

Beitrag zum 13. Symposium Energieinnovation

Ermittlung von Transitflüssen im Hochspannungsnetz durch mehrere Verknüpfungspunkte mit dem Übertragungsnetz

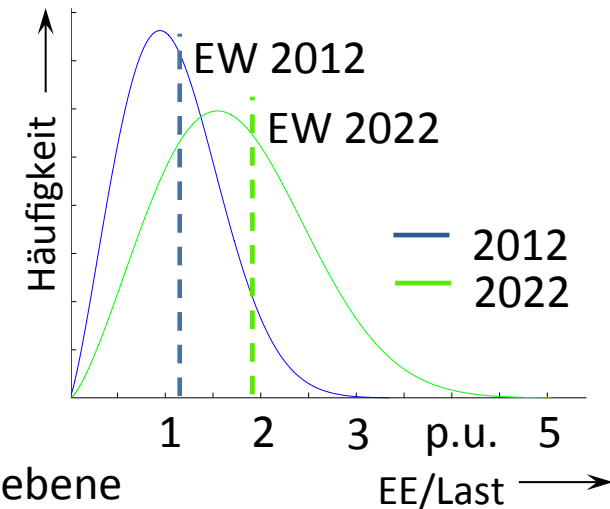
- Einleitung
- Modellbildung und Methodik
- Exemplarische Ergebnisse
- Fazit

