

# *Vorhersage von Primärregelungspreisen mittels ökonometrischer Ansätze und Künstlicher Intelligenz*

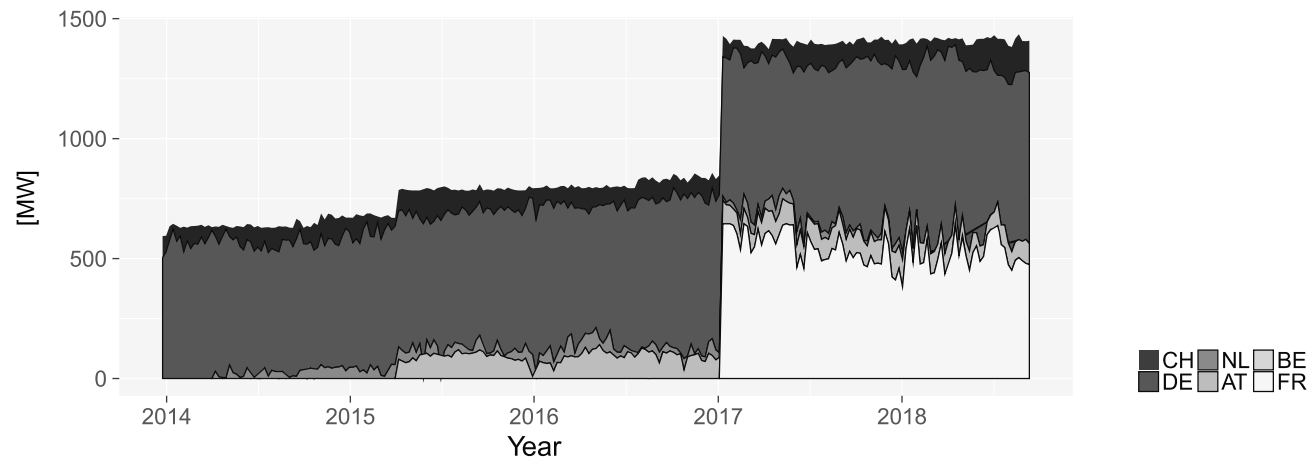
13.02.2019 @IEWT2019, Wien

Emil Kraft, Julian Rominger, Vincent Mohiuddin, Dogan Keles

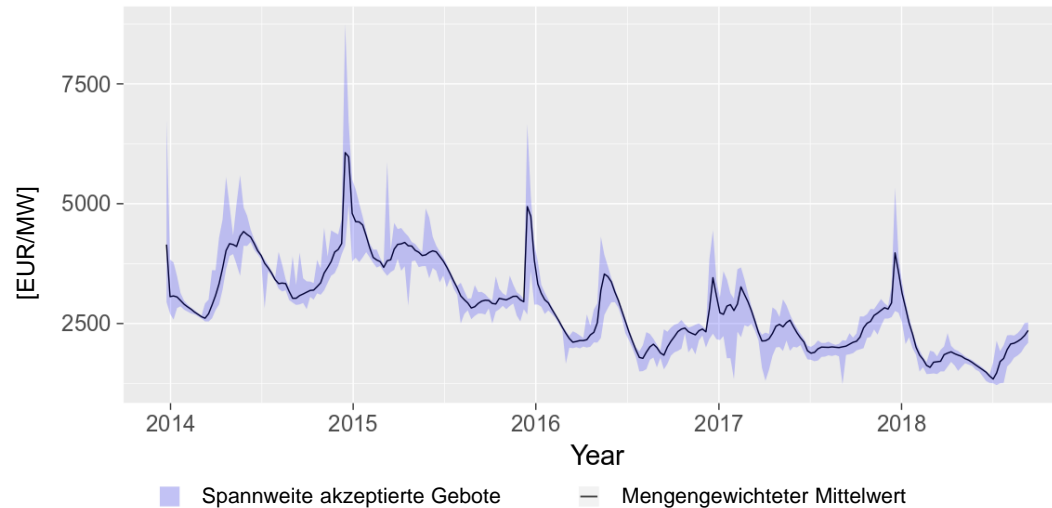
Lehrstuhl für Energiewirtschaft (Prof. Wolf Fichtner)  
Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP)  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Karlsruhe, Deutschland

