



House of
Energy Markets
& Finance



KoNeMaSim – Kopplung von Netz- und Marktsimulationen für die Netzplanung

B. Felten, T. Felling, C. Jahns, P. Osinski, C. Podewski, C. Weber

Exemplarische Ergebnisse

Essen, 09. April 2019

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Open-Minded

ASSOZIIERTER PARTNER:



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

STROMNETZE

Forschungsinitiative der Bundesregierung

Agenda

Vorstellung KoNeMaSim

1

Modellkonzept

2

Anwendungen und verbesserte Planungstools

3

Fazit

4

Vorstellung KoNeMaSim

1

Modellkonzept

2

Anwendungen und verbesserte Planungstools

3

Fazit

4

Vorstellung KoNeMaSim

Kopplung von Netz- und Marktsimulationen für die Netzplanung

▪ Arbeitsziele:

- Bestmögliche Abbildung
 - der Interdependenzen zwischen Netzausbau, Märkten und Netzbetrieb
 - moderner Netzbetriebsmittel
 - der Auswirkungen von fluktuierenden Wind- und Solareinspeisungen auf Märkte und Netzbetriebsführung
 - der internationalen Einbindung Deutschlands
 - der europäischen Integration von Märkten und Netzbetrieb
- Konzeption der Schnittstellen zwischen den Modellen und Entwicklung eines standardisierten Anwendungskonzepts
- Nachweis der Anwendbarkeit der entwickelten Verfahren durch Durchführung von Fallstudien



Vorstellung KoNeMaSim

1

Modellkonzept

2

Anwendungen und verbesserte Planungstools

3

Fazit

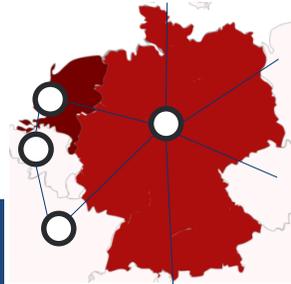
4

Allgemeine Modellidee

Arbeitsziel: Kopplung von Markt und Netz, aber wie?

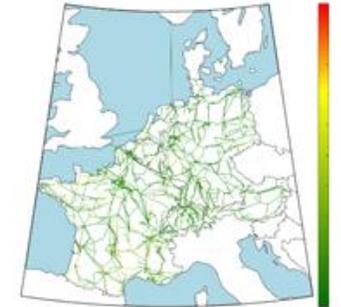
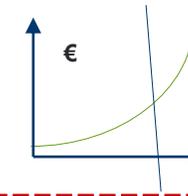
Option 1: Marktsimulation mit vereinfachtem Netz

- Intra-Day Markt
- Day-Ahead Markt
- Intertemporale Restriktion
- Optimierung der Wasserkraftwerke
- Wechselwirkungen mit Wärmemarkt
- ...



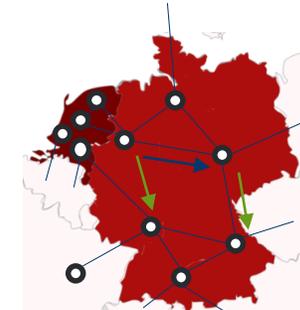
Option 2: Netzsimulation mit vereinfachtem Markt

- Lastfluss
- Optimal Power Flow (OPF)
- Ausfallanalyse
- ...



Gewählte Option: Gekoppelte Netz und Marktsimulation

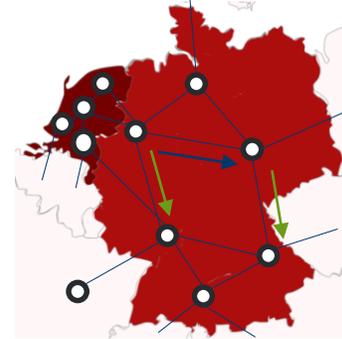
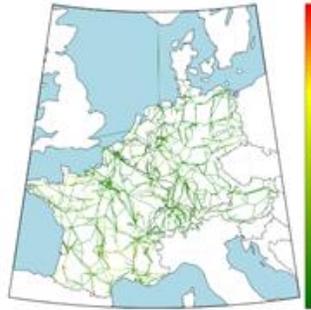
- Vorteile und Funktionsweisen beider Simulationen werden kombiniert
- Relevante Netzrestriktionen werden im detaillierten Netzmodell identifiziert und im Marktmodell genutzt
- Marktrestriktionen/Interdependenzen sind im gleichen Detailgrad enthalten wie vor der Marktkopplung