M.Sc. Tobias van Leeuwen

Graz, 13.02.2014

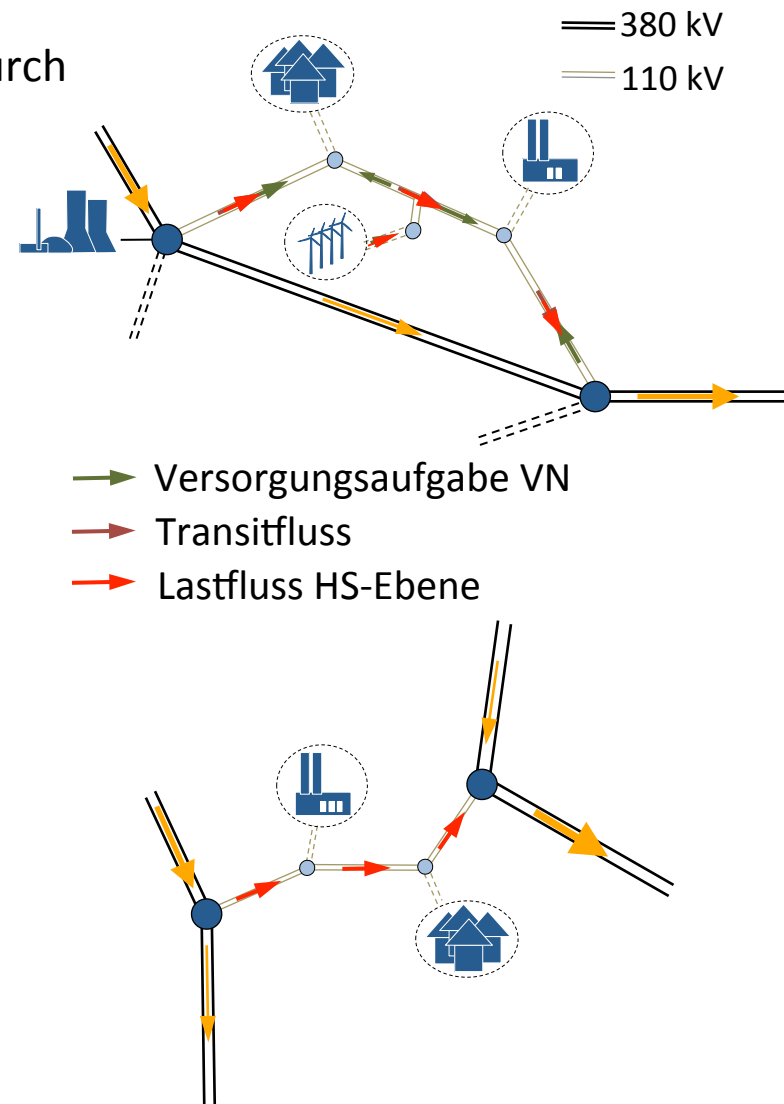
Einleitung

- Veränderungen im Verteilungsnetz
 - ◆ Massiver Zubau von EE-Anlagen
 - ◆ Anschluss größtenteils im Verteilungsnetz
- ➔ Veränderung des Wirk- und Blindleistungsverhaltens insbesondere in ländlichen Gegenden
- Entwicklungen nehmen Einfluss auf die Hochspannungsebene
 - ◆ EE-Anlagen auf HS-Ebene angeschlossen
 - ◆ Rückspeisung aus unterlagerten Spannungsebenen
- ➔ Ausbau des Hochspannungsnetzes aufgrund veränderter Netznutzung und zusätzlicher Belastung notwendig
- Stromtransite in der HS-Ebene können das Netz zusätzlich belasten und müssen bpsw. bei der Netzplanung berücksichtigt werden
- Bisher nur aggregierte Abbildung von Verteilungsnetzen
- ➔ Entwicklung eines deutschlandweiten integrierten HS/HöS-Netzmodells auf Basis öffentlicher Daten
- ➔ Quantifizierung von Transitflüssen in der Hochspannungsebene



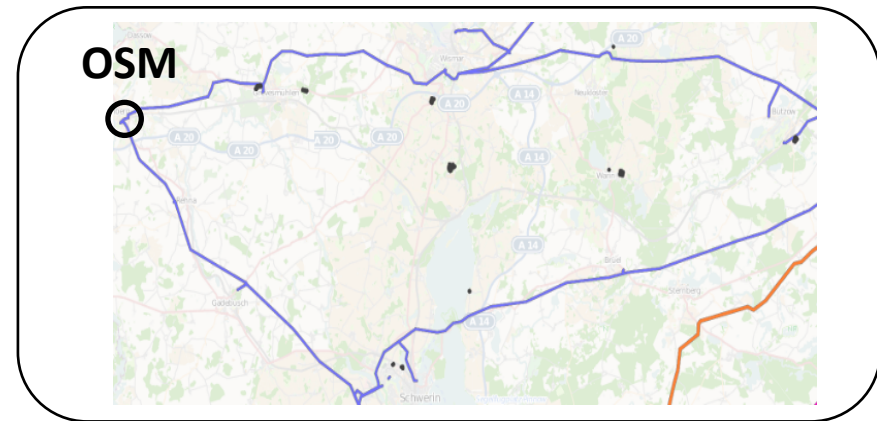
Transitflüsse in der Hochspannungsebene

- Transitflüsse in der HS-Ebene hervorgerufen durch elektrische Kopplung der HS- und HÖS-Ebene
- Überlagerung von Lastflüssen in der HS-Ebene
 - ◆ Versorgungsaufgabe des Verteilungnetzes
 - ◆ Transitflüsse
- ➔ Keine direkte Quantifizierung der Transitflüsse möglich
- Einflussgrößen auf Transitflüsse
 - ◆ Spannungsdifferenzen an HÖS-Knoten
 - ◆ Leitungsimpedanzen paralleler HÖS- und HS-Leitungen
 - ◆ Schaltzustand des HÖS- und HS-Netzes
- ➔ Große Abhängigkeit der individuellen Netztopologie
- ➔ Netzmodell der HÖS-/HS-Ebene und Bewertungsmethode zur Ermittlung von Transitflüssen erforderlich

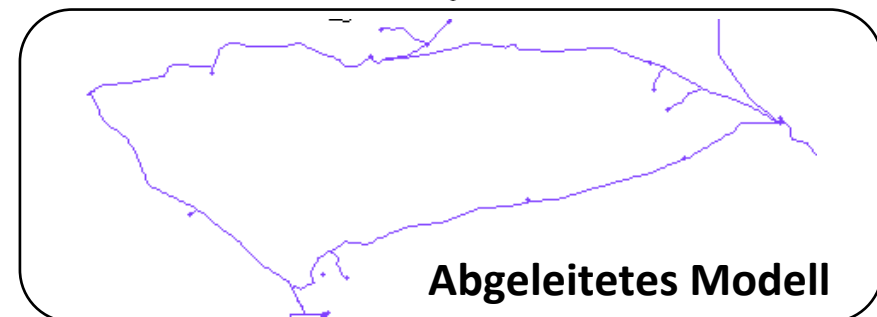
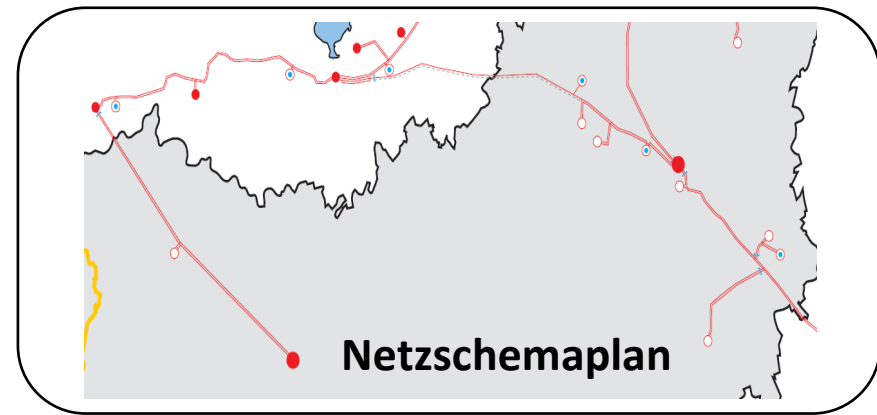


