

# BEDEUTUNG DER VIRTUELLEN KRAFTWERKE / SMART GRID HEUTE UND MORGEN

7. Fachtagung Smart Grids und virtuelle Kraftwerke  
Worms, März 2017

Prof. Dr. Ralf Simon  
Transferstelle für rationelle und regenerative Energienutzung Bingen



# Prof. Dr. Ralf Simon

simon@tsb-energie.de



**Technische Hochschule Bingen**



**Transferstelle für rationelle u. regenerative  
Energienutzung**



Simon Process  
Engineering GmbH

**Simon Process Engineering GmbH**



**SP Energycontrol GmbH**



**TENAG GmbH**



**Energiebeirat des Landes Rheinland – Pfalz  
zur Beratung der Landesregierung in energie-  
politischen Fragen**

# Entwicklung eines virtuellen Kraftwerks für KWK - Anlagen



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
UMWELT, FORSTEN UND  
VERBRAUCHERSCHUTZ

## Virtuelles Kraftwerk hilft sparen

Strom erzeugen, wenn er gebraucht wird und damit Klima schützen – Stadtwerke sind Kooperationspartner der FH Bingen



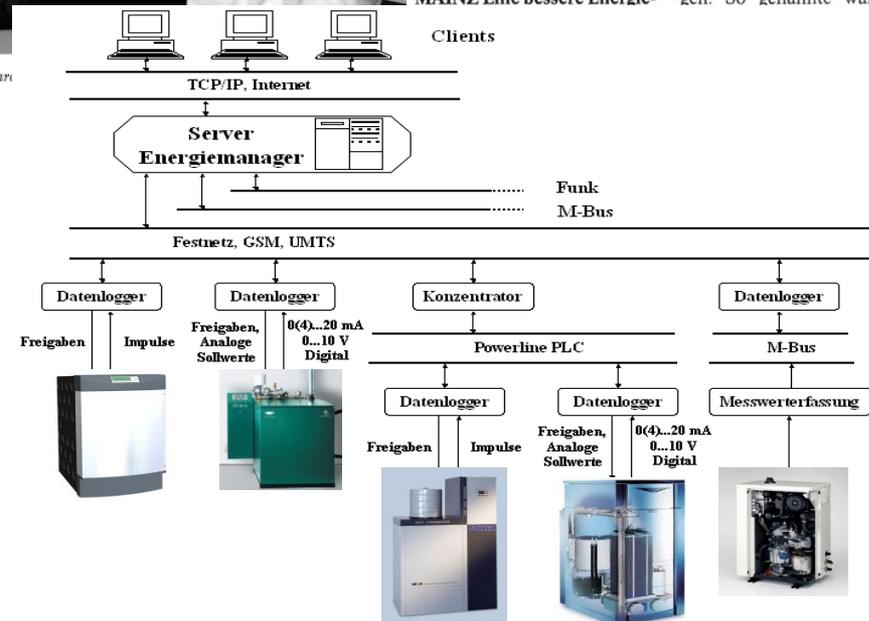
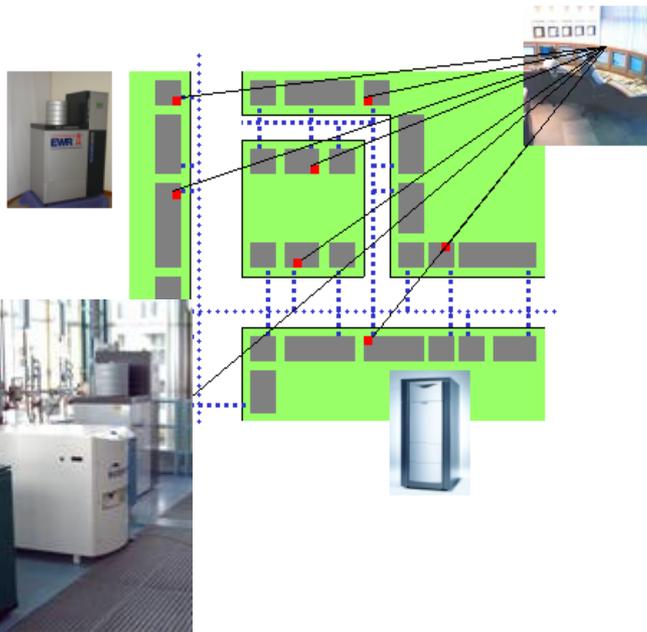
Ministerin Corni

RHreg01

## Kraftwerke gut vernetzt

Projekt verbessert Energieausnutzung

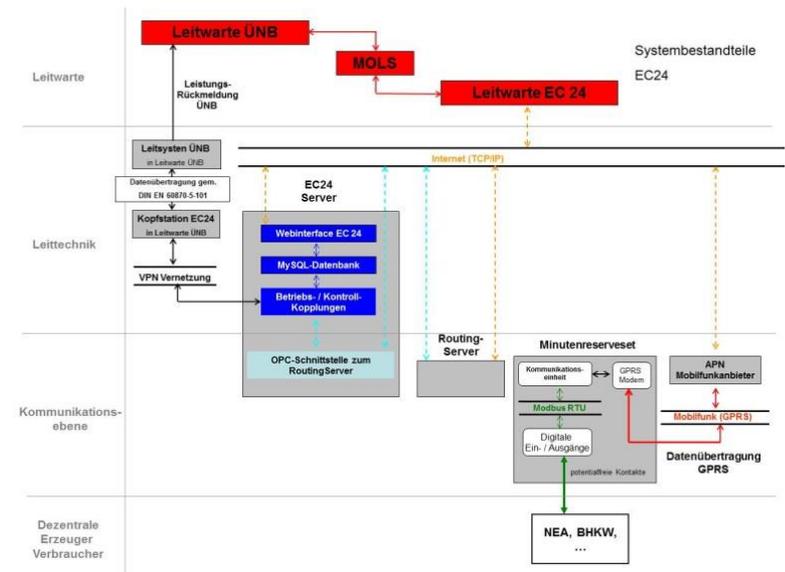
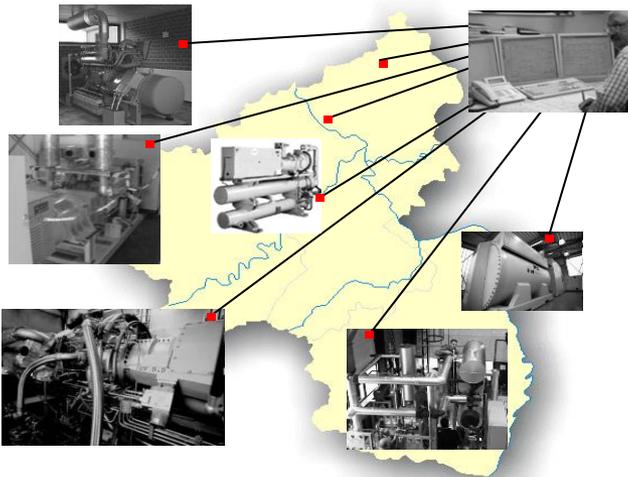
MAINZ Eine bessere Energiegen. So genannte wärmegeeffizienten