# Motivation - Primärregelleistung

## Mengenanteile der Länder an der Bereitstellung



## Entwicklung der Preise



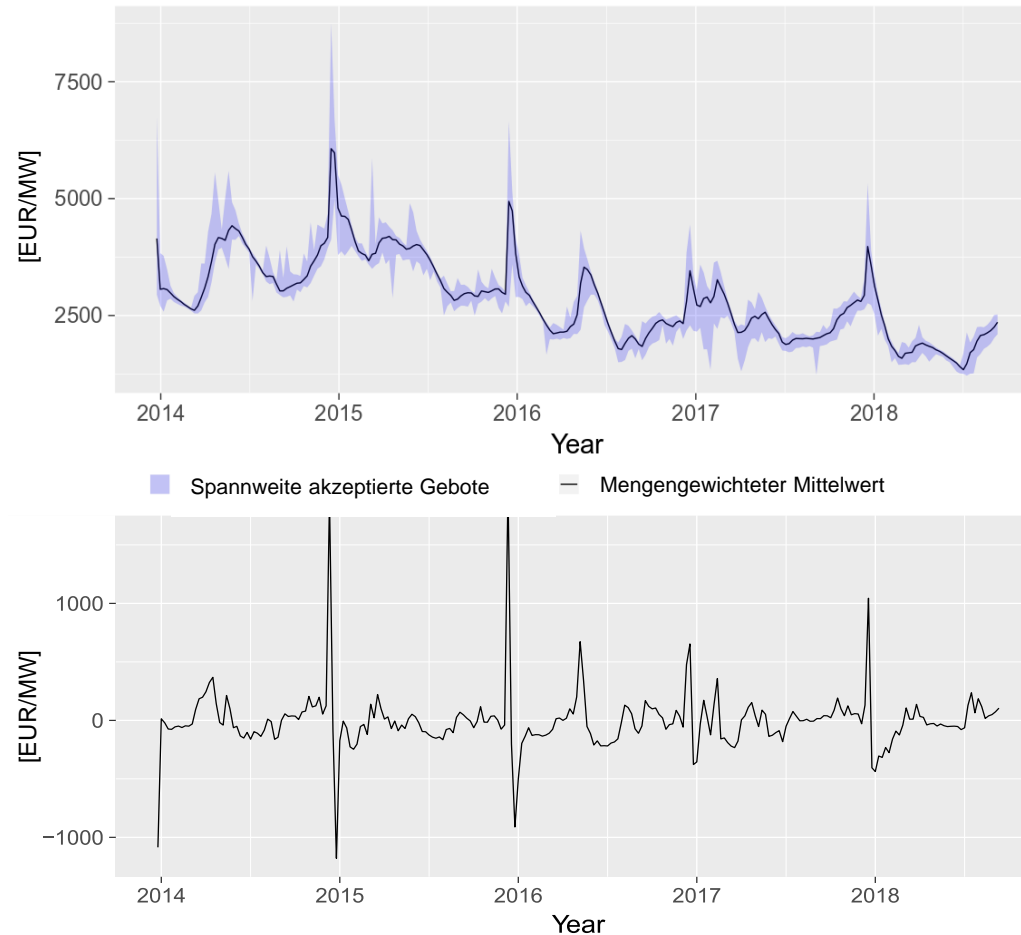
# Motivation

- Primärregelleistung (PRL) wird von den Übertragungsnetzbetreibern von Österreich, Deutschland, Frankreich, Belgien, der Schweiz und den Niederlanden gemeinsam über wöchentliche Auktionen beschafft
- Auktion
  - Wöchentlich, jeden Dienstag 15:00 Uhr
  - Symmetrisches Produkt
  - Leistungspreis [EUR/MW]
  - Gebotspreisauktion (pay-as-bid)
  - Aktivierung erfolgt über Proportionalregler
- Marktteilnehmer benötigen Preisprognosen, um ein qualifiziertes Gebot abgeben zu können
- Keine (den Autoren bekannte) Literatur zur PRL-Preisprognose vorhanden
- Forschungsfrage:
  - Wie kann eine kurzfristige Vorhersage des PRL-Preises erstellt werden?