Netzmodell (i)

- Öffentliche Daten aus Openstreetmap
 - ◆ Allgemeines Knoten-Zweig-Modell
 - ◆ Wegpunktescharfer Trassenverlauf
- Zuordnung von Wegpunkten zu Zweigen
- Ermittlung relevanter Umspannwerke und Zuordnung zu Knotenpunkten
- Jedoch keine einheitliche Datenbasis vorhanden
- ➔ Überprüfung der Daten notwendig
- Netzschemaplan
 - ◆ §3 Abs. 1 (1) KraftNAV
„[...] eine laufend aktualisierte, übersichtliche Darstellung des Netzschemaplans zu veröffentlichen“
- ➔ Rechenbares Knoten-Zweig-Modell der deutschen HS-Ebene



+

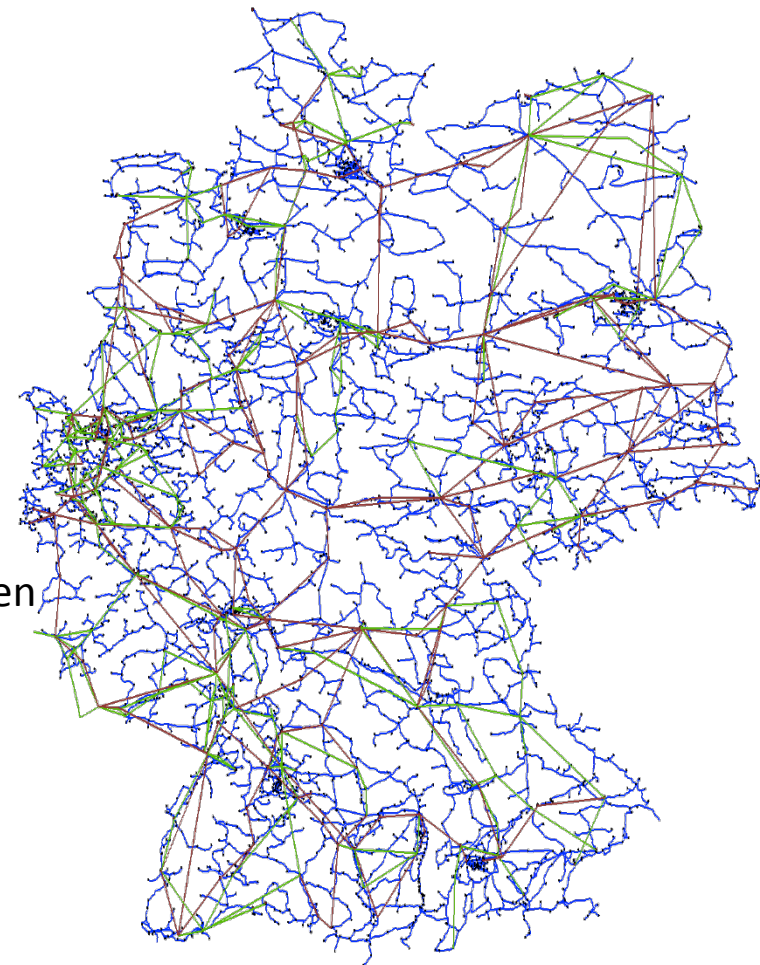


Netzmodell (ii)