# Virtuelles Kraftwerk made in Rheinland-Pfalz

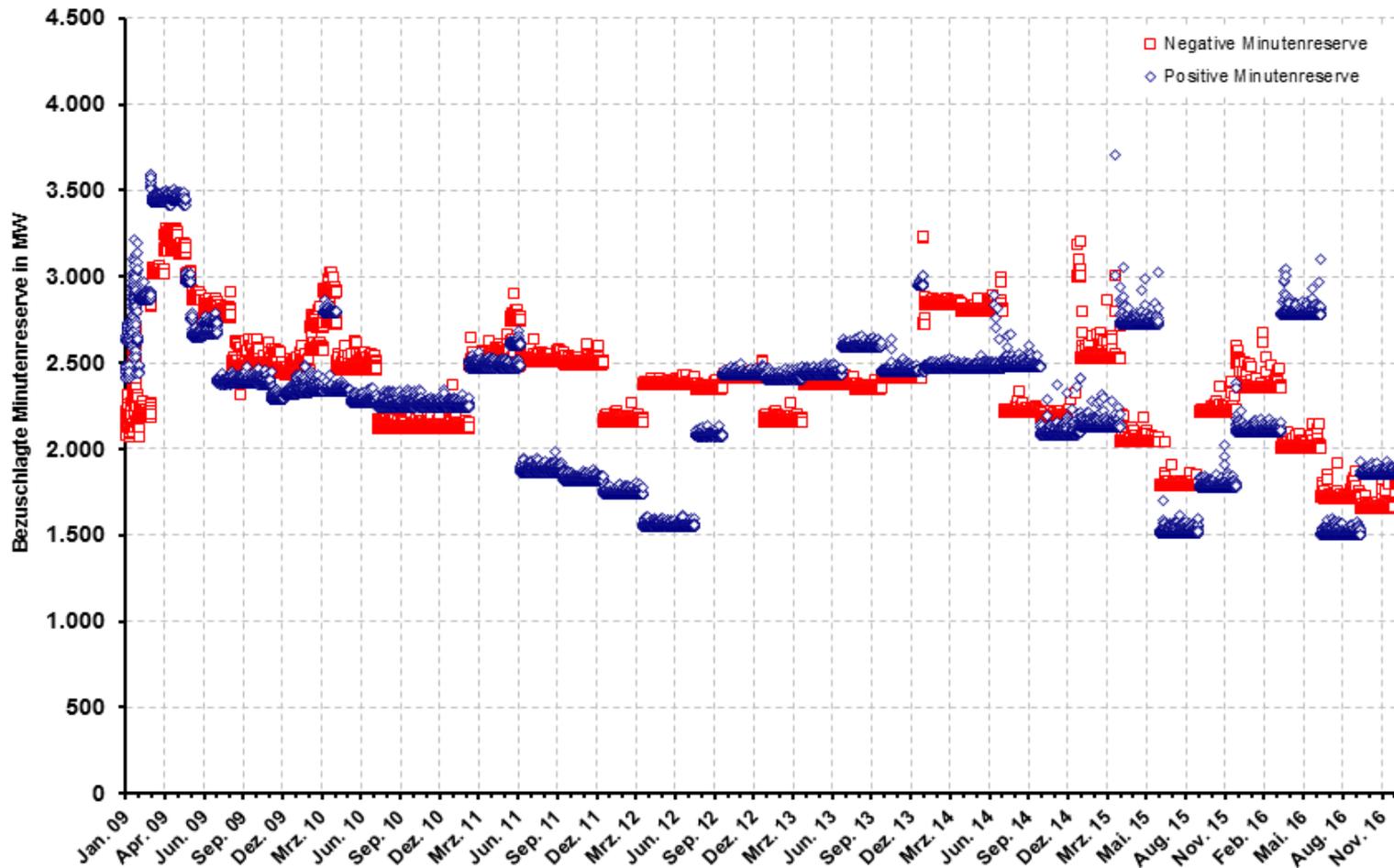
Betrieb und Weiterentwicklung von diversen virtuellen Kraftwerken in Deutschland

→ Systembereitsteller

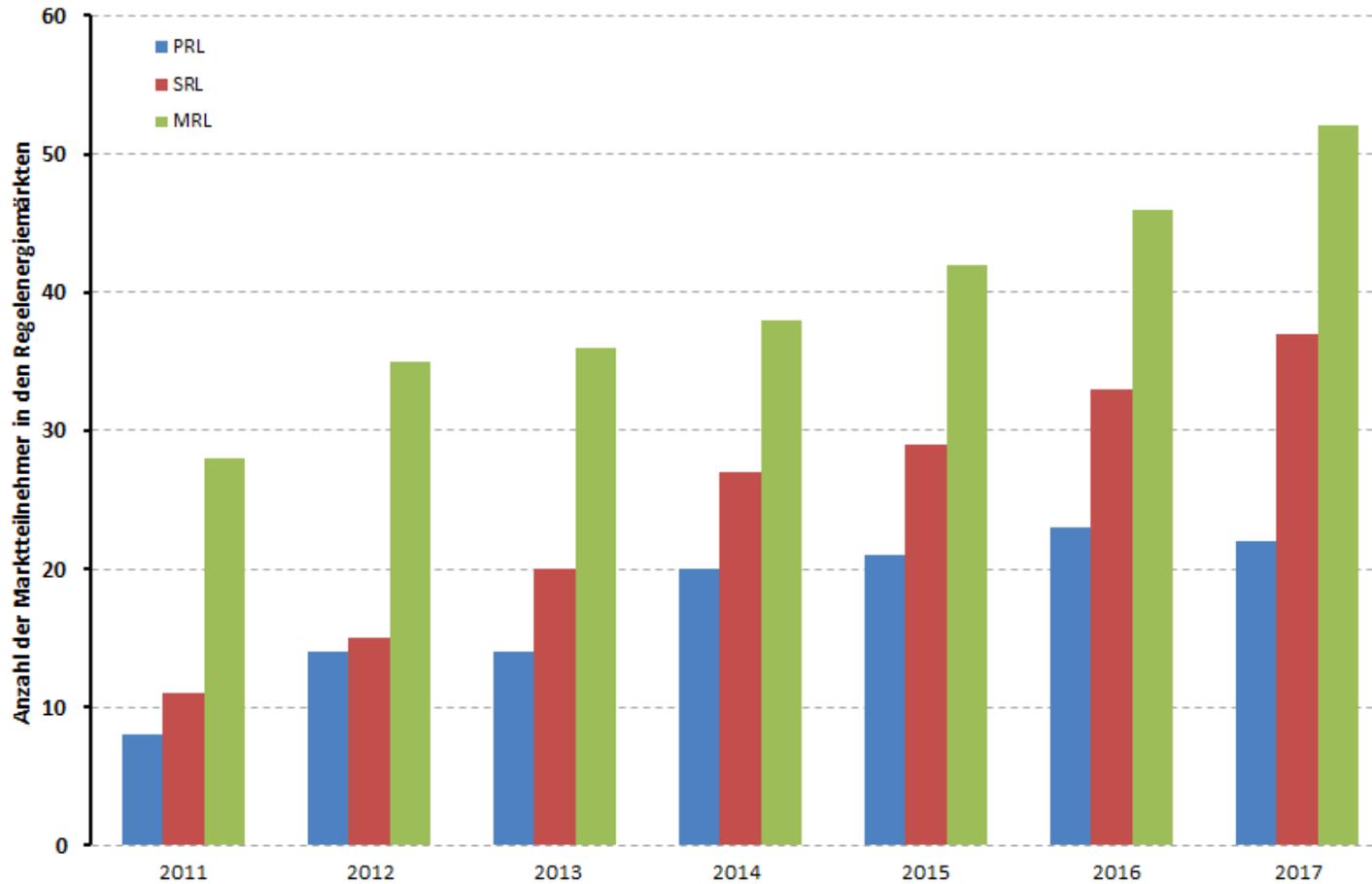


Aktuell gebündelte Leistung im Auftrag unserer Händler: über 600 MW in der MRL und der SRL in Deutschland und Österreich

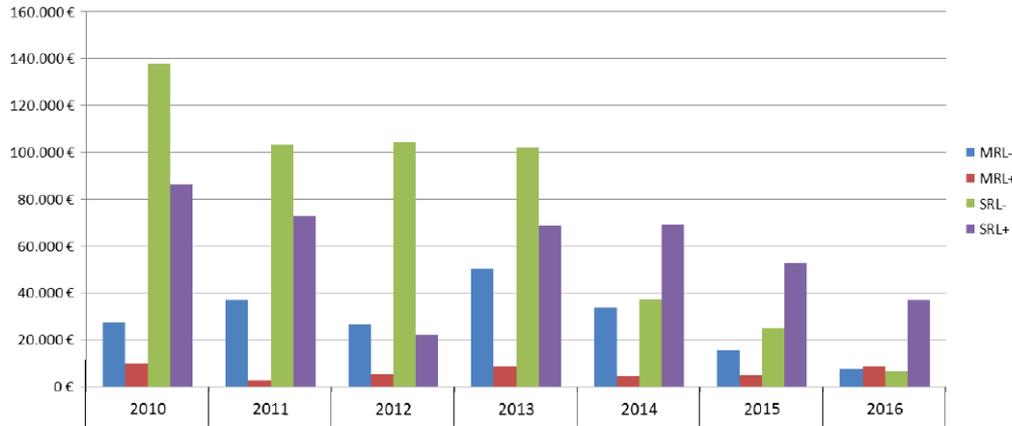
# Ausgeschriebene Mengen in der Minutenreserve



