

# Eine modellgestützte Analyse der Entwicklung eines gekoppelten deutschen und französischen Elektrizitätsmarktes

Philipp Ringler, Andreas Bublitz, Dr. Massimo Genoese, Prof. Dr. Wolf Fichtner  
13. Symposium Energieinnovation, TU Graz, 13.02.2014

INSTITUT FÜR INDUSTRIEBETRIEBSLEHRE UND INDUSTRIELLE PRODUKTION ( IIP )  
Lehrstuhl für Energiewirtschaft (Prof. Fichtner)



# Agenda

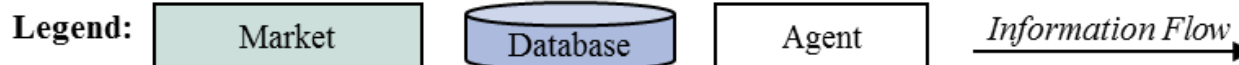
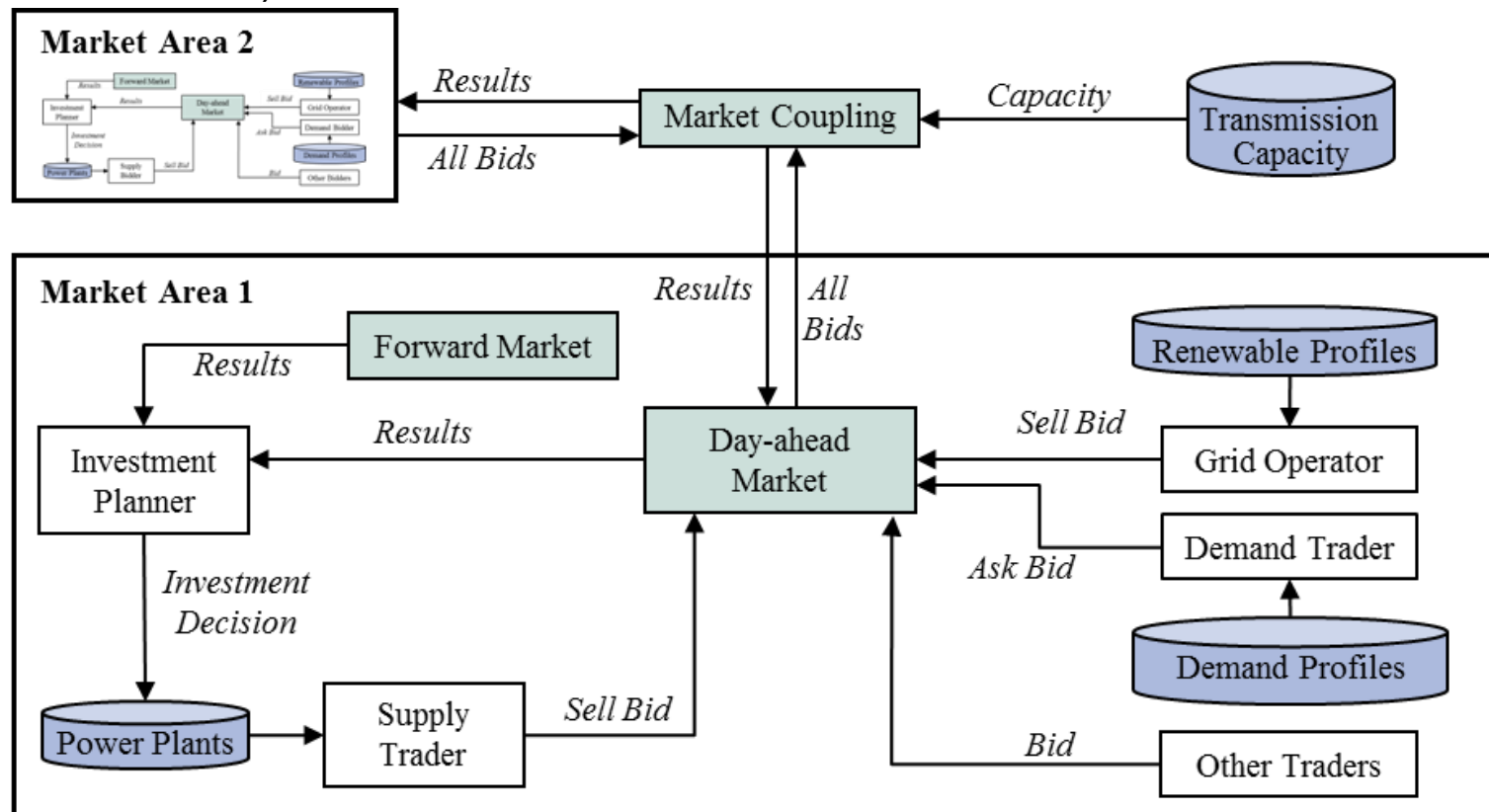
- Ausgangslage und Fragestellung
- methodischer Ansatz
- Daten
- ausgewählte Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