- Parametrierung von Betriebsmitteltypen für Leitungen/Kabel
 - ◆ Standardbetriebsmittel
 - ◆ Veröffentlichungen von HS-VNB

 - Modellierung von HöS-/HS-Schaltanlagen
 - ◆ Identifizierung von Verknüpfungspunkten über Distanzen
 - ◆ Bemessungsscheinleistung von Transformatoren basierend auf unterlagerten Lasten
 - ◆ (n-1)-sicherer Anschluss

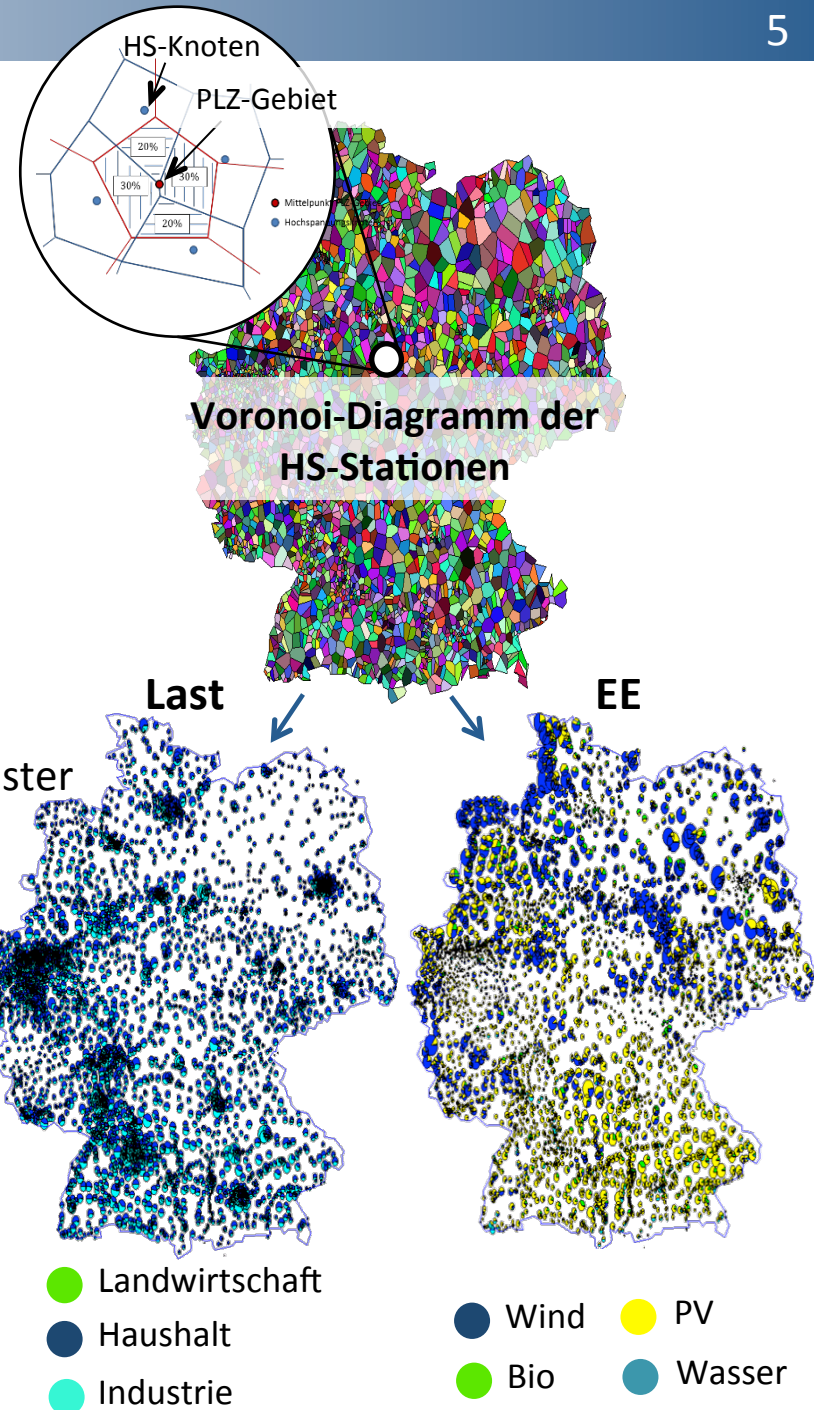
 - Hochspannungsnetzmodell
 - ◆ 87.000 km Leitungen
 - ◆ 4.000 HS-Schaltanlagen
- ➔ Nahezu vollständige Abbildung der Hochspannungsebene (ca. 92%)