# Methodik (1/4)

## Definition der abhängigen Variable

- Abhängige Variable:  
 $y =$  Mengengewichteter Mittelwert aller bezuschlagten Gebote



# Methodik (2/4)

## Modellauswahl SARIMA(X) und Neuronales Netz

- Ziel: Berücksichtigung von autoregressiven und exogenen Faktoren zur Vorhersage
  
- Lineare Ansätze:
  - Lineare Regression (LR)
  - Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA),
  - Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Factors (SARIMAX)
- Modellordnungen nach Hyndman-Khandakar-Algorithmus bestimmt
  
- Nichtlinearer Ansatz:
  - Künstliche Neuronale Netze (ANN)
- Feed Forward, 1 Hidden Layer mit  $N/2$  Neuronen, Logistische Aktivierungsfunktion, Lags gemäß entsprechendem SARIMA-Modell, Mittelwert aus 50 Netzen mit zufälligen Startgewichten

# Methodik (3/4)

## Auswahl und Vorbereitung exogene Variablen

- Exogene Variablen sollen Opportunität des Flexibilitätseinsatzes und Knappheit am Markt wiedergeben
  - **Spannweite (range)**, Schiefe (skewness) und Wölbung (kurtosis) der Gebote der Vorauktion
  - **Mengengewichteter Durchschnittspreis Week-Ahead Future Phelix (DE-AT)\***
  - **Mengengewichteter Durchschnittspreis Week-Ahead Future Frankreich (FR)**
  - Durchschnittlicher Day-Ahead Base Preis in DE-AT
  - Durchschnittlicher Day-Ahead Base Preis in FR
  - **Geplante nichtverfügbare Leistung in DE-AT**
  - Geplante nichtverfügbare Leistung in FR
  - Mittelwert aus Week-Ahead Lastprognose max und min
  - **Mittelwert Last DE-AT der kommenden Woche**
  - **Mittelwert Last FR der kommenden Woche**
  - Anzahl gesamtdeutsche Feiertage in Woche
- Auswahl mittels linearer Regression und minimalem korrigiertem AIC
- Wegen Vorlaufzeit von einer Woche scheiden aus:
  - PV- und Windprognose
  - Vortägliche Lastprognose



\* Aufgrund der Einführung von DE-Futures werden für 2018 Phelix- und DE-Futures berücksichtigt.