# Erzeugungssicherheit in gekoppelten Marktgebieten mit hoher EE-Einspeisung

- Ausgangslage
  - steigende Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien
  - Energy-only-Markt in den meisten europäischen Ländern
  - Vermarktung von Übertragungskapazitäten (z. B. im Rahmen des CWE Market Couplings)
  
- Erzeugungssicherheit in Elektrizitätsmärkten
  - jederzeitige Sicherstellung der **Nachfragedeckung durch zur Verfügung stehende Erzeugungsleistungen** (Roques 2008)
  - Besonderheiten: geringe Preiselastizität der Nachfrage, begrenzte Speichermöglichkeiten, ...
  
- Fragestellung
  - **Wie entwickelt sich Erzeugungssicherheit in gekoppelten Strommärkten bei steigender Einspeisung aus erneuerbaren Energien?**

# Überblick über *PowerACE*-Modell

- agentenbasiertes Simulationsmodell für Stromgroßhandelsmärkte (z. B. Genoise 2010)

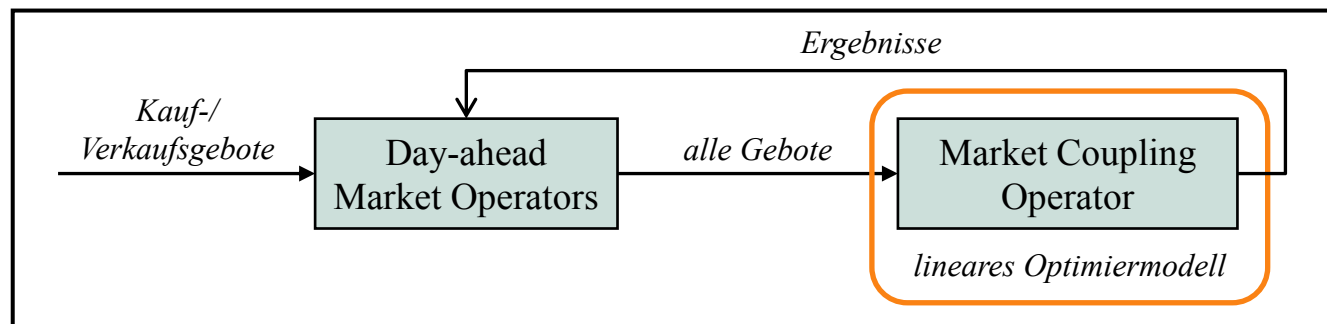


# Simulation eines Day-ahead-Marktkopplung

- Abgabe von Kauf-/Verkaufsgeboten auf lokalen Day-ahead-Märkten
- **optimierte Auswahl durch Betreiber einer zentralen Marktkopplung**
- Implementierung eines entsprechenden Markträumungsalgorithmus

## Grundlegender Ansatz

- lineares Optimierproblem
  - Zielfunktion: Maximierung der Gesamtrente (Wohlfahrt)
  - Entscheidungsvariablen: Gebotsannahme, Auslastung Übertragungskapazitäten
  - Nebenbedingungen: Nachfragedeckung, ausgeglichene lokale Energiebilanzen, begrenzte Übertragungskapazität



