

# Modellierung der zukünftigen Netznutzung elektrischer Übertragungssysteme als stochastischer Prozess

Dr.-Ing. Simon Krahl,  
Andreas Moormann, Oliver Scheufeld, Albert Moser, FGH e.V.

14. Symposium Energieinnovation, Graz, 11. Februar 2016



# Hintergrund & Motivation

- **Veränderte Rahmenbedingungen für europäische Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB)**
  - Zunahme dargebotsabhängiger Erzeugungskapazitäten
  - Integration nationaler Märkte zu gemeinsamen europäischem Markt
- ➔ **Zunehmende Bedeutung von Unsicherheiten im Betriebsplanungsprozess**
- **Erfahrungswerte aus Vergangenheit zur Beherrschung prognostizierte Netzsituationen zukünftig nicht mehr ausreichend**
- ➔ **Gewährleistung der Netzsicherheit im Übertragungsnetz erschwert**
  
- **Herausforderungen im Übertragungsnetzbetrieb:**



**Wie kann Unsicherheit im aktuellen Betriebsplanungsprozess mit verfügbaren Daten berücksichtigt werden?**

# Berücksichtigung von Prognoseunsicherheiten (1/3)

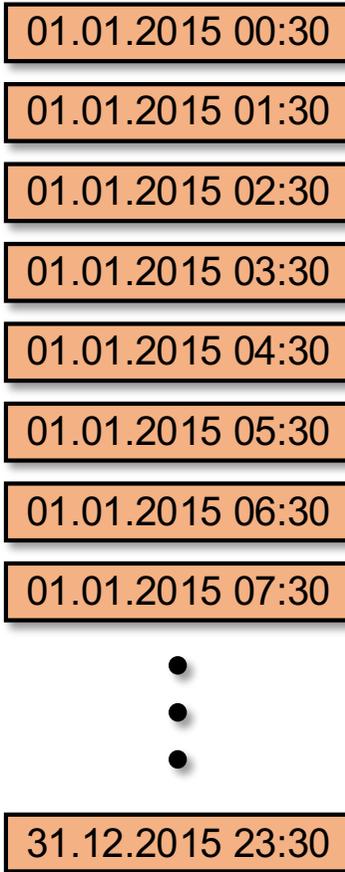
## Einleitung

- Aktueller Betriebsplanungsprozess
  - Deterministische & zeit-diskrete Prognose der zukünftigen Netznutzung
  - Fokus auf vortäglichen sog. „Day-Ahead Congestion Forecast“ (DACF)
- Bestimmung des quasi-stationären Systemzustands durch Zweigauslastungen und Knotenspannungen
- Unsicherheiten im Systemzustand wesentlich bestimmt durch Prognosefehler
  - Lastprognose
  - EE-Erzeugung
  - Stromhandel
- ➔ Berücksichtigung von Unsicherheiten erfordert geeignete Modellierung der Netznutzung
  - Basierend auf verfügbaren historischen Daten
  - Identifikation von Regelmäßigkeiten bzw. Periodizität in der Netznutzung

# Berücksichtigung von Prognoseunsicherheiten (2/3)

Herleitung stochastischer Prozess

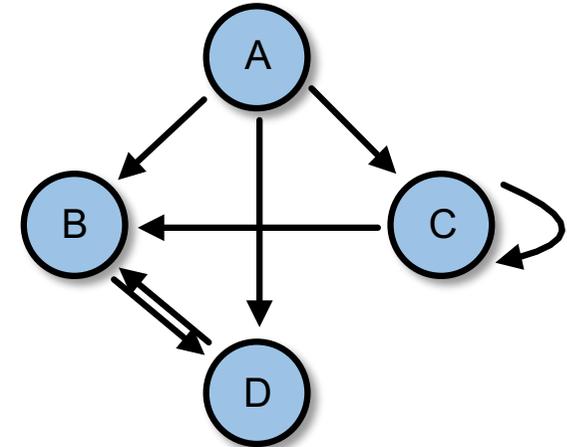
Historische Netznutzungsfälle (NNF)



Gruppierung von NNF



Homogene Markoff-Kette



→ Durchführung von Systemanalysen bzw. -berechnungen im Offline-Prozess zur schnellen Anwendung im Betriebsplanungsprozess

# Berücksichtigung von Prognoseunsicherheiten (3/3)

## Anwendung der Markoff-Kette im Betriebsplanungsprozess

- DACF: Vortägliche Prognose zeitlich aufeinander folgender NNF
- Zuordnung von prognostizierten NNF zu Markoff-Kette:

11.02.2016 01:30

11.02.2016 02:30

11.02.2016 03:30

11.02.2016 04:30

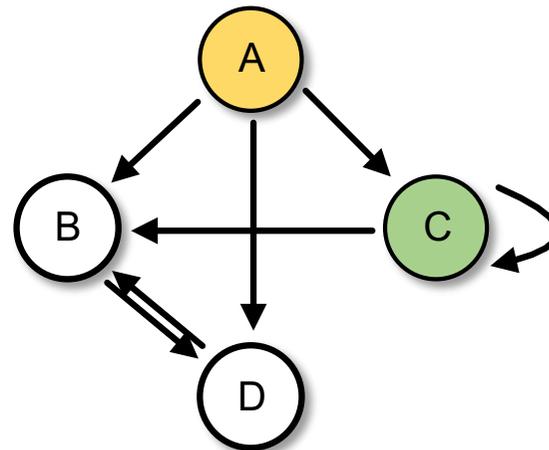
11.02.2016 05:30

11.02.2016 06:30

11.02.2016 07:30

•  
•  
•

11.02.2016 23:30



### Auswertung des qualitativen Beispiels:

- Deterministische Prognose aus DACF: Übergang Cluster A → C
  - Markoff-Kette basierend auf historischen Daten: Zusätzlicher Übergang von Cluster A → D
- Informationsgewinn