Wesentliche Ziele der Modellentwicklung

Verbesserung der Rechenzeit und Genauigkeit

- Genauigkeit: Reduktion des MAE der stündlichen Preise um 30%
- Rechenzeit: Reduktion um 50%



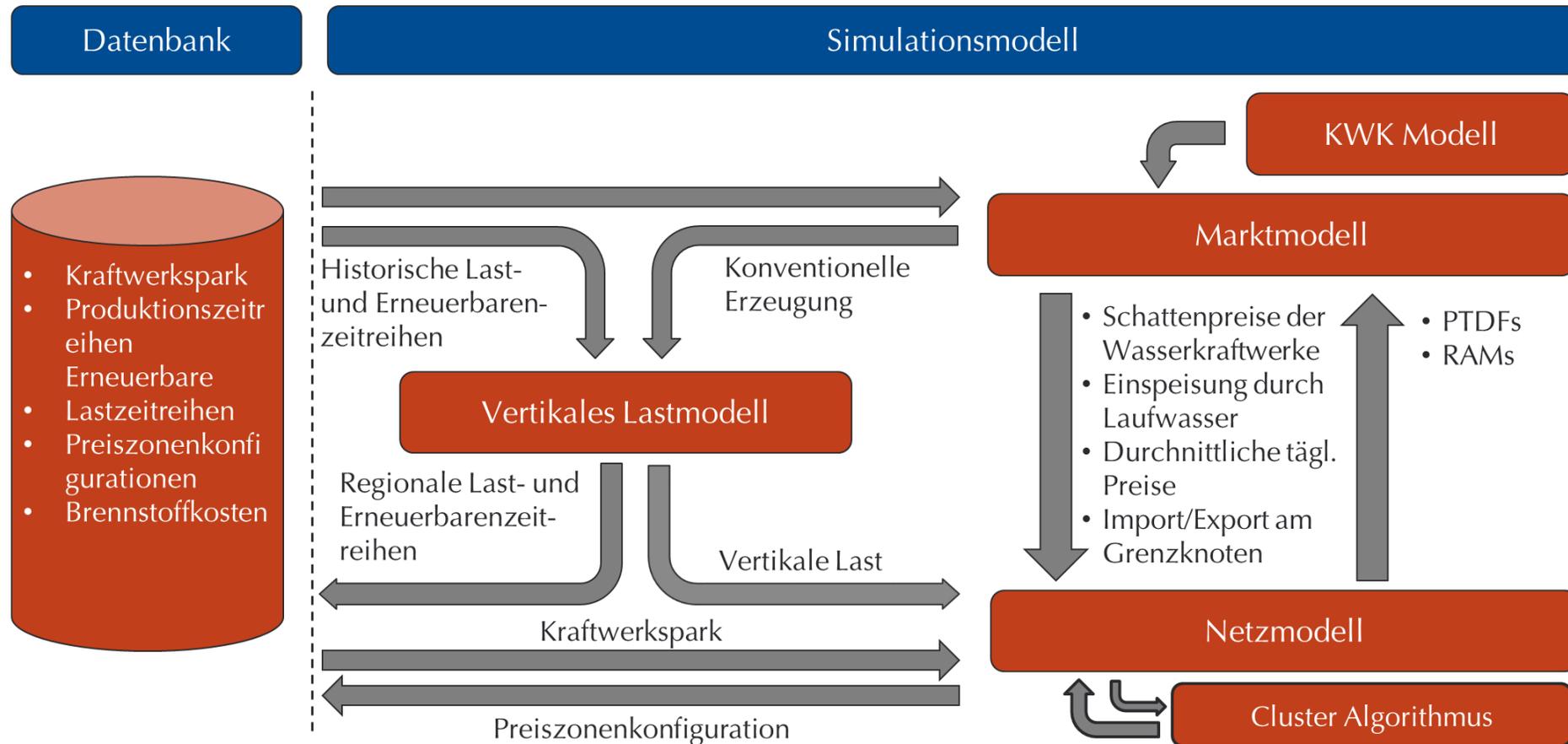
■ Inhaltliche Projektziele:

