



Mit **neuer** Energie



Development of Renewable Energy in Germany and the Role of Integration Measures

Dr. Kurt Rohrig

Fraunhofer Institut für Windenergie
und Energiesystemtechnik



Mit **neuer** Energie

Fraunhofer IWES: Institute Profile



Wind energy

Research spectrum:

- Wind energy from material development to grid optimization
- Energy system technology for all renewables

Foundation: 2009

Annual budget: approx. € 30 million

Personal: approx. 500



Photovoltaics



Bio energy



Electricity grids



Hydro power



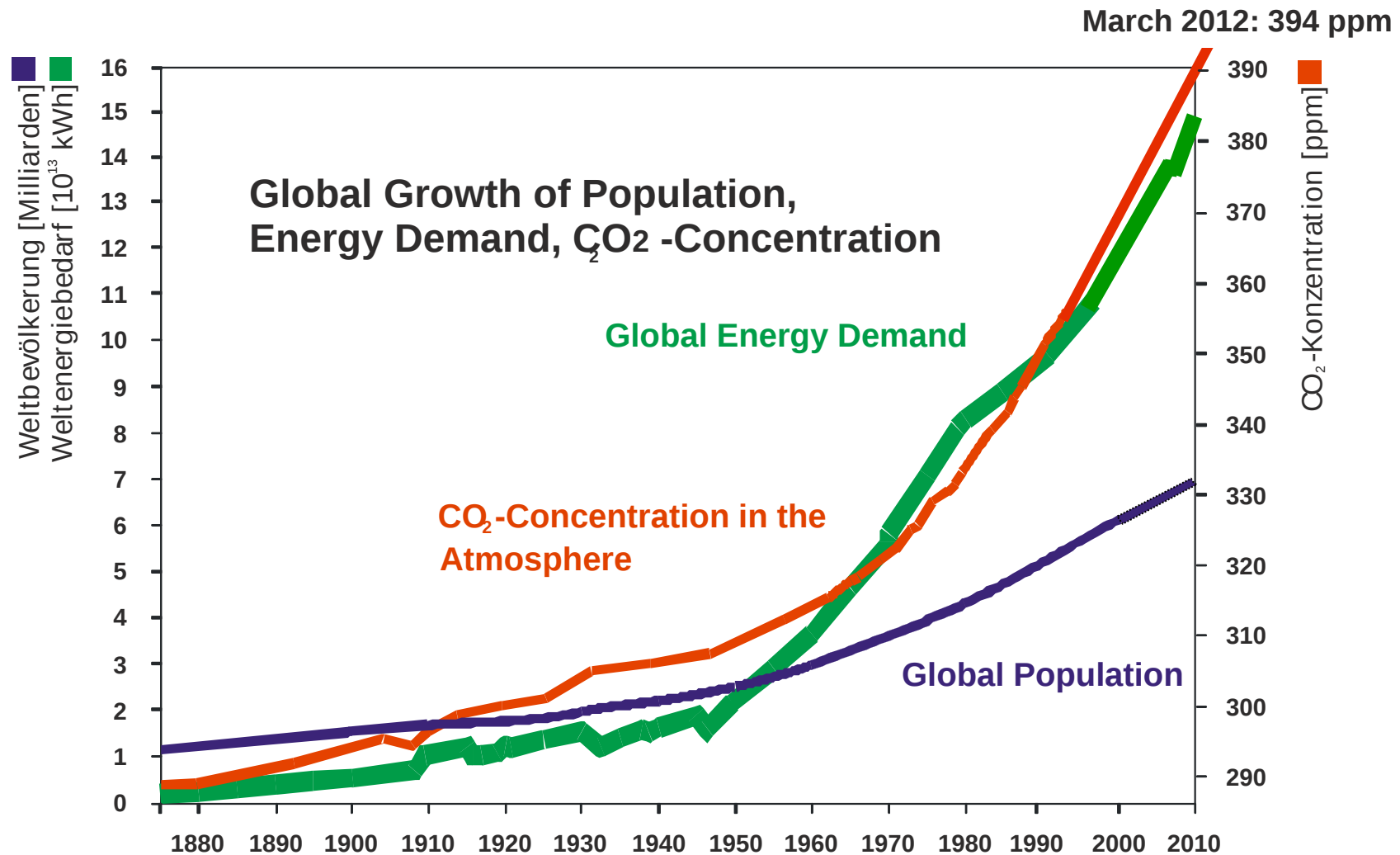
Marine energies

advancing wind energy and energy system technology



Mit **neuer** Energie

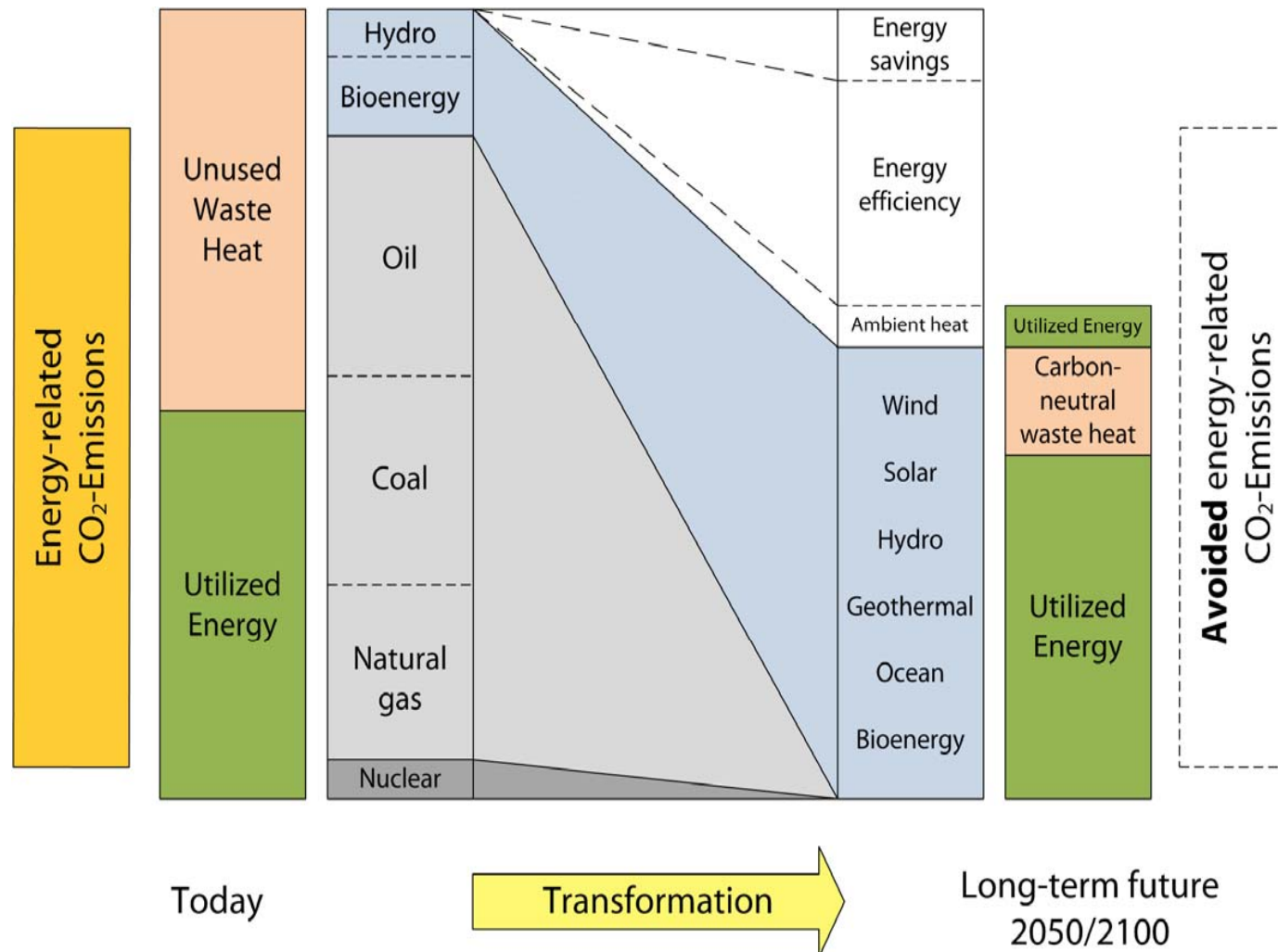
Global Situation and Future Trends