# Methodik (4/4)

## Modelltraining und rollierende Vorhersage

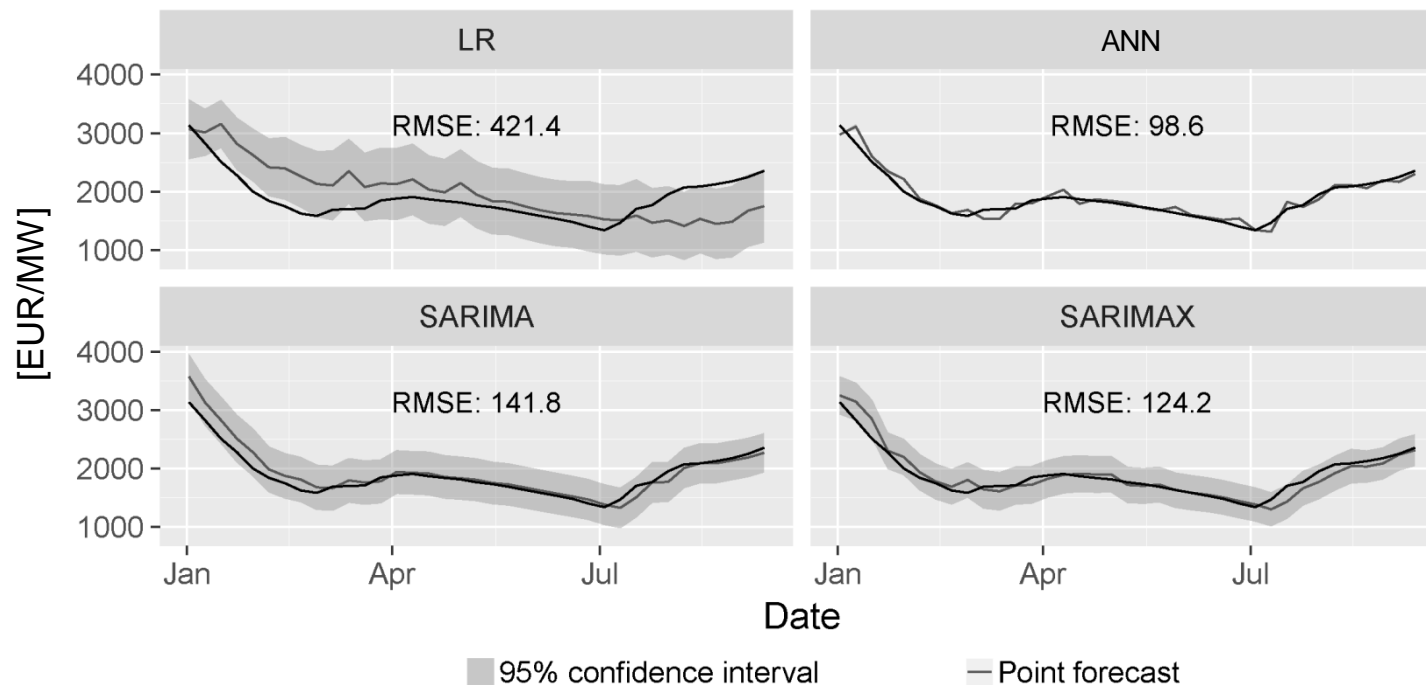
- Trainingsdaten 2017, Vorhersage für Q1-Q3 2018
- Modelle werden nach jedem Vorhersageschritt mit neuer Information erneut geschätzt und angepasst

	Year	2017										2018 (Q1-Q3)									
	Week	1	2	3	4	5	...	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	...	37		
2018 (Q1-Q3)	1																				
	2																				
	3																				
	4																				
	5																				
	6																				
	7																				
	...																				
	37																				
Result																					

 Trainingsdaten  
 Vorhersagewerte

# Ergebnisse

- Persistenzvorhersage ergibt RMSE von 144,4
- SARIMA(X) Modelle neigen dazu, Trends zu stark fortzuschreiben
  - Exogene Faktoren erhöhen die Modellgüte
- ANN liefert höchste Modellgüte, Einfluss exogener Variablen könnte jedoch, insb. bei Trendwechsel, stärker eingebunden werden





# Schlussfolgerungen und Ausblick

- Autoregressive Faktoren und exogene Faktoren (Last, Nichtverfügbarkeit konventioneller Blöcke und Spotmarktpreis) eignen sich zur Vorhersage des nächsten PRL-Preises
  - Modellansätze SARIMA und SARIMAX liefern verwendbare Ergebnisse, ANN die besseren
  - Weitere Untersuchungen zur besseren Einbindung der exogenen Faktoren in ANN könnten Vorhersagen weiter verbessern
  
  - Ausblick: Änderungen am Marktdesign angekündigt
    - Tägliche Ausschreibung T-2 (noch in 2019?)
    - Grenzpreisverfahren statt Gebotspreisverfahren
    - Integration weiterer Marktgebiete möglich
- Modellansätze auch in verändertem Marktdesign verwendbar

# Backup