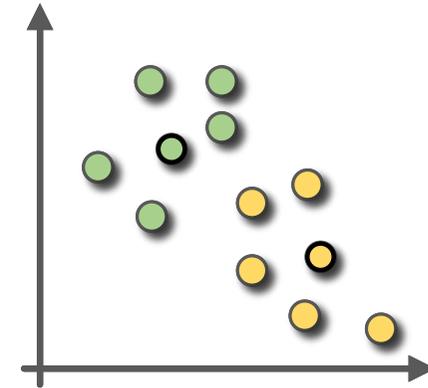
➔ Implizite Berücksichtigung von Unsicherheiten in der Netznutzung durch stochastischen Prozess

# Methodisches Vorgehen (1/2)

## Clustering-Algorithmus

### ■ Beschreibung als Optimierungsaufgabe:

- **Variablen:** Clusterzentren (NNF pro Cluster)
  - Repräsentation eines Cluster durch einen NNF
- **Nebenbedingungen:**
  - Anzahl Cluster
  - Zuordnung der NNF zu einem Clusterzentrum
- Definition der „Ähnlichkeit“ (Hier: Euklidische Distanz)
- **Zielfunktion:** Geeignetes Bewertungsmaß finden
  - Abhängig vom Anwendungszweck der Markoff-Kette
  - Hier: Maximale Euklidische Distanz pro Cluster
- Bewertungsmaß ermöglicht Vergleich von Ergebnissen der Cluster-Analyse



### ■ Lösungsansatz:

- Meta-heuristisches Verfahren der Partikelschwarm-Optimierung (PSO)
  - Generierung von optimierten Startlösungen für PSO mit k-Means-Algorithmus
- Clustering-Algorithmus mit geringem Aufwand adaptierbar

## Methodisches Vorgehen (2/2)

### Ableitung der Markoff-Kette

#### ■ Berechnung der Übergangswahrscheinlichkeiten



- Pro Cluster  $i$ : Zählen der Übergänge  $N_{i \rightarrow j}$  in (anderen) Cluster  $j$
- Division von  $N_{i \rightarrow j}$  durch gesamte Anzahl Übergänge liefert Übergangswahrscheinlichkeit  $P_{i \rightarrow j}$
- Bestimmung Wahrscheinlichkeit  $P_{i \rightarrow i}$  für Verbleib in Cluster analog

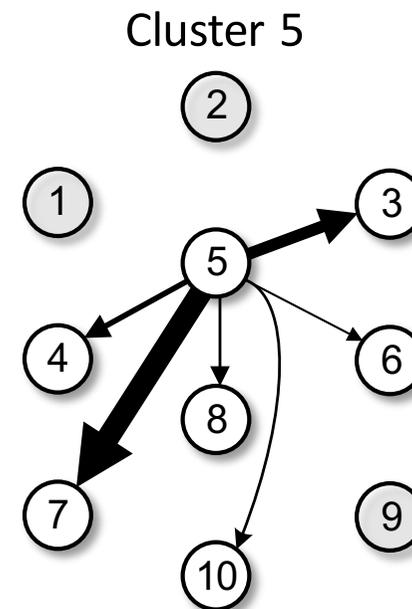
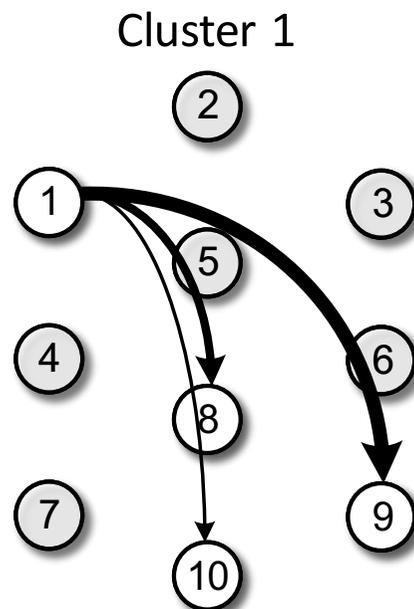
#### ■ Festlegung der Clusterzentren

- Ergebnis Cluster-Analyse i.d.R. synthetischer NNF
- Auswahl reales Clusterzentrum durch Anwendung Proximitätsmaß („Rundung“)

→ Ergebnis der Cluster-Analyse bestimmt Eigenschaften der Markoff-Kette

# Exemplarische Ergebnisse

- Anwendung implementierter Clustering-Algorithmus auf reale Datenbasis
- Clustering von 8760 NNF mit jeweils 1076 Datenpunkten (Ausschnitt aus europäischem Übertragungssystem)
- Vorgabe: Ermittlung von 10 Clustern
- Exemplarische Übergänge für zwei Cluster:



# Zusammenfassung

- **Veränderte Rahmenbedingung für europäische ÜNB**
- **Zunehmende Relevanz von Unsicherheiten in der Betriebsplanung**
- **Berücksichtigung von Prognoseunsicherheiten im aktuellen Betriebsplanungsprozess auf Basis verfügbarer Daten angestrebt**
  - **Zusammenfassung von NNF zu Gruppen ähnlicher Ausprägung mit Hilfe eines Clustering-Algorithmus'**
  - **Ableitung von Übergangswahrscheinlichkeit zwischen NNF-Gruppen auf Basis einer homogenen Markoff-Kette**

## Ausblick

- **Validierung der vorgestellten Modellierung**
  - **Variation der Parameter des Clustering-Algorithmus'**
  - **Überprüfung der Übergangswahrscheinlichkeiten mit Hilfe aktueller Daten**