# Marktteilnehmer in der Regelenergie



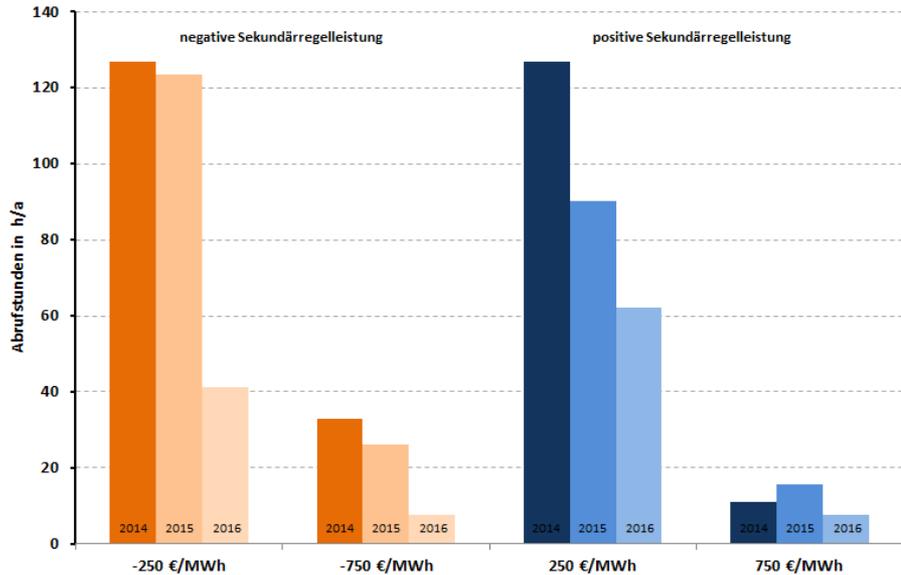
# Entwicklung des Leistungspreises



- Leistungspreise sind gesunken
- Dies gilt v.a. in der negativen Richtung

Leistungspreis in € / MW a

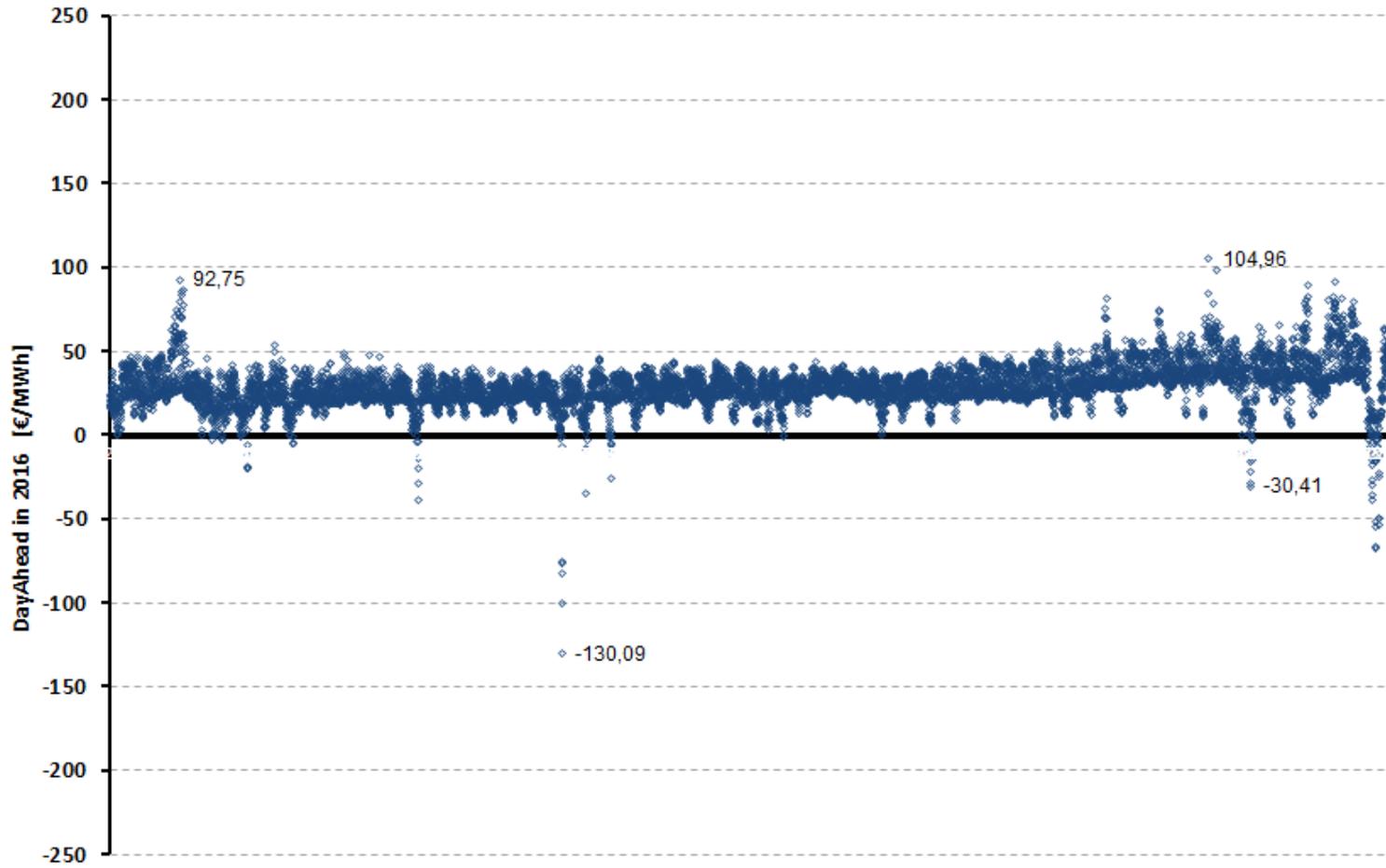
# Entwicklung der Abrufe in der SRL



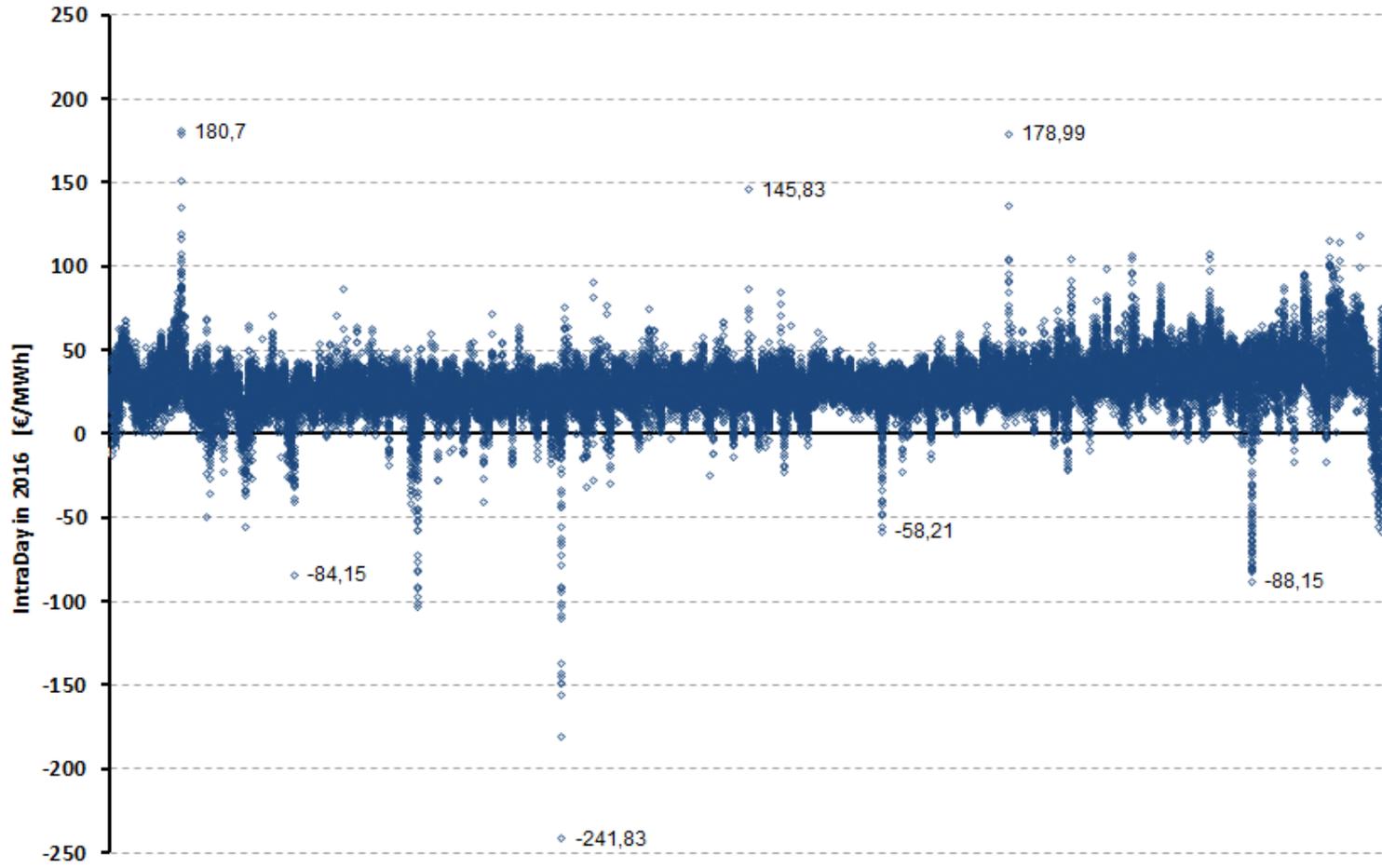
Abrufstunden in h/a

- Anzahl der Abrufstunden in der Sekundärregelleistung sinkt

