

# NETZAUSBAU UND MARKTMACHT – WIE MEHR INTEGRATION DIE WOHLFAHRT STEIGERT

Dipl.-Vw. Alexander ZERRAHN<sup>1</sup>, Dipl.-Ing. Daniel HUPPMANN<sup>2</sup>

## Motivation

Über die vergangenen zwanzig Jahre hat die Europäische Union die institutionelle Basis für einen gemeinsamen Markt für elektrische Energie geschaffen. Durch eine Reihe von Richtlinien wurde das Netz für wettbewerbliche Erzeugung geöffnet, worauf sich in der Folge regionale Strombörsen mit transparenten Großhandelspreisen entwickelten. Da Interkonnektoren zwischen Regelzonen jedoch ursprünglich zur Wahrung der Systemsicherheit errichtet worden sind, bleiben viele nationale Märkte noch fragmentiert. Dadurch werden die Möglichkeiten grenzüberschreitenden Wettbewerbs nicht ausgeschöpft. Gleichzeitig hatte in allen Mitgliedsstaaten, außer Polen, im Jahr 2010 der größte Kraftwerkseigner einen Marktanteil von mindestens 20%, in 10 Staaten über 70%. Dieses hohe Maß an Konzentration könnte durch weitere europäische Integration abgeschwächt werden, womit die mögliche Ausübung von Marktmacht gemindert und die Effizienz erhöht würde. Obwohl über verschiedene Formen des *Market Coupling* die institutionelle Grundlage vorliegt, fehlt es hierzu an ausreichender physischer Kapazität der Interkonnektoren. In unserer Studie untersuchen wir, inwieweit kostspieliger Netzausbau zwischen europäischen Ländern Wohlfahrtsgewinne durch reduzierte Marktmacht verspricht.

In ihrem wegweisenden Beitrag zeigten Borenstein et al. (2000) auf, dass in einem simplen Zwei-Knoten-Modell bereits eine Leitung mit vergleichsweise niedriger Kapazität genügt, um eine substantielle Wohlfahrtsverbesserung zu erreichen. Hierbei ist es irrelevant, dass die Leitungskapazität unter Umständen gar nicht ausreicht, um die Drohung mit hartem Wettbewerb tatsächlich zu verwirklichen. Für bestimmte Kapazitäten existiert andererseits gar kein Nash-Gleichgewicht. Aufbauend auf diesen Ideen analysieren wir das europäische Stromsystem und suchen nach dem optimalen Netzausbau im Hinblick auf dessen Wohlfahrtseffekt durch eine Verschärfung des Wettbewerbs.

Der Schwerpunkt der ökonomischen Literatur zu Marktmacht von Erzeugern im europäischen Kontext lag in jüngster Zeit eher auf Kraftwerksinvestitionen: So analysiert Léautier (2013) die Investitionsanreize strategischer Firmen unter verschiedenen Bepreisungssystemen für Übertragungskapazität aus theoretischer Perspektive. Pozo et al. (2013) widmen sich dieser Frage in einem numerischen Optimierungsmodell und wenden ihre Methodik auf kleinere Beispielnetze an. Schließlich behandeln Gebhardt und Höffler (2012) die Frage, ob verschiedene Großhandelspreise über Länder hinweg eher durch fehlende Interkonnektorkapazitäten oder mangelnde Anreize zum Wettbewerb resultieren. Dabei vergleichen sie einen theoretischen Benchmark mit den tatsächlichen Daten.

## Methodik

Wir schlagen ein dreistufiges Modell vor, in dem ein wohlfahrtsmaximierender Planer die Reaktion der strategischen Erzeuger auf einer Ausweitung der Netzkapazität antizipiert. Auf der untersten Stufe steht hierbei ein *Independent System Operator* (ISO), der den Einsatz wettbewerblicher Kraftwerke optimiert und sicherstellt, dass die Flüsse bei gegebenen Netzkapazitäten technisch möglich sind. Der ISO nimmt dabei den Netzausbau und die Erzeugung strategischer Kraftwerke als gegeben an. Letztere treten auf der zweiten Modellstufe untereinander in Mengenwettbewerb, wobei sie die Reaktionen des ISO einberechnen. Auf der obersten Stufe maximiert ein Systemplaner die Gesamtwohlfahrt. Dieser entscheidet über das Level des Netzausbaus und antizipiert dabei, inwieweit Änderungen der Netztopologie das Nash-Gleichgewicht auf den unteren Stufen beeinflussen. Seine Abwägung besteht zwischen wohlfahrtssteigernden Effekt reduzierter Marktmacht aufgrund höherer

---

<sup>1</sup> DIW Berlin, Mohrenstr. 58, D-10117 Berlin, 0049 (0)30 89789453, azerrahn@diw.de

<sup>2</sup> DIW Berlin, Mohrenstr. 58, D-10117 Berlin, 0049 (0)30 89789378, dhuppmann@diw.de

Netzkapazitäten und dem kostspieligen Ausbau einzelner Leitungen. Siehe Tabelle für eine schematische Darstellung des Spiels.