- Modellierung von FACTs und HGÜs
- Berücksichtigung von Prognosefehlern
- verbesserte Abbildung von hydrodominierten Systemen und KWK-Anlagen
- Modellierung von Flow-Based Market Coupling

■ Ziele zur leichteren Anwendbarkeit:

- Integriertes Datenhaltungskonzept
- automatisierte Schnittstellen zwischen den Modellen
- Verbesserung der Rechenzeit
- Konzept zur integrierten Benutzerführung

Gesamtmodellüberblick



Agenda

Vorstellung KoNeMaSim

1

Modellkonzept

2

Anwendungen und verbesserte Planungstools

3

Fazit

4

Vorstellung KoNeMaSim	1
Modellkonzept	2
Anwendungen und verbesserte Planungstools	3
Modellierung hydrodominierter Kraftwerkssysteme (AP D.2)	3a
Verbesserte Modellgenauigkeit - KWK-Modell (AP E.2)	3b
Abbildung alternativer Marktdesigns (AP A.2)	3c
Marktkopplung in zonalen Marktdesigns (APs A.1 und D.2)	3d
Fazit	4

Modellierung hydrodominierter Kraftwerkssysteme

Estimating bidding curves for hydro reservoirs for application in large-scale electricity market models

Jahns, C., Podewski, C., Weber, C. (2019). *Supply Curves for Hydro Reservoirs – Estimation and Usage in Large-Scale Electricity Market Models*.

HEMF Working Paper No. 01/2019.

Highlights:

- Ökonometrische Schätzung von Angebotskurven für Reservoirs auf Basis von:
 - Stündlichen Strompreisen
 - Abweichungen vom Medianfüllstand
 - Variablen Kosten eines typischen Kohlekraftwerks
- Integration der Angebotskurven ins Marktmodell (JMM)
- Die neue Modellierung führt u.a. im Vgl. zur vorherigen Modellierung zu einer erheblichen Reduktion des MAE der Preise

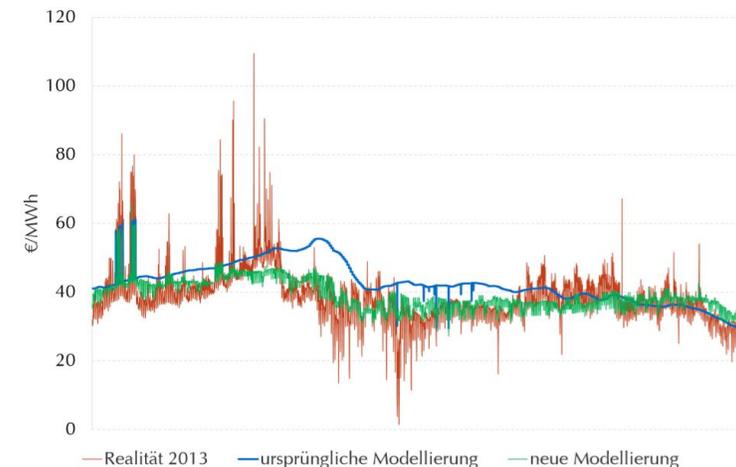
Berechnung der Angebotskurven
von Speicherwasserkraftwerken



Implementierung der Angebotskurven im Marktmodell



Resultierende Strompreise in Norwegen



Verbesserte Modellgenauigkeit - KWK-Modell

An Integrated Model of Coupled Heat and Power Sectors for Large-Scale Energy System Analyses

Felten, B. (2018). *An Integrated Model of Coupled Heat and Power Sectors for Large-Scale Energy System Analyses*.