# Spotmarkt: Day-Ahead<sub>2016</sub>

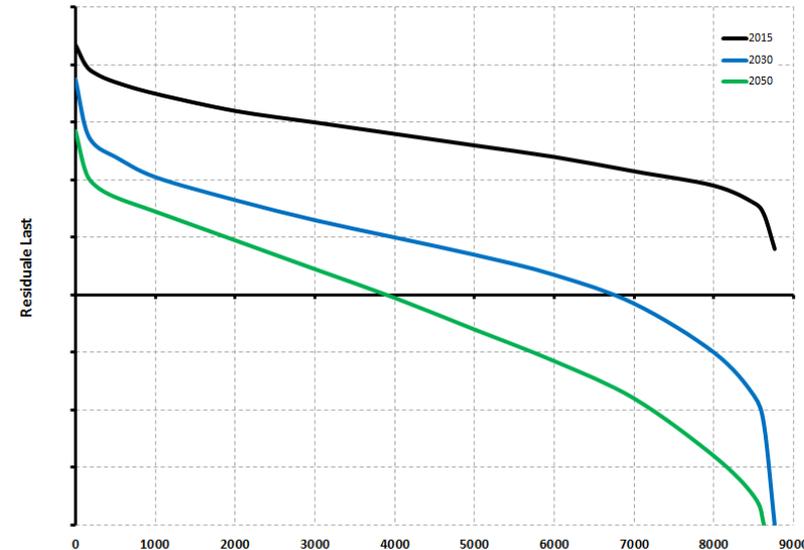


# Spotmarkt: IntraDay<sub>2016</sub>

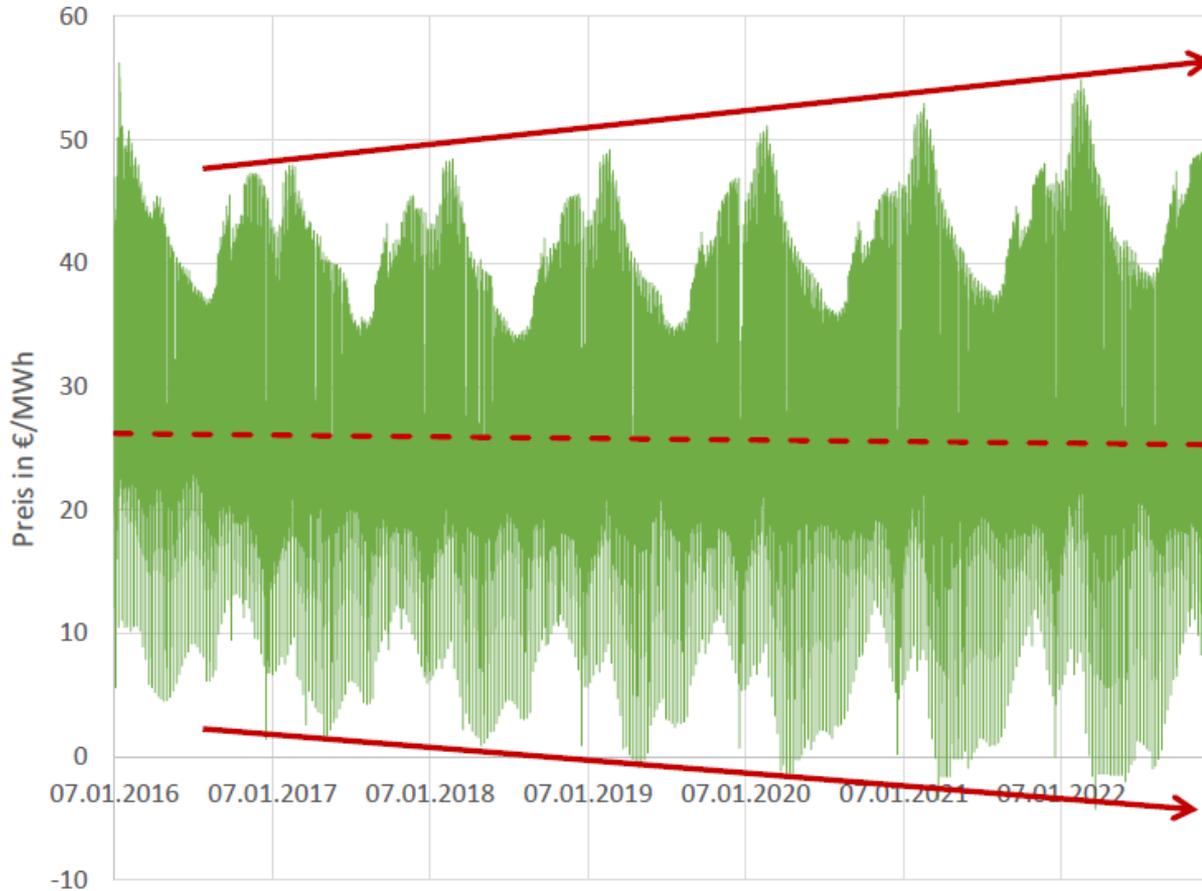


## Stromwende: Ausbau der Erneuerbaren

- Umsetzung des europäischen Klimaschutzziels durch Ausbau des EE-Anteils am Strommix schreitet weiter fort
- EE-Anteil an der deutschen Stromproduktion in 2016 bei 32%

