

Fundamentale Modellierung von Leistungspreisen für Regelleistung

Strommarkt-TechTalk – Berlin – 20.02.2015

Diana Böttger

Professur für Energiemanagement und Nachhaltigkeit
Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement - IIRM
Universität Leipzig



Agenda

- **Hintergrund**
- **Modellierung**
- **Exemplarische Modellergebnisse & Sensitivitäten**
- **Nächste Schritte & Diskussion**



Agenda

- **Hintergrund**
- Modellierung
- Exemplarische Modellergebnisse & Sensitivitäten
- Nächste Schritte & Diskussion



Hintergrund und Aufgabenstellung

- ▶ Projekt für 50Hertz Transmission GmbH
- ▶ Fundamentalmodell des deutschen Regelleistungsmarktes
- ▶ Abbildung von PRL, SRL und MRL; LP und AP für jedes(!) Gebot
- ▶ **Validierung** anhand historischer Gebotsdaten (2012-2014)
- ▶ Ansatz: LP werden als **Opportunitätskosten** zum Spotmarkt berechnet
- ▶ **Keine Berücksichtigung strategischen Verhaltens**
- ▶ **Eingehende Daten:**
 - Deutscher Kraftwerkspark (blockscharf, mit technischen Charakteristika)
 - ▶ Thermische Kraftwerke
 - ▶ Pumpspeicherkraftwerke
 - Spotpreise (historisch)
 - Bedarf an Regelleistung (historisch)
- ▶ **Aktueller Stand:**
 - Berechnung von Leistungspreisen für PRL, SRL (, MRL)



Agenda

- Hintergrund
- **Modellierung**
- Exemplarische Modellergebnisse & Sensitivitäten
- Nächste Schritte & Diskussion

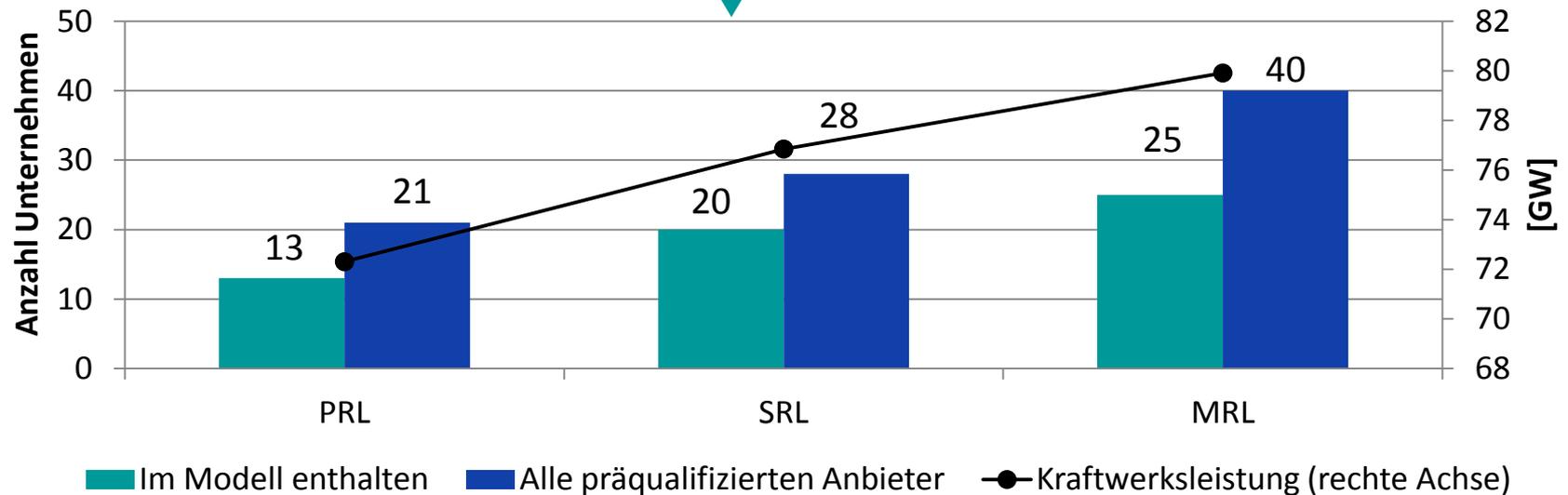


Auswahl präqualifizierter Kraftwerke

- Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur
- Einzelne Kraftwerke > 10 MW
 - Brennstofftyp
 - Unternehmen