— 110 kV — 220 kV — 380 kV

Netznutzung

- Ableitung der Netznutzung aus öffentlich verfügbaren Daten
 - **Lasten:**
 - ◆ Einwohnerzahl & Wertschöpfung pro Branche pro Landkreis aus Daten des statistischen Bundesamtes
 - ◆ Weitere Aufschlüsselung nach PLZ-Gebieten
 - **Erneuerbare Energien:**
 - ◆ PLZ-scharfe Zuordnung über EEG-Anlagenregister
 - **Konventionelle Kraftwerke:**
 - ◆ Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur
 - ◆ Anschlussort und Spannungsebene
- ➔ PLZ-scharfe Verteilung von EE-Einspeisung, Lasten und Kraftwerken
- ➔ Aggregation von Lasten und EEG-Anlagen auf HS-Knoten über Voronoi-Zerlegung



Quantifizierung von Transitflüssen

- Anwendung des Superpositionsprinzips
- Durchführung von jeweils zwei Netzsimulationen

1. Integriertes HS/HöS-Netz:

- ◆ Überlagerte Leistungsflüsse

$$\underline{I}_l^{HS} = \underline{I}_l^{TF} + \underline{I}_l^{oTF}$$

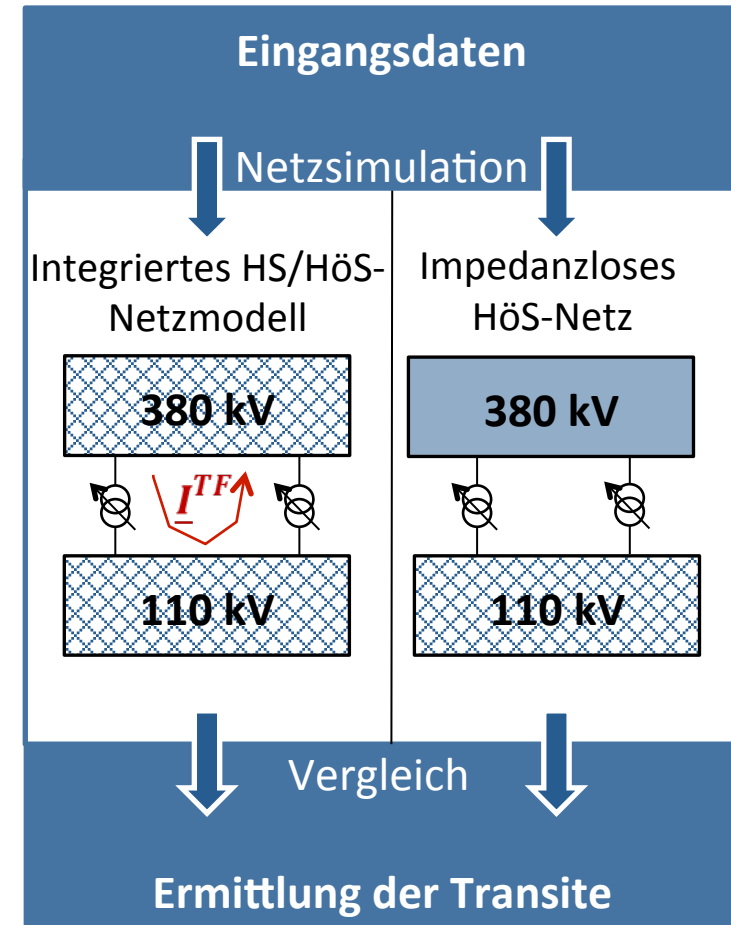
2. Impedanzlose Abbildung des HöS-Netzes

- ◆ Keine Spannungsdifferenzen an HöS-Knoten
- ◆ Leistungsfluss aus Versorgungsaufgabe des

$$\overset{VN}{\underline{I}_l^{HS}} = \underline{I}_l^{oTF}$$

- ➔ Transitfluss ergibt sich als Differenz der Leistungsflüsse beider Netzsimulationen
- ➔ Statistische Auswertung einer Jahressimulation

(8760h)