HEMF Working Paper 2018.

Highlights:

- Abhängigkeiten der Wärmebereitstellung in Fernwärmenetzen werden erklärt, vor allem:
 - Wärmenachfrage
 - Zur Verfügung stehende Wärmelieferanten
 - Variable Nettowärmeerzeugungskosten
- Wärmebereitstellung führt zu Restriktionen im Strommarkt
- Signifikante Verbesserung der Modellergebnisse
- Verbesserung von Planungsprozessen möglich (Planung Netzausbau, Effekt von politischen Maßnahmen etc.)

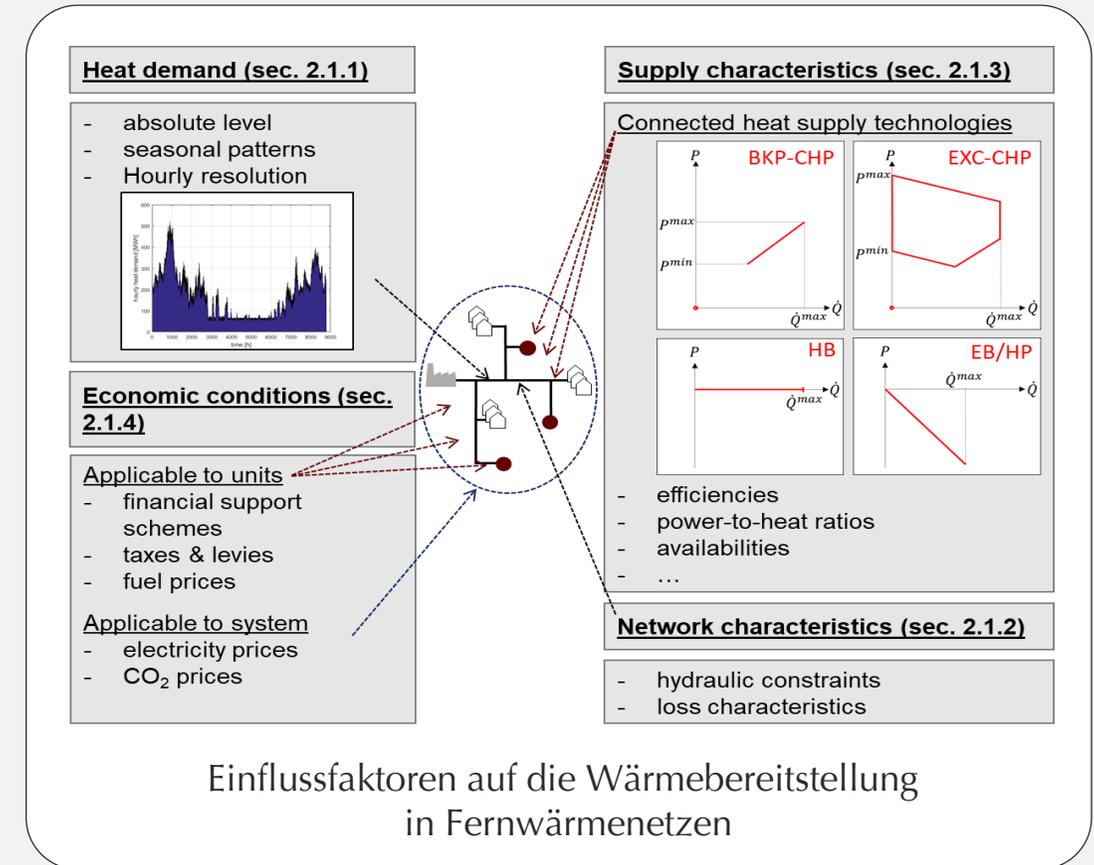


Abbildung alternativer Marktdesigns

Consistent and robust delimitation of price zones

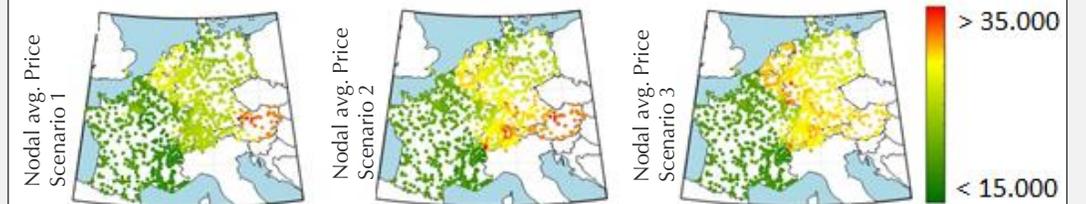
Felling, T., Weber, C., (2017). *Consistent and Robust Delimitation of Price Zones Under Uncertainty with an Application to Central Western Europe.*

Published in *Energy Economics*, Sep. 2018, Vol 75.