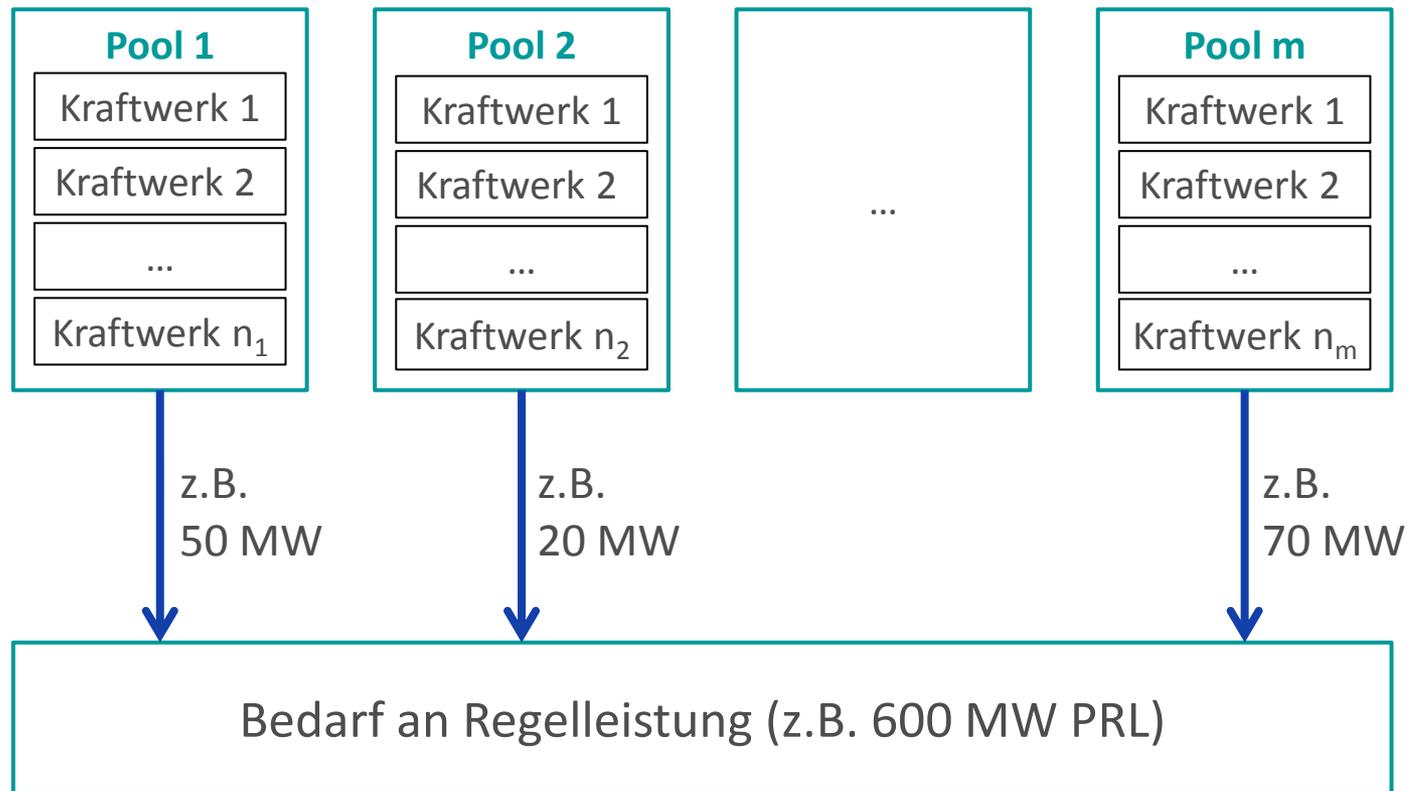
- Liste präqualifizierter Unternehmen für Regelleistung (Stand 01.12.2014)
- Angabe der Reserveart, für die Anlagen präqualifiziert sind

Abgleich der Unternehmen



Pooling von Kraftwerken

- ▶ Innerhalb eines Pools kann vorgehaltene Leistung zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf unterschiedliche Kraftwerke verteilt werden



Modellumsetzung – Ablauf

1. Optimaler Kraftwerkseinsatz ohne Regelleistung
2. Optimaler Kraftwerkseinsatz mit Vorhaltung PRL
3. Vergleich zwischen 1. und 2. liefert LP für PRL
4. PRL-Aufteilung wird gespeichert
5. Optimaler Kraftwerkseinsatz mit Vorhaltung SRL
(positiv, negativ; Haupt-, Nebenzeit = 4 Fälle)
6. Vergleich zwischen 2. und 5. liefert LP für SRL
7. SRL-Aufteilung wird gespeichert
8. Optimaler Kraftwerkseinsatz mit Vorhaltung MRL
(positiv, negativ; jeweils 4 Stunden Blöcke)
9. Vergleich zwischen 5. und 8. liefert LP für MRL