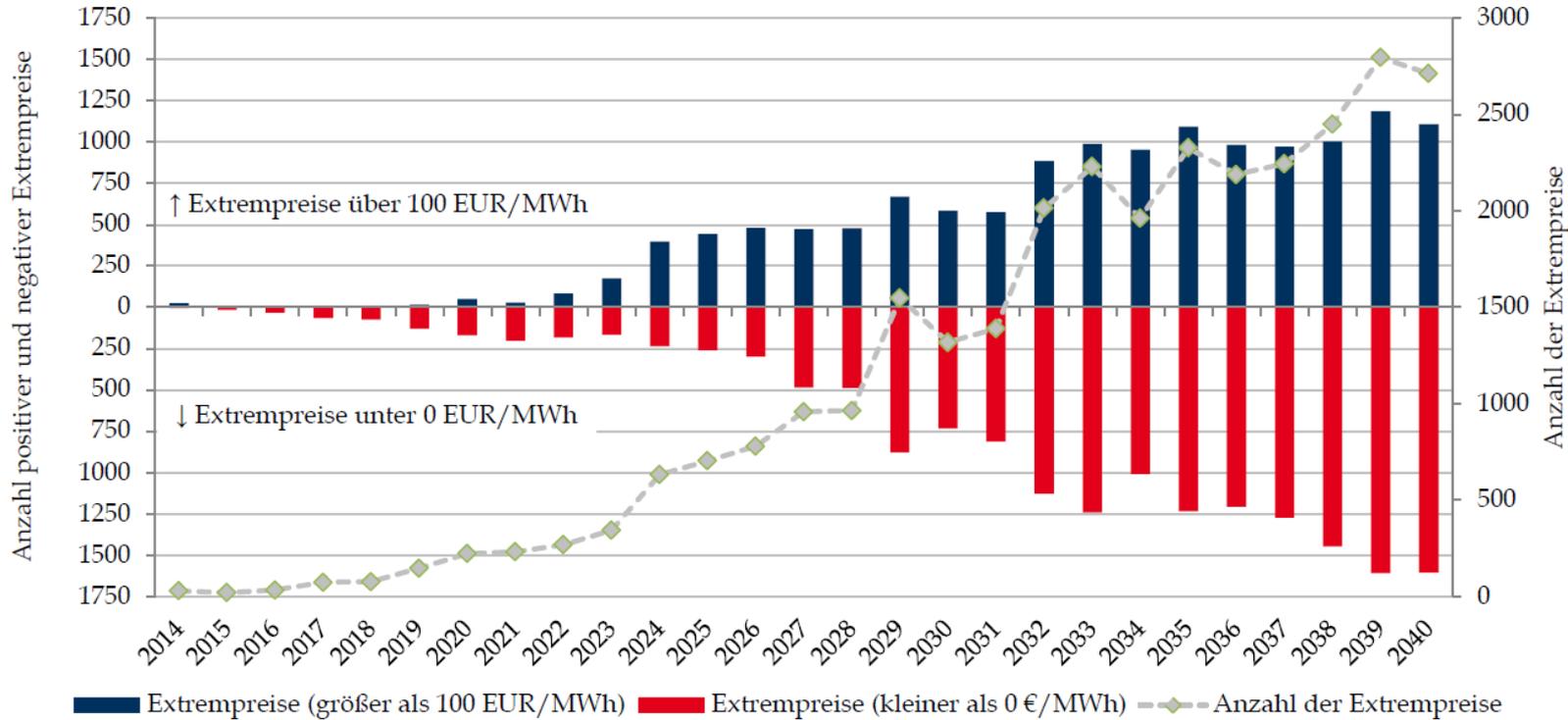


## Entwicklung der Spotmärkte (Day-Ahead) 1/2



- Extrema nehmen zu
- Mittelwert eher leicht fallend

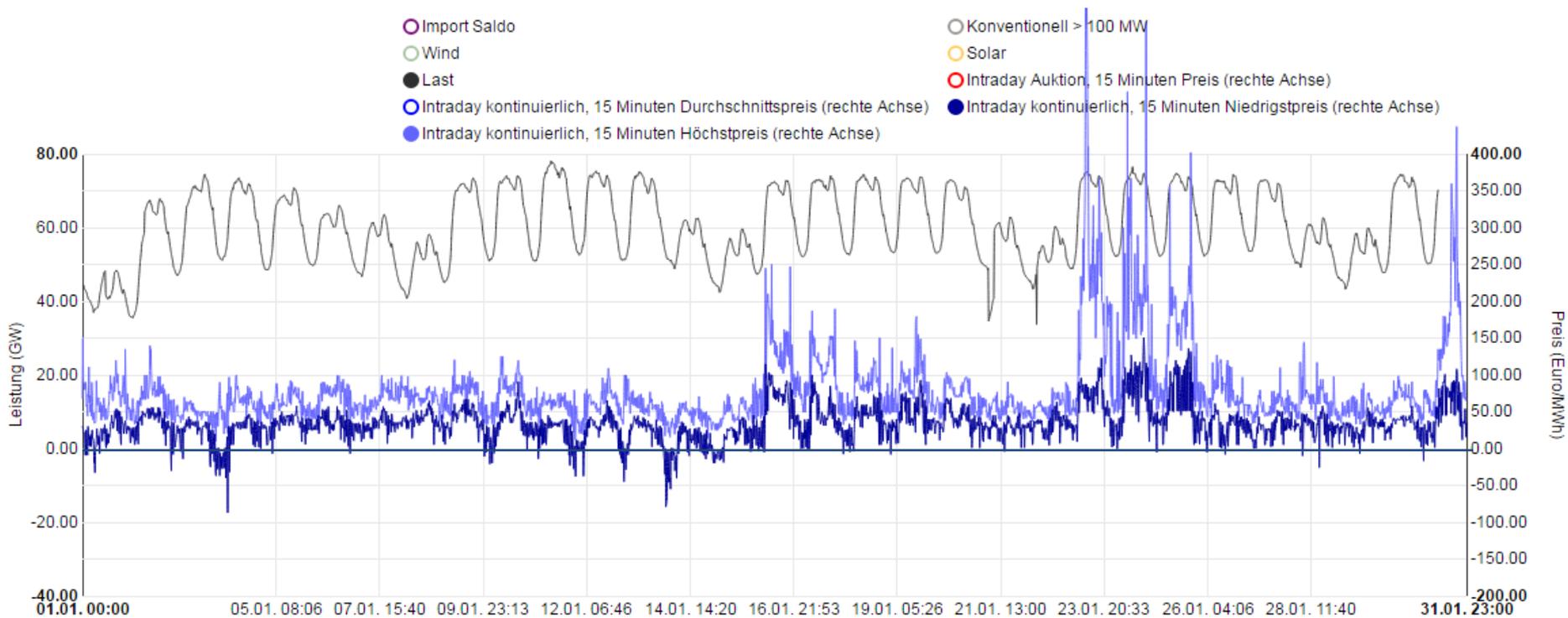
# Entwicklung der Spotmärkte (DayAhead) 2/2



Quelle:  
Consentec in  
ZfK 10/2013  
Oktober 2013

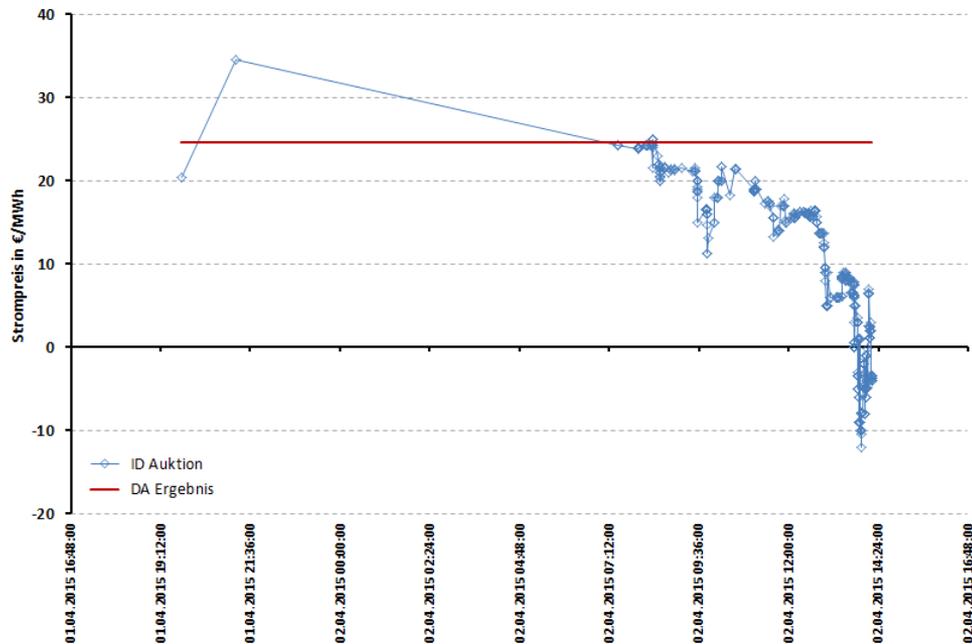
Bedingt durch den Merit Order Effekt der fluktuierenden Stromerzeuger und der Prognostizierbarkeit der Einspeisung durch die fluktuierenden Stromerzeuger wird der Anteil der Extrempreise im Spotmarkt zunehmen.

