenden Speicherbetrieb von privaten Betreibern einzugreifen, um Kosten beim Netzausbau und der Netzbewirtschaftung zu reduzieren. Im Zentrum steht insbesondere die rechtliche Umsetzbarkeit der Szenarien. Diese wird durch das Entflechtungsregime, d.h. der Trennung von Markt und Netz geprägt, das nach dem Änderungsvorschlag der Kommission Verschärfungen unterliegen würde.



©Shutterstock 211310194

Studie zur Investitionsbereitschaft in Kleinspeicheranlagen

Auf Basis umfangreicher Umfragedaten von Haushalten mit Solaranlagen wurde die Investitionsbereitschaft in Kleinspeicheranlagen untersucht. Mithilfe korrelations-basierter Clusteralgorithmen konnten dabei vier Kundentypen mit unterschiedlichen Anspruchshaltungen identifiziert werden: finanziell, sicherheits-, idealistisch und multilateral orientierte Speicherkunden. Die Ergebnisse binärer Logit-Regressionen deuten zudem darauf hin, dass Investitionsbereitschaft und -treiber in den vier Gruppen divergieren und zielgruppenspezifische Fördermaßnahmen die vermehrte Nutzung von Kleinspeicheranlagen unterstützen können.



©Shutterstock 131120717

Theoretische Analysen zur Eindeutigkeit von Strommarktgleichgewichten

Für die Entwicklung der mathematischen Lösungsverfahren zur Analyse von Strommarktmodellen ist die Kenntnis über theoretische Eigenschaften des Marktgeschehens wie beispielsweise die Eindeutigkeit von Gleichgewichten von entscheidender Bedeutung. In ihrer Masterarbeit analysierte die jetzige EnCN-Mitarbeiterin Vanessa Krebs diese Gleichgewichte für Marktdesigns, die explizit die Netzphysik beachten. Diese Abschlussarbeit von Frau Krebs erhielt den EnCN-Energiepreis 2017 und mündete in zwei in internationalen Fachzeitschriften veröffentlichten Publikationen.

1 Investitionsanreize in liberalisierten Energiemärkten

1.1 Modellierung von Strommärkten

Im Forschungsschwerpunkt „Investitionsanreize in liberalisierten Energiemärkten“ arbeiten Mathematiker und Volkswirte an der mehrstufigen Modellierung von Strommärkten sowie an der Entwicklung von mathematischen Verfahren für deren Lösung. Im Fokus stehen die Entscheidungen der verschiedenen Akteure im liberalisierten Strommarkt, die gemeinsam in Gleichgewichtsmodellen analysiert werden. Dabei wird untersucht inwieweit sich alternative Rahmenbedingungen, die im Kontext der Energiewende diskutiert werden, auf Investitionen auswirken und wie nahe das Ergebnis am Systemoptimum liegt. Die interdisziplinäre Kooperation in der Modellentwicklung hat bereits in der ersten Förderphase des EnCN wesentlich zur Entwicklung eines mehrstufigen Strommarktmodells (Grimm et al., 2016a [7]) beigetragen und wurde im Jahr 2017 mit mehreren wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu theoretischen (Grimm et al., 2017b [5]; Krebs, Schewe und Schmidt, 2017 [12]; Krebs und Schmidt, 2017 [13]) und regulatorischen Forschungsfragen (Grimm et al., 2017a [4]) erfolgreich fortgesetzt. Neben der grundlegenden Weiterentwicklung des Strommarktmodells sowie der zugehörigen Lösungsverfahren haben insbesondere die Gutachten für N-ERGIE AG (Grimm et al., 2016b) und für die Monopolkommission (Grimm, Zöttl und Sölch, 2017) eine sehr breite und positive öffentliche Resonanz erfahren. Außerdem wurde die Kooperation mit den Ingenieurwissenschaften aus dem Projekt Speicher B am EnCN erfolgreich gestartet.

1.2 Anwendungen

Bei der Weiterentwicklung und Analyse des Strommarktmodells wurden im Jahr 2017 diverse Fortschritte erzielt. Krebs, Schewe und Schmidt (2017) [12] und Krebs und Schmidt (2017) [13] bewiesen grundlegende Aussagen zur Eindeutigkeit von Gleichgewichten in physikalischen Netzwerken mit und ohne Transportkosten. Für ihre Arbeit zu diesem Thema erhielt Vanessa Krebs den Energiepreis des EnCN. Zeitgleich wurden die mathematischen Algorithmen zur besseren Lösung der mehrstufigen Modellstruktur weiterentwickelt – insbesondere zur optimalen endogenen Bestimmung von Preiszonen im Strommarkt (Grimm et al., 2017c [6]; Kleinert und Schmidt, 2018 [25]). Außerdem wird in einer weiteren Arbeit ein mathematischer Algorithmus für mehrstufige Optimierungsmodelle entwickelt, der eine genaue Abbildung von Nachbarländern sowie von endogenen Investitionen in erneuerbare Erzeugungskapazitäten ermöglicht. Diese Erweiterungen sind die Grundlage für zukünftige Forschungsarbeiten in Bezug zu einer Reihe von aktuellen Herausforderungen bei der nachhaltigen Transformation des deutschen Stromsystems im Spannungsfeld des europäischen Strommarktes.

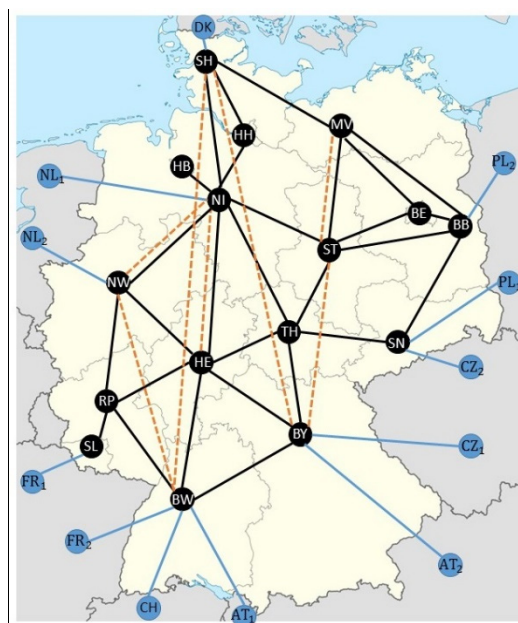


Abbildung 2: Räumliche Betrachtung von Deutschland und den Nachbarstaaten in der Modellierung. Aus: Grimm, Zöttl und Sölch (2017) „Regionale Preiskomponenten im Strommarkt“ – Gutachten für die Monopolkommission.

Neben der Weiterentwicklung des Strommarktmodells wurden auch im Jahr 2017 aktuelle Fragen der energiepolitischen Diskussion in Deutschland im Detail beleuchtet. Eine sehr positive öffentliche Resonanz hat hierbei das Gutachten zu „Regionalkomponenten bei der EE-Vergütung“ für die Monopolkommission zur Vorbereitung des 77. Sondergutachtens Energie2017 erfahren. Prof. Dr. Veronika Grimm, Prof. Dr. Gregor Zöttl und Christian Sölch nutzten dabei das am EnCN entwickelte Strommarktmodell, um die langfristigen Auswirkungen der Rahmenbedingungen am Strommarkt auf Investitions- und Produktionsanreize in Netz- und Erzeugungskapazitäten zu bewerten. Im Fokus standen dabei verschiedene Szenarien für den regionalen Zubau von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien (Abbildung 3). Die Studie konnte zeigen, dass ein dezentraler und lastnaher Ausbau von erneuerbaren Erzeugungskapazitäten zu mehr Kosteneffizienz und weniger Netzausbau führt als der aktuell im Netzentwicklungsplan avisierte regionale Ausbaupfad.

