



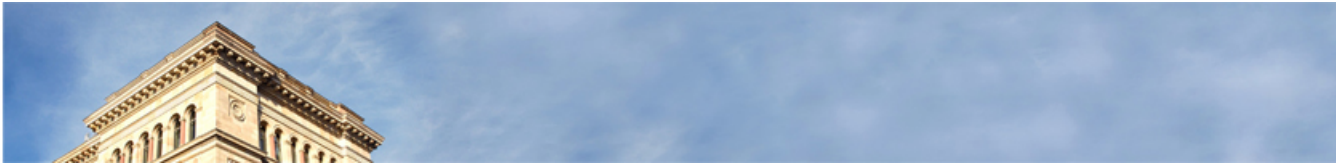
Cross Border Impacts of Renewable Energy Sources in Central Western Europe

Fernando Oster | Strommarkttreffen | Berlin, 13.01.2017

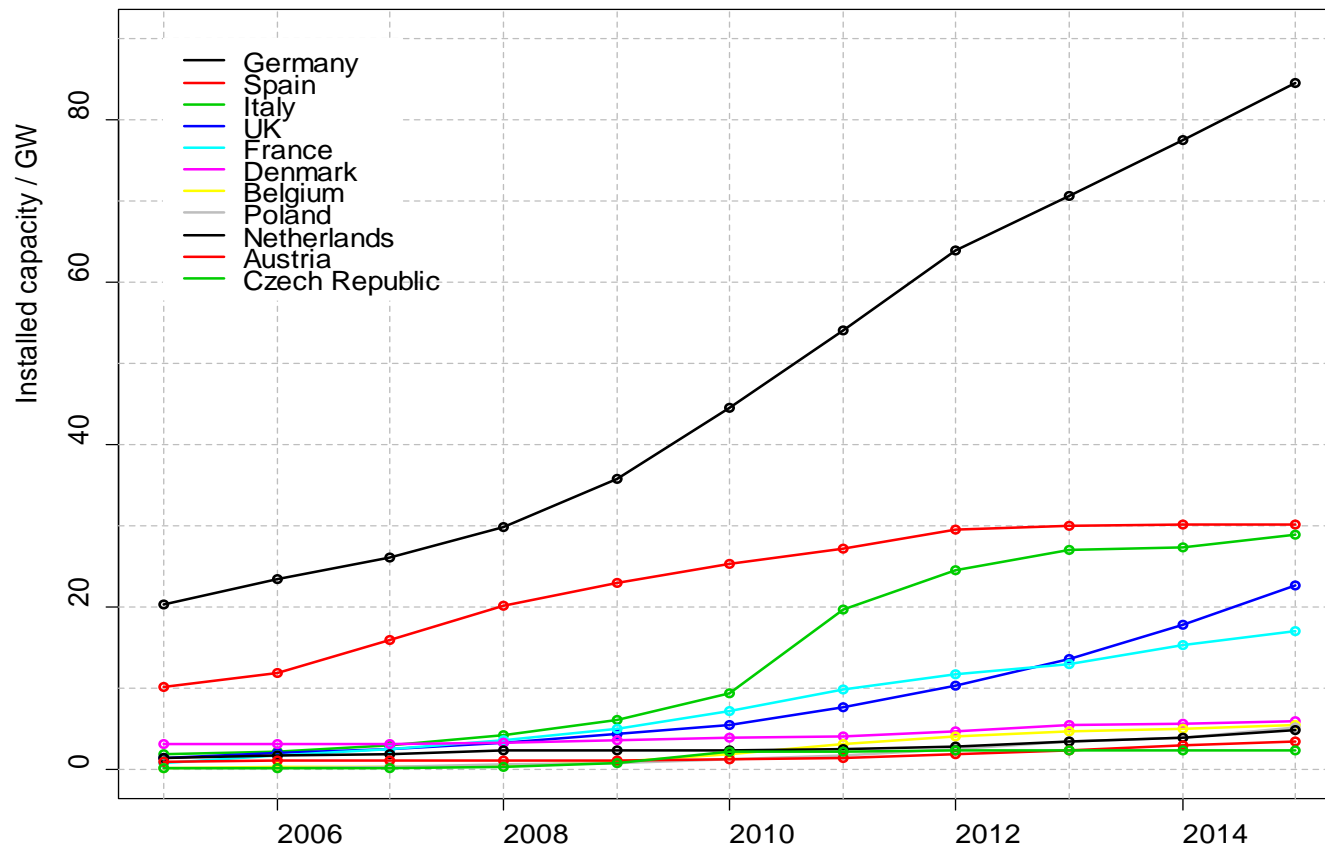


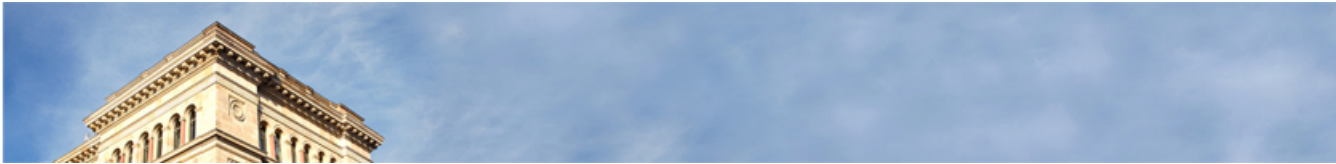
Agenda