Mit **neuer** Energie

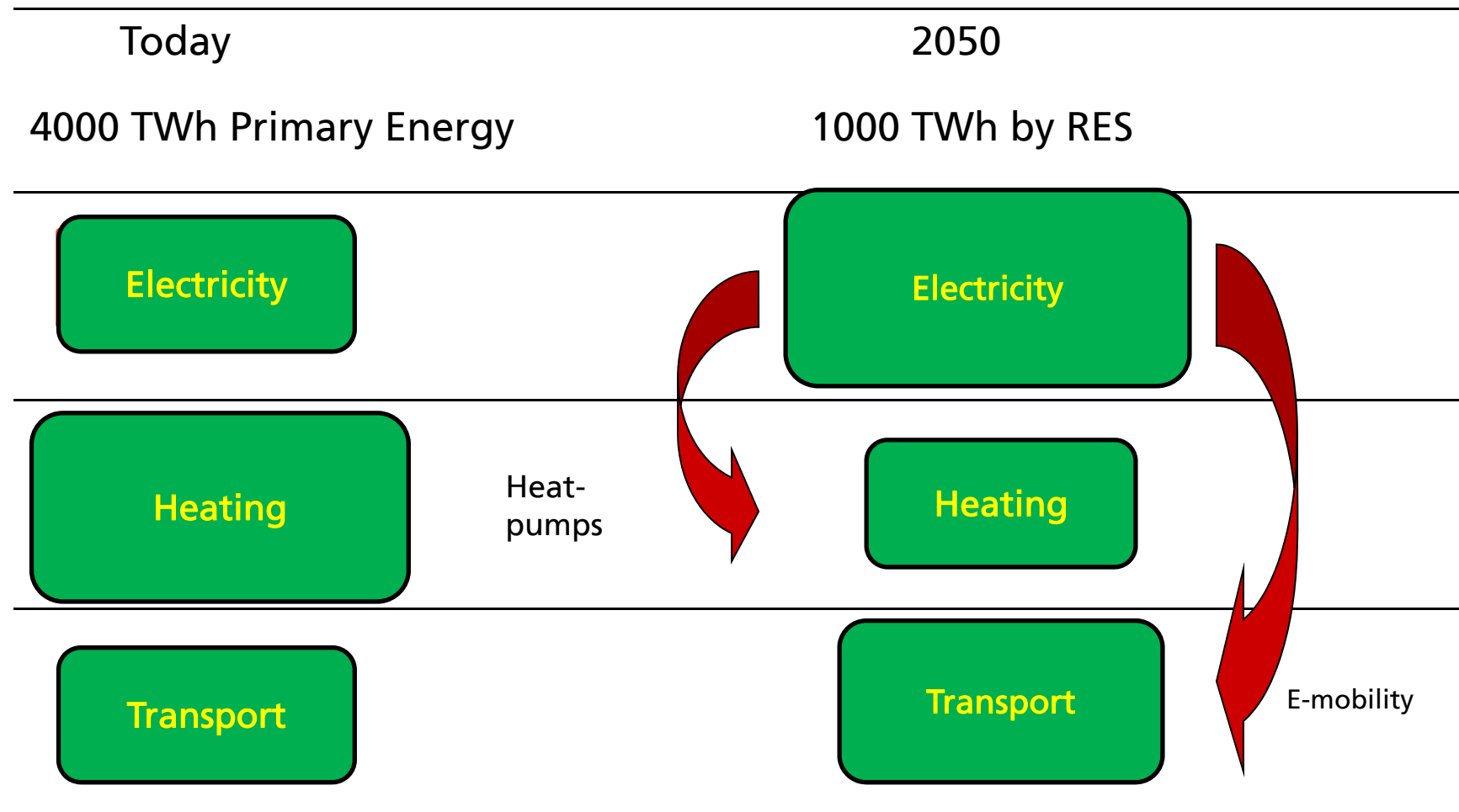
Transformation of Electricity Sector





Mit **neuer** Energie

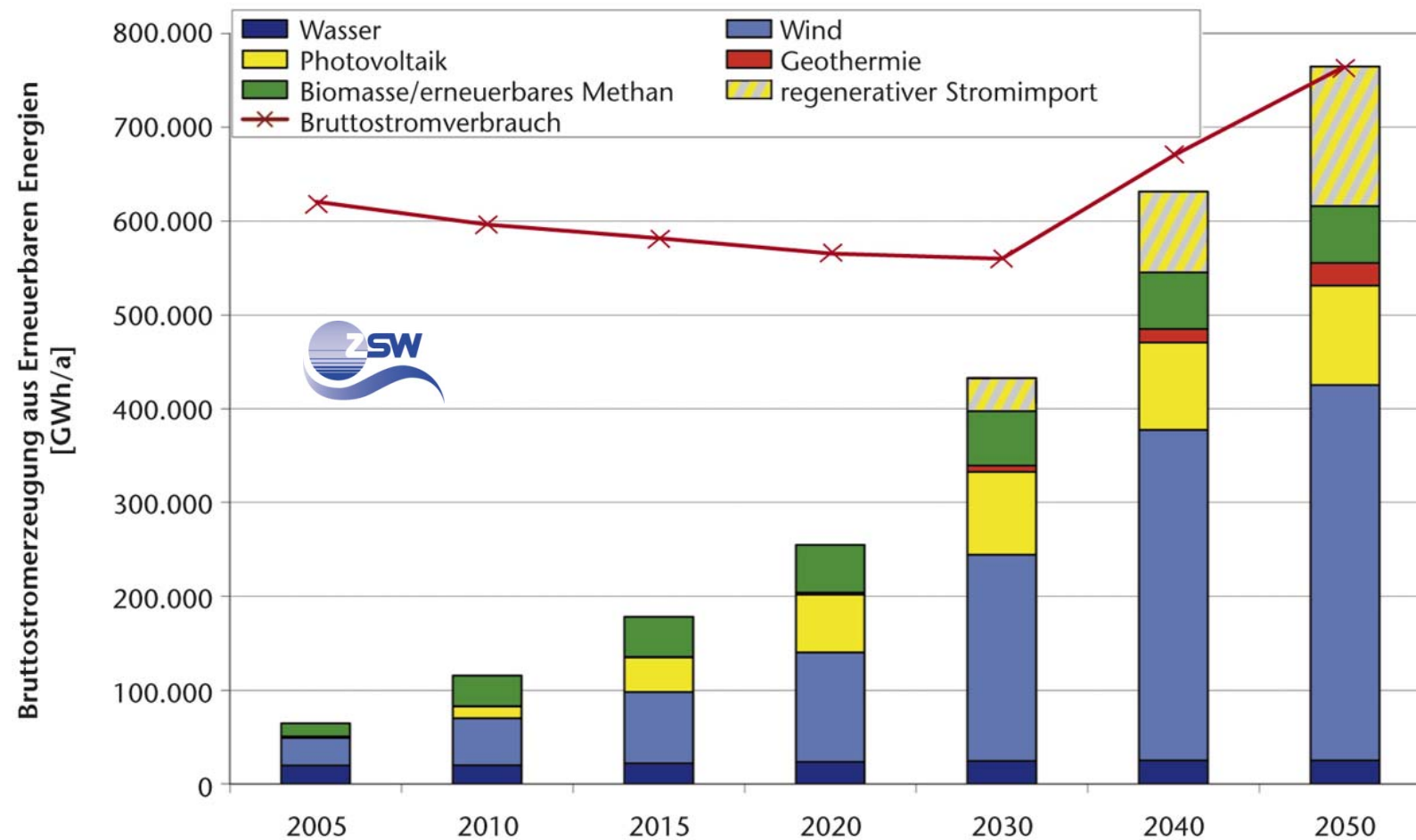
Transformation of Energy Supply System





Mit **neuer** Energie

Roadmap Energiewende - Transformation of Energy Supply in Germany up to 2050



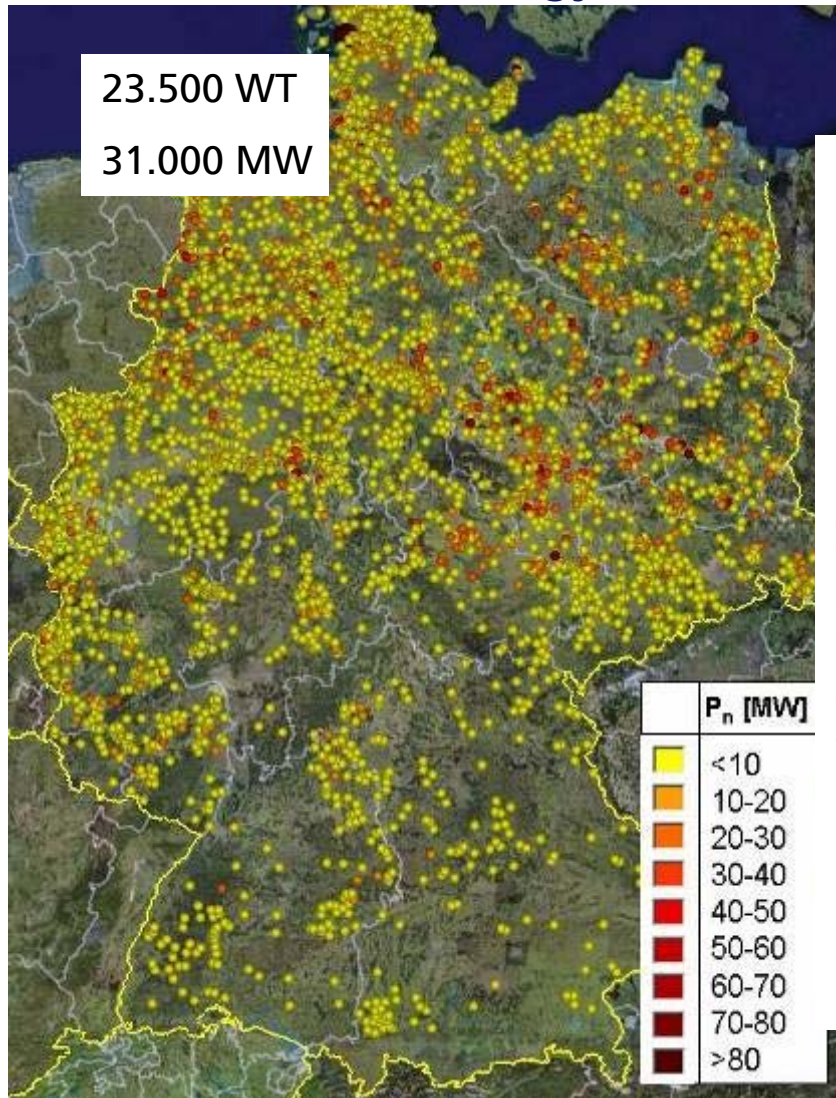
Gross Electricity Generation from RES and Consumption in Germany up to 2050



Mit **neuer** Energie

Wind and Solar Energy in Germany

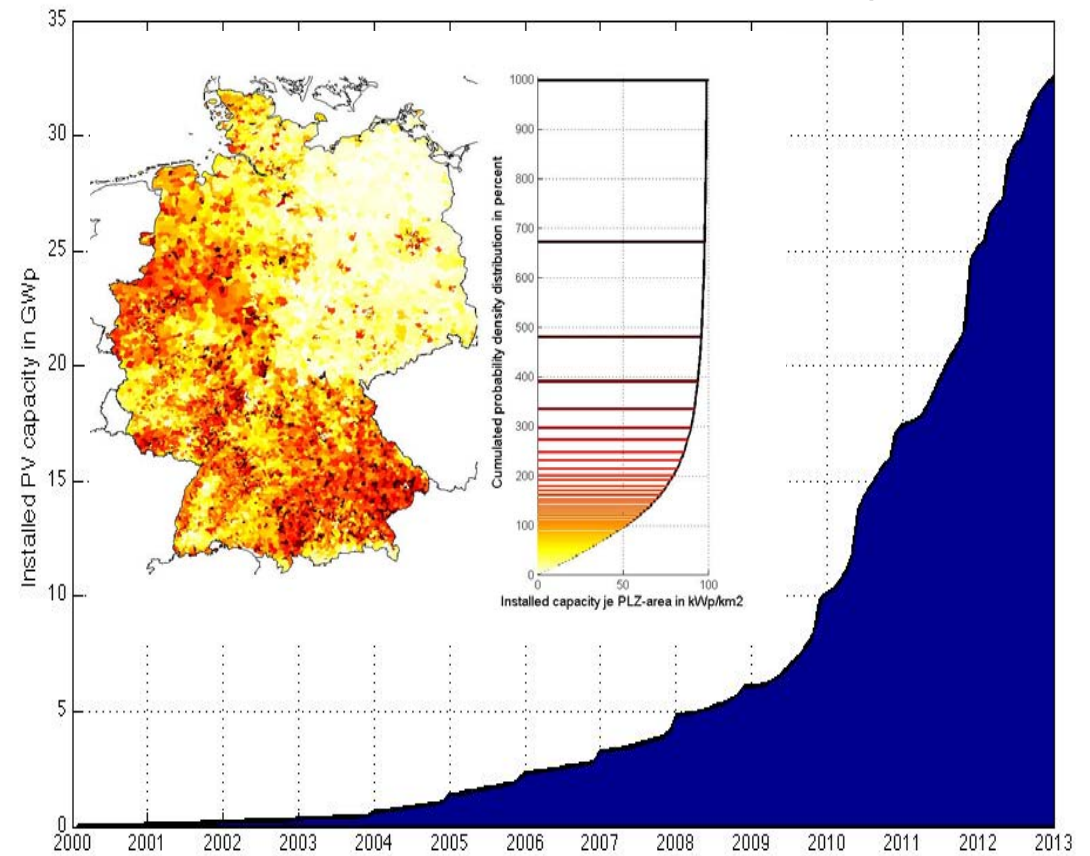
23.500 WT
31.000 MW



PV:

32.900 Mwp installed

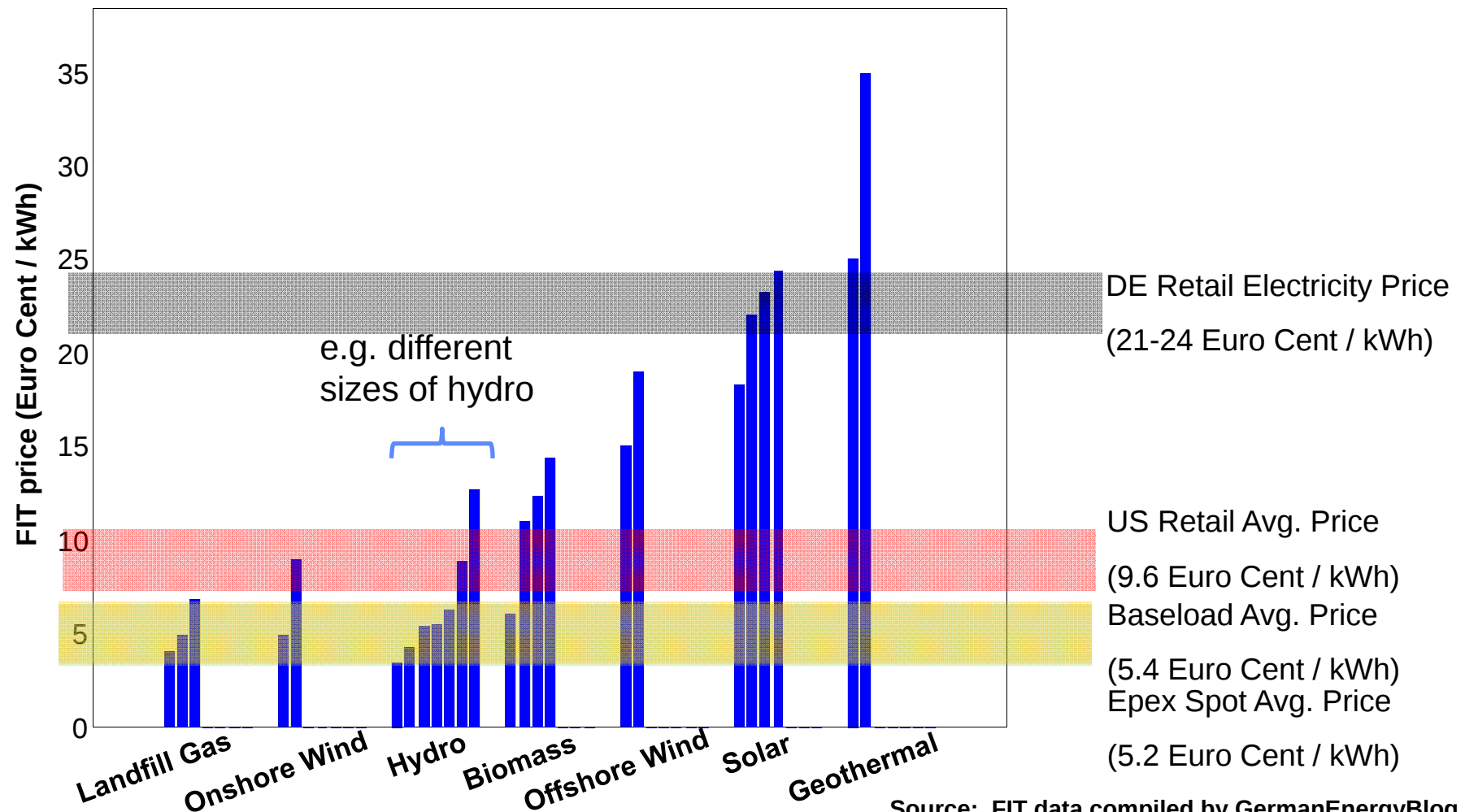
1.337.890 PV-plants





Mit **neuer** Energie

German FIT Prices vs. Technology and Size (2012)