Stufe	Timing	Spieler	Entscheidungen
I	Netzausbau	<i>Wohlfahrtsmax. Planer</i>	Investition in Netzausbau
II	Spotmarkt	<i>Strategische Erzeuger</i>	Erzeugung an jedem Knoten
III		<i>ISO</i>	Dispatch wettbewerblicher Erzeuger, Last, Preise, Netzflüsse

Um dieses dreistufige Spiel zu lösen, folgen wir der Methodik von Ruiz et al. (2012) und ersetzen das Optimierungsproblem des ISO auf der untersten Stufe mittels Dualitätstheorie durch ein System von Gleichungen und Ungleichungen. Da wir eine elastische Nachfrage verwenden – eine wichtige Annahme zur Analyse von Marktmacht – erweitern wir hierbei den Ansatz aus der Literatur um Nichtkonvexitäten. Diese Nebenbedingungen der untersten Stufe bilden den Lösungsraum für das Cournot-Nash-Spiel der strategischen Erzeuger, für welches wir die KKT-Bedingungen herleiten. Da die KKT-Bedingungen bei diesem *Equilibrium Problem under Equilibrium Constraints* (EPEC) eine Vielzahl von Gleichgewichten beschreiben können, verwenden wir die erste Stufe des Spiels als Selektionsmechanismus: In einem *Mathematical Program under Equilibrium Constraints* (MPEC) optimiert der Systemplaner die Gesamtwohlfahrt über die Kosten des Netzausbaus und die daraus resultierenden Ergebnisse auf dem darunterliegenden Spotmarkt. Unser Ansatz wählt daher dasjenige Niveau des Netzausbaus, welches in einer *Second Best*-Lösung für die Wohlfahrt resultiert, gegeben, dass sich die Erzeuger strategisch verhalten.

### Vorläufige Ergebnisse

Wir haben unser Modell für die Testnetzwerke implementiert, die in Borenstein et al. (2000) vorgestellt sind und replizieren deren Ergebnisse: Für ausreichend große Leitungskapazität kann weiterer Netzausbau keinen Wohlfahrtsgewinn ermöglichen. Für kleinere Kapazitäten hingegen liegen keine Gleichgewichte vor und unser Modell schlägt einen Ausbau des Netzes bis hin zur Erreichung des Cournot-Nash-Gleichgewichts vor.

### Ausblick

Wir erweitern unser Modell auf einen europäischen Datensatz und implementieren es für eine stilisierte Repräsentation der *central western Europe* (CWE)-Region. Basierend auf einem ausführlichen Datensatz aggregieren wir hierzu das Höchstspannungsnetz, Erzeugungskapazitäten, sowie die Nachfrage. Neben der Ermittlung des wohlfahrtsoptimalen Niveaus des Netzausbaus, vergleichen wir die Modellergebnisse mit denen eines Benchmark-Falls ohne strategische Spieler: Aus dieser Perspektive analysieren wir in welchem Ausmaß Marktmacht zu Wohlfahrtsminderung führt und eine Erhöhung des Netzausbaus dieser entgegenwirken kann.

### Literatur

Borenstein, Severin, James Bushnell, and Steven Stoff, „The Competitive Effects of Transmissions Capacity in a Deregulated Electrical Industry“. *The RAND Journal of Economics*, Vol. 31, No. 2 (Summer, 2000), S. 294 – 325.

Gebhardt, Georg, Felix Höffler, “How competitive is cross-border trade of electricity? Theory and evidence from European electricity markets“. Working Paper (Juni 2012).

Léautier, Thomas-Olivier, “Fred Scheppe meets Marcel Boiteux and Antoine-Augustine Cournot: transmission constraints and strategic underinvestment in electric power generation“. *Toulouse School of Economics Working Papers* N. 13-432 (September 2013).

Pozo, David, Javier Contreras, and Enzo Sauma, “If you build it, he will come: Anticipative power transmission planning“. *Energy Economics* 36 (2013), S. 133-146.

Ruiz, Carlos, Antonio J. Conejo, and Yves Smeers, “Equilibria in an Oligopolistic Electricity Pool With Stepwise Offer Curves“. *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 27, No. 2 (2012), S. 752 – 761.