- Hintergrund, Motivation und Fragestellung
- Modellanalyse: Ökonometrie
- Fazit

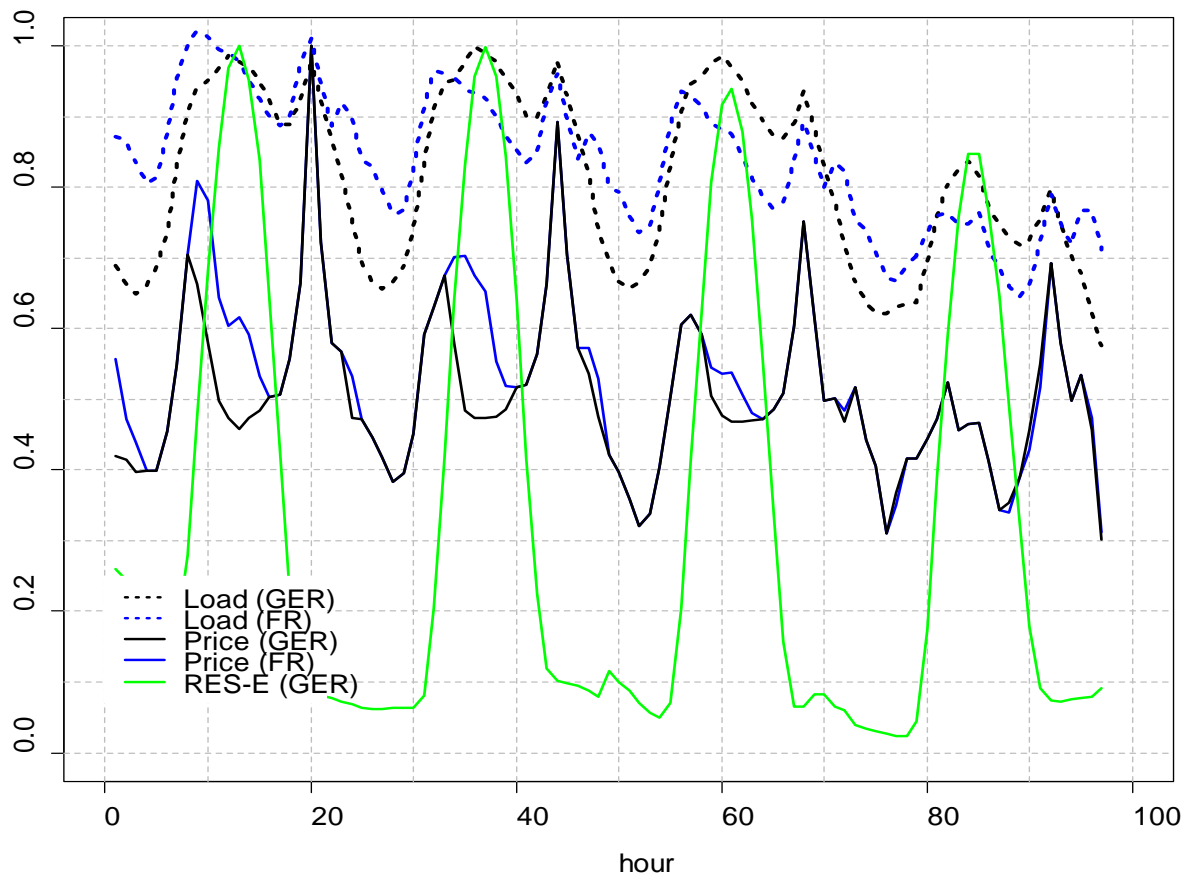


Motivation 1 – Installierte Leistung in Europa (intermittierende Erneuerbare)





Motivation 2: Deutschland – Frankreich - Last, Preis und EE-Einspeisung



• wenig EE-Einspeisung:

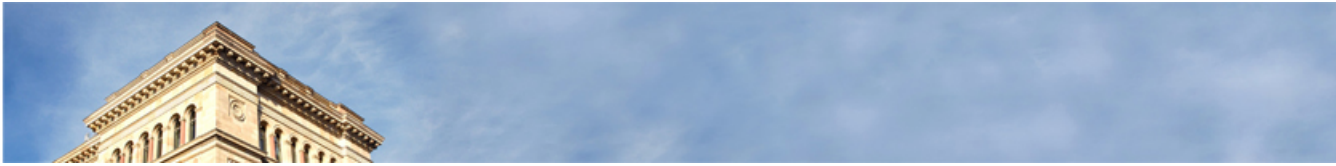
21. – 23. März 2012

Normierung:

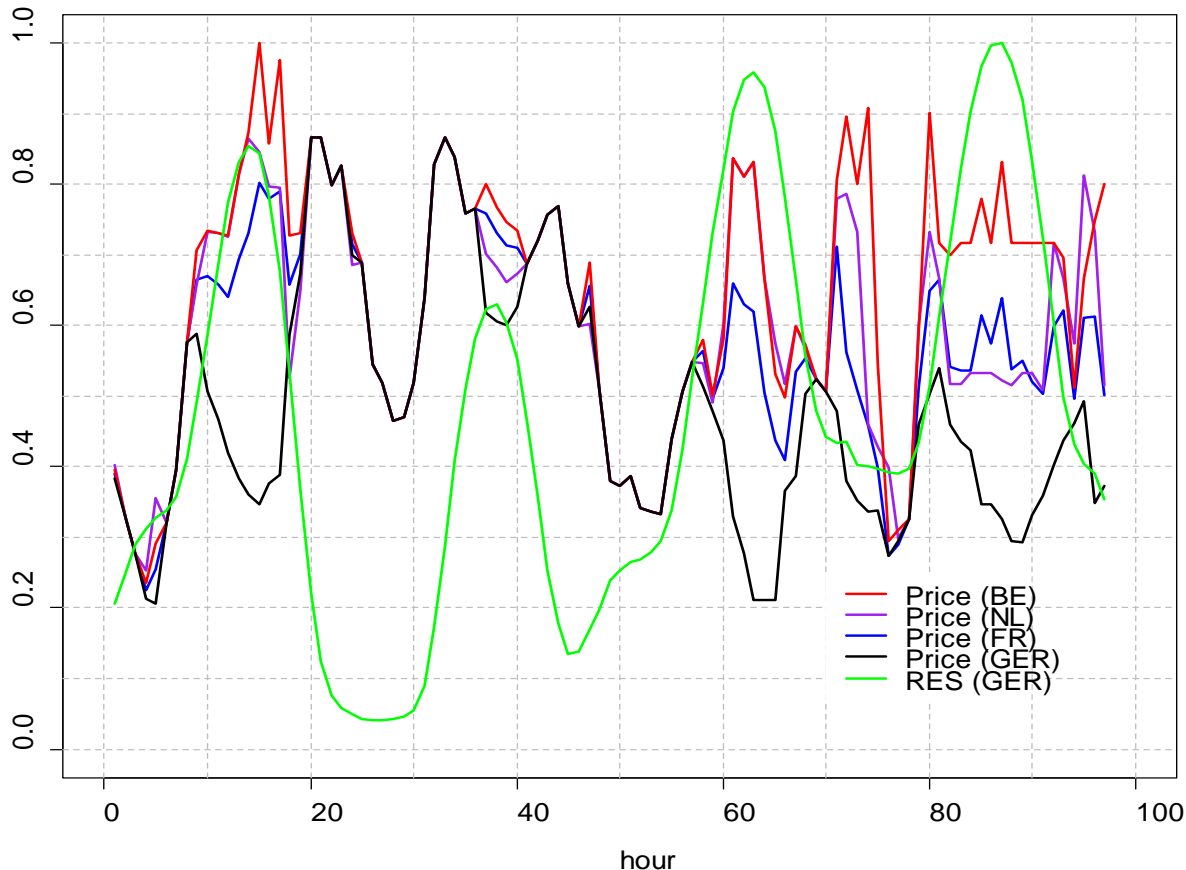
• $\max(\text{price_ger}) = 85.0 \text{ EUR/MWh}$

• $\max(\text{load_ger}) = 67.3 \text{ GW}$

• $\max(\text{RES_ger}) = 17.8 \text{ GW}$



Motivation 3: CWE - Preis und EE-Einspeisung



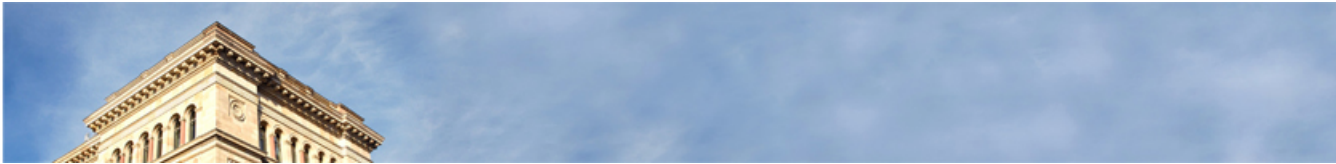
• hohe EE-Einspeisung:

6. – 8. Juli 2015

Normierung:

• $\max(\text{price_be}) = 75.0 \text{ EUR/MWh}$

• $\max(\text{RES_ger}) = 40.7 \text{ GW}$



Technische Ursachen – C-Funktion

- hohe Windeinspeisung im Norden Deutschlands
 - erfordert höheren Blindleistungsbedarf
 - bewirkt Loop-Flows über Nachbarländer
- geringere NTC-Werte (Net Transfer Capacity) bei hoher Windeinspeisung
- C-Funktion ist Summe der NTC-Werte nach NL, FR, CH

Windprognose d-2 [MW]	0 – 7 000	7 000 – 11 000	11 000 – 14 000	14 000 – 18 000	> 18 000
C-Funktion [MW] Export DE	7 449	6 749	5 649	4 500	3 468
C-Funktion [MW] Import DE	8 249	7 987	7 727	7 465	7 268

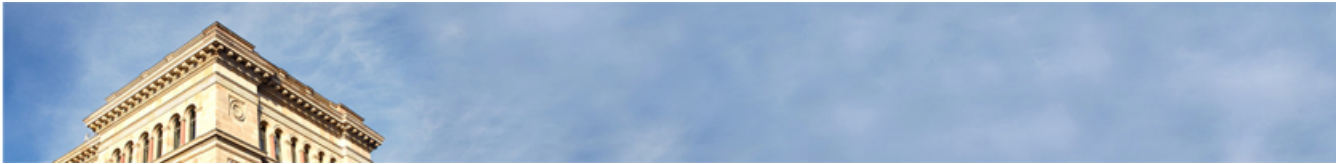
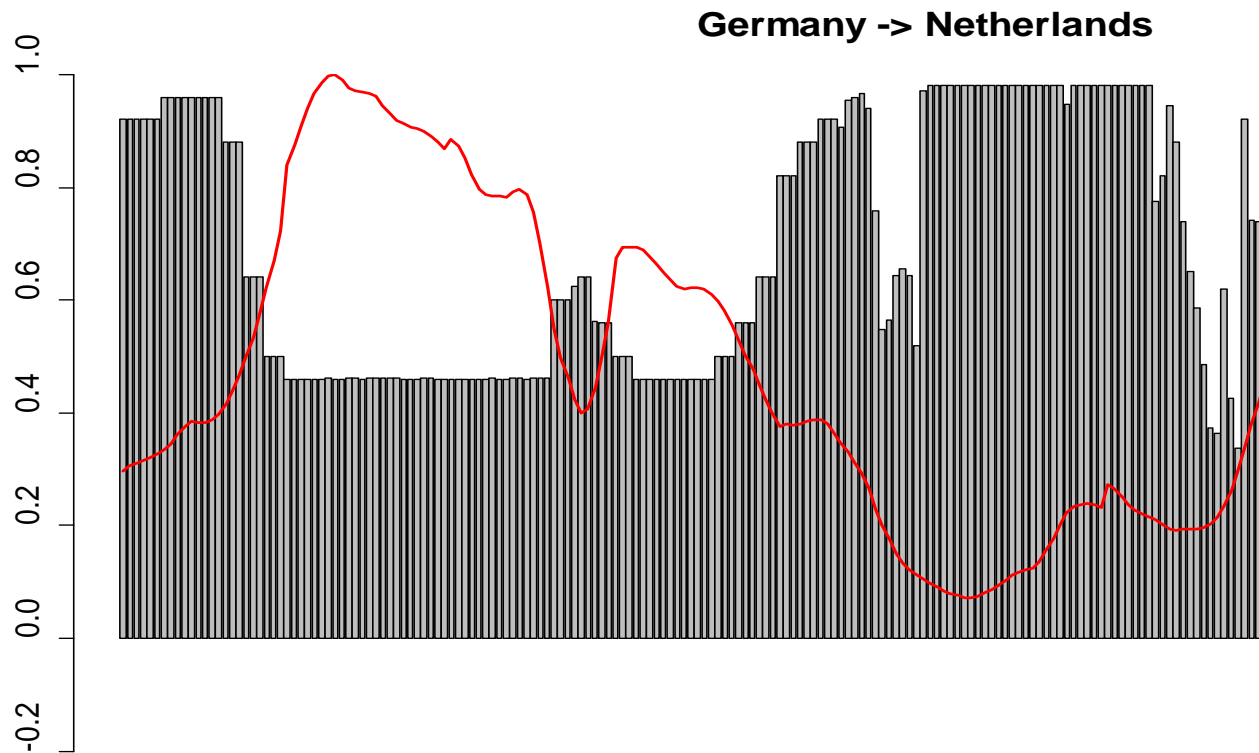


