

Modellierung der zukünftigen Netznutzung elektrischer Übertragungssysteme als stochastischer Prozess

Dr.-Ing. Simon Krah,
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?

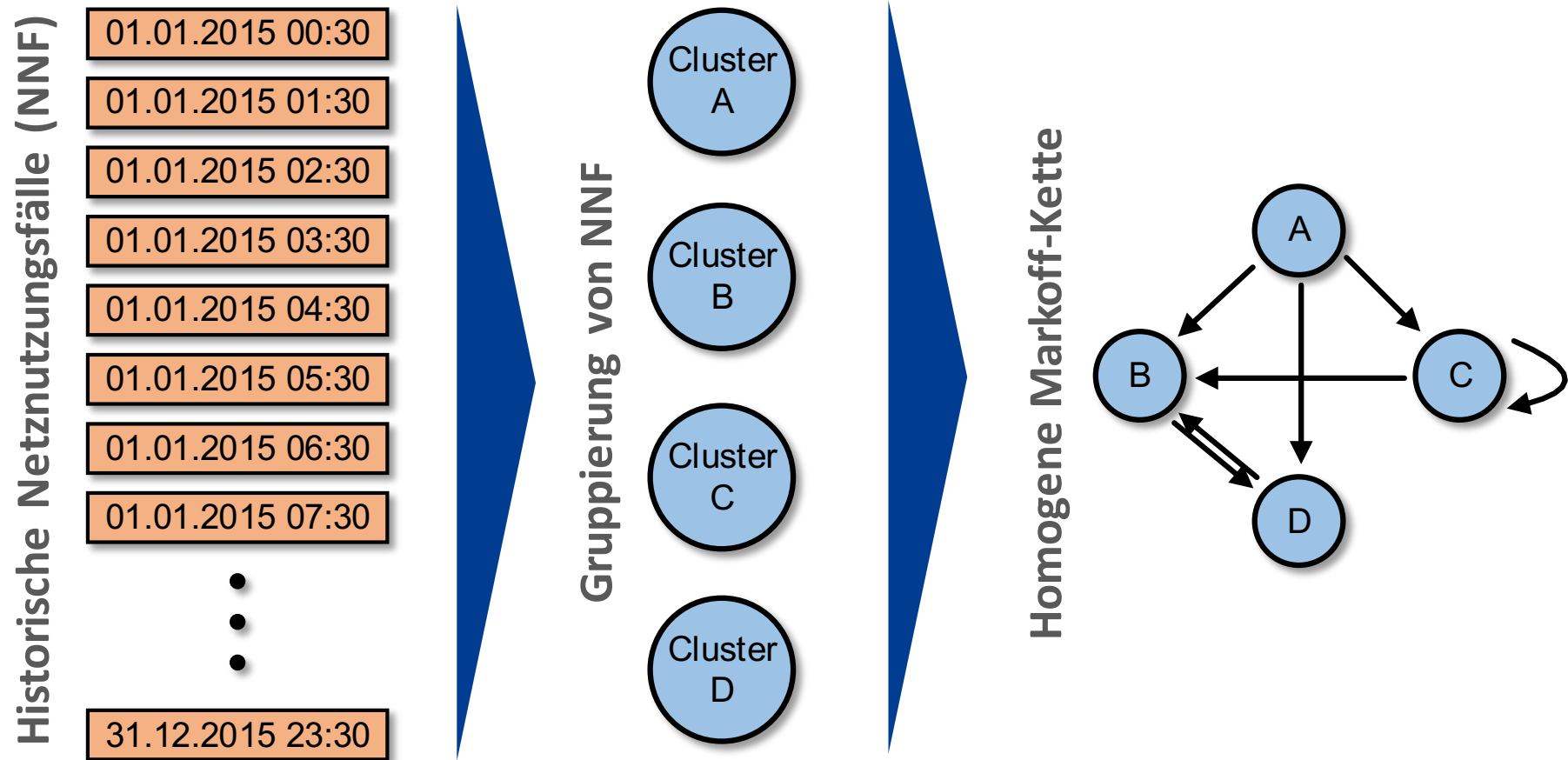
Berücksichtigung von Prognoseunsicherheiten (1/3)

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



- ➔ 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

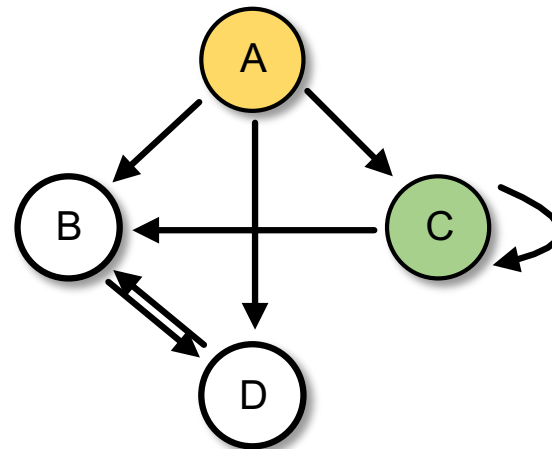
11.02.2016 05:30

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

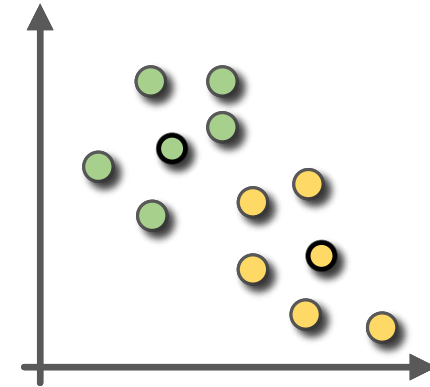
➔ Implizite Berücksichtigung von Unsicherheiten in der Netznutzung durch stochastischen Prozess

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

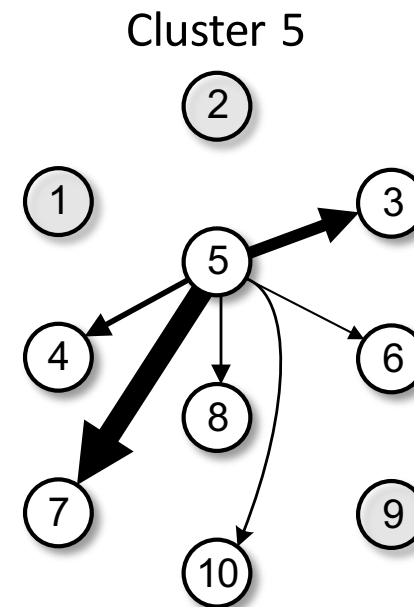
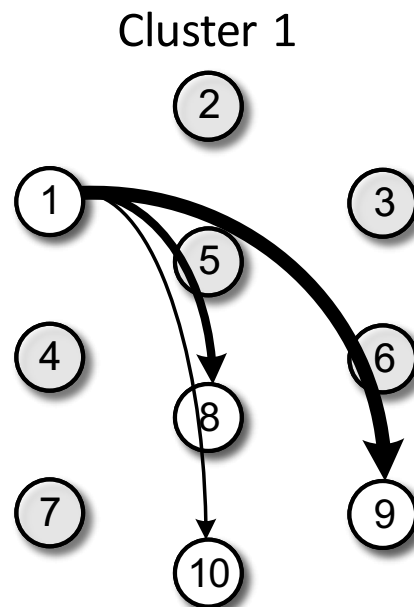
■ Festlegung der Clusterzentren

- 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