- **jährliche Kapazitätsausbauplanung** durch Investitionsagent in *PowerACE*
- Berechnung der Wirtschaftlichkeit der zur Auswahl stehenden Neubauoptionen

## Grundlegender Ansatz

- **Preisprognose** für Detailplanungszeitraum (1-5 Jahre) basierend auf Merit-Order-Modell des jeweiligen Marktgebietes
- Bestimmung des **Deckungsbeitrages** der Investitionsoptionen für vorgegebene Laufzeit (Reihe von Call-Optionen auf stündlichen “clean fuel” Spread)

$$db_{a,m} = \sum_h \max(p_{h,a} - c_{var,h}, 0)$$

- Berechnung des **Nettokapitalwerts**

$$C_{0,m} = -I_{0,m} + \sum_{a=1}^N (db_{a,m} - c_{fix,m})(1+z)^{-a}$$

mit

**p** Erlöse, **c** Kosten, **z** Diskontierungszinssatz, **N** Betriebszeit, **I** Investitionen

Indizes

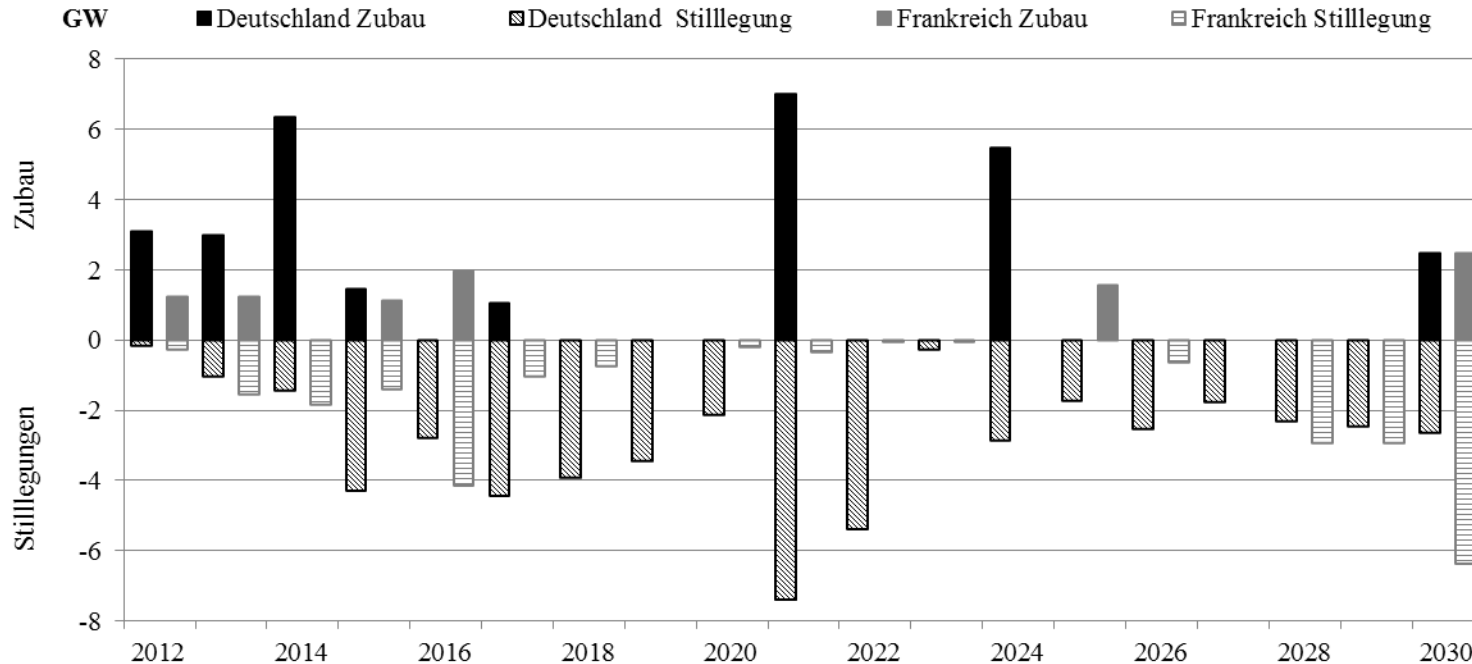
**m** Technologieoption, **h** Stunde, **a** Jahr, **f** fix, **var** variabel