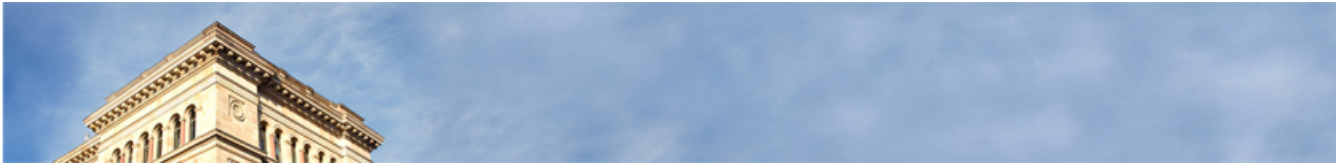
Illustration – stündlicher Stromhandel 1.1.2015 bis 8.1.2015



Normierung:

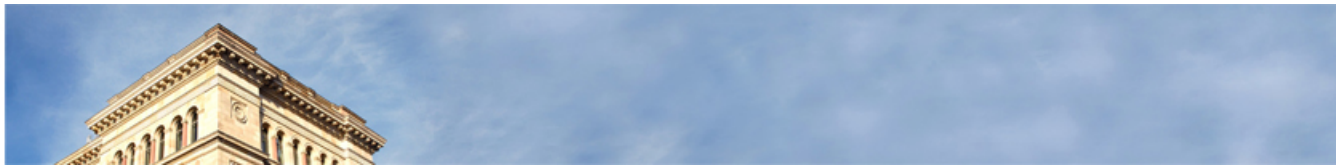
- Max(wind_GER)= 27 GW
- Max(Trade) = 2500 MWh

Quelle: ENTSO-E, 2015
ÜNB, 2015



Merit-Order Effekt

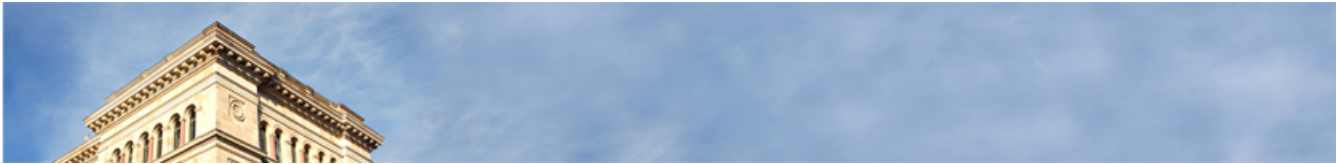
- Intermittierende Erneuerbare-Energien-Anlagen haben verschwindend geringe Grenzkosten
- Zu Zeiten hoher Sonneneinstrahlung oder starken Windes sinkt der Preis signifikant
- Merit-Order Effekt: *Senkung des jährlichen durchschnittlichen Marktpreises* (am Beispiel des liquiden day-ahead Markts quantifizierbar)
- Frage: Wird dieser Effekt womöglich über Grenzkuppelstellen *exportiert*?