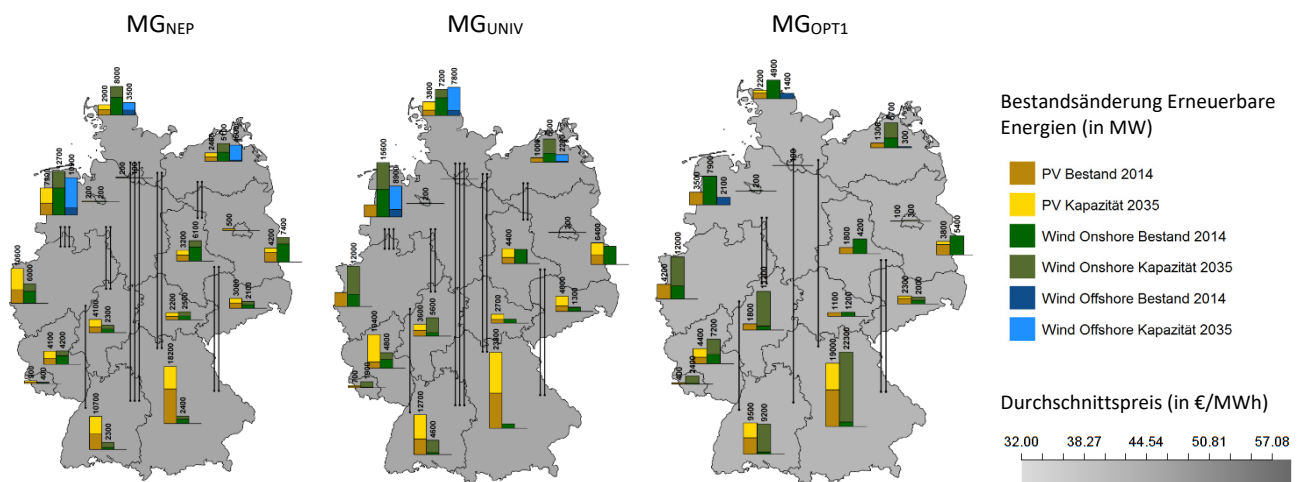


Abbildung 3: Regionale EE-Verteilung und optimaler Netzausbau für verschiedene Ausbauszenarien (im NEP avisierter Ausbau (MG_{NEP}), optimaler Ausbau bei deutschlandweit einheitlicher EE-Vergütung (MG_{UNIV}) und systemoptimaler Ausbau (MG_{OPT1})). Aus: Grimm, Zöttl und Sölch (2017) „Regionalkomponenten bei der EE-Vergütung“ – Gutachten für die Monopolkommission.

Weitere anwendungsorientierte Forschungsarbeiten zum deutschen Strommarkt beschäftigen sich aktuell (i) mit der modellbasierten Optimierung von endogenen Preiszonen für den deutschen Markt, (ii) mit der Rolle flexibler industrieller Verbraucher (Ambrosius et al., 2018 [1]), und (iii) mit regionalen Investitionsanreizen, z. B. Preiszonen und G-Komponente, sowie kosten- und marktbasiertem Redispatch als Steuerungsinstrumente für Investitionen in Erzeugungskapazität (Grimm et al., 2018a/b [19-20]).

Die Sichtbarkeit der Forschergruppe konnte Anfang 2017 im deutschsprachigen Raum durch ein Expertengespräch auf der Handelsblathtagung Energiewirtschaft 2017 (Prof. Dr. Veronika Grimm) sowie einen Überblicksartikel zur Strommarktmodellierung in der Zeitschrift „Perspektiven der Wirtschaftspolitik“ wesentlich gesteigert werden. Darin werden Herausforderungen und Lösungen in der Modellierung von Investitionsanreizen im Strommarkt erläutert, wobei sich die Publikation Grimm et al. (2017a) [4] insbesondere an Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft richtet. Die Teilnahme an Expertenveranstaltungen in Nürnberg und in der Region ermöglichte zudem einen Austausch mit lokalen Stakeholdern zu Fragen von Netzausbau und Dezentralität in der Energiewende. Inhaltlich diskutiert wurden insbesondere die Ergebnisse der beiden abgeschlossenen Gutachten für die N-ERGIE AG (Grimm et al., 2016b) und für die Monopolkommission (Grimm, Zöttl und Sölch, 2017).

Verschiedene Aktivitäten wurden im Rahmen von Drittmittelprojekten umgesetzt sowie in Kooperation mit externen Partnern durchgeführt. Neben den Gutachten für die N-ERGIE AG und die Monopolkommission ist hier ein im Jahr 2017 abgeschlossenes Projekt zu flexiblen Industriellen Verbrauchern erwähnenswert. Im Rahmen des Marie-Curie Innovative Training Network MINOA (gefördert von der EU, Start 1.1.2018) soll im Doktorandenprojekt der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg die Fragestellung der endogenen Bestimmung von Preiszonen unter unsicherer Datenlage studiert werden. Es sollen neue Methoden zur robusten Absicherung gegenüber unsicheren Zukunftsprognosen

entwickelt und implementiert werden. Erste Ergebnisse zu den theoretischen Eigenschaften von robusten Gleichgewichten konnten bereits in Kramer, Krebs und Schmidt (2018) [26] erzielt werden.

In den kommenden Jahren werden die aktuell laufenden Aktivitäten fortgeführt und weiterentwickelt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Anwendung der Methoden zur endogenen Zonierung auf den deutschen Strommarkt sowie auf der genauen Abbildung von Nachbarländern sowie von endogenen Investitionen in erneuerbare Erzeugungskapazitäten in den Strommarktmodellen. Die Kooperation mit dem EnCN-Projekt SpeicherB soll aufgebaut, eine Kooperation mit EET initiiert werden.

1.3 Beteiligte Wissenschaftler und Partner

Beteiligte FAU-Wissenschaftler: Mirjam Ambrosius, Dr. Jonas Egerer, Prof. Dr. Veronika Grimm, Thomas Kleinert, Vanessa Krebs, Prof. Dr. Frauke Liers, Prof. Dr. Alexander Martin, PD Dr. Lars Schewe, Prof. Dr. Martin Schmidt, Bastian Rückel, Christian Sölch, Prof. Dr. Gregor Zöttl

2 Ökonomische Analyse von Gasmärkten

2.1 Modellierung von Gasmärkten

Im zweiten Forschungsschwerpunkt „Ökonomische Analyse von Gasmärkten“ werden angewandte Studien zum deutschen und europäischen Gasmarkt durchgeführt. Hierbei steht das europäische Entry-Exit-System im Fokus und es wird untersucht, inwieweit dieses System zu Effizienzverlusten durch ungenutzte Netzkapazitäten führt. Auf Basis dieser Analysen werden dann mögliche Modifikationen des Systems vorgeschlagen, um zu einer besseren Nutzung der Netzinfrastruktur zu gelangen. In diesem angewandten Kontext wird auf den Arbeiten des Sonderforschungsbereichs/Transregio (SFB TRR) 154 „Mathematische Modellierung, Simulation und Optimierung am Beispiel von Gasnetzwerken“ aufgebaut. In Kooperation dieser beiden Forschungsprojekte wurde im Jahr 2017 die mathematische Beschreibung eines mehrstufigen Gasmarktproblems in Grimm et al. (2017e) [22] erarbeitet, das den formalen Rahmen für die zukünftige Analyse von Entry-Exit-Gasmärkten schafft. Das resultierende mehrstufige Optimierungsproblem beinhaltet eine explizite Betrachtung der Interaktion unterschiedlicher Marktteilnehmer und kann Einblicke geben, inwieweit sich durch eine Modifikation der Handelsregeln eine effizientere Nutzung der Netzkapazitäten erreichen und als Folge der Investitionsbedarf in das Gasnetz reduzieren lässt. Während im Rahmen des TRR 154 intensiv an mathematischen Grundlagen zur Lösung der zu betrachtenden Probleme geforscht wird, wurde für die anwendungsorientierte Forschung am EnCN über den deutschen Gasmarkt für eines der beiden deutschen Marktgebiete bereits ein Modelldatensatz erstellt, der historische Marktdaten und eine vereinfachte Darstellung des Netzes, der Verdichter und der Übergabepunkte zu Nachbarzonen und Endverbrauchern beinhaltet.

Außerdem werden Verfahren, die optimale Ausbauentscheidungen für sogenannte potentialgetriebene Transportnetze, zu denen auch Gastransportnetzwerke zählen, am EnCN entwickelt (Robinius et al., 2018 [27]).

2.2 Anwendungen

Grimm et al. (2017e) [22] beschreiben in ihrer oben genannten Veröffentlichung ein mehrstufiges Optimierungsproblem, das den zeitlichen Ablauf des europäischen Gasmarktes innerhalb einer Entry-Exit Zone widerspiegelt. Wie in Abbildung 4 dargestellt, ist dabei zwischen der physikalischen Systembetrachtung der Gasnetzbetreiber (links) und der Interaktion auf dem Gasmarkt (rechts) zu unterscheiden. Gasnetzbetreiber bestimmen über die technischen Kapazitäten und die Buchungspreise (Stufe 1) sowie den kostenoptimalen Betrieb des Gastransports (Stufe 4), während die Marktteilnehmer durch Buchungen von Kapazitäten (Stufe 2) und Nominierungen (Stufe 3) am Gasmarkt handeln. Die Arbeiten in diesem Forschungsschwerpunkt betrachten aufbauend auf dieser Grundlage realitätsnahe Kalibrierungen für das deutsche System und liefern damit Abschätzungen für die konkreten Ineffizienzen des Entry-Exit-Systems. Hierbei kann vielfach auf die grundlegenden Ergebnisse des SFB TRR 154 zurückgegriffen werden (Geißler et al., 2018/2017 [2-3]; Grimm et al., 2017d [21]; Groß et al., 2017 [23]; Gugat et al., 2018a/b [8-9]; Hante et al., 2017 [10]; Hante und Schmidt, 2017 [24]; Leugering et al., 2017 [14], Mehrmann, Schmidt und Stolwijk, 2017 [15]; Schmidt, Sirvent und Wollner, 2017a [16]; Schmidt et al., 2017b [17]).