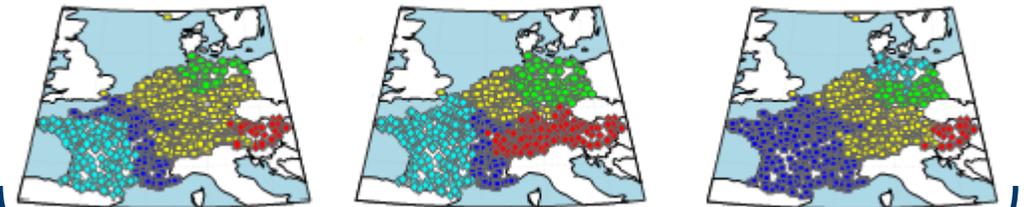
Highlights:

- Entwicklung eines Cluster-Algorithmus basierend auf Knotenpreisen
- Bestimmung der Preiszonenkongfigurationen, sodass Preisvarianzen innerhalb von Preiszonen minimiert werden
- Untersuchung der Preiszonen in verschiedenen Szenarien und Identifikation von „Robusten Preiszonenkongfigurationen“
- Preiszonen je nach Szenario mit unterschiedlichen Grenzen
- Preiszonen können an das Marktmodell übergeben werden (siehe weitere Veröffentlichungen)

Berechnung szenario-spezifische Knotenpreise

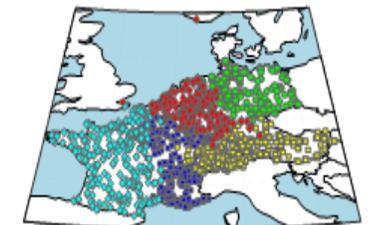


Clustern von Szenarien-spezifische Preiszonen:



Robuste Preiszonen:

- Szenarien-übergreifend
- Berücksichtigung aller betrachteten Unsicherheiten
- Basierend auf allen Knotenpreisen