Source: FIT data compiled by GermanEnergyBlog

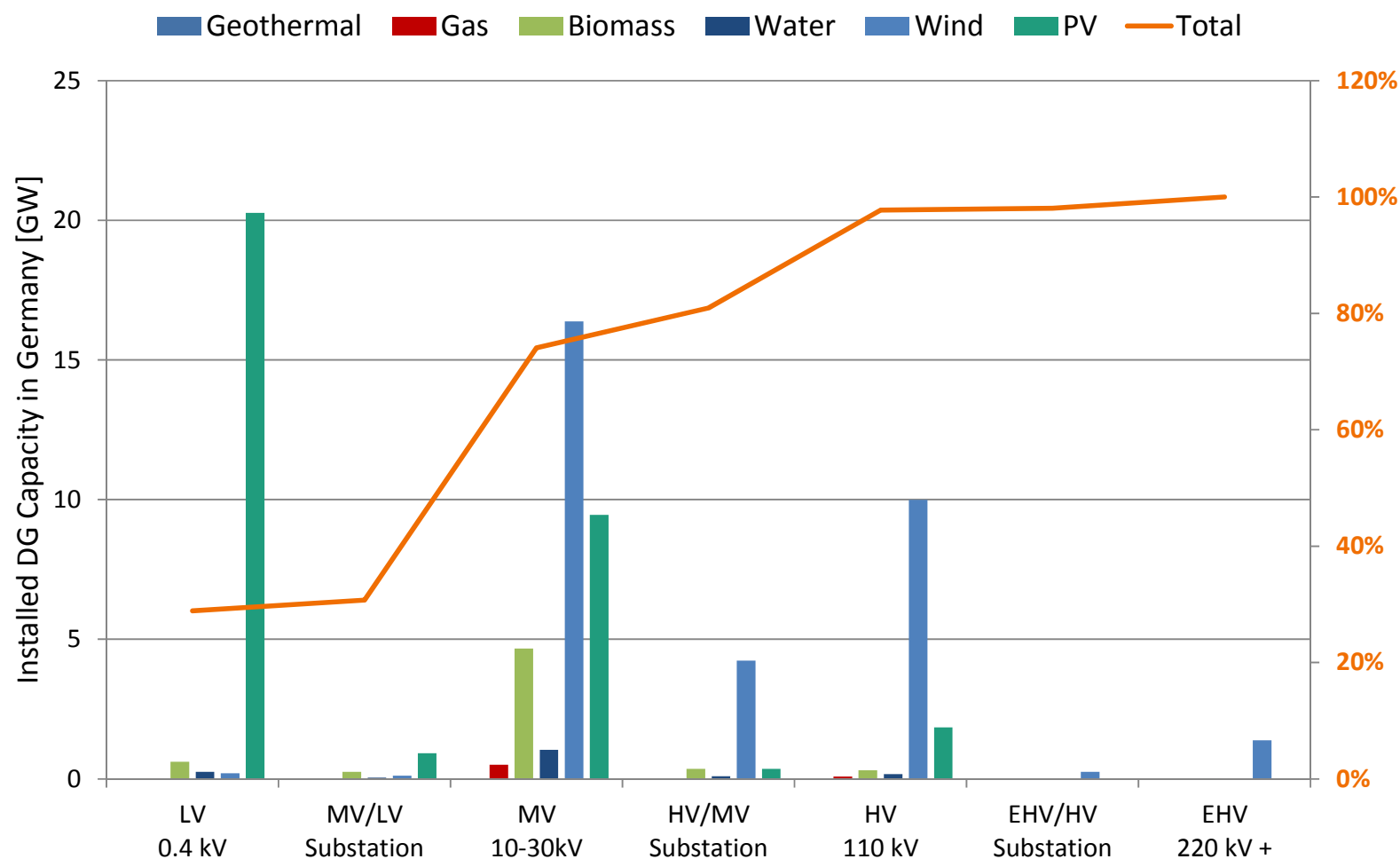
See notes for other price data sources



Mit **neuer** Energie

Total installed DG Capacity: 74 GW (32.9 GWp PV)

Peak Load in Germany: 80 GW

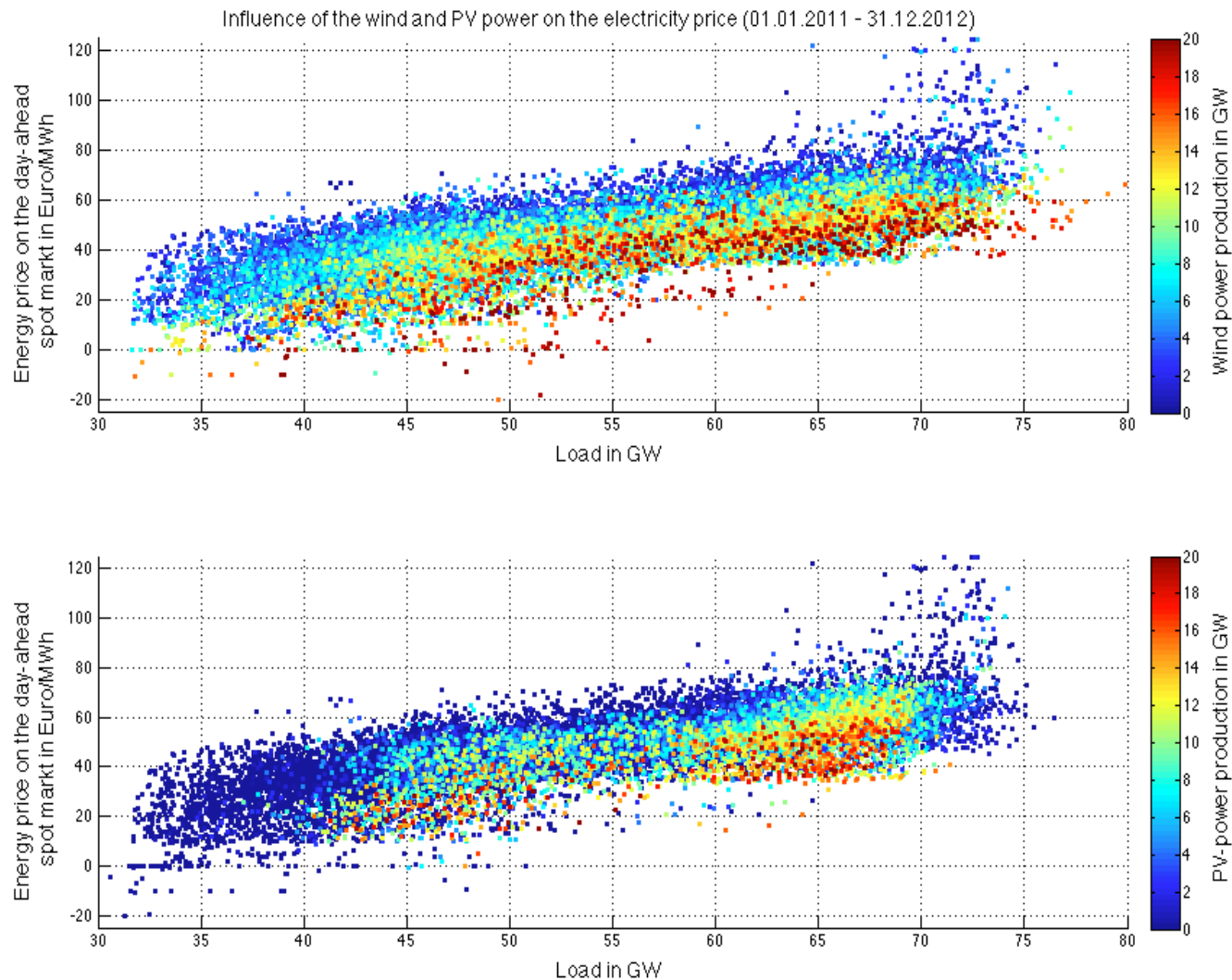


Data Source: DGS, www.energymap.info



Mit **neuer** Energie

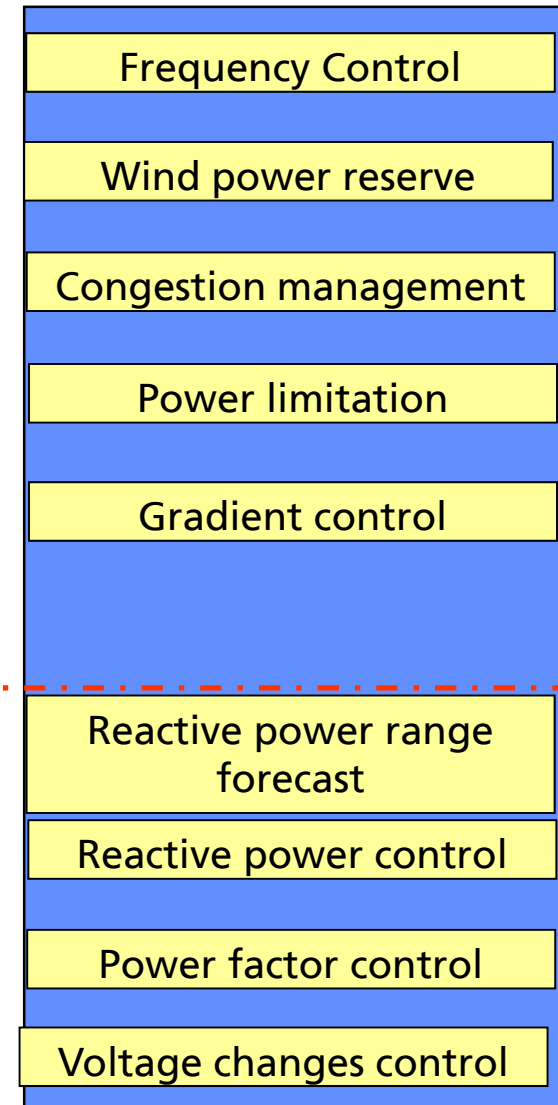
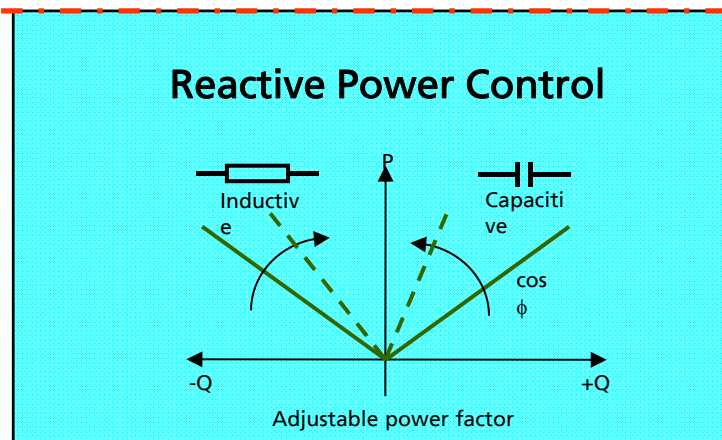
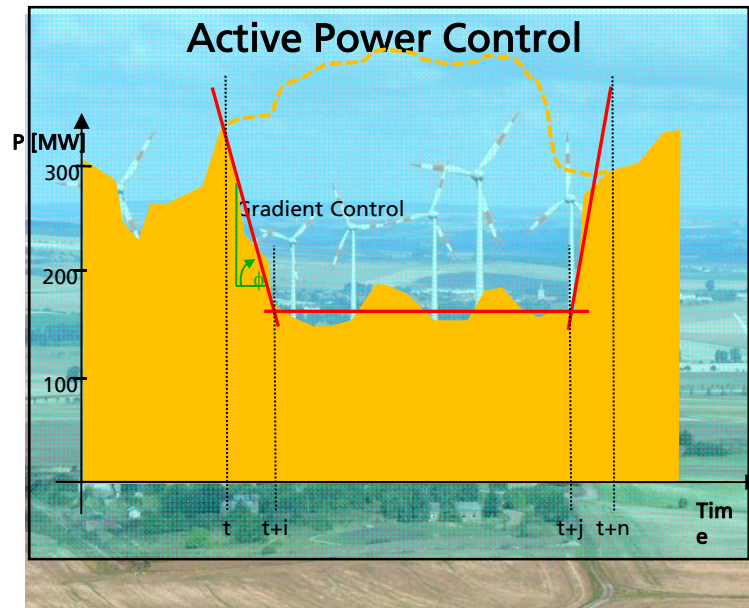
Impact of Wind and PV power production on the German power system