# Spotmarkt: IntraDay<sub>2017</sub> im Jan. 2017



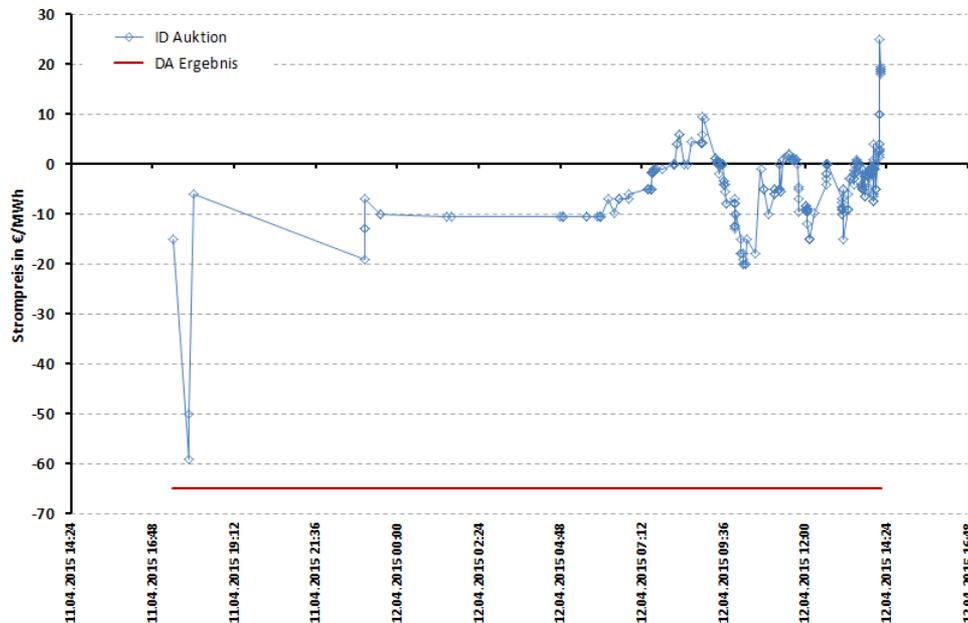
Quelle: <https://www.energy-charts.de>

# Arbitragegeschäft z.B. zwischen IntraDay u. DayAhead



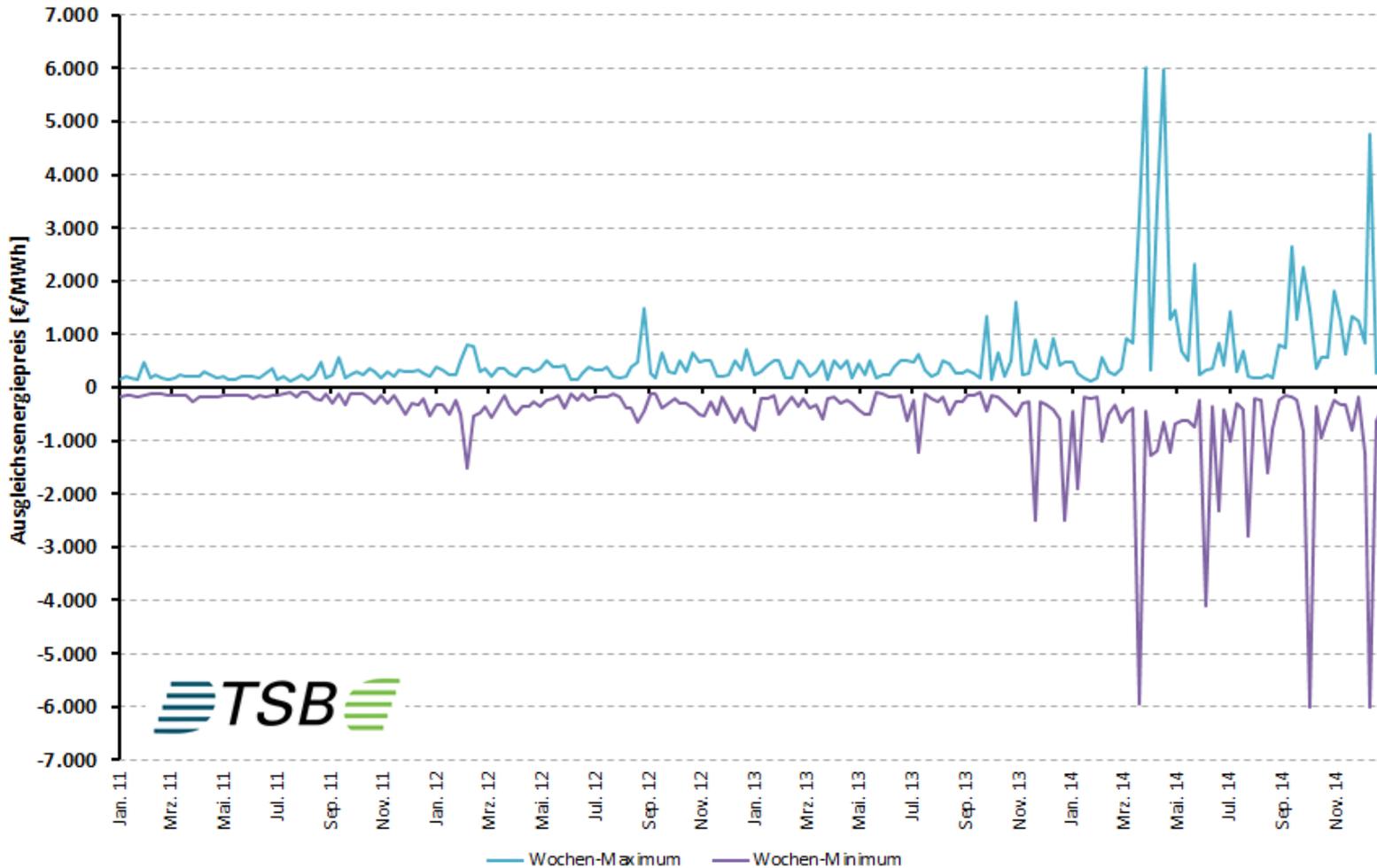
- Risiko des reinen Arbitrage – Geschäfts sind die Kosten der Ausgleichenergie
  - (auch politisch gewollt) sind die Ausgleichsenergiekosten stark gestiegen
- Risikoreduktion auf die Grenzkosten flexibler Anlagen möglich.

# Arbitragegeschäft z.B. zwischen IntraDay u. DayAhead



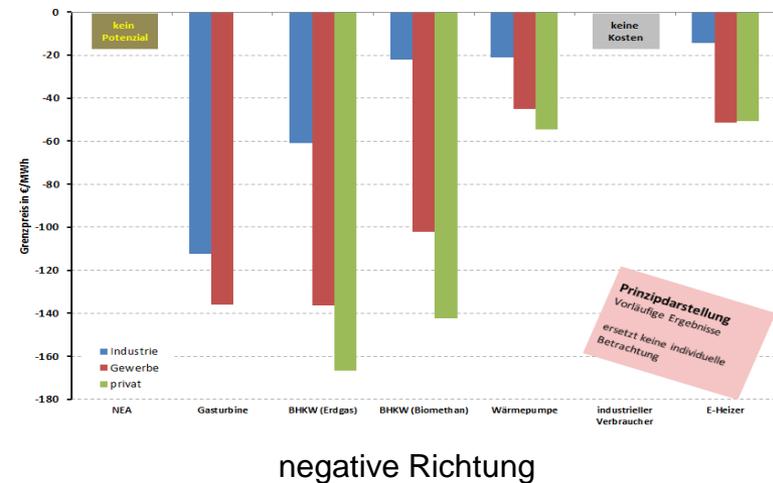
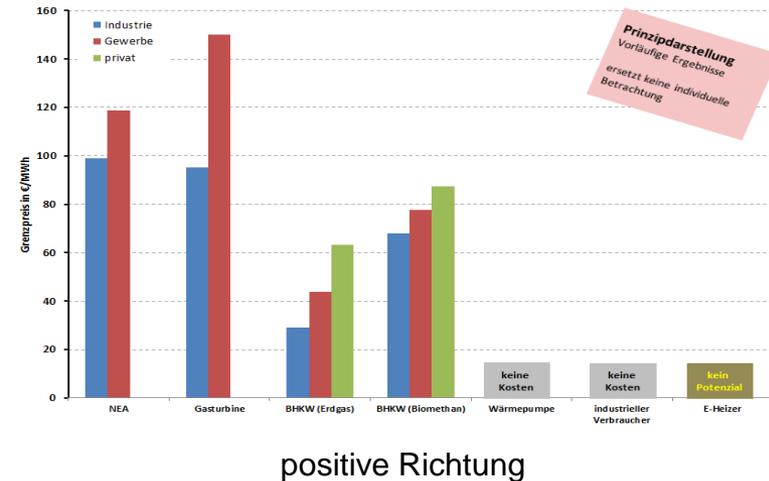
- Risiko des reinen Arbitrage – Geschäfts sind die Kosten der Ausgleichenergie
  - (auch politisch gewollt) sind die Ausgleichsenergiekosten stark gestiegen
- Risikoreduktion auf die Grenzkosten flexibler Anlagen möglich.

# Entwicklung der Ausgleichsenergiemärkte



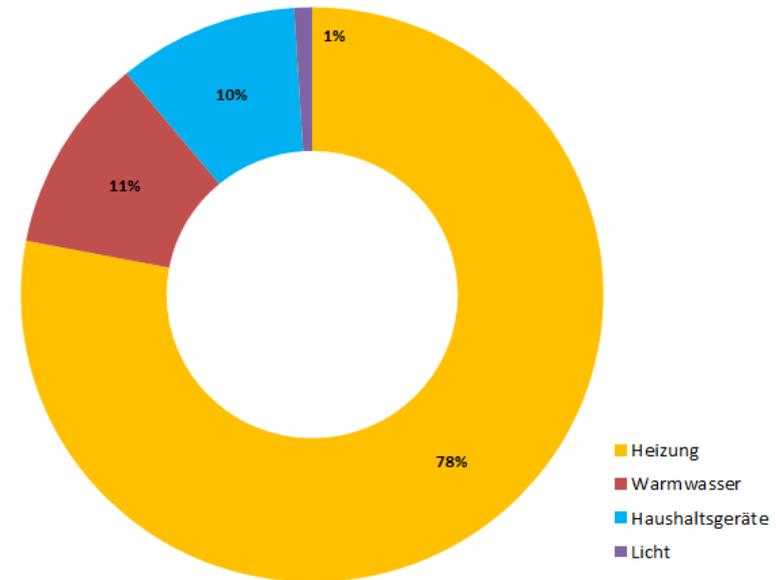
# Qualitative Bestimmung der Grenzpreise eines Abrufes

- Grenzpreise sind von anderen Preisen bzw. von technischen Kennziffern abhängig:
  - Erdgaspreis, Strompreis, Stromnebenkosten
  - Wirkungsgraden, Stromkennziffer, COP
  - usw.
- eine automatisierte Berechnung des Grenzpreises, die individuelle Gegebenheiten berücksichtigt ist sinnvoll