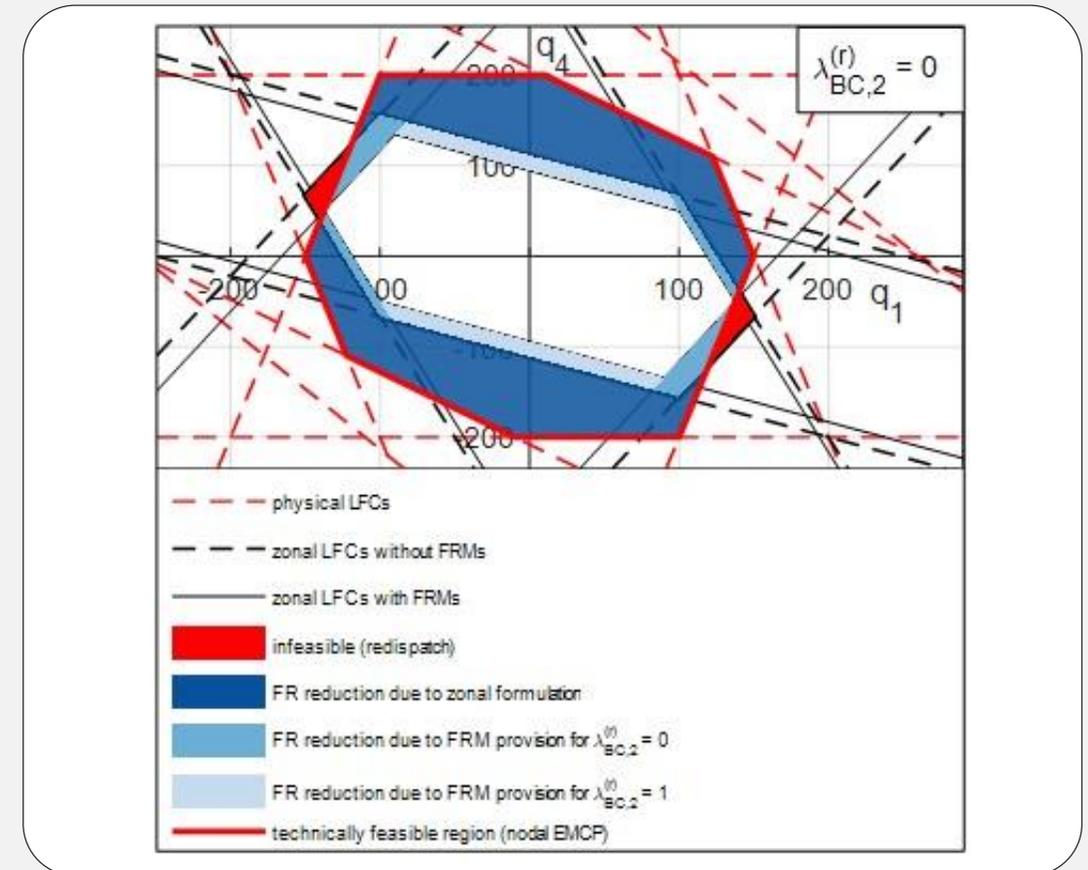
Marktkopplung in zonalen Marktdesigns (1/2)

Flow-Based Market Coupling Revised – Part I

Felten, B., Felling, T., Osinski, P., Weber, C. (2019). *Flow-Based Market Coupling Revised – Part I: Assessing Small- and Large-Scale Systems*. HEMF Working Paper 2019.

Highlights:

- Mehrstufiger Prozess des Flow-Based-Market-Couplings (FLB-MC) wird erläutert
- Prozessinhärente Unsicherheiten und Vereinfachungen werden analysiert und visualisiert
 - Einfluss von GSK-Konzept
 - Einfluss von Unsicherheiten des Base Cases
- **Folgen: Wohlfahrtsverluste und / oder Redispatch**
- Erläuterung der Abbildung von FLB-MC im Kontext von komplexen Strommarktmodellen, d.h. Modelle insb. mit folgenden Eigenschaften:
 - sehr viele Restriktionen (intertemporal, Must-Run, Reserve...)
 - europaweiter Abbildungsraum
 - teilweise FLB-, teilweise NTC-basierte Marktkopplung
 - rollierende Zeithorizonte (Day-Ahead, Intraday)



Marktkopplung in zonalen Marktdesigns (2/2)