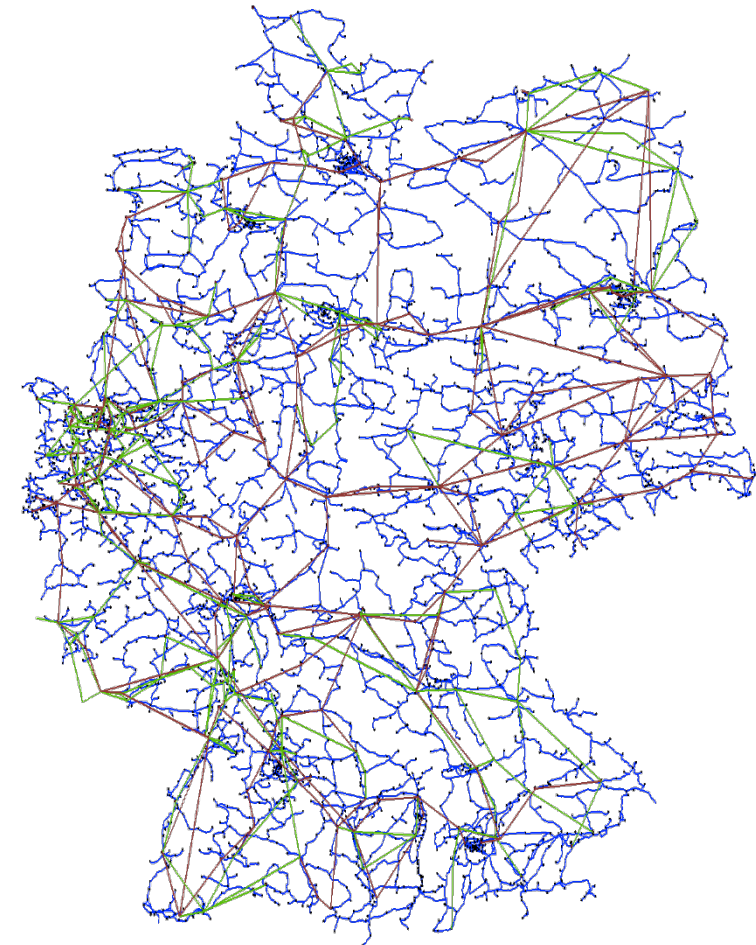
Überblick exemplarische Untersuchungen

- Betrachtungszeitraum (8760h in 2010)
- Kraftwerkseinsatz basierend auf einem am IAEW entwickelten Marktsimulationsverfahren
- Modell des integrierten Hoch- und Höchstspannungsnetzes

2010	Last	PV	Wind
P_{inst} [GW]	85	12,8	22,3

Untersuchungen

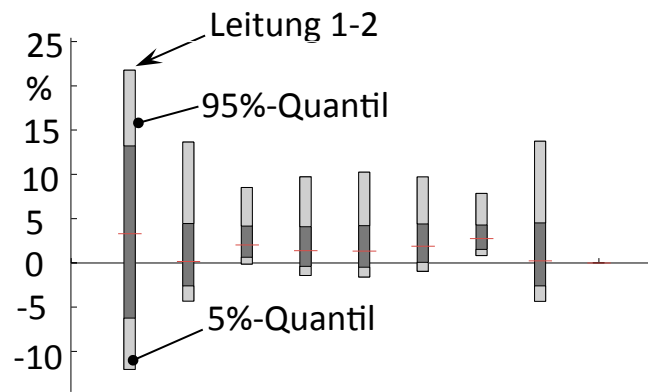
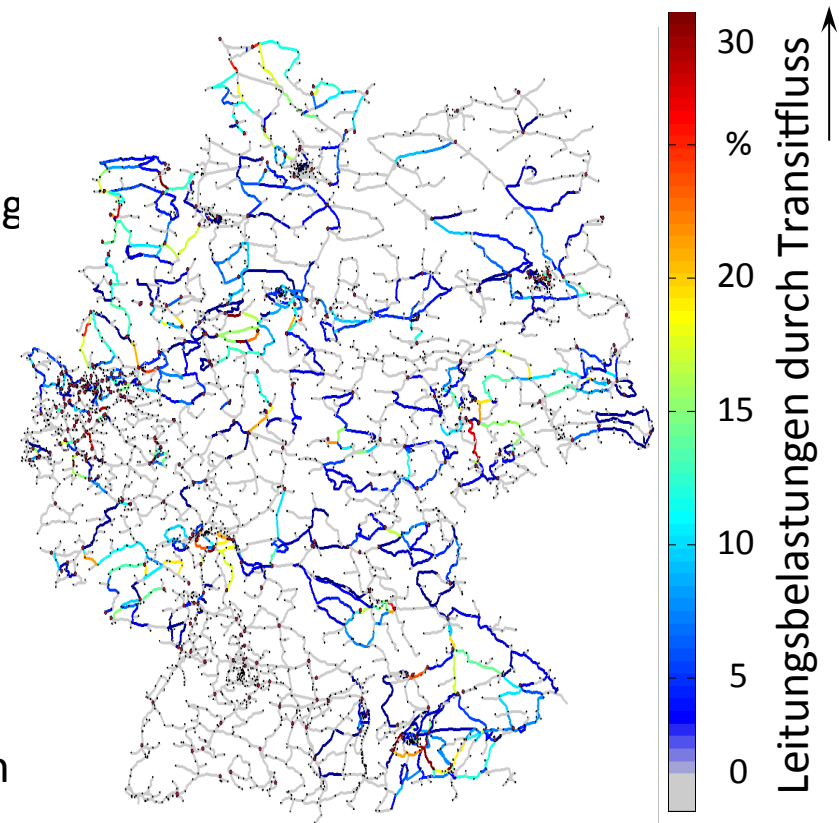
- Quantifizierung der Transitflüsse im Hochspannungsnetz
 - ◆ Gesamtdeutsche Simulation
 - ◆ Ausgewählter Hochspannungsnetzbereich