Rollierender Ablauf in GAMS

- ▶ Daten für **ganzes Jahr**: `set ii /ii1*ii8760/`
- ▶ Optimierung jeweils nur eines **Ausschnitts**: `set j /j0*j168/` für eine Woche
- ▶ Zuweisung der Parameterwerte zwischen `set j` und `set ii` über Schleifen und Zählparameter
- ▶ PRL = 1 Woche; SRL = 1 Woche → `set j` kann jeweils verwendet werden
- ▶ MRL: 4 Stunden Blöcke → `set j` muss sequentiell durchlaufen werden
 - *Gleichungen etc. eingeschränkt auf*
`j$(
 (ord(j) > (MRL_loop - 1) * MRL_Laenge + 1)
 and
 (ord(j) <= MRL_loop * MRL_Laenge + 1)
)`
 - `MRL_Laenge = 4`
 - `MRL_loop = 1,...,42 (=168/4)`



Agenda

- Hintergrund
- Modellierung
- **Exemplarische Modellergebnisse & Sensitivitäten**
- Nächste Schritte & Diskussion



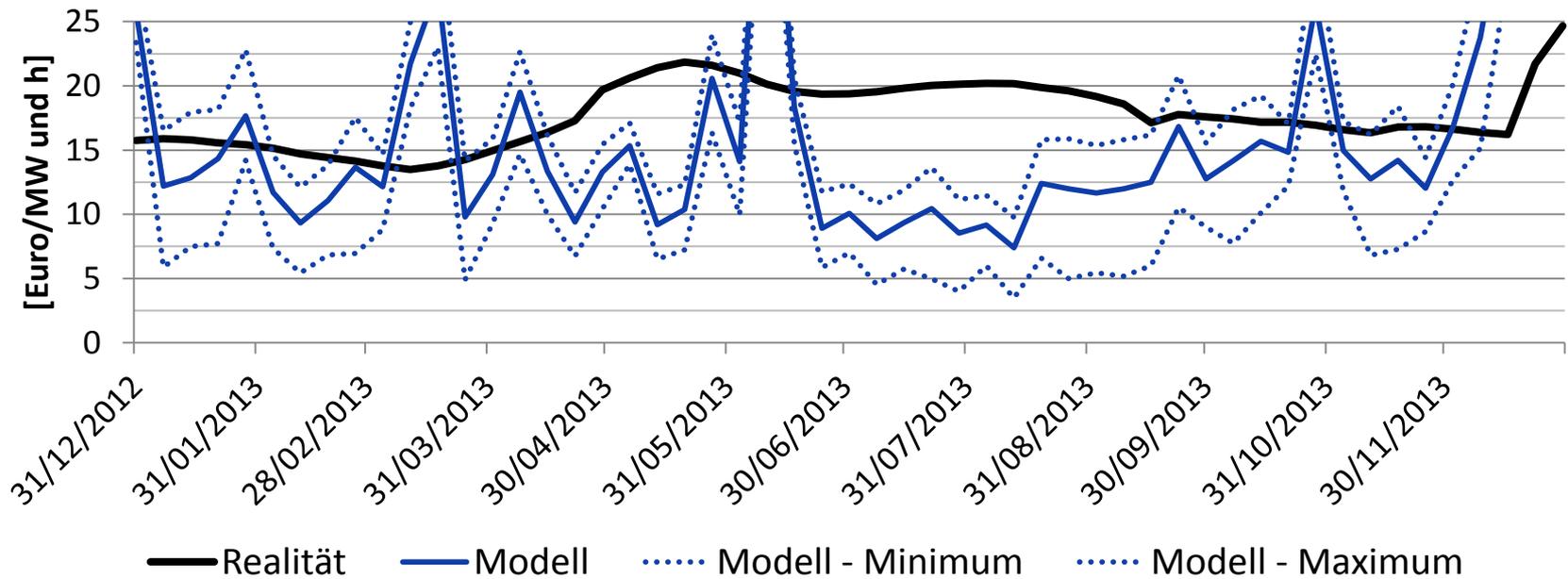
Vorhaltung im Überblick (2012)