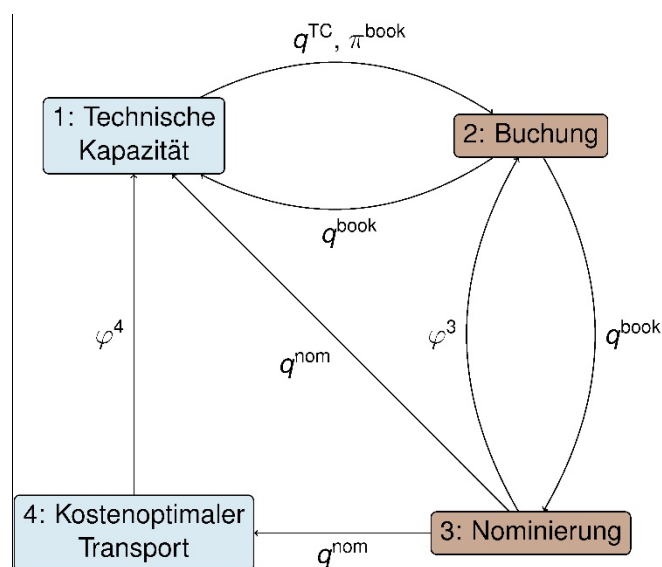


Abbildung 4: Abhängigkeiten in dem mehrstufigen Modell des Europäischen Entry-Exit Systems. Aus: Grimm et al. (2017e) [22].

Ökonomische Analysen zu europäischen Gasmärkten erfordern für die Abbildung bestehender Marktregeln die Modellierung des Entry-Exit Systems. Dabei werden alle physikalischen Randbedingungen auf Handelskapazitäten an marktrelevanten Punkten reduziert. Dies sind innerhalb einer Zone die grenz- und zonenüberschreitenden Netzknoten, sowie Punkte mit Erdgasspeichern oder Gasproduktion (Abbildung 5). Für den deutschen Gasmarkt wurde für eine der beiden Marktzonen bereits ein Datensatz erstellt. Dieser beinhaltet die historischen Gasflüsse an den marktrelevanten Punkten und eine vereinfachte geographische und physikalische Darstellung des Transportnetzes inklusive der Verdichter und der Übergabepunkte zu Nachbarzonen und Endverbrauchern. Die grundlegenden Eigenschaften des Datensatzes sind durch erste Berechnungen validiert worden. Im nächsten Schritt können die Marktergebnisse des historischen Entry-Exit Gashandels mit einem Wohlfahrtsoptimum unter Berücksichtigung der physikalischen Flussbedingungen verglichen werden.

Wie im Strommarkt und dem zugrundeliegenden Transportnetz spielt auch der Leitungsausbau in Gastransportnetzen eine wichtige Rolle. In diesem Forschungsschwerpunkt wird daher an der Bestimmung von optimalem Netzausbau gearbeitet – insbesondere unter Berücksichtigung der Modellierung des Gasflusses mithilfe potentialgetriebener Flussmodelle sowie unter Berücksichtigung von Unsicherheiten bezüglich zukünftiger Ein- und Ausspeisedaten (Robinius et al., 2018 [27]). Die resultierenden Probleme sind mathematisch sehr herausfordernd.

Im kommenden Jahr soll die Datensammlung und die Datenbereitstellung weiter vorangetrieben werden. Im Rahmen der Kooperation zwischen TRR 154 und dem EnCN werden Datenbestände zusammengeführt und aufbereitet, um insbesondere auch ökonomische Fragen in beiden Projekten adressieren zu können. In den im Rahmen des EnCN betrachteten Anwendungen sollen verstärkt Methoden zum Einsatz kommen, die im TRR 154 entwickelt wurden. Der TRR 154 befindet sich seit 2018 in der zweiten Förderphase, in der Marktthemen eine größere Rolle spielen sollen. Ein enger Bezug soll auch zu dem BMBF-Projekt EiFer (Prof. Dr. Schmidt und externe Partner) hergestellt werden, das zum 1.1.2018 startete und sich mit Fernwärmenetzen beschäftigen wird.

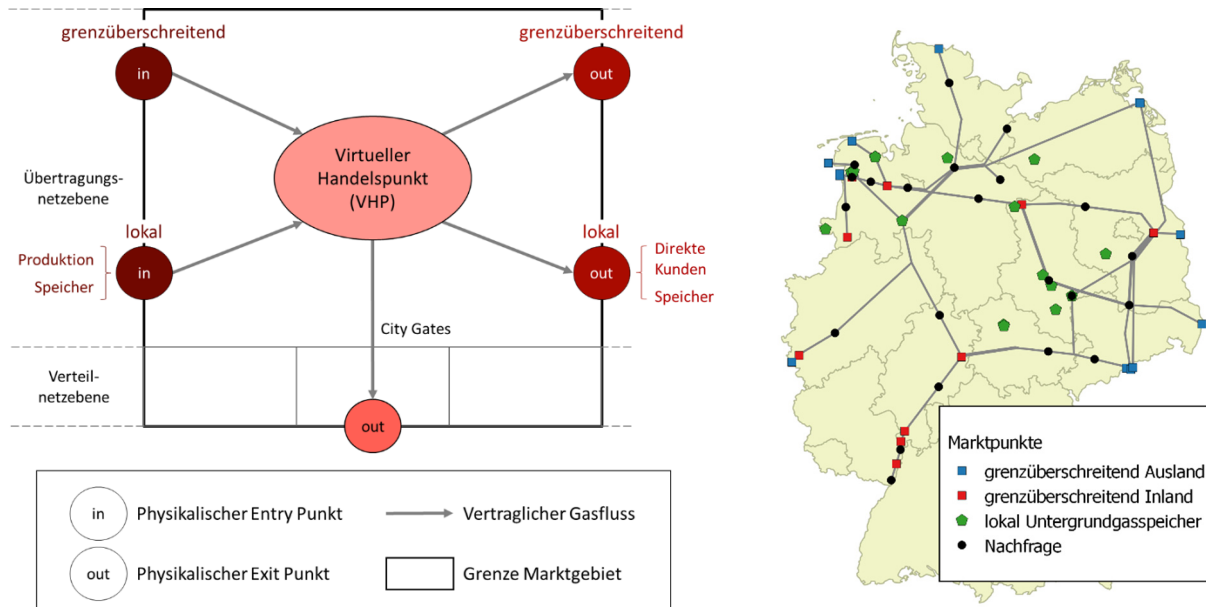


Abbildung 5: Vereinfachte Darstellung des Entry-Exit Systems und GASPOOL Marktregion mit wichtigen Pipelines sowie Markt- und Nachfragepunkten. Eigene Darstellung.

2.3 Beteiligte Wissenschaftler und Partner

Beteiligte FAU-Wissenschaftler: Dr. Jonas Egerer, Prof. Dr. Veronika Grimm, Prof. Dr. Frauke Liers, Prof. Dr. Alexander Martin, PD Dr. Lars Schewe, Prof. Dr. Martin Schmidt, Johannes Thürauf, Prof. Dr. Gregor Zöttl

3 Geschäftsmodelle in Smart Grids

3.1 Allgemeine Problemstellung

Im Rahmen der Energiewende verlagert sich ein Großteil der energiewirtschaftlichen Aktivitäten in die niedrigen Spannungsebenen des Stromnetzes. Die damit einhergehende Dezentralisierung bringt neben technologischen Umstellungen auch eine Veränderung der Stakeholderstruktur mit sich. Oftmals sind es heute eine große Zahl an Klein- und Mittelständlern oder auch Privatpersonen, die als Investoren und Betreiber von Anlagen in einer Smart-Grid-Umgebung auftreten. Daneben bestehen weiterhin die traditionellen Konzerne der Energiebranche, die ebenfalls nach attraktiven Geschäftsmodellen im Smart Grid suchen. In diesem Forschungsschwerpunkt untersuchen Mathematiker, Ökonomen und Juristen, mithilfe welcher Marktmechanismen und Anreizstrukturen eine sinnvolle Interaktion all dieser Marktteilnehmer stattfinden kann, sodass basierend auf den technischen Möglichkeiten eines Smart Grids die Implementierung eines für alle Beteiligten effizienten (smarten) Energiesystems in den niedrigen Spannungsebenen des Stromnetzes erreicht wird. Neben der Analyse der Anreizstruktur in mehrstufigen Marktmodellen wird auch das Investitionsverhalten in empirischen Studien untersucht. Außerdem findet eine detaillierte Auseinandersetzung mit den rechtlichen Rahmenbedingungen statt.