# Kombination PV, Überschussstrom und Speicher sinnvoll

- „Je höher der Anteil an Wind- und Sonnenstrom, desto wichtiger wird eine flexible Reaktion von Verbrauchern auf die Preissignale“, <sup>[1]</sup> BMWi 2015
- Wärmeerzeuger sind die einzigen relevanten Lasten im Ein- und Mehrfamilienhaus
- Eine Umsetzung des PtH-Verfahrens wird zur Erreichung von lokalen Optima wahrscheinlich
- **Sinnvoll wäre die Nutzung durch die Stadtwerke zur zusätzlichen globalen Optimierung**



Energieverbrauch in Einfamilienhaus

Quelle: ASUE

[1] BMWi, Ein Strommarkt für die Energiewende, Weißbuch Juli 2015

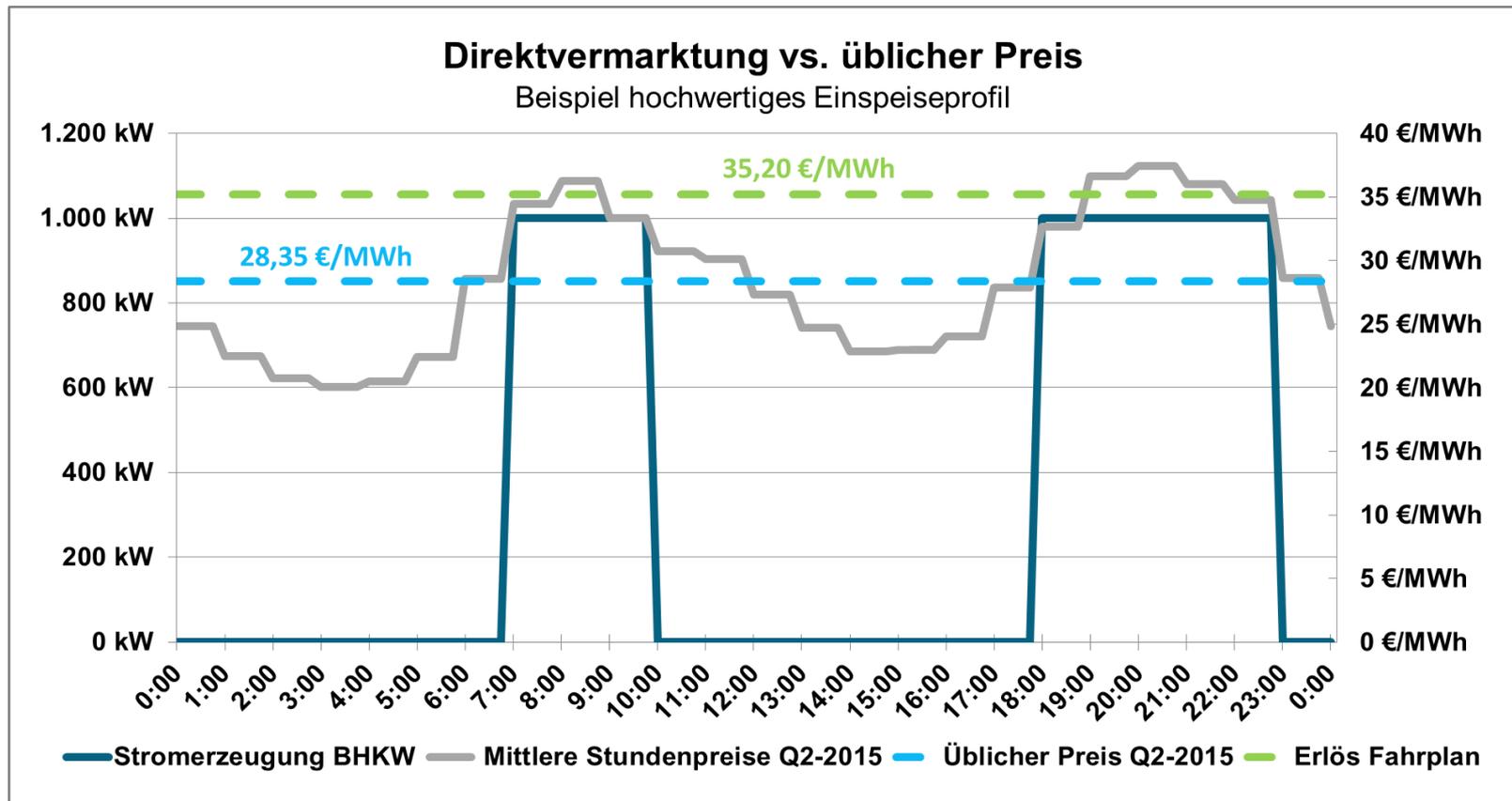
# Power – to – Heat Demonstrationsanlage

- P2H- Demonstrationsanlage im Heizhaus der TH Bingen
- Nachbildung der Heizungsanlage eines Mehrfamilien-Wohnhauses mit
  - Wärmeerzeuger (hier Mini BHKW),
  - 1000-Liter-Pufferspeicher,
  - Wärmeabgabe durch Einspeisung in das Wärmenetz der TH Bingen,
  - Wärmeabgabe über eine Frischwasserstation.
- Der Pufferspeicher wird nur durch elektrische Heizstäbe im Rahmen der Erbringung von negativer SRL aufgeheizt (Power-to-Heat).
- Bei Überschreitung einer festgelegten Temperatur (z.B. 85°C) wird der eigentliche Wärmeerzeuger abgeschaltet und das Heizungs-Netz wird aus dem Pufferspeicher gespeist.
- Mehrere mögliche Montage-Positionen für die Heizstäbe, um den Einfluss auf die Temperaturschichtung zu variieren.
- 16 Tauchfühler und 16 Anlegefühler messen die Temperatur an vielen Stellen des Pufferspeichers um den Einfluss der Heizstäbe auf die Temperaturschichtung zu erfassen.



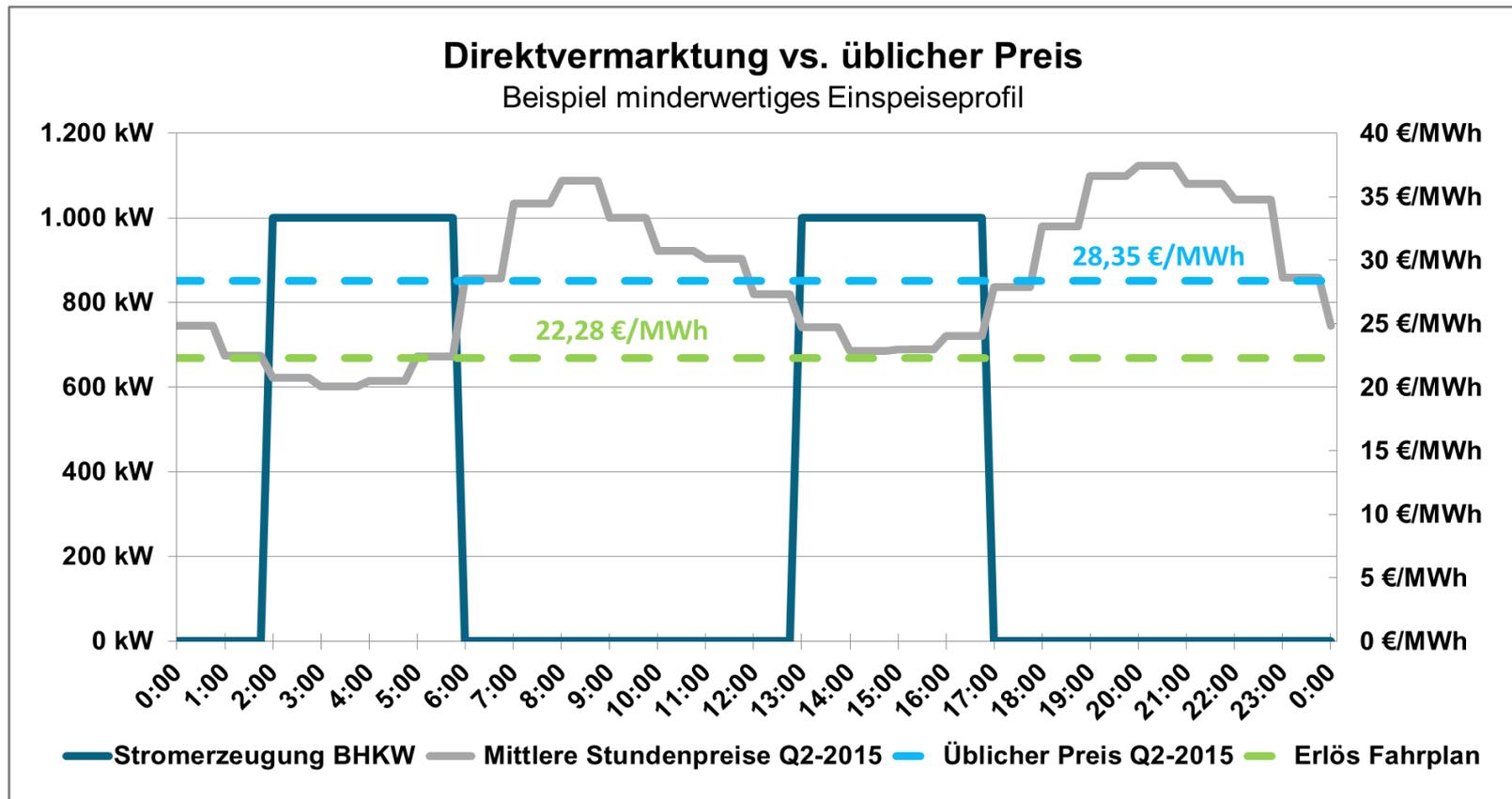
# KWKG<sub>2017</sub>: Entscheidend Zeitpunkt der Stromerzeugung

Erfolgt Stromeinspeisung verstärkt in Zeiten (relativ) hoher Börsenpreise, können Mehrerlöse (z. B. gegenüber dem üblichen Preis) generiert werden.