Anteile	Positive PRL	Negative PRL	Positive SRL (HT)	Positive SRL (NT)	Negative SRL (HT)	Negative SRL (NT)
Kernenergie	12,4%	32,3%	0,1%	1,5%	14,4%	29,0%
Braunkohle	26,0%	46,1%	0,6%	5,4%	23,8%	38,3%
Steinkohle	36,8%	15,6%	15,9%	14,7%	25,1%	9,4%
Erdgas	0,0%	0,0%	37,3%	12,6%	9,8%	1,7%
Öl (HL)	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
Öl (HS)	0,0%	0,0%	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%
Pumpspeicher	24,7%	6,0%	45,6%	65,7%	26,8%	21,5%

- ▶ PRL: überwiegend von Pumpspeichern und Grundlastkraftwerken
- ▶ Positive SRL: neben Pumpspeichern hoher Anteil Mittellastkraftwerken
- ▶ Negative SRL zur Hauptzeit: überwiegend von Pumpspeichern, Steinkohle und Braunkohle
- ▶ Negative SRL zur Nebenzeit: noch stärker von Grundlastkraftwerken



Vergleich Leistungspreise für Primärreserve (2013)



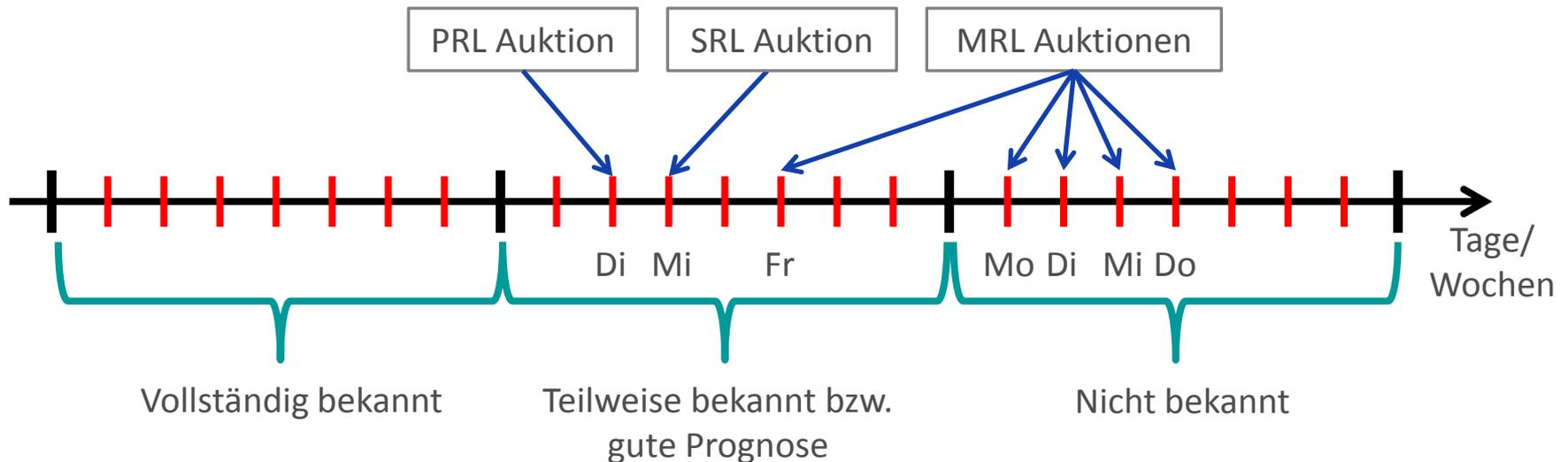
- **Jahresmittelwert in Realität bei 17,60 Euro/MW und h**
(Maximum bei 20,38 Euro/MW und h)
- Vom **Modell** berechnete Leistungspreise
 - ▶ Minimum: 12,12 Euro/MW und h
 - ▶ **Mittelwert: 16,82 Euro/MW und h**
 - ▶ Maximum: 20,44 Euro/MW und h

- Insbesondere in Sommermonaten vom Modell berechneter Leistungspreis eher unterhalb der realen Preise