Die Arbeiten bauen auf Vorarbeiten aus der ersten Förderphase des EnCN auf. Durch die Beteiligung an dem Projekt „Smart Grid Solar“ wurde der Grundstein für eine Modellierung des Zusammenspiels der Akteure im Verteilnetz gelegt. Außerdem wurde in einer umfangreichen Feldstudie im Rahmen des Förderprojekts „SWARM“ das Investitionsverhalten von Haushalten bei vernetzten Stromspeichern untersucht (vgl. Grimm, Kretschmer und Mehl, 2018 [18]). Haußner und Ismer (2018) [11] betrachten die rechtlichen Rahmenbedingungen des Speicherbetriebs mit Blick auf die Entflechtung auf Verteilnetzebene. In laufenden Arbeiten mit stärker mathematischem Fokus werden diese verschiedenen Perspektiven ergänzt, indem optimale Tarifstrukturen auf der Endverbraucherebene in Smart Grids mithilfe mehrstufiger Optimierungsprobleme bestimmt werden.

3.2 Anwendungen

Im Jahr 2017 konnten verschiedene Aktivitäten abgeschlossen werden, auf denen die weitere Zusammenarbeit aufbaut. Im Projekt „Smart Grid Solar“ wurde das Zusammenspiel von Erzeugern, Speicherbetreibern, Verteilnetzbetreibern und Verbrauchern bei der Planung von Smart Grids analysiert und untersucht, welche Marktregeln zusammen mit den wirtschaftspolitischen Steuerungsmechanismen (wie z. B. den im EEG getroffenen Regelungen) zu den richtigen Investitionsanreizen für die einzelnen Akteure am Markt führen. Als Kernstück der ökonomischen Analyse im Projekt „Smart Grid Solar“ wurde eine quantitative Analyse der Anreize zur Umsetzung eines Smart Grid Systems durch die relevanten Marktteilnehmer unter verschiedenen politischen Rahmenbedingungen durchgeführt. Eine Anwendung der entwickelten Modelle auf das Verteilnetz am Versuchsstandort Epplas in Oberfranken zeigt dort ein Effizienzsteigerungspotenzial von insgesamt 10% der Gesamtsystemkosten pro Jahr, welches durch verschiedene Marktdesigns mehr oder weniger genutzt werden kann.

In einer komplementären juristischen Studie zum Speicherbetrieb und zur Entflechtung auf Verteilernetzebene wurde das derzeitige Entflechtungsregime sowie die geplanten Änderungen der Europäischen Kommission im Winterpaket auf mögliche Einsatzbereiche des Speichers auf Verteilernetzebene untersucht (Abbildung 6), um daraus mögliche alternative Vertrags- und Ausschreibungsszenarien für den Speicherbetrieb im Verteilernetz abzuleiten (Haußner und Ismer, 2018 [11]). Diese könnten dem Verteilnetzbetreiber ermöglichen, in den rein gewinnmaximierenden Speicherbetrieb von privaten Betreibern einzugreifen, um damit Kosten beim Netzausbau und der Netzbewirtschaftung zu reduzieren. Zur Quantifizierung der Einsparungen in den jeweiligen Szenarien wird in einem laufenden Projekt zwischen Ökonomen und Juristen ein zweistufiges Optimierungsmodell entwickelt, das es erlaubt, die möglichen Effizienzgewinne zu identifizieren.

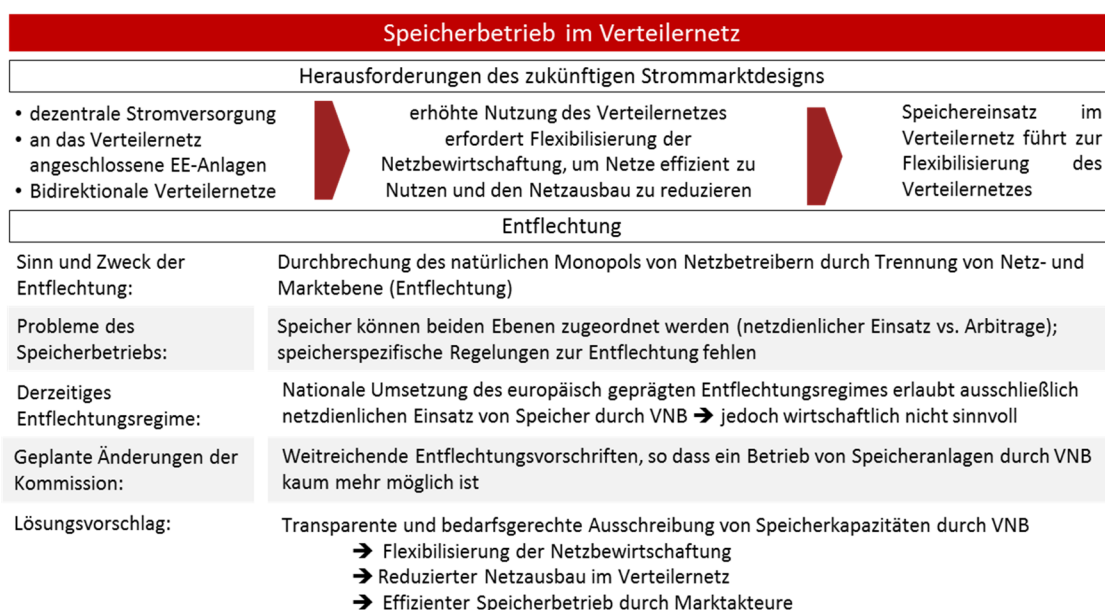


Abbildung 6: Speicher im Verteilernetz: Rechtliche Probleme und Lösungsansätze.

In einer Studie zur Investitionsbereitschaft in Kleinspeicheranlagen im Rahmen des Kooperationsprojekts „SWARM“ (initiiert und gefördert durch die N-ERGIE AG) wurde auf Basis umfangreicher und selbst erhobener Umfragedaten von Haushalten mit Solaranlagen die Investitionsbereitschaft in Kleinspeicheranlagen untersucht. Mithilfe korrelationsbasierter Clusteralgorithmen konnten dabei vier Kundentypen mit unterschiedlichen Anspruchshaltungen identifiziert werden: finanziell, sicherheits-, idealistisch und multilateral orientierte Speicherkunden (Abbildung 7). Die Ergebnisse binärer Logit-Regressionen deuten zudem darauf hin, dass Investitionsbereitschaft und -treiber in den vier Gruppen divergieren und zielgruppenspezifische Fördermaßnahmen die vermehrte Nutzung von Kleinspeicheranlagen unterstützen können (vgl. Grimm, Kretschmer und Mehl, 2018 [18]).

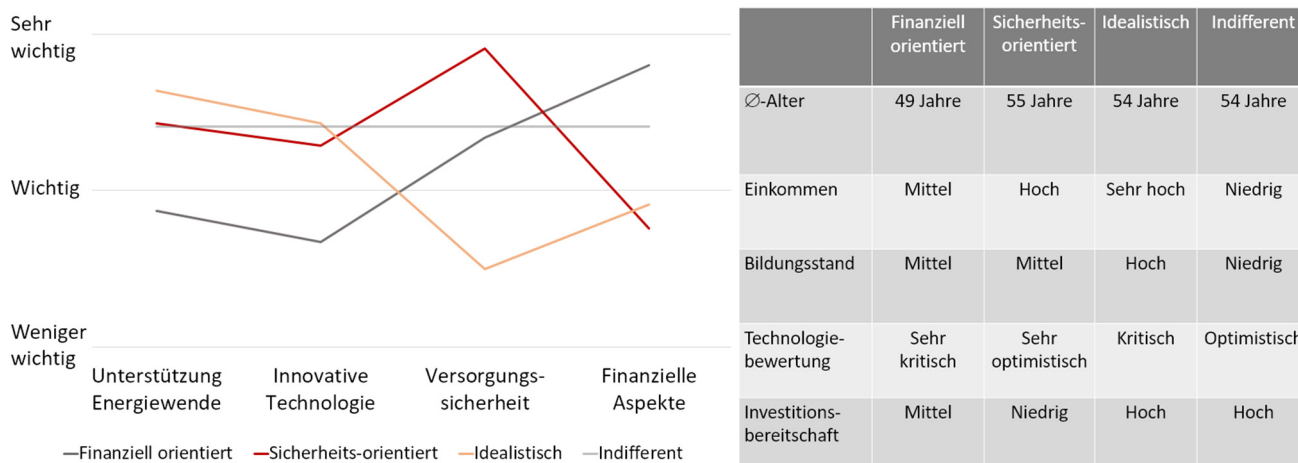


Abbildung 7: Relevanz verschiedener Kaufkriterien und Identifikation unterschiedlicher Investitionstypen. Eigene Darstellung.