Mit **neuer** Energie

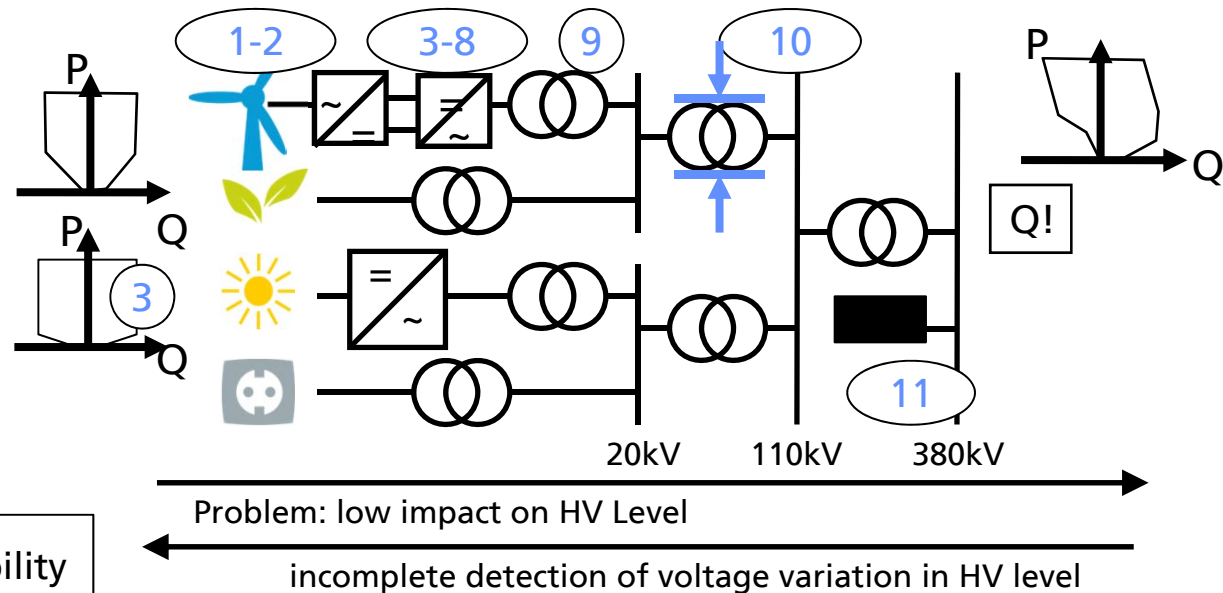
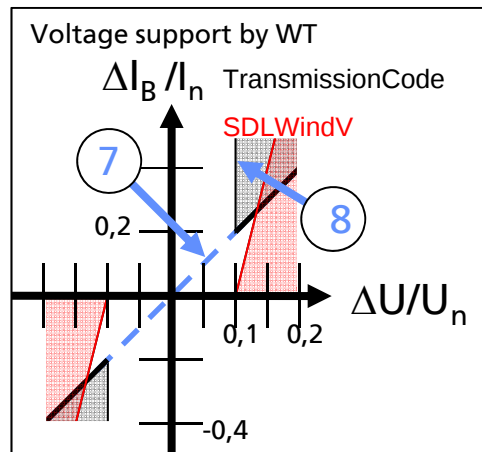
Active Contribution to System Reliability





Mit **neuer** Energie

Methods to increase capability of voltage control by RES



Methods to increase capability of

Voltage control by RES

1 Direct connected

synchron generators

2 Pillar-Princip (rotating mass)

3 Variation of P/Q-characteristics

4 Larger Inverters

5 Reduction of active power
in favour of reactive current

6 Use of STATCOM-Function

7 Continuous voltage support

8 Increase amplification factor
at voltage regulator

9 Neutral earthing of
WT main transformers

10 Variation of voltage
ranges

11 implementation of
reactive power compensation



Mit **neuer** Energie

Distribution Management System

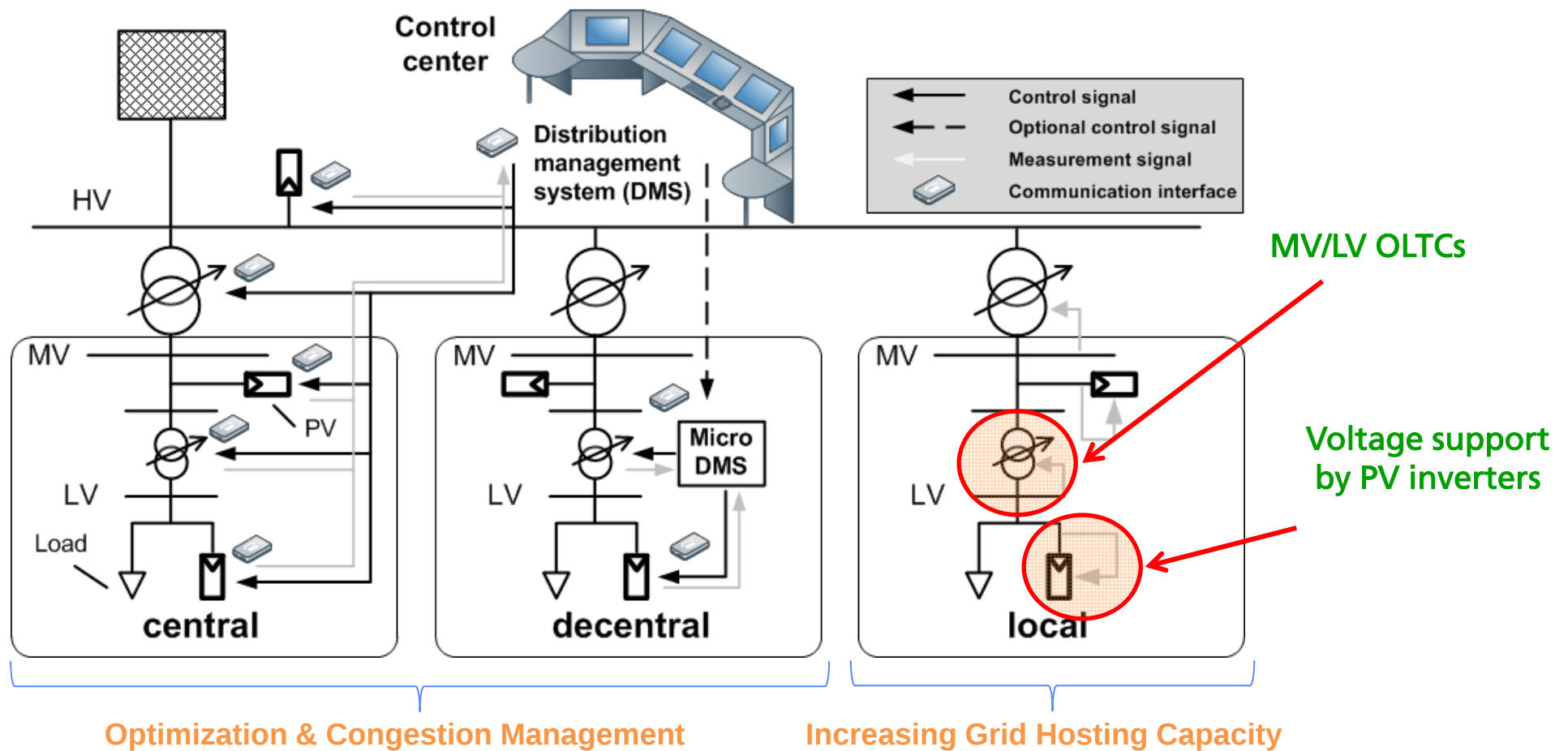
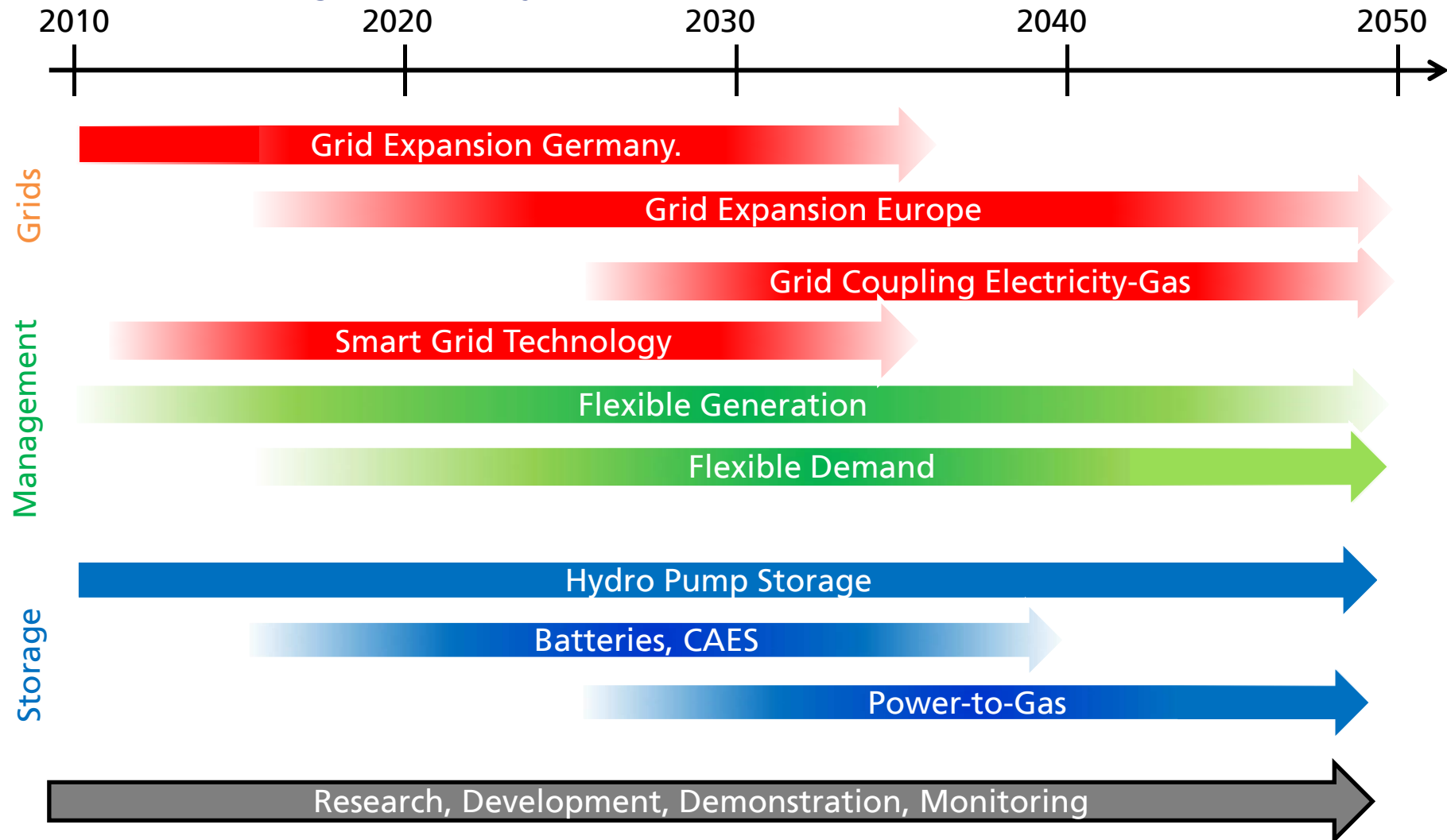


Fig.: J. von Appen et al., „Time in the Sun“, IEEE Power&Energy Magazine, March/April 2013