# KWKG<sub>2017</sub>: Entscheidend Zeitpunkt der Stromerzeugung

Zeitlich ungünstige Einspeisung kann aber zu „minderwertigem Einspeiseprofil“ führen (Direktvermarktungserlös < üblicher Preis)



# Vom Fahrplangenerator zur Marktoptimierung

Aufbau einer Intelligenz zur marktorientierten Fahrweise von Anlagen unter Nutzung vorhandener bzw. Schaffung neuer Energiespeichermöglichkeiten

## Fahrplangenerator

- Wärmebedarfsprognose
  - Wetterprognose
  - Gebäudestruktur
  - Nutzerverhalten
- Marktdaten
  - Regelenergiemärkte,
  - Spotmärkte



## Virtuelles Kraftwerk EC24

Objekt	Status	Details	aktuelle Leistung
Deaktiviert			0,0 kW
Läuft nicht			0,0 kW
Läuft			0,0 kW (0,00 kW)
Läuft			0,0 kW (0,00 kW)
Läuft			0,0 kW (0,00 kW)
Läuft			0,0 kW (0,00 kW)
Deaktiviert			0,0 kW (0,00 kW)
Fehler: Störung			0,0 kW (0,00 kW)
Läuft nicht			0,0 kW (0,00 kW)
Läuft			0,0 kW (0,00 kW)
Deaktiviert			0,0 kW (0,00 kW)



## Marktoptimierte Anlagen

- Batterien
- Kraft-Wärme-Kopplung
- Wärmepumpen, Elektroheizer
- Pumpen, Verdichter, Gebläse
- Industrielle/gewerbliche Stoffspeicher
- ...



# Prognosen sind die Basis des Fahrplangenerators

Bedarfsprognose ist von verschiedenen Faktoren abhängig

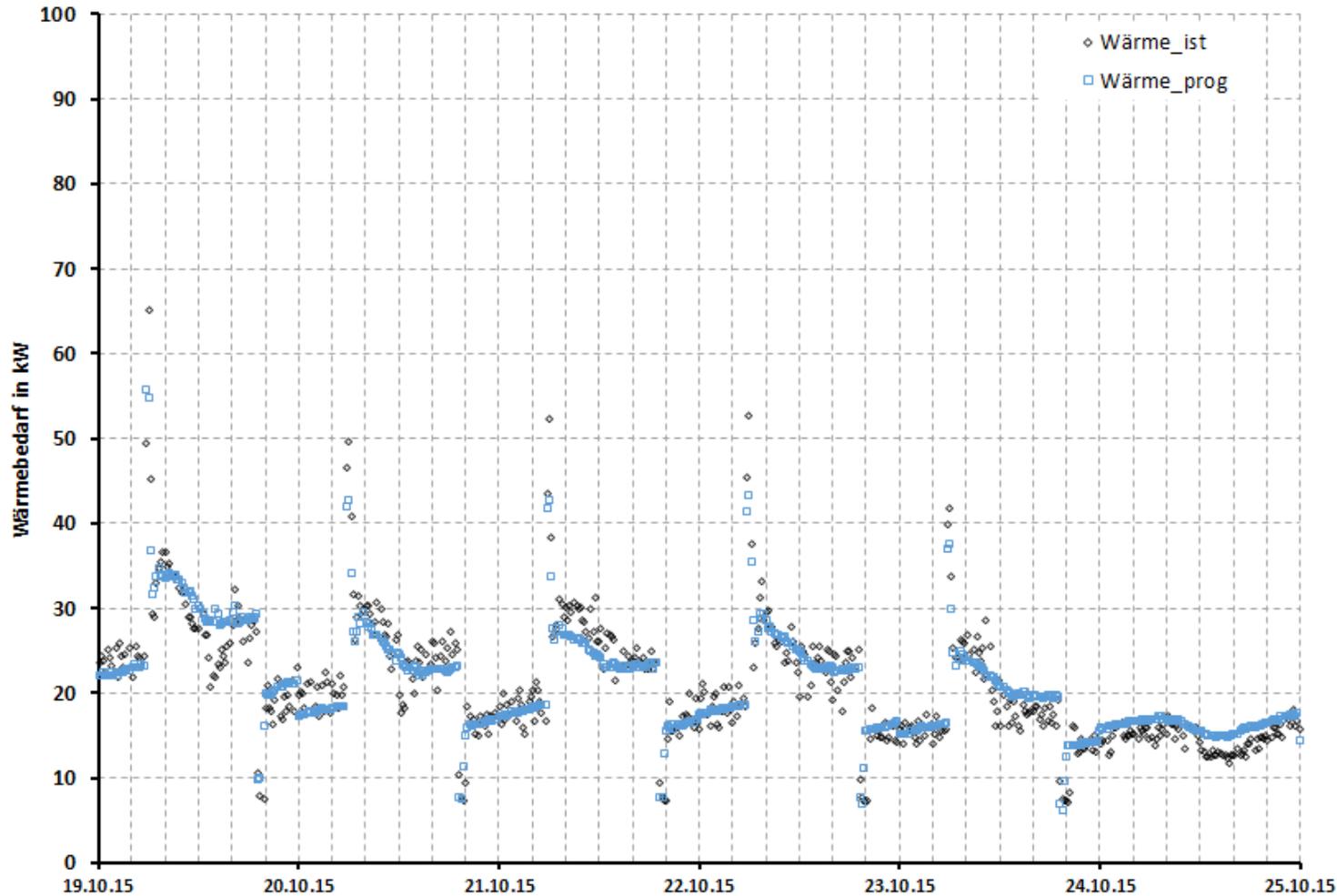
- Jahreszeit, Wetter, usw.
- Gebäudestandard,
- Nutzerverhalten
- Produktionsplanung

Marktprognosen

- In der Energiewirtschaft bewährt und im Einsatz

→ Ergebnis des Fahrplangenerators:  
**Optimierung einer vorhandenen Flexibilität**

# Bedarfsprognose ist die Basis des Fahrplangenerators



## Geschäftsmodelle für Virtuelle Kraftwerke

### Notwendig Fähigkeiten eines virtuellen Kraftwerks

- Markt- und Bedarfsprognosen (z.B. Wärmebedarf)
- Automatische Ermittlung der Grenzkosten
- Fahrplanbetrieb für KWK – Anlagen (Direktvermarktung nach KWKG<sub>2017</sub>)
- Fahrplanbetrieb für flexible Verbraucher
- Remote Control für EEG – Anlagen (Windkraft und PV)

### Wichtigste Märkte

- Spotmärkte (Day Ahead und IntraDay)
- Regelenergiemärkte
- Ausgleichsenergie

## Der nächste Schritt ...

Aktivierung des Bilanzkreises zur Reduktion der Differenz zwischen prognostiziertem und aktuellem Strombedarf

- durch Aufbau eines im Bedarfsfall ansteuerbaren flexiblen Erzeugungs- und Verbrauchsportfolio
- zur Reduktion des Risikos
  - im Bereich Beschaffung und
  - im Bereich Bilanzkreistreue
- bei gleichzeitiger Teilnahme an den Spot- bzw. Regelenergie-  
märkten

**„Das ... Geschäftsmodell, flexibel auf Erzeugung und Nachfrage zu reagieren, ist deutlich anspruchsvoller als bisher, wird aber ... auch die Chance für zusätzliches Einkommen eröffnen.“**

Zitat aus BMWi, Ein Strommarkt für die Energiewende, Weißbuch, Seite 89, Juli 2015

## **Kontakt**

Prof. Dr. Ralf Simon  
Transferstelle Bingen

[simon@tsb-energie.de](mailto:simon@tsb-energie.de)