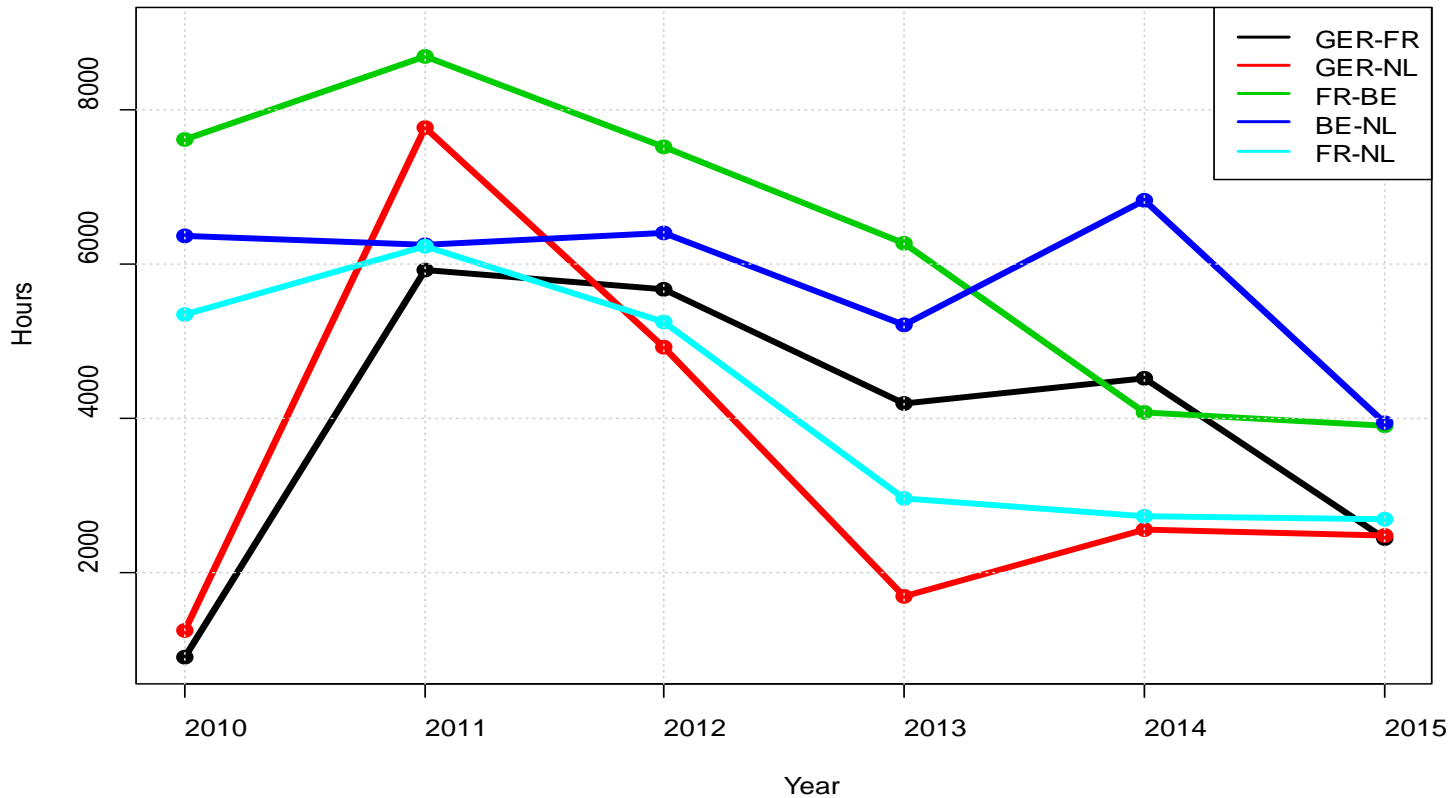
Jährliche Korrelation der Winderzeugung (CWE)

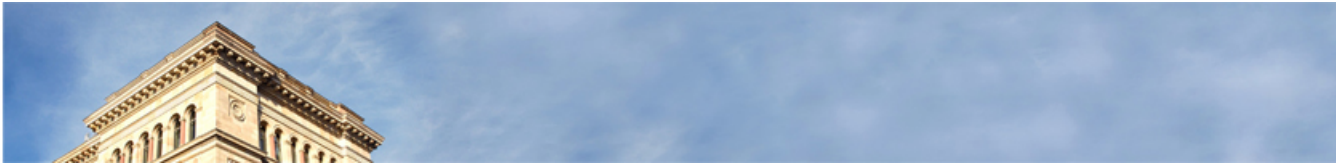
2012	GER	FR	BE	NL	2013	GER	FR	BE	NL
GER	1.00	-	-	-	GER	1.00	-	-	-
FR	0.45	1.00	-	-	FR	0.53	1.00	-	-
BE	0.53	0.76	1.00	-	BE	0.46	0.54	1.00	-
NL	0.64	0.49	0.71	1.00	NL	0.66	0.50	0.60	1.00
2014	GER	FR	BE	NL	2015	GER	FR	BE	NL
GER	1.00	-	-	-	GER	1.00	-	-	-
FR	0.53	1.00	-	-	FR	0.58	1.00	-	-
BE	0.57	0.65	1.00	-	BE	0.70	0.77	1.00	-
NL	0.77	0.61	0.71	1.00	NL	0.62	0.62	0.76	1.00

Quelle: ÜNB, 2015



Stunden der Preiskonvergenz (CWE)





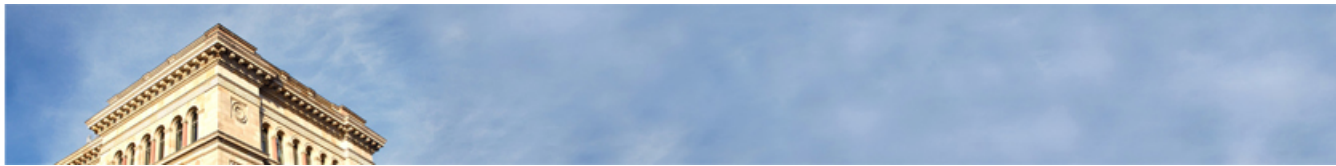
Analyse: Dynamische Hauptkomponentenregression

$$price_{GER} \sim load_{GER} + RES_{GER} + RES_{FR} + RES_{BE} + RES_{NL} + gas + dummies + error$$