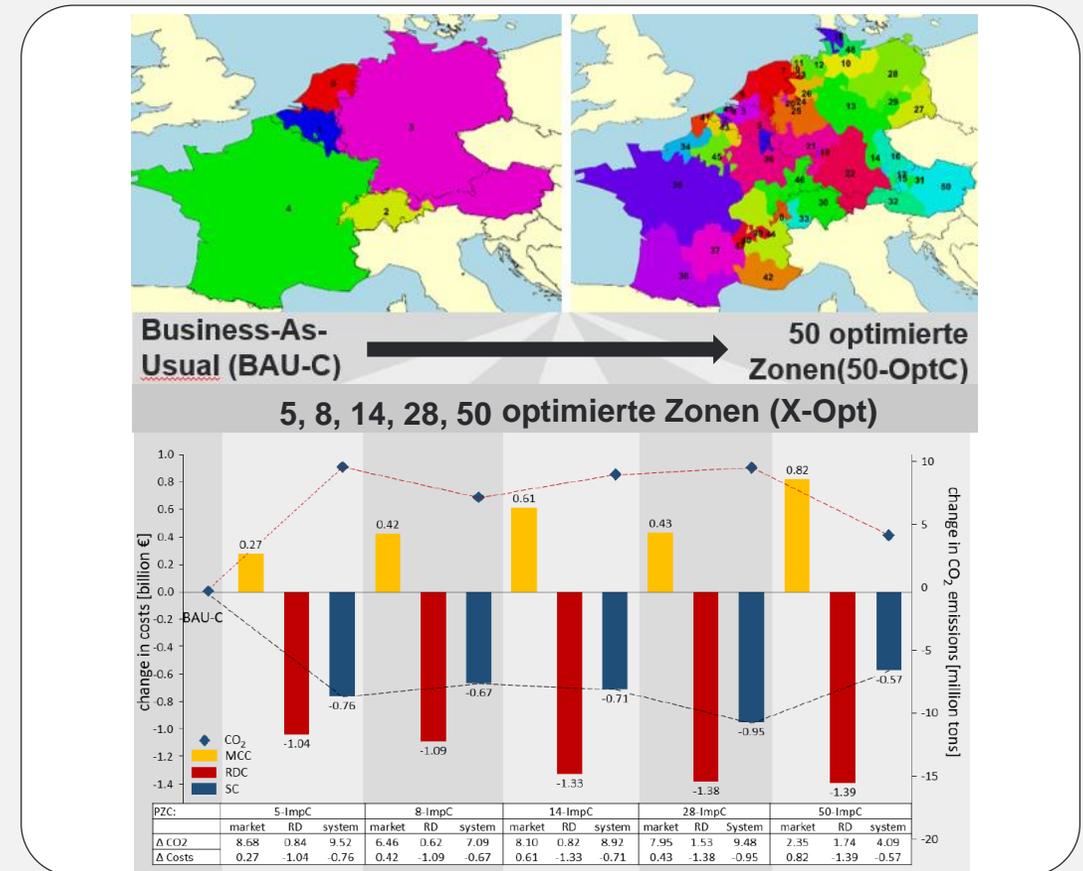
Flow-Based Market Coupling Revised – Part II

Felling, T., Felten, B., Osinski, P., Weber, C. (2019). *Flow-Based Market Coupling Revised – Part II: Improved Price Zones in Central Western Europe.*

HEMF Working Paper 2019.

Highlights:

- Der „Real-World“-Nutzen optimierter Gebotszonenzuschnitte wird bewertet
 - Möglichst realistisches Strommarktmodell
 - Nachgelagertes Redispatch-Modell
- Erzielbare Systemkostensparnis:
 - 950 Mio. €/a (bei 28 opt. Zonen)
- **Nicht** immer gilt: Je mehr Zonen, desto höher die Ersparnis



Agenda

Vorstellung KoNeMaSim

1

Modellkonzept

2

Exemplarische Anwendung: Konfiguration von Preiszonen

3

Fazit

4

- Im Projekt KoNeMaSim wurden Konzepte und Modelle entwickelt, die es ermöglichen, Netzplanungsprozesse zu verbessern und Aspekte des Strommarktdesigns zu untersuchen.
- Die entwickelten Modelllösungen werden bereits heute erfolgreich in der Praxis eingesetzt:
 - Wissenschaftliche Untersuchungen (siehe Anwendungen und verbesserte Planungstools)
 - Für/von Dritten durchgeführte Systemuntersuchungen und –planungen
- Die verbesserten Planungstools ermöglichen die Bestimmung von angemessenen Lösungen auf die Herausforderungen der Energiewende.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

B. Felten, T. Felling, C. Jahns, P. Osinski, C. Podewski, C. Weber

Universität Duisburg-Essen, Campus Essen
Universitätsstraße 12 | 45117 Essen

E-Mail
Web

konemasim@uni-due.de
www.hemf.net
<https://www.ewl.wiwi.uni-due.de>