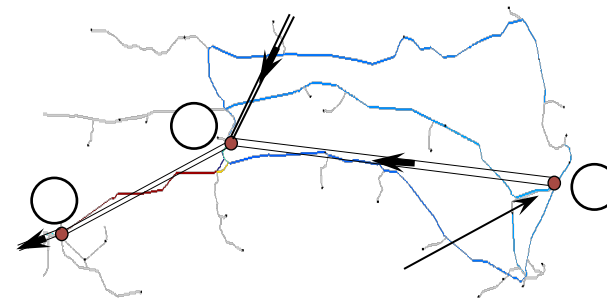
— 110 kV — 220 kV — 380 kV

Simulation der Transitflüsse

- Inhomogene Verteilung der Leitungsbelastung durch Transitflüsse
- Anteil des Transitflusses bis zu 30% der thermischen Tragfähigkeit der Leitung
- ➔ Starke regionale Variation der HS-Leitungsbelastungen durch Transitflüsse
- ➔ Abhängigkeit von Belastungen und von Netznutzung
- ➔ Transite müssen bei der Planung von Hochspannungsnetzen berücksichtigt werden



- 380 kV/110 kV-UW = 380 kV (220 kV)
- 110 kV-Station = 110 kV



Fazit

Ziel des Beitrags

Ermittlung von Transitflüssen im Hochspannungsnetz durch mehrere Verknüpfungspunkte mit dem Übertragungsnetz

Modellbildung und Methodik

- Einfluss der Energiewende auf den Netzausbaubedarf im Hochspannungsnetz erwartet
- Belastung des Hochspannungsnetzes durch Transitflüsse zu quantifizieren
- Modellierung des deutschen Hochspannungsnetzes und der Versorgungsaufgabe auf Basis öffentlicher Daten

Exemplarische Ergebnisse

- Teilweise hohe Transitflüsse in der HS-Ebene quantifizierbar
- Transitflüsse in der Hochspannungsebene sollten bei der Netzplanung von Höchst- und Hochspannungsnetzen berücksichtigt werden

FRAGEN UND DISKUSSION

Kontaktdaten

Tobias van Leeuwen

Forschungsgruppe: Versorgungsqualität & Regulierung

Tel: +49 (0) 241 80-96731

E-Mail: tl@iaew.rwth-aachen.de

<http://www.iaew.rwth-aachen.de>

BACKUP

Zuordnung Lasten

- Spezifische Jahreshöchstlast nach Verbrauchertypen (Quelle ÜNB)

Haushalte und Gewerbe	Industrie	Landwirtschaft
47,6 GW	35,7 GW	1,7 GW

- Lastanteil Innerstädtisch/Außerstädtische

	Haushalte und Gewerbe	Industrie	Landwirtschaft
Innerstädtisch	66%	10%	0%
Außerstädtisch	34%	90%	100%

- PLZ-Gebiete einer Stadt