FR *FR*
BE *BE*
NL *NL*

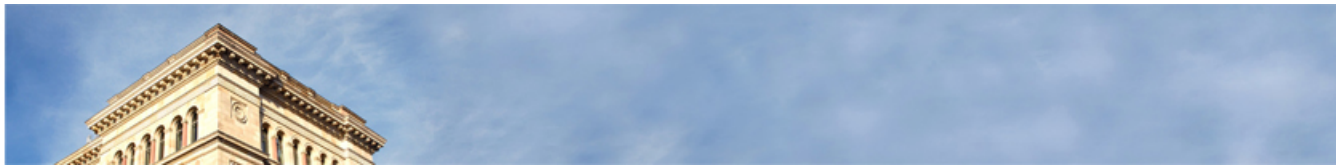
(Schematische Darstellung)

- ARIMA (autoregressive integrated moving average) modelliert Autokorrelation im Fehler (error)
- Hauptkomponentenanalyse wegen Multikollinearität der Regressoren der Windeinspeisung
- Dummies: Extreme events, Auslastung Grenzkuppelstellen, Wochentage, Feiertage



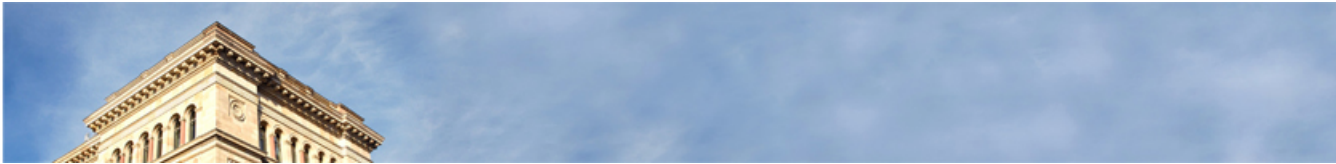
Daten

- Last: Entsoe
- Preise: Daten der jeweiligen Strombörsen (APX, EPEXSpot, Belpex)
- Einspeisung Erneuerbare: ÜNB
- Großhandelspreise Gas: PEG NORD (gas exchange point north)



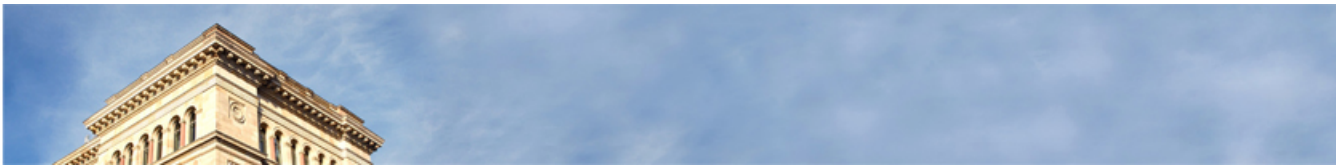
Weitere Einflussgrößen

- Angebot
 - Brennstoffpreise
 - CO₂-Preise
 - Geplante und ungeplante Nichtverfügbarkeiten
- Nachfrage
 - Temperatur
 - Wirtschaft
 - Saisonalitäten



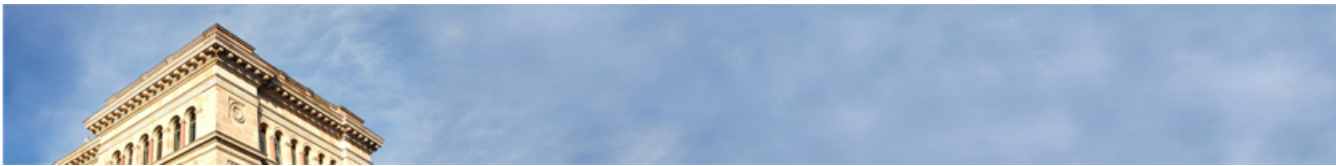
Ergebnisse – Merit-Order Effekt für 2012 in EUR/MWh