# Überblick über verwendete Eingangsdaten

- Eingangsdaten in *PowerACE*, u.a.
  - Kraftwerke (*blockscharf*)
  - Elektrizitätsnachfrage: Nettoinlandsnachfrage inkl. Netzverluste (*stündlich*)
  - Einspeisung aus erneuerbaren Energien (*stündlich*)
  - Preise für Brennstoffe und CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikate (*täglich/jährlich*)
  
- Untersuchungsrahmen
  - Systemgrenzen (geographisch): Deutschland und Frankreich
  - Zeitraum: 2012-2030
  
- Datenquellen
  - historische Daten (soweit verfügbar) aus offiziellen Statistiken
  - Szenarien aus bestehenden Studien, u.a.
    - Deutschland: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2012)
    - Frankreich: Réseau de Transport d'Electricité (2013)

# Simulation von Neubauentscheidungen und Nachfragedeckung

## ■ Neubauentscheidungen in Basisszenario



## ■ Neubauinvestitionen werden getätigt, aber dennoch treten **Situationen mit nichtgedeckter Nachfrage** auf

- Sensitivität 1: Ausgleich durch Marktkopplung bzw. Ausbau Übertragungskapazitäten
- Sensitivität 2: ebenfalls Reduktion von Preisspitzen durch aktiven Speichereinsatz



- Zusammenfassung
  - agentenbasierter Ansatz zur Untersuchung von Aspekten der Erzeugungssicherheit in gekoppelten Marktgebieten
  
- Ergebnisse
  - Zubau von GuD-Kraftwerken bei entsprechenden Knappheitssignalen in Deutschland und Frankreich
  - Beitrag durch Marktkopplung zum Ausgleich extremer Situationen
  - **Anreize für Investoren für Neubauten bestehen, aber Nachfragedeckung unter getroffenen Annahmen in vereinzelen Stunden nicht vollständig möglich**
  
- Ausblick
  - weitere Analysen hinsichtlich der **Effekte von Marktkopplung** und **Simulation des Investitionsverhaltens**
  - Untersuchungsbedarf hinsichtlich des **Zusammenspiels verschiedener Flexibilisierungsoptionen** (z. B. Stromaustausch, Speicher, Nachfragesteuerung)
  - Vergleich mit Kapazitätsmechanismen in Elektrizitätsmärkten

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

## Fragen? Anregungen?

**Kontakt:**

Philipp Ringler, philipp.ringler@kit.edu, +49 721 608 44678

INSTITUT FÜR INDUSTRIEBETRIEBSLEHRE UND INDUSTRIELLE PRODUKTION ( IIP)  
Lehrstuhl für Energiewirtschaft (Prof. Fichtner)



# Quellen

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2012): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Online verfügbar unter [http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitstudie2011\\_bf.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitstudie2011_bf.pdf).
- Genoese, M. (2010): Energiewirtschaftliche Analysen des deutschen Strommarkts mit agentenbasierter Simulation. Baden-Baden: Nomos.
- Roques, F. A. (2008): Market design for generation adequacy: Healing causes rather than symptoms. In: Utilities Policy 16 (3), S. 171–183.
- Réseau de Transport d'Electricité (RTE) (2013): Actualisation du Bilan Prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France. Online verfügbar unter [http://www.rte-france.com/uploads/Mediatheque\\_docs/vie\\_systeme/annuelles/bilan\\_previsionnel/bilan\\_actualisation\\_2013\\_v2.pdf](http://www.rte-france.com/uploads/Mediatheque_docs/vie_systeme/annuelles/bilan_previsionnel/bilan_actualisation_2013_v2.pdf).