Die Wissenschaftler im Forschungsschwerpunkt kooperieren umfangreich mit Wissenschaftlern aus anderen Projekten des EnCN. Zu erwähnen ist hier die Kooperation mit Prof. Dr. Luther (EnCN-Netze) und Prof. Dr. German (EnCN-SpeicherA) im Rahmen des „SWARM“-Projekts (gefördert durch die N-ERGIE AG). Außerdem wird die Ausbildung an der Schnittstelle Wirtschaftstheorie-Mathematik-Elektrotechnik im Elite-Masterprogramm „Advanced Signal Processing and Communications Engineering“ der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg vorangetrieben (Beteiligung von Prof. Dr. Veronika Grimm und Prof. Dr. Frauke Liers, gefördert durch das Elite Netzwerk Bayern, ENB). Im Graduiertenprogramm „Evidence Based Economics“ gemeinsam mit der LMU München und der Universität Regensburg (ebenfalls gefördert durch das ENB) wird die Doktorandenausbildung im Bereich der evidenzbasierten, quantitativen Wirtschaftsforschung vorangetrieben. Der Anschluss der EnCN-Wissenschaftler an die betriebswirtschaftliche Forschung wurde im „Emerging Fields Initiative“ Projekt „Sustainable Business Models in Energy Markets: Perspectives for the Implementation of Smart Energy Systems“ der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg ausgebaut, das im Jahr 2017 abgeschlossen wurde. Beteiligt waren die Professoren Fürst, Gatzert, Grimm, Voigt, Zöttl (Fachbereich Wirtschaftswissenschaften), Martin, Schmidt (Department Mathematik), sowie Brabec und Arlt (Technische Fakultät). Abgeschlossen wurde im Jahr 2017 ebenfalls das Projekt „Smart Grid Solar“, an dem Wissenschaftler des EnCN (die Professoren Grimm, Liers, Martin, Zöttl aus dem Projekt EMD, sowie die Professoren Brabec, German und Luther) unter Federführung des ZAE Bayern beteiligt waren.

3.3 Beteiligte Wissenschaftler und Partner

Beteiligte FAU-Wissenschaftler: Prof. Dr. Veronika Grimm, Manuel Hauser, Prof. Dr. Roland Ismer, Sandra Kretschmer, Prof. Dr. Frauke Liers, Prof. Dr. Alexander Martin, Simon Mehl, Galina Orlinskaya, PD Dr. Lars Schewe, Prof. Dr. Martin Schmidt, Bastian Rückel, Prof. Dr. Gregor Zöttl

4 Schlussworte

Im ersten Jahr der zweiten Förderphase des EnCN konnten die EMD-Forschungsschwerpunkte erfolgreich vorangetrieben werden. Im Jahr 2018 ist der Ausbau der Vernetzung im EnCN durch gemeinsame Projekte mit Speicher B zur Wasserstofflogistik und mit EET zu Investitionsanreizen bei der Photovoltaik geplant. Die Vernetzung mit anderen Institutionen wird zum Beispiel im Rahmen von Workshops (zur Energiemarktmodellierung mit TUM, ifo, DIW, TUB im Februar 2018) und im Rahmen des BayWiss-Kollegs vorangetrieben. Neben zahlreichen Fachtagungen werden die Ergebnisse der Forschung auf der Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und der iSenEC präsentiert. Die Aktivitäten des EnCN sind zudem prägend für den FAU-Forschungsschwerpunkt „Energiesysteme der Zukunft“ und des Schwerpunkts Energiemärkte und Energiesystemanalyse des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Im Jahr 2018 werden im Bereich Energieforschung vier Tenure-Track Professuren an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg ausgeschrieben, eine davon im Themenfeld Energiemarktdesign.

5 Herausgehobene Tätigkeiten, Preise, Auszeichnungen

Prof. Dr. Veronika Grimm war im Jahr 2017 in verschiedene Gremien tätig, u. a.:

- Mitglied des Vorstandes der ENERGIEregion Nürnberg e.V. (seit 2017)
- Mitglied des Arbeitskreises "Wettbewerbsökonomie" des Bundeskartellamtes (seit 2017)
- Vorsitzende der Wissenschaftlichen Leitung des Energie Campus Nürnberg (seit 2017)
- Managing Guest Editor, Games. Special Issue „Games and Market Design“ (seit 2017)
- Sprecherin des FAU-Forschungsschwerpunkts "Energiesysteme der Zukunft", zusammen mit D. Guldi (seit 2017)
- Stellvertretende Vorsitzende des Wissenschaftlichen Beirats des ifo Instituts und des CESifo Netzwerks (seit 2016)
- Mitglied des Verwaltungsrats des ifo Instituts und des CESifo Netzwerks (seit 2016)
- Research Fellow, CESifo, München (seit 2016)
- Mitglied des Beirats von ForumV (seit 2016)
- Sprecherin des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften und Prodekanin der Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (seit 2016)
- Vorsitzende des Wissenschaftlichen Beirats des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung, DIW Berlin (seit 2015)
- Sprecherin des Forschungsschwerpunkts "Energienmärkte und Energiesystemanalyse" des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (seit 2015)
- Mitglied des Kuratoriums des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung, DIW Berlin (seit 2015)
- Mitglied des Erweiterten Vorstands des Vereins für Socialpolitik (VfS) (seit 2015)
- Mitglied des Steering Boards, Campus Future Energy Systems (seit 2015)
- Mit-Herausgeberin von Perspektiven der Wirtschaftspolitik (PWP) (seit 2015)
- Mitglied der Expertenkommission „Stärkung von Investitionen in Deutschland“ des BMWi (seit 2014)
- Mitglied des Sozialwissenschaftlichen Ausschusses des Vereins für Socialpolitik (VfS) (seit 2011)
- Mitglied des Industrieökonomischen Ausschusses des Vereins für Socialpolitik (VfS) (seit 2010)

Prof. Dr. Roland Ismer war im Jahr 2017 in verschiedene Gremien tätig, u. a.:

- Herausgeber des Kommentars Doppelbesteuerungsabkommen: DBA (7. Auflage) (seit 2017)
- Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat der Deutschen Steuerjuristischen Gesellschaft (DStJG) (seit 2017)
- DIW Research Fellow, Berlin (seit 2015)
- Fachbeirat im Spektrum der Rechtswissenschaft in Wien (seit 2015)
- Mitglied des Forschungsnetzwerkes Climate Strategies (seit 2014)
- Mitherausgeber der Zeitschrift MehrwertSteuerrecht (MwStR) (seit 2013)
- Stellvertretender Vorsitzender im Umsatzsteuerforum (seit 2012)
- Vorstandsmitglied des Vereins Nürnberger Steuergespräche e.V. (NSG) (seit 2010)

Prof. Dr. Alexander Martin war im Jahr 2017 in verschiedene Gremien tätig, u. a.:

- Mitglied des Meeting Committee der European Mathematical Society (seit 2017)
- Mit-Herausgeber des Journal of Optimization Theory and Applications (seit 2016)
- Sprecher des SFB/TRR 154 „Mathematische Modellierung, Simulation und Optimierung am Beispiel von Gasnetzwerken“ (seit 2014)
- Mit-Herausgeber von EMS series in Industrial and Applied Mathematics (seit 2013)
- Mitglied von KoMSO - Committee for mathematical modeling, simulation, and optimization (seit 2012)
- Mit-Herausgeber des Vietnam Journal of Mathematics (seit 2011)
- Mitglied des Beirats von EURO Journal on Computational Optimization (seit 2011)
- Mitglied des Standing Committee der European Mathematical Society (seit 2010)
- Bereichsleiter von Optimization Online, www.optimization-online.org (seit 2010)

- Mit-Herausgeber von Discrete Optimization (seit 2009)
- Mit-Herausgeber von Mathematical Programming C (seit 2008)
- Ehrenamtliches Mitglied des BMBF Beirates „Mathematik“ (seit 2007)

Prof. Dr. Frauke Liers war im Jahr 2017 in verschiedenen Gremien tätig, u. a.:

- Mitglied des Vorstandes des SFB/TRR 154 „Modellierung, Simulation und Optimierung am Beispiel von Gasnetzen“ (seit 2017)
- Mitglied im Editorial Board der internationalen Zeitschrift „Optimization and Engineering“ (seit 2016)
- Studiendekanin, Department Mathematik, FAU (seit 2016)
- Mitglied im Editorial Board der internationalen Zeitschrift „Mathematical Methods of Operations Research“ (seit 2015)

Prof. Dr. Martin Schmidt war im Jahr 2017 in verschiedenen Gremien tätig, u. a.:

- Technical Editor der internationalen Zeitschrift “Mathematical Programming Computation”

PD Dr. Lars Schewe war im Jahr 2017 in verschiedenen Gremien tätig, u. a.:

- Technical Editor der internationalen Zeitschrift “Mathematical Programming Computation”

Die Arbeit von Mitarbeitern im Projekt Energiemarktdesign wurden im Jahr 2017 mit folgenden Preisen ausgezeichnet:

- Mirjam Ambrosius. Fakultätsfrauenpreis der Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät für das Forschungsprojekt Mathematische Modellierung des deutschen Strommarkts. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2017
- Mirjam Ambrosius. Einladung zum 6th Lindau Meeting on Economic Sciences (Lindau Nobel Laureate Meeting). Lindau, 22.08.2017 – 25.08.2017
- Sandra Kretschmer. Theodor-Wessels-Preis. Beste Abschlussarbeit im Bereich der Energiewirtschaft. The Environmental Effect of Green Electricity Consumption: An Econometric Analysis. Köln, 08.11.2017
- Vanessa Krebs. Energiepreis des EnCN e.V. für ihre Masterarbeit. Grundlagenbetrachtungen zur Modellierung von Energiemärkten. Nürnberg, 13.12.2017

6 Veröffentlichungen

- [1] Ambrosius M.; V. Grimm; C. Sölch; G. Zöttl (2018). Investment Incentives for Flexible Demand Options under Different Market Designs. Energy Policy. Bd. 118, S. 372–389. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.059>
- [2] Geißler B.; A. Morsi; L. Schewe; M. Schmidt (2018). Solving Highly Detailed Gas Transport MINLPs: Block Separability and Penalty Alternating Direction Methods. INFORMS Journal on Computing, Bd. 30, Nr. 2, S. 309–323. <http://dx.doi.org/10.1287/ijoc.2017.0780>
- [3] Geißler B.; A. Morsi; L. Schewe; M. Schmidt (2017). Penalty Alternating Direction Methods for Mixed-Integer Optimization: A New View on Feasibility Pumps. SIAM Journal on Optimization, Bd. 27, S. 1611–1636. <http://dx.doi.org/10.1137/16M1069687>
- [4] Grimm V.; M. Ambrosius; B. Rückel; C. Sölch; G. Zöttl (2017a). Modellierung von liberalisierten Strommärkten - Herausforderungen und Lösungen. Perspektiven der Wirtschaftspolitik, Bd. 18, Nr. 1. <http://dx.doi.org/10.1515/pwp-2017-0001>
- [5] Grimm V.; L. Schewe; M. Schmidt; G. Zöttl (2017b). Uniqueness of market equilibrium on a network: A peak-load pricing approach. European Journal of Operational Research, Bd. 261, Nr. 3, S. 971–983. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2017.03.036>
- [6] Grimm V.; T. Kleinert; F. Liers; M. Schmidt; G. Zöttl (2017c). Optimal price zones of electricity markets: a mixed-integer multilevel model and global solution approaches. Optimization Methods and Software. <http://dx.doi.org/10.1080/10556788.2017.1401069>
- [7] Grimm V.; A. Martin; M. Schmidt; M. Weibelzahl; G. Zöttl (2016a). Transmission and generation investment in electricity markets: The effects of market splitting and network fee regimes. European Journal of Operational Research, Bd. 254, Nr. 2, S. 493–509. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2016.03.044>

- [8] Gugat M.; G. Leugering; A. Martin; M. Schmidt; M. Sirvent; D. Wintergerst (2018a). MIP-based instantaneous control of mixed-integer PDE-constrained gas transport problems. *Computational Optimization and Applications*. Bd. 70, Nr. 1, S. 267–294. <http://dx.doi.org/10.1007/s10589-017-9970-1>
- [9] Gugat M.; G. Leugering; A. Martin; M. Schmidt; M. Sirvent; D. Wintergerst (2018b). Towards Simulation Based Mixed-Integer Optimization with Differential Equations. *Networks*, Bd. 72, Nr. 1, S. 60–83. <http://dx.doi.org/10.1002/net.21812>
- [10] Hante F.; G. Leugering; A. Martin; L. Schewe; M. Schmidt (2017). Challenges in Optimal Control Problems for Gas and Fluid Flow in Networks of Pipes and Canals: From Modeling to Industrial Applications. In *Industrial Mathematics and Complex Systems: Emerging Mathematical Models, Methods and Algorithms*, A. H. Manchanda Pammy; Lozi, René; Siddiqi, Hrsg. Singapore: Springer Singapore, S. 77–122.
- [11] Haußner M.; R. Ismer (2018). Betrieb von Stromspeichern durch Verteilernetzbetreiber: Eine Analyse des aktuellen Entflechtungsregimes und der geplanten Änderungen durch das Winterpaket der Europäischen Kommission. *EnWZ - Zeitschrift für das gesamte Recht der Energiewirtschaft*. Bd. 7, Nr. 13, S. 51–59.
- [12] Krebs V.; L. Schewe; M. Schmidt (2018). Uniqueness and Multiplicity of Market Equilibria on DC Power Flow Networks. *European Journal of Operational Research*. Bd. 271, Nr. 1, S. 165–178. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.016>
- [13] Krebs V.; M. Schmidt (2018). Uniqueness of Market Equilibria on Networks with Transport Costs. *Operations Research Perspectives*. Bd. 5, S. 169–173. <http://dx.doi.org/10.1016/j.orp.2018.05.002>
- [14] Leugering G.; A. Martin; M. Schmidt; M. Sirvent (2017). Nonoverlapping Domain Decomposition for Optimal Control Problems governed by Semilinear Models for Gas Flow in Networks. *Control and Cybernetics*. Bd. 46, S. 191–225.
- [15] Mehrmann V.; M. Schmidt; J. Stolwijk (2017). Model and Discretization Error Adaptivity within Stationary Gas Transport Optimization. *Vietnam Journal of Mathematics*.
- [16] Schmidt M.; M. Sirvent; W. Wollner (2017a). A Decomposition Method for MINLPs with Lipschitz Continuous Nonlinearities. *Mathematical Programming*. <http://dx.doi.org/10.1007/s10107-018-1309-x>
- [17] Schmidt M.; u. a. (2017b). GasLib—A Library of Gas Network Instances. *Data*, Bd. 2, Nr. 4, S. 40. <http://dx.doi.org/10.3390/data2040040>

Preprints und eingereichte Arbeiten:

- [18] Grimm V.; S. Kretschmer; S. Mehl (2018). Drivers for the Adoption of Domestic Electricity Storage. Working Paper, FAU Erlangen-Nürnberg.
- [19] Grimm V.; A. Martin; C. Sölch; M. Weibelzahl; G. Zöttl (2018a). Market-based Redispatch May Result in an Inefficient Dispatch. Working Paper, FAU Erlangen-Nürnberg, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3120403
- [20] Grimm V.; B. Rückel; C. Sölch; G. Zöttl (2018b). Regionally differentiated network fees to provide proper incentives for generation investment. Working Paper, FAU Erlangen-Nürnberg, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3120476
- [21] Grimm V.; J. Grübel; L. Schewe; M. Schmidt; G. Zöttl (2017d). Nonconvex Equilibrium Models for Gas Market Analysis: Failure of Standard Techniques and Alternative Modeling Approaches. <https://opus4.kobv.de/opus4-trr154/frontdoor/index/index/docId/220>
- [22] Grimm V.; L. Schewe; M. Schmidt; G. Zöttl (2017e). A Multilevel Model of the European Entry-Exit Gas Market. http://www.optimization-online.org/DB_HTML/2017/05/6002.html
- [23] Groß M.; M. E. Pfetsch; L. Schewe; M. Schmidt; M. Skutella (2017). Algorithmic Results for Potential-Based Flows: Easy and Hard Cases. <https://opus4.kobv.de/opus4-trr154/frontdoor/index/index/docId/153>
- [24] Hante F.; M. Schmidt (2017). Complementarity-Based Nonlinear Programming Techniques for Optimal Mixing in Gas Networks. http://www.optimization-online.org/DB_HTML/2017/09/6198.html
- [25] T. Kleinert und M. Schmidt (2018). Global Optimization of Multilevel Electricity Market Models Including Network Design and Graph Partitioning. http://www.optimization-online.org/DB_HTML/2018/02/6460.html

- [26] A. Kramer, V. Krebs, und M. Schmidt (2018). Strictly and Γ -Robust Counterparts of Electricity Market Models: Perfect Competition and Nash-Cournot Equilibria. http://www.optimization-online.org/DB_HTML/2018/07/6709.html
- [27] M. Robinius, L. Schewe, M. Schmidt, D. Stolten, J. Thürauf, und L. Welder (2018). Robust Optimal Discrete Arc Sizing for Tree-Shaped Potential Networks. http://www.optimization-online.org/DB_HTML/2018/02/6447.html

7 Ausgerichtete Workshops

- [1] Vierteljahrestreffen für das Projekt Energiemarktdesign, am EnCN Nürnberg, 31.07.2017 & 27.10.2017
- [2] KickOff-Veranstaltung des EnCN²-Projektes „Energiemarktdesign“, am EnCN Nürnberg, 05.05.2017
- [3] Young Energy Economists and Engineers Seminar (YEEES). Zweitägiges Seminar mit 17 Präsentation von Doktoranden der Energiewirtschaft aus ganz Europa, <http://yeees.eui.eu/nuremberg-2017/>, am EnCN Nürnberg, 27.04.2017 – 28.04.2017
- [4] 3. Nürnberg-München-Berlin Energy Workshop, Teilnehmer von: DIW Berlin, EnCN / FAU / ifo Institut / TU Berlin / TU München, an der FAU Erlangen-Nürnberg und am EnCN, 16.02.2017 – 17.02.2017

8 Gutachten

- [1] Grimm V.; G. Zöttl; C. Sölch (2017). Regionalkomponenten bei der EE-Vergütung. Gutachten im Auftrag der Monopolkommission in Vorbereitung des 77. Sondergutachtens Energie2017 der Monopolkommission.
- [2] Grimm V.; G. Zöttl; M. Ambrosius; B. Rückel; C. Sölch; gemeinsam mit der Prognos AG (2016b). Dezentralität und zellulare Optimierung - Auswirkungen auf den Netzausbaubedarf. Gutachten im Auftrag der N-ERGIE AG.
- [3] Ismer R (2017). Stellungnahme und öffentliche Anhörung zu dem Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Energie- und des Stromsteuergesetzes (Drsn. 18/11493, 18/11927) sowie zu einem von der Fraktion DIE LINKE. gesondert eingebrachten Änderungsantrag. Finanzausschuss des Deutschen Bundestages. 15.05.2017.