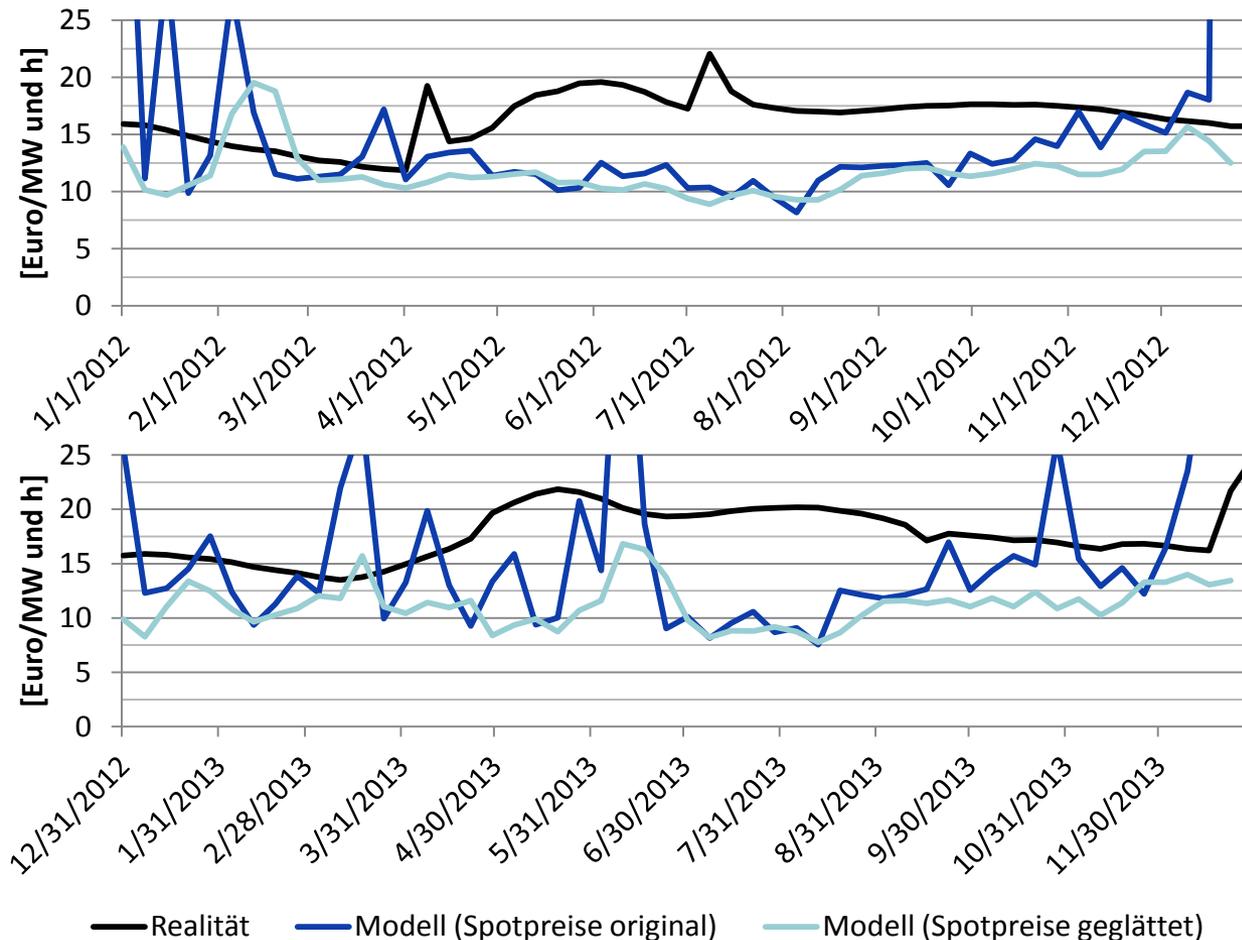
Anpassung der eingehenden Spotmarktpreise (1)

- ▶ Rechnung mit historischen Spotpreisen führten zu hohen LP-Ausschlägen
- ▶ In Realität keine perfekte Prognose am Dienstag der Vorwoche verfügbar
- ▶ Ansatz:
Eingehende Spotpreise für Berechnungswoche werden gemittelt aus
 - Berechnungswoche selbst
 - sowie zwei vorhergehenden Wochen



Leistungspreise für Primärreserve

- Verwendung der geglätteten Spotpreise für zu deutlich weniger volatilen Leistungspreisen



Agenda

- Hintergrund
- Modellierung
- Exemplarische Modellergebnisse & Sensitivitäten
- **Nächste Schritte & Diskussion**



Offene Punkte

- ▶ **Minutenreserve** – im Detail zu validieren
- ▶ **Arbeitspreise**
- ▶ **Weitere Anpassungen** z.B. bezüglich Besicherung



Kontakt

Dipl.-Wirtsch.-Math. Diana Böttger

Professur für Energiemanagement und Nachhaltigkeit

Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät

Universität Leipzig

Grimmaische Str. 12

D-04109 Leipzig

Tel.: 0341/97 33518

diana.boettger@wifa.uni-leipzig.de

www.wifa.uni-leipzig.de/iirm



Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät
in der Grimmaischen Straße