2012	Germany	Frankreich	Belgien	Netherlands
wind_ger	-5.03 (± 0.25)	-1.49 (± 0.23)	-1.27 (± 0.18)	-1.74 (± 0.21)
solar_ger	-4.50 (± 0.05)	-1.66 (± 0.07)	-1.74 (± 0.16)	-2.34 (± 0.09)
wind_fr	-1.27 (± 0.34)	-2.74 (± 0.36)	-2.21 (± 0.40)	-1.57 (± 0.35)
wind_nl	-0.55 (± 0.14)	-0.32 (± 0.15)	-1.18 (± 0.19)	-1.35 (± 0.17)
wind_be	-0.07 (± 0.01)	0 (± 0.01)	-0.15 (± 0.01)	-0.15 (± 0.01)



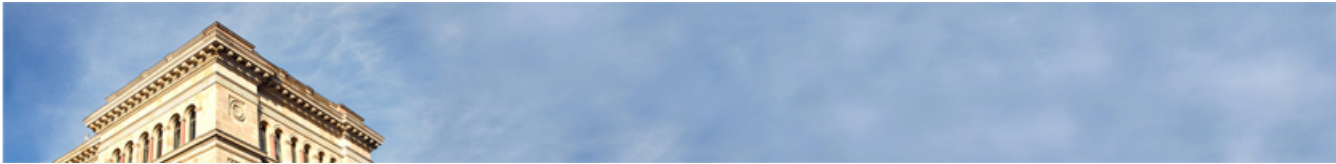
Ergebnisse – Merit-Order Effekt für 2013 in EUR/MWh

2013	Germany	Frankreich	Belgien	Netherlands
wind_ger	-8.20 (± 0.15)	-1.45 (± 0.55)	-1.78 (± 0.55)	-0.97 (± 0.38)
solar_ger	-4.66 (± 0.01)	-1.65 (± 0.21)	-2.61 (± 0.17)	-1.36 (± 0.07)
wind_fr	-0.88 (± 0.25)	-2.57 (± 0.35)	-2.43 (± 0.41)	-0.63 (± 0.25)
wind_nl	0	0 (± 0.12)	-0.22 (± 0.15)	-0.73 (± 0.13)
wind_be	0	0 (± 0.09)	-0.15 (± 0.10)	-0.42 (± 0.09)



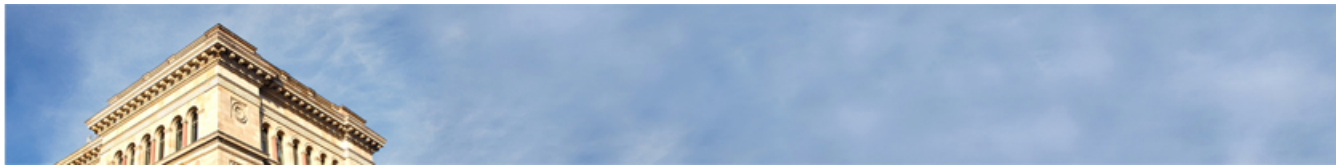
Ergebnisse – Merit-Order Effekt für 2014 in EUR/MWh

2014	Germany	Frankreich	Belgien	Netherlands
wind_ger	-7.18 (± 0.20)	-1.82 (± 0.27)	-1.47 (± 0.84)	-0.41 (± 0.47)
solar_ger	-4.13 (± 0.16)	-1.88 (± 0.06)	-2.44 (± 0.39)	-1.95 (± 0.26)
wind_fr	-0.94 (± 0.11)	-2.58 (± 0.31)	-2.13 (± 0.15)	-1.39 (± 0.10)
wind_nl	0	-0.26 (± 0.09)	-0.84 (± 0.17)	-0.92 (± 0.13)
wind_be	0	-0.18 (± 0.04)	-0.46 (± 0.09)	-0.50 (± 0.07)



Ergebnisse – Merit-Order Effekt für 2015 in EUR/MWh

2015	Germany	Frankreich	Belgien	Netherlands
wind_ger	-8.83 (± 0.28)	-0.72 (± 0.15)	0	-0.84 (± 0.20)
solar_ger	-4.25 (± 0.14)	-1.78 (± 0.05)	-2.52 (± 0.72)	-1.24 (± 0.35)
wind_fr	-0.82 (± 0.08)	-2.71 (± 0.10)	-3.07 (± 0.25)	-1.95 (± 0.12)
wind_nl	0	-0.77 (± 0.19)	-1.82 (± 0.52)	-1.26 (± 0.27)
wind_be	0	-0.27 (± 0.06)	-0.55 (± 0.15)	-0.38 (± 0.08)



Fazit

- Ökonometrisches Modell quantifiziert reale Werte
 - Spillover-Effekt erneuerbarer Energien existiert und ist nachweisbar in der CWE Region
- Effekt deutscher EE in der gleichen Größenordnung wie jeweilige inländische EE
- Verteilungswirkung im internationalen Vergleich zu diskutieren
- **Soon: Article in the Working Paper Series of IAEE/USAEE**