9 Vorträge und Poster

- [1] Ambrosius M. Price Zones and Investment Incentives in Electricity Markets: An Application of Multi-Level Optimization with Graph Partitioning. Interne EnCN Konferenz, Nürnberg, 13.12.2017
- [2] Ambrosius M. Optimal Price Zones for the German Electricity Market. 15th IAEE European Conference, Wien, 05.09.2017
- [3] Ambrosius M. Investment Incentives for Flexible Demand Options under Different Market Designs. V International Academic Symposium - Challenges for the Energy Sector, Barcelona, 07.02.2017
- [4] Egerer J. National-strategic transmission investment and zonal pricing. 15th IAEE European Conference, Wien, 06.09.2017
- [5] Egerer J. Modeling inefficiencies in booking-based gas markets. 21st Conference of the International Federation of Operational Research Societies (IFORS 2017), Quebec Stadt, 18.07.2017
- [6] Egerer J. Transmission and generation investment for a core market region within a larger electricity market. Interne EnCN Konferenz, Nürnberg, 13.12.2017
- [7] Grimm V. Expertengespräch: Investitionen im Strommarkt: Was kostet die Energiewende? mit Grimm V und P. Graichen. 25. Handelsblatt Jahrestagung Energiewirtschaft 2018, Berlin, 25.01.2017
- [8] Grimm V. Transmission and Generation Investment in Liberalized Electricity Markets. DICE Research Seminar, HHU Düsseldorf, Düsseldorf, 07.02.2017
- [9] Grimm V. Präsentation des EnCN-Projekts „Energiemarktdesign“. Fachbeiratssitzung des EnCN, Nürnberg, 17.03.2017
- [10] Grimm V. Transmission and Generation Investment in Liberalized Electricity Markets. Texas A&M University at Qatar, Doha, 04.04.2017
- [11] Grimm V. Regionalkomponenten bei der EE-Vergütung. Monopolkommission, Bonn, 19.06.2017

- [12] Grimm V. System-optimal expansion of renewables in Germany: A model-based analysis of regionally differentiated tariffs. Seminar on Energy and Environmental Economics Munich (SEEM) at TUM, München, 22.06.2017
- [13] Grimm V. Dezentralität und Zellulare Optimierung. 8. Forum Energiewende, Siemens, Erlangen, 05.07.2017
- [14] Grimm V. Energiemarktdesign am EnCN. Interne EnCN Konferenz, Nürnberg, 13.07.2017
- [15] Grimm V. Regionalkomponenten bei der EE-Vergütung. Lange Nacht der Wissenschaft in Nürnberg, Nürnberg, 21.10.2017
- [16] Grimm V. Regionalkomponenten bei der EE-Vergütung. Keynote auf der EnCN-Jahrestagung, Nürnberg, 13.12.2017
- [17] Grübel J. Welfare optimal nominations in passive gas networks and associated equilibria. 21st Conference of the International Federation of Operational Research Societies (IFORS 2017), Quebec Stadt, 17.07.2017
- [18] Grübel J. Natural gas in Germany: Perspectives on market design and network infrastructure. Bayerisch-Russische Fachkonferenz „Wirtschaftswissenschaften“, Nürnberg, 10.11.2017
- [19] Grübel J. Evaluating capacities and welfare optimal nominations in gas networks. Workshop „Energiemarktmodellierung“, am EnCN Nürnberg, Nürnberg, 17.02.2017
- [20] Haußner M. Including Consumption of carbon-intensive Materials into Emissions Trading Schemes: An EU ETS Perspective. 23rd EAERE Conference, Athen, 01.07.2017
- [21] Haußner M. Structure of Public Innovation Support. Workshop on Policy Design for a Climate-Friendly Materials Sector, DIW Berlin, Berlin, 23.01.2017
- [22] Ismer R. Aktuelles aus der Rechtsprechung (Podiumsdiskussion). Aktuelle Entwicklungen im Energie- und Stromsteuerrecht. 8. Deutscher Energiesteuertag, BDI, Berlin, 15.12.2017.
- [23] Ismer R. Konsumabgabe auf CO₂-intensive Grundstoffe. Berlin Seminar on Energy and Climate Policy, DIW Berlin, Berlin, 17.10.2017
- [24] Ismer R. Structure of Public Innovation Support. Workshop on Policy Design for a Climate-Friendly Materials Sector, DIW Berlin, Berlin, 23.01.2017
- [25] T. Kleinert. Evaluating alternative market designs in electricity markets: a mixed-integer multilevel optimization model and global solution techniques. International Conference on Operations Research, Berlin, 06.09.2017
- [26] T. Kleinert. Mathematical Challenges in Energy Market Design. Interne EnCN Konferenz, Nürnberg, 13.12.2017
- [27] S. Kretschmer. Drivers for the Adoption of Domestic Electricity Storage: A Case Study from Southern Germany. Interne EnCN Konferenz, Nürnberg, 13.12.2017
- [28] Martin A. Network Flow Problems with Physical Constraints. International Conference on Network Optimization, Lissabon, Portugal, 26.02.2017
- [29] Martin A. Mixed Integer Programming for Energy Networks. Shell Lecture, CAAM Colloquium, Rice University, Houston TX, USA, 06.03.2017
- [30] Martin A. Network Flow Problems with Physical Transport. International Symposium on Operations Research 2017, Berlin, 07.09.2017
- [31] Rückel B. Regionally differentiated Network Fees to provide proper Incentives for Generation Investments. 23. Workshop des GEE Student Chapter, München, 28.07.2017
- [32] Rückel B. Regionally differentiated Network Fees to provide proper Incentives for Generation Investments. Interne EnCN Konferenz, Nürnberg, 13.12.2017
- [33] Runge P. Economic comparison of different electrofuels for energy scenarios in 2035. Interne EnCN Konferenz, Nürnberg, 13.12.2017
- [34] Schewe L. Evaluating capacities and welfare optimal nominations in gas networks. Workshop „Energiemarktmodellierung“, am EnCN Nürnberg, Nürnberg, 17.02.2017
- [35] Schewe L. Penalty Alternating Direction Methods for Mixed-Integer Optimization: A New View on Feasibility Pumps. Workshop on Combinatorial Optimization, Aussois, 09.01.2017
- [36] Schewe L. Complexity of MINLPs from Gas Network Optimization. SIAM Conference on Optimization 2017, Vancouver, 23.05.2017
- [37] Schewe L. Penalty Alternating Direction Methods for Mixed-Integer Optimization: A New View on Feasibility Pumps. EUROPT 2017, Montreal, 13.07.2017

- [38] Schewe L. Solving Mixed-Integer Nonlinear Programs with hierarchical Mixed-Integer Linear Programming relaxations. IFORS 2017, Quebec Stadt, 18.07.2017
- [39] Schewe L. Wie Mathematik helfen kann, Gas-, Wasser- und Stromnetze besser zu planen. Unitag, Erlangen, 17.11.2017
- [40] Schmidt M. Mathematik für die Energiewende. Lange der Nacht der Wissenschaften, Nürnberg, 21.10.2017
- [41] Schmidt M. MIP-based instantaneous control of mixed-integer PDE-constrained gas transport problems. IFORS 2017, Quebec Stadt, 18.07.2017
- [42] Schmidt M. Penalty Alternating Direction Methods for Mixed-Integer Nonlinear Optimization. SIAM Conference on Optimization 2017, Vancouver, 24.05.2017
- [43] Schmidt M. Mathematical Optimization for Energy Networks. Advances in Renewable Energy Technologies (Texas A&M University at Qatar), Doha, 03.04.2017
- [44] Schmidt M. Optimal Price Zones of Electricity Markets: A Mixed-Integer Multilevel Model and Global Solution Approaches. Workshop Energiemärkte, Nürnberg, 16.02.2017
- [45] Schmidt M. Optimal Price Zones of Electricity Markets: A Mixed-Integer Multilevel Model and Global Solution Approaches. 21st Combinatorial Optimization Workshop, Aussois, 09.01.2017
- [46] Sölch C. The Impact of Market Design on Transmission and Generation Investment in Electricity Markets. IWF Doktorandenseminar, Nürnberg, 31.01.2017
- [47] Sölch C. Investitionsanreize in Erzeugungs- und Netzkapazität am Strommarkt: Die Rolle des Marktdesigns. Klausurtagung des Bund Naturschutz Hof, Wunsiedel, 17.02.2017
- [48] Sölch C. Investitionsanreize in Erzeugungs- und Netzkapazität am Strommarkt: Die Rolle des Marktdesigns. Bürgerdialog Stromnetz Expertenveranstaltung "Dezentrale Stromerzeugung und/oder Netzausbau?", Regensburg, 13.03.2017
- [49] Sölch C. The Impact of Market Design on Transmission and Generation Investment in Electricity Markets. 22nd Young Energy Economists and Engineers Seminar (YEEES), Nürnberg, 27.04.2017
- [50] Sölch C. Investitionsanreize in Erzeugungs- und Netzkapazität am Strommarkt: Die Rolle des Marktdesigns. Stadt & Kreis Coburg Expertenveranstaltung "Sind weniger Netze mehr?", Coburg, 26.07.2017
- [51] Sölch C. The Impact of Market Design on Transmission and Generation Investment in Electricity Markets. 15th IAAE European Conference, Wien, 05.09.2017
- [52] Thürauf J. Discrete Selection of Diameters within Tree-Shaped Pipeline Networks. Interne EnCN Konferenz, Nürnberg, 13.12.2017

10 Lehrveranstaltungen und Abschlussarbeiten

Lehrveranstaltungen an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg:

- [1] CMTS-Master-Seminar „Fünf Jahre nach Fukushima–Energiewende Quo Vadis: Dezentrale Antworten für eine globale Herausforderung?“ Prof. Dr. Veronika Grimm / Prof. Dr. Gregor Zöttl. Wintersemester 2016/2017
- [2] Seminar Energiemärkte. Prof. Dr. Veronika Grimm / Prof. Dr. Gregor Zöttl. Sommersemester 2017
- [3] Seminar Energy Markets. Prof. Dr. Veronika Grimm / Prof. Dr. Gregor Zöttl. Sommersemester 2017
- [4] Vorlesung Mikroökonomik. Prof. Dr. Veronika Grimm. Sommersemester 2017
- [5] Vorlesung Unternehmenssteuerrecht. Prof. Dr. Roland Ismer. Sommersemester 2017
- [6] Vorlesung Einkommensteuerrecht. Prof. Dr. Roland Ismer. Sommersemester 2017
- [7] Vorlesung Internationales Steuerrecht. Prof. Dr. Roland Ismer. Sommersemester 2017
- [8] Vorlesung Optimierung von Versorgungsnetzen. PD Dr. Lars Schewe / Prof. Dr. Martin Schmidt. Sommersemester 2017
- [9] Vorlesung Industrieökonomik (Bachelor). Prof. Dr. Gregor Zöttl. Sommersemester 2017
- [10] Vorlesung Industrieökonomik (Master). Prof. Dr. Gregor Zöttl. Sommersemester 2017
- [11] Vorlesung Quantitative Methods in Energy Market Modelling. Prof. Dr. Gregor Zöttl. Sommersemester 2017
- [12] Vorlesung Spieltheorie. Dr. Jonas Egerer. Wintersemester 2017/2018
- [13] Vorlesung Game Theory with Applications to Information Engineering. Prof. Dr. Veronika Grimm. Wintersemester 2017/2018

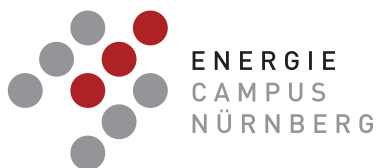
- [14] Vorlesung Grundlagen des Steuerrechts. Prof. Dr. Roland Ismer. Wintersemester 2017/2018
- [15] Vorlesung Abgabenordnung. Prof. Dr. Roland Ismer. Wintersemester 2017/2018
- [16] Vorlesung Umsatzsteuerrecht. Prof. Dr. Roland Ismer. Wintersemester 2017/2018
- [17] Seminar Principles of EU Tax Law. Prof. Dr. Roland Ismer. Wintersemester 2017/2018
- [18] Vorlesung Advanced Mathematics for Economists. Prof. Dr. Martin Schmidt. Wintersemester 2017/2018
- [19] Vorlesung Optimization in Industry and Economy. Prof. Dr. Martin Schmidt. Wintersemester 2017/2018
- [20] Vorlesung Einführung in die Energiewirtschaft. Prof. Dr. Gregor Zöttl. Wintersemester 2017/2018
- [21] Vorlesung Advanced Industrial Organization. Prof. Dr. Gregor Zöttl. Wintersemester 2017/2018

Betreute Bachelorarbeiten:

- [1] Umstellung des Fördersystems im Erneuerbare-Energien-Gesetz: wettbewerbliche Ausschreibung von Windenergiekapazitäten. Prof. Dr. Veronika Grimm
- [2] Kernkraft in Frankreich: Renaissance oder schleichender Ausstieg durch Erneuerbare. Prof. Dr. Veronika Grimm
- [3] Europäische Emissionsstandards für Kohlekraftwerke - ökonomische Analyse der Auswirkung auf den deutschen Strommarkt. Prof. Dr. Gregor Zöttl
- [4] Flexibilisierung von Nachfrage vs. Netzausbau in Verteilnetzen. Prof. Dr. Gregor Zöttl
- [5] EU-Winterpackage vs. Weißbuch der Energie - ein Vergleich. Prof. Dr. Gregor Zöttl
- [6] Ökonomische Analyse und Bewertung eines verringerten Energieverbrauchs durch Effizienzsteigerungen. Prof. Dr. Gregor Zöttl
- [7] Strukturelle Einflüsse eines gestiegenen Elektromobilitätsaufkommens. Prof. Dr. Gregor Zöttl
- [8] Die Entwicklung, Ausgestaltung und Einflussgrößen des europäischen Emissionszertifikatshandels seit Entstehung. Prof. Dr. Gregor Zöttl
- [9] Netzstabilitätsanlagen als eine Übergangslösung um Netzendpässe durch den Atomausstieg und den verzögerten Stromnetzausbau in Deutschland im Rahmen der Energiewende zu vermeiden. Prof. Dr. Gregor Zöttl
- [10] Förderung der erneuerbaren Energien nach EEG und Richtlinien zum Einspeisemanagement. Prof. Dr. Gregor Zöttl
- [11] Diskussion eines wissenschaftlichen Fachartikels zu „Regulation of network infrastructure investments“. Prof. Dr. Gregor Zöttl

Betreute Masterarbeiten:

- [1] Stochastische Optimierung zur Integration von Unsicherheiten in die Strommarktmodellierung: Auswirkungen unsicherer CO₂-Zertifikatspreise und Netzausbaukosten auf Investitionsentscheidungen im deutschen Strommarkt. Prof. Dr. Veronika Grimm
- [2] Stochastische Optimierung in der Strommarktmodellierung: Netzausbau und Erzeugungsinvestitionen unter Unsicherheit hinsichtlich der Ausgestaltung von Preiszonen. Prof. Dr. Veronika Grimm
- [3] Discrete Selection of Diameters for Constructing Optimal Hydrogen Pipeline Networks. PD Dr. Lars Schewe
- [4] Mathematische Modellierung von Stromnetzen: Ein Vergleich von AC und DC-Modell hinsichtlich Investitionsentscheidungen. Prof. Dr. Frauke Liers
- [5] On the uniqueness of competitive market equilibria on DC networks. Prof. Dr. Martin Schmidt
- [6] Instruments to meet international environmental policy goals and their impacts on energy markets. Prof. Dr. Gregor Zöttl
- [7] Electricity Pricing and Congestion Management Regimes. Prof. Dr. Gregor Zöttl
- [8] Die Anreizwirkung staatlicher Steuerungsinstrumente zur Reduzierung der Flottenemissionen in der Automobilbranche. Prof. Dr. Gregor Zöttl
- [9] Potential eines Stromspeichersystems auf Basis chemisch gebundenem Wasserstoffs für die deutsche Elektrizitätsversorgung im Jahr 2035. Prof. Dr. Gregor Zöttl
- [10] Eine Vorstellung und ökonomische Bewertung der neuen Regelungen des EEG. Prof. Dr. Gregor Zöttl



**ENERGIE
CAMPUS
NÜRNBERG**

Fürther Str. 250
90429 Nürnberg
Tel.: +49 911/56854-9120
Fax: +49 911/56854-9121
Email: info@encn.de
www.encn.de

Partner:



Unterstützt durch:



Wirtschaftsreferat

Gefördert durch:



Bayerische Staatsregierung