Mit **neuer** Energie

Roadmap Energiewende System Transformation Power Sector





Mit **neuer** Energie

Thank You

The Fraunhofer-Gesellschaft in Germany

66 Institutes at 45 locations

2012

Staff

22.000

R&D-budget

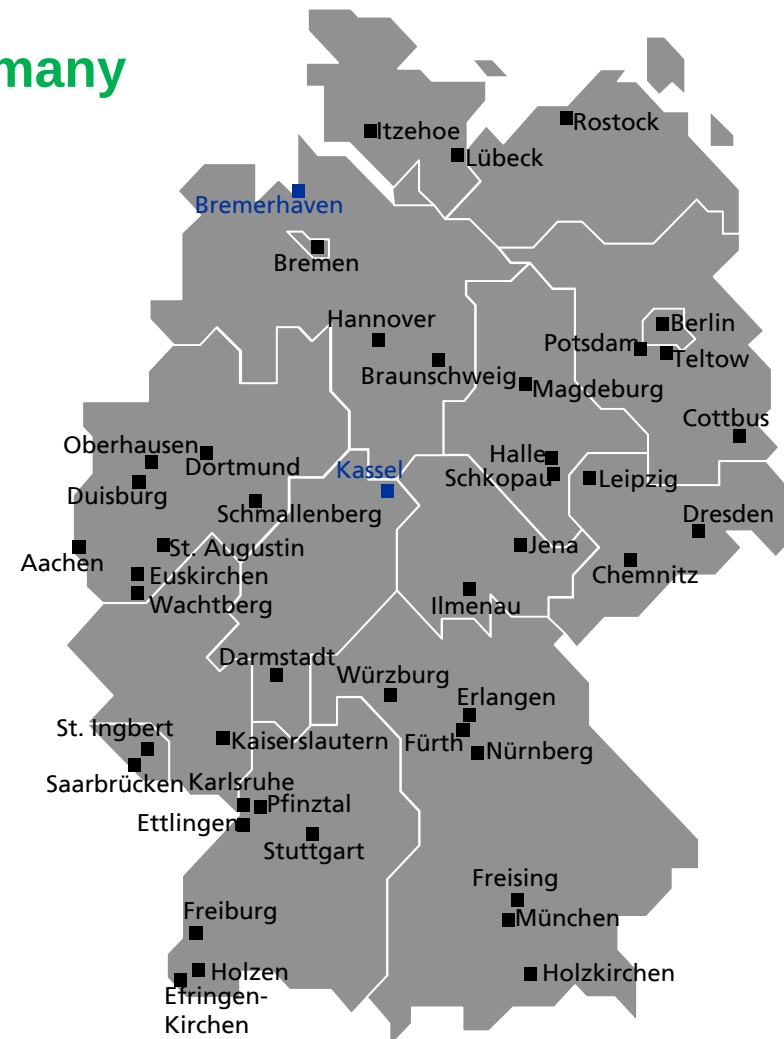
2.500 Million €

Kurt Rohrig

Fraunhofer Institut für Windenergie und
Energiesystemtechnik

Kassel

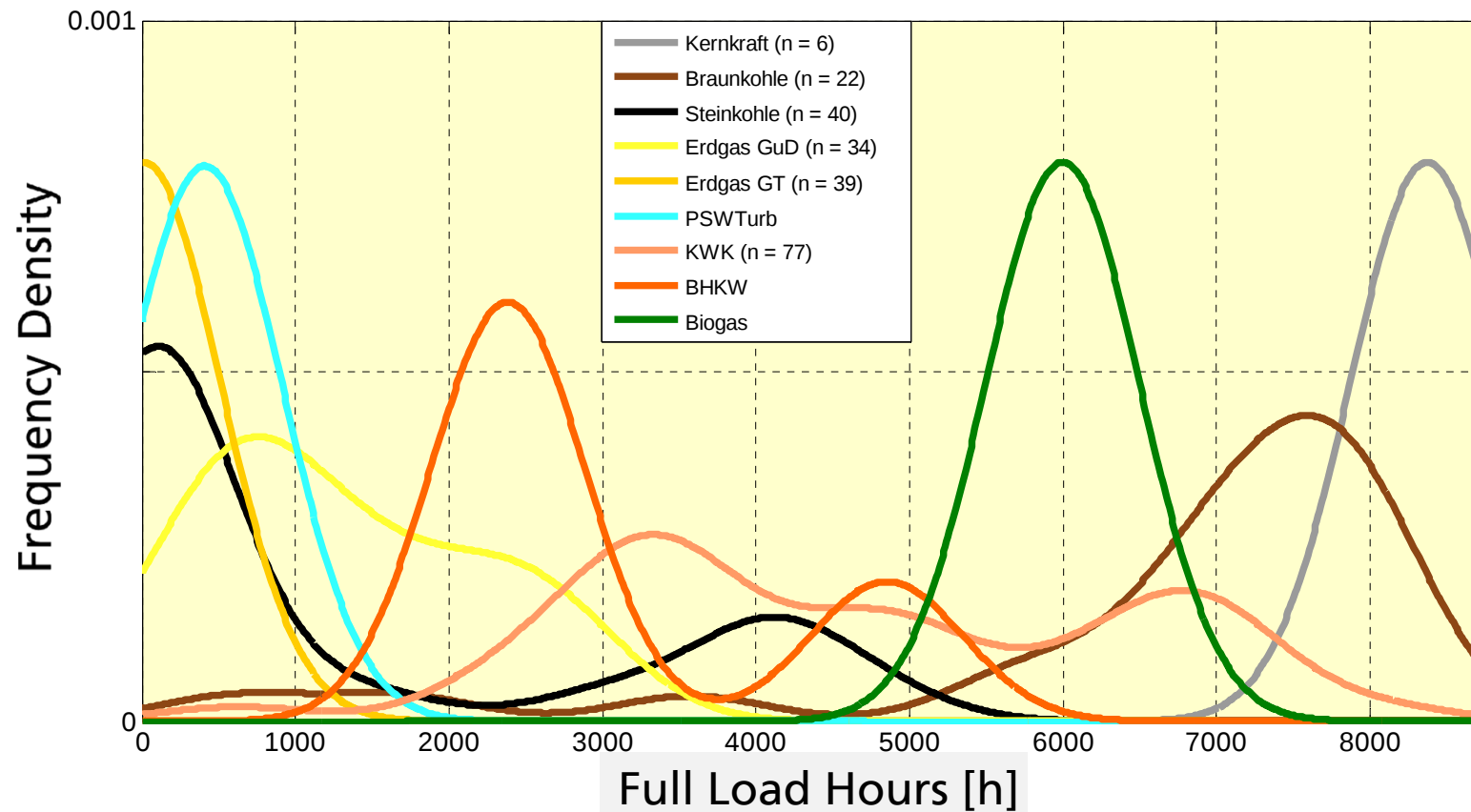
www.iwes.fraunhofer.de





Mit **neuer** Energie

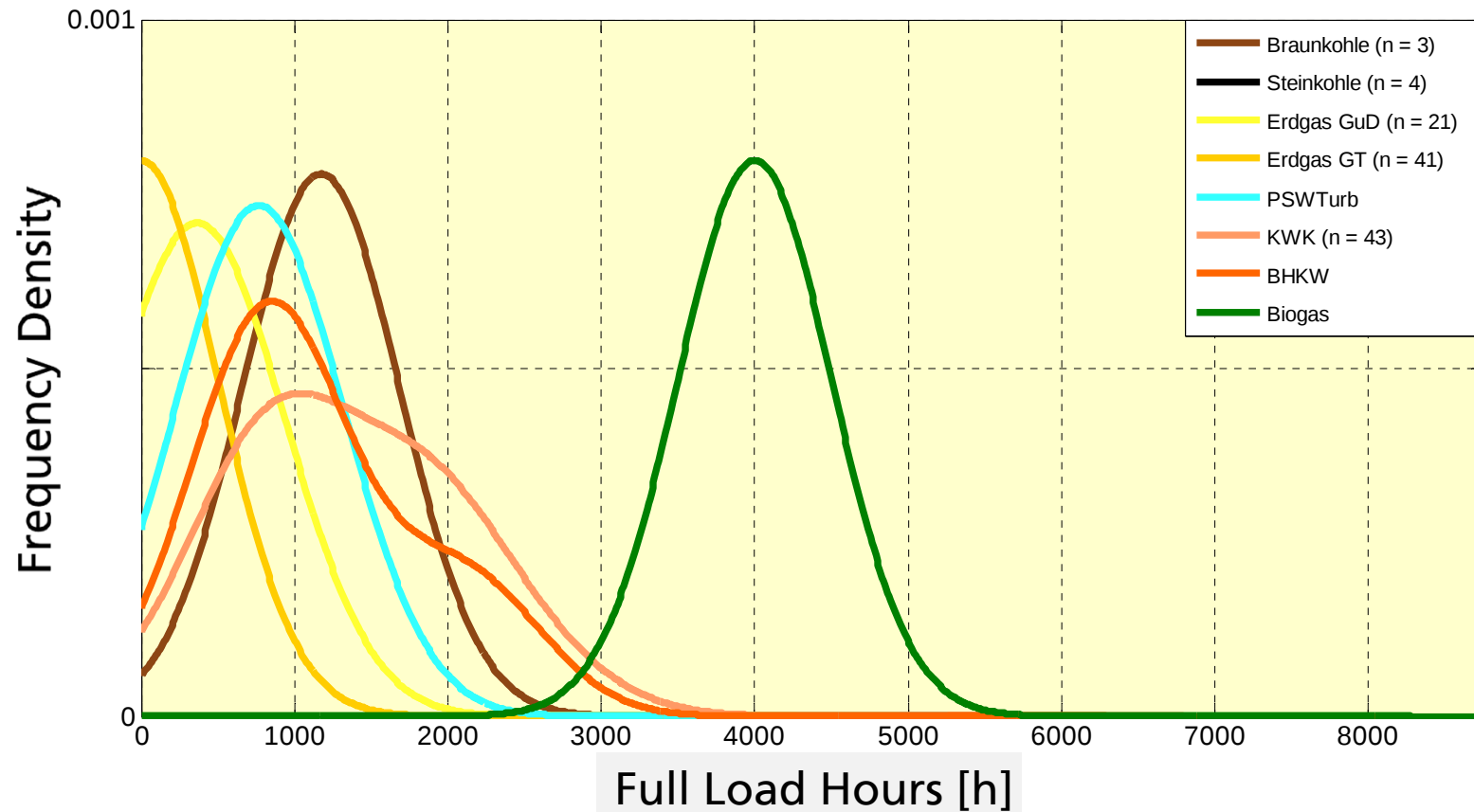
Frequency Distribution of Power Plants 2020





Mit **neuer** Energie

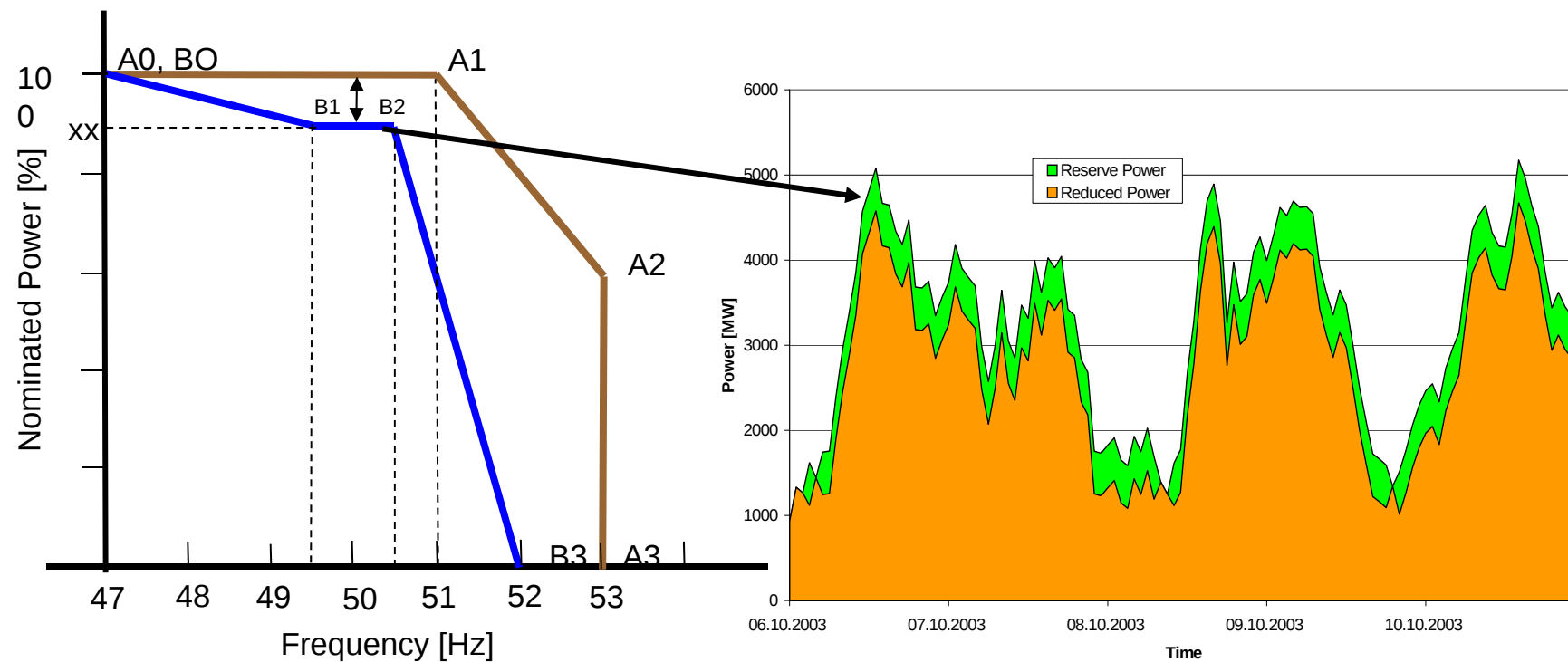
Frequency Distribution of Power Plants 2050





Mit **neuer** Energie

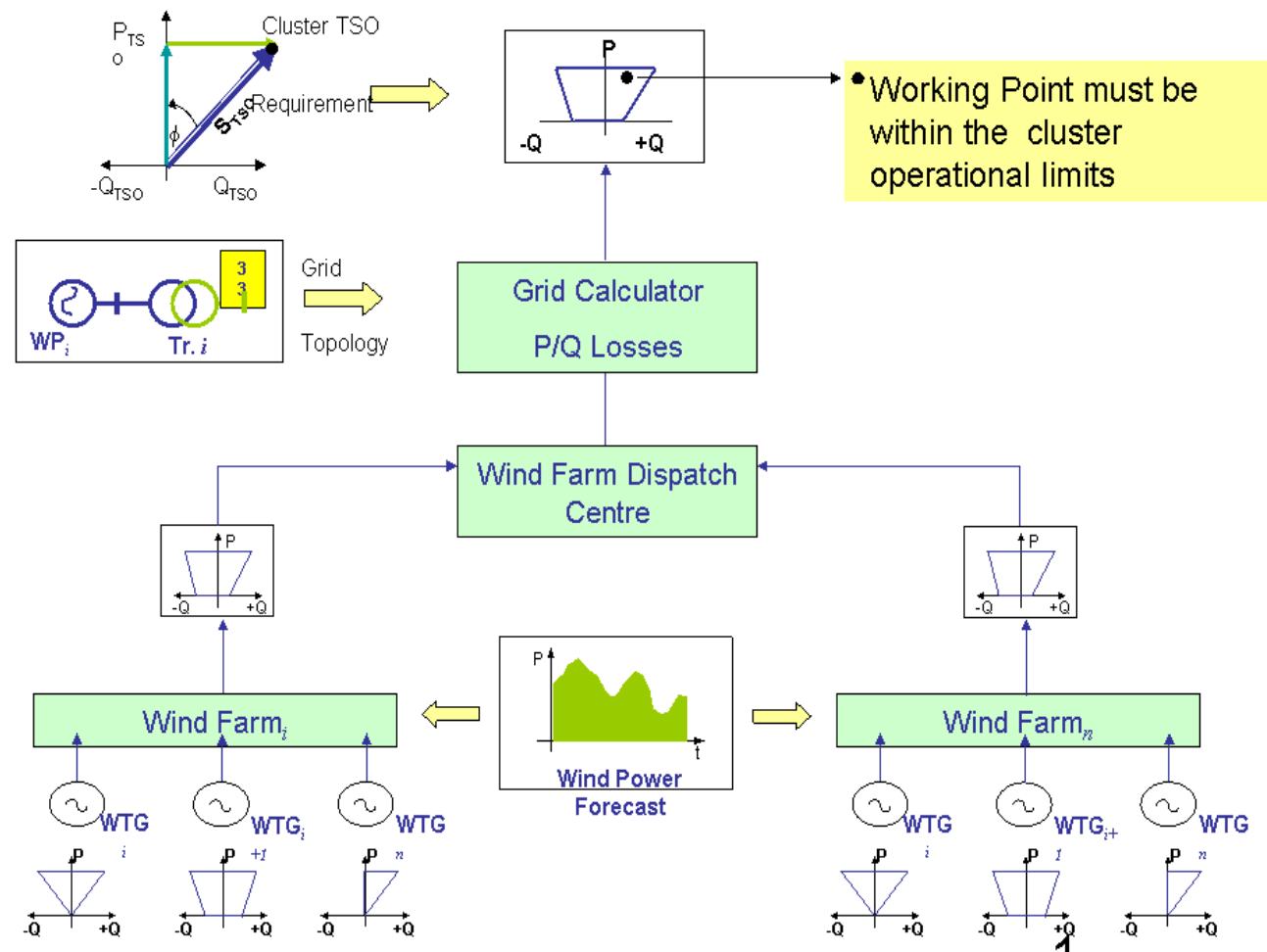
Active Power Management - Frequency Control





Mit **neuer** Energie

Reactive Power Management – Voltage Control





Mit **neuer** Energie

An exemplary LV Grid with high PV Penetration

Voltage	LV: 0.4 kV
Area Size	1.6 km x 1.7 km
Number of Distributed Generators	44 (PV)
Power of Distributed Generators	0.71 MW (PV)
Peak Load	0,25 MW
Ratio installed Capacity of DG to Peak Load	2.8



- Voltage issues are predominantly responsible for MV & LV grid reinforcements in Germany

- Estimated total investment costs for Germany's distribution system until 2030: 28-42 bn. €¹

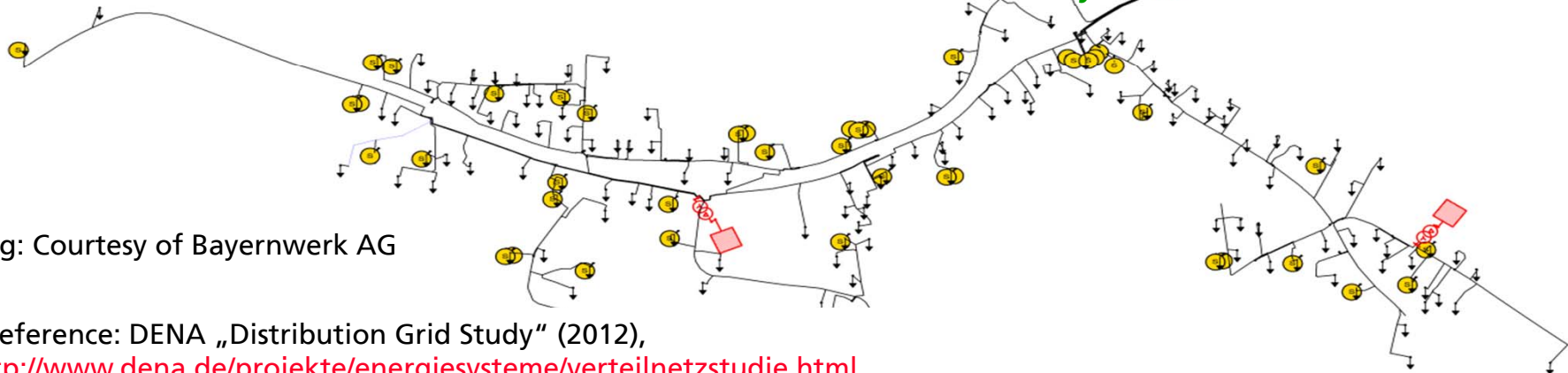


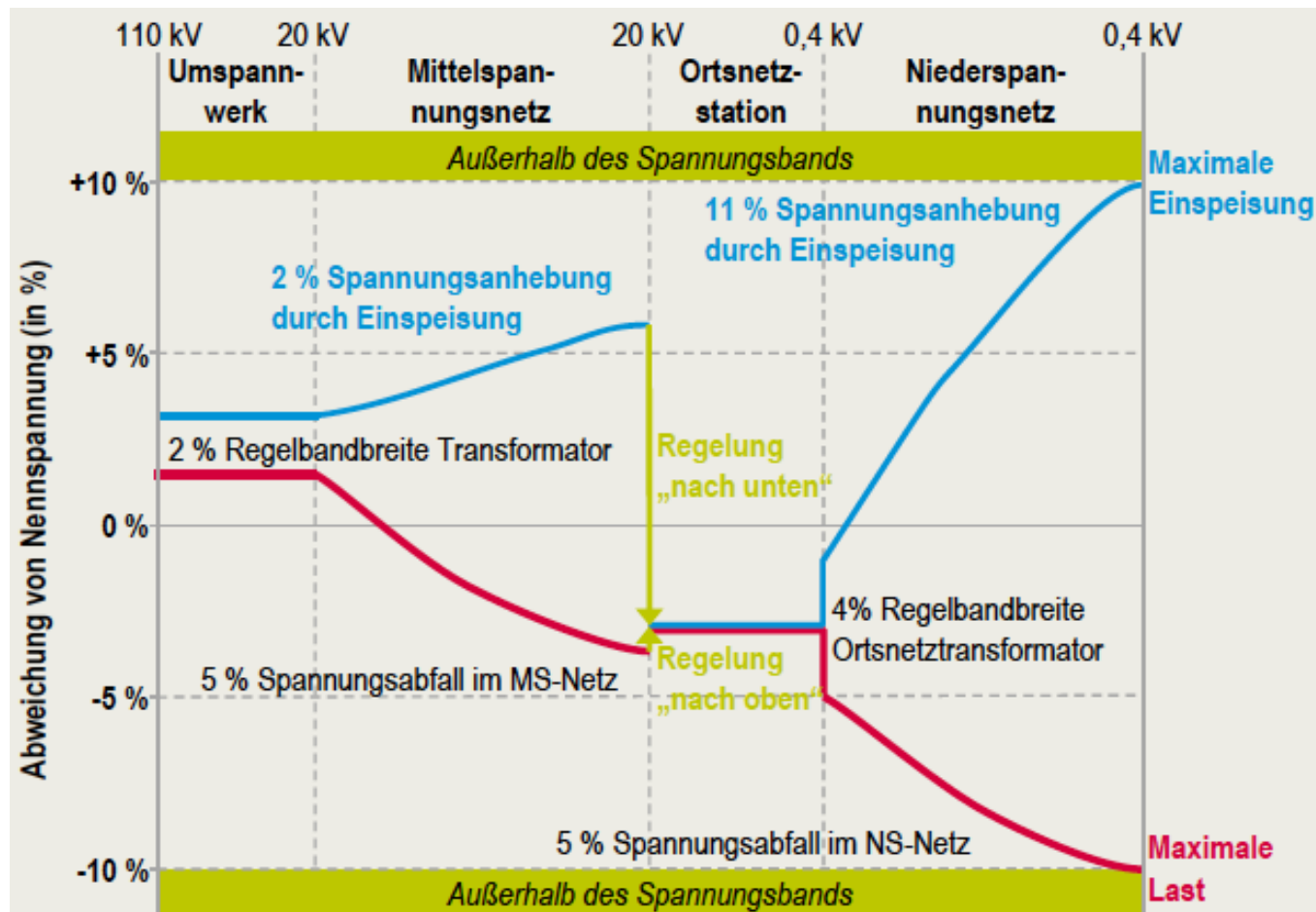
Fig: Courtesy of Bayernwerk AG

¹ Reference: DENA „Distribution Grid Study“ (2012),
<http://www.dena.de/projekte/energiesysteme/verteilnetzstudie.html>



Mit **neuer** Energie

Alternative to Grid Reinforcement: MV/LV On-load Tap Changer





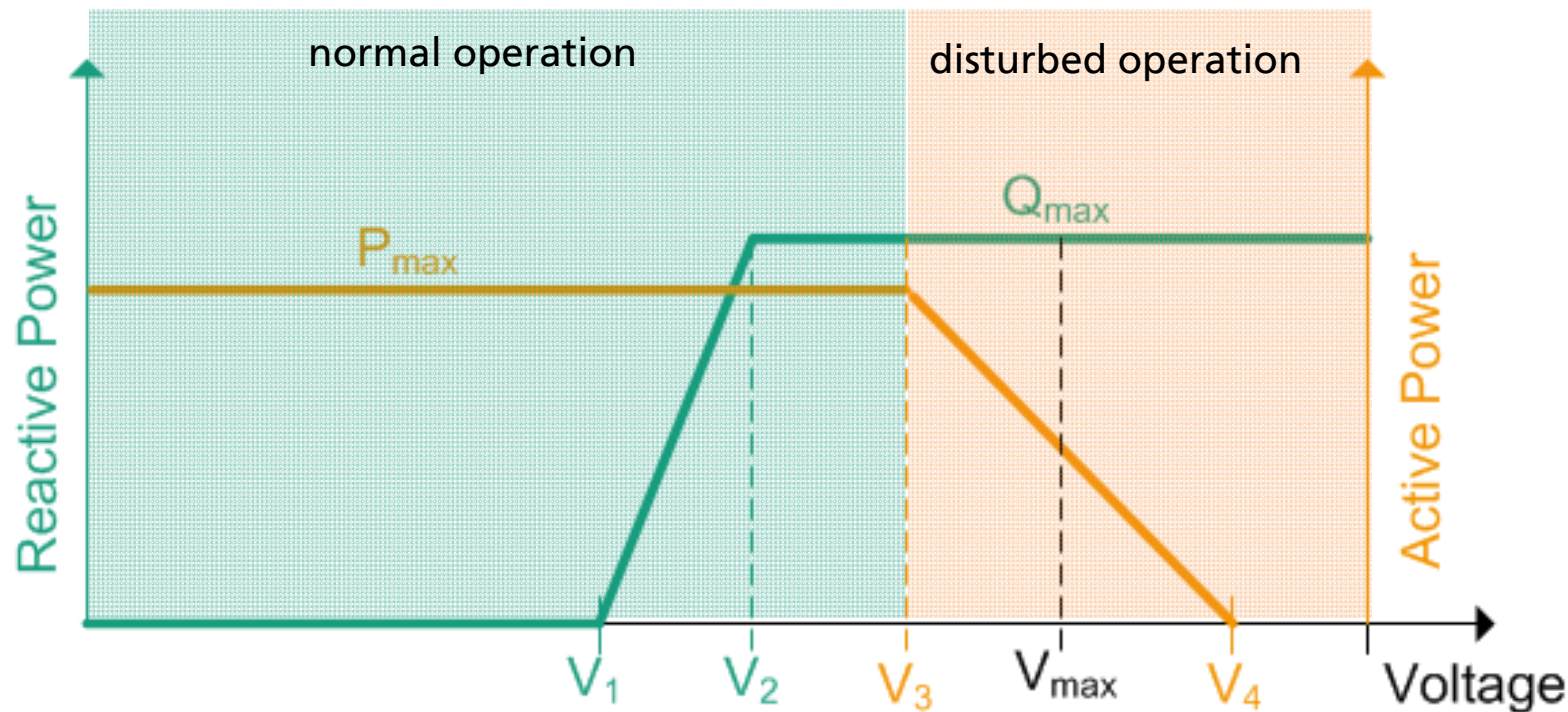
Mit **neuer** Energie

Voltage dependent VAr provision + active power limitation

Pro: Q only when needed

Con: Instabilities?

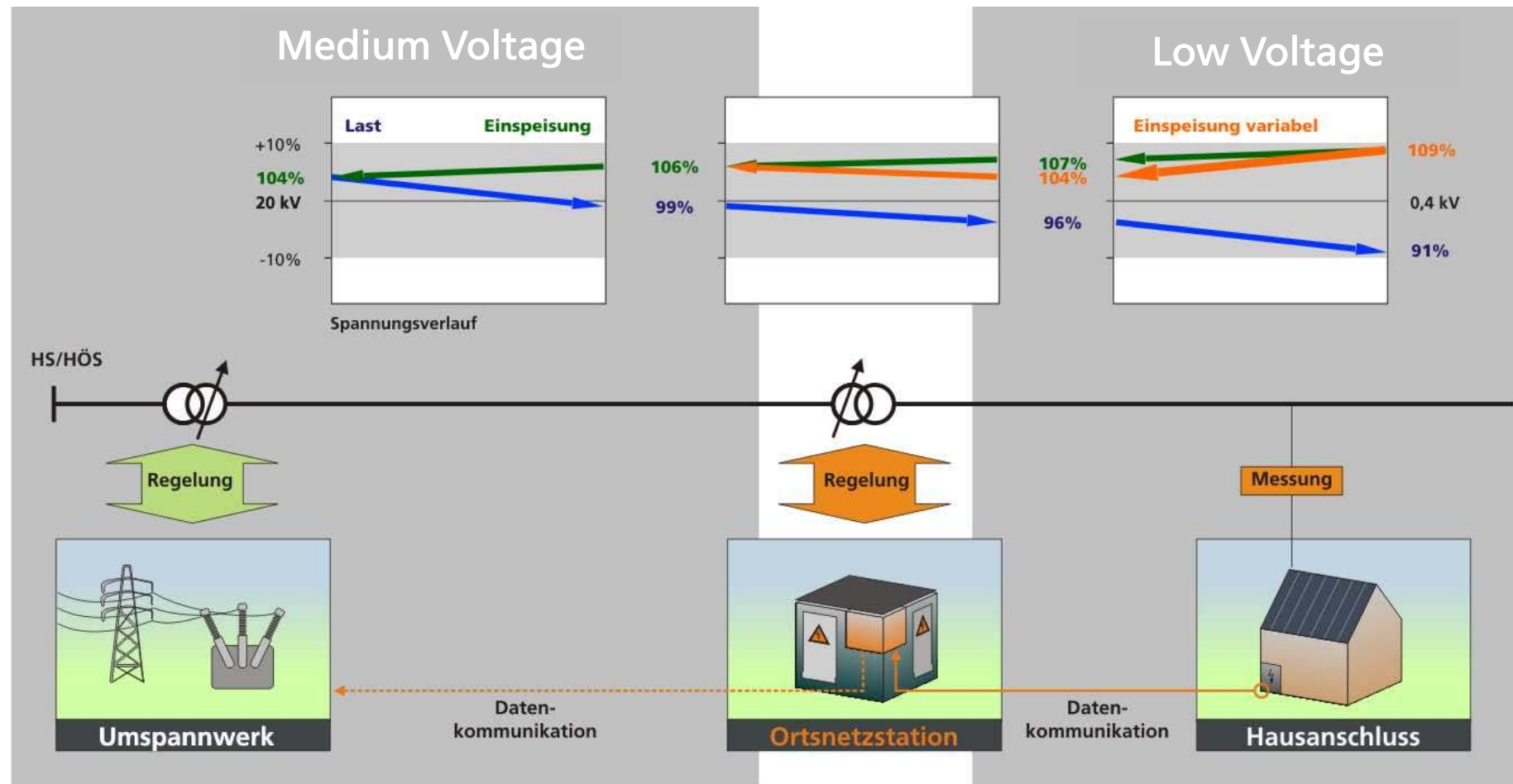
→ Controller requires damping
(PT1, rate limitation)





Mit **neuer** Energie

Options for Voltage Control: Active Grid Components

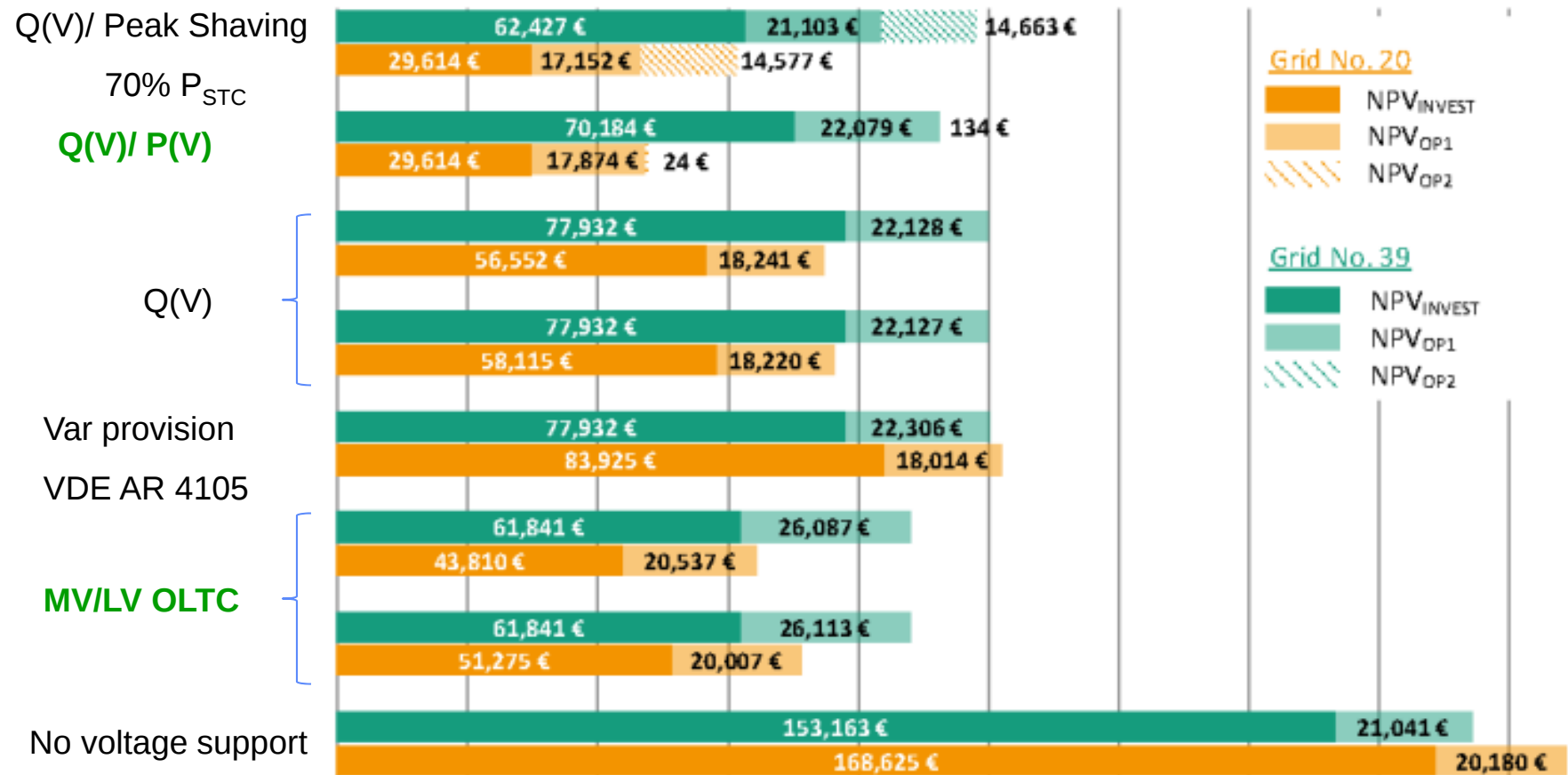


Make Grids Smarter



Mit **neuer** Energie

Significant Savings Potential by Local Control Strategies



Willkommen auf der EEX-Transparenzplattform

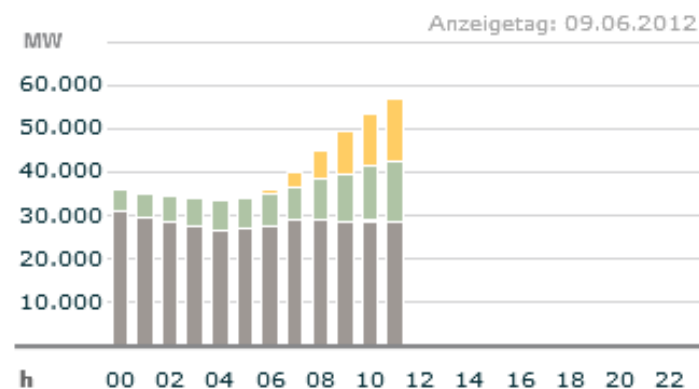
Auf der EEX-Transparenzplattform werden marktnah an zentraler und neutraler Stelle marktrelevante Erzeugungs- und Verbrauchsdaten veröffentlicht, um die Transparenz auf dem Großhandelsmarkt weiter zu erhöhen. Damit werden sowohl gesetzliche Veröffentlichungspflichten als auch freiwillige Selbstverpflichtungen der Branche umgesetzt.

[DE/AT](#)
[DE](#)
[AT](#)

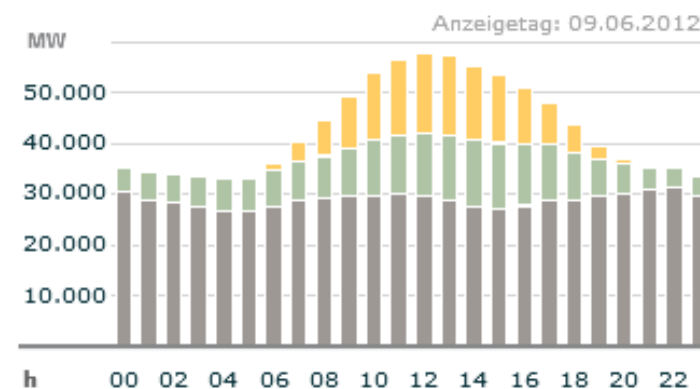
Abdeckungsgrad gesetzliche Veröffentlichungspflichten

[Weitere Info](#)

Tatsächliche Produktion (Strom)



Geplante Produktion (Strom)



Legende:

■ Konventionell

■ Wind

■ Solar

Marktinformationen

01.06.2012 EEX begrüßt SWB als Melder: Die swb Erzeugung GmbH hat heute mit der Meldung von Erzeugungsdaten auf der Transparenzplattform.

[Weiterlesen »](#)

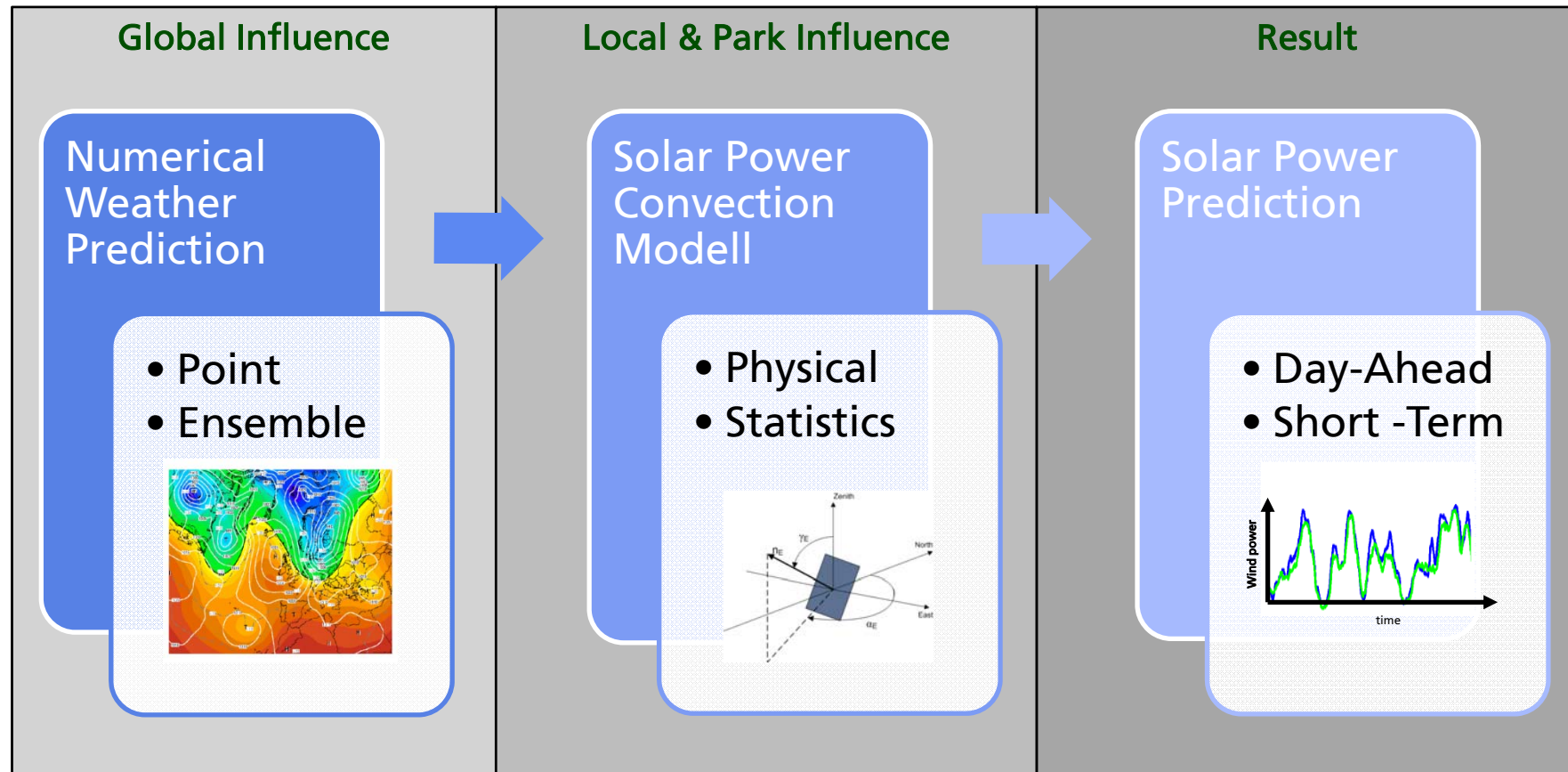
23.05.2012 Aktualisierte Daten und Neuberechnung der Abdeckung (QII/2012): Die Übertragungsnetze aus Deutschland und Österreich.

[Weiterlesen »](#)



Mit **neuer** Energie

Prediction of Solar Power





Mit **neuer** Energie

Fast Transition form Consumption to Supply Grids

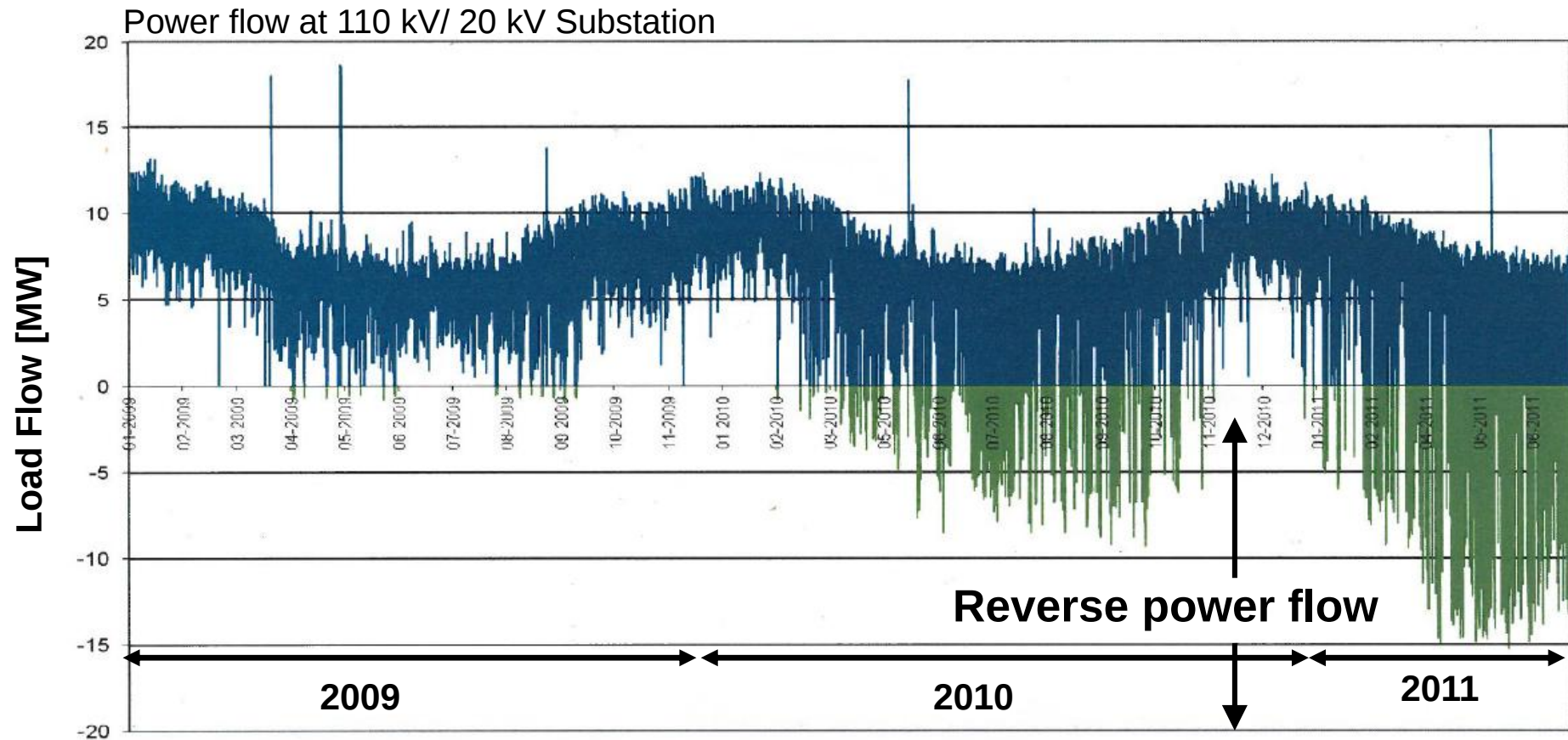


Fig: Courtesy of Bayernwerk AG

Renewable Model Region Harz



Übersicht

Vermarktung

Topologie

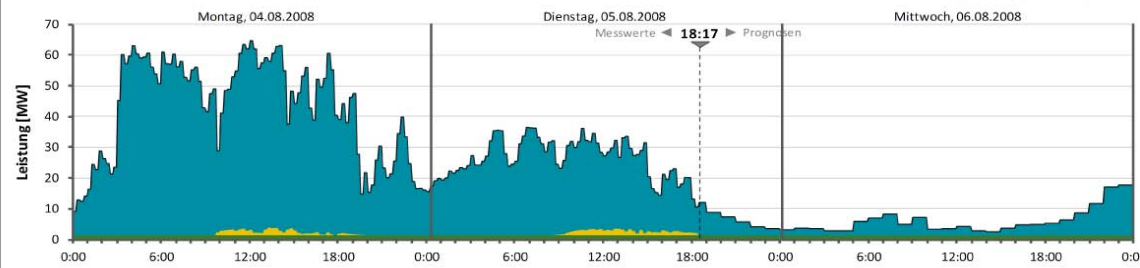
Meldungen

Virtuelles Kraftwerk
Leitwarte

REG MOD HARZ
Regenerative Modellregion Harz

Energie

Historie und Prognose des Strommix



Momentane Leistungsbilanz

- 8 MW Nennleistung 86 MW
Momentanleistung 12 MW (14%)

Momentaner Speicherstand

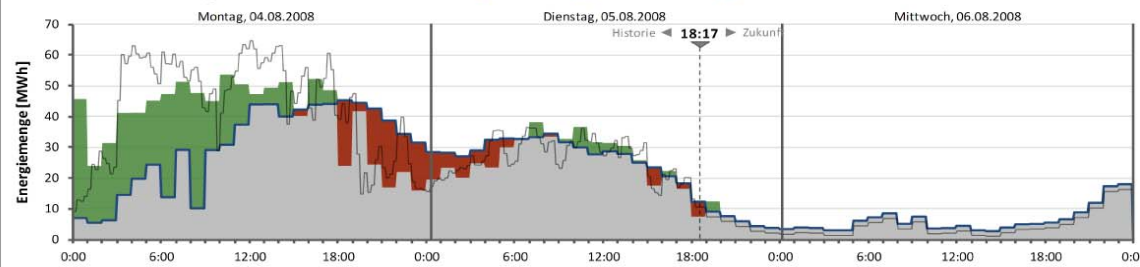
Speicher: 126 MWh
Speicherstand 102 MWh (81%)

Momentaner Stromerzeugungsmix



Vermarktung

Verlauf der Vermarktung



19:00 - 20:00 Menge / Umsatz

Day-Ahead Intraday
- 2,9 13,3 10,4 MWh
- 213,05 683,12 470,07 €

Sa, 01.01.2011 Menge / Umsatz

Day-Ahead Intraday
- 7,3 108,8 22,2 123,7 MWh
- 434,52 4.779,74 1.086,31 5.431,53 €

Menge und Umsatz gesamt

Menge 21.371,9 MWh Umsatz 1.168.401,77 €

Benutzerkennung: max.mustermann / Angemeldet seit: 29.11.2010 09:00

Generation

Loads

Storage



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



Mit **neuer** Energie

Examples for Global Emission Paths from 2010 -2050, in Order to Achieve the 2 °C Target with 67 % Probability

In order to reach these targets, reduction rates of 3.7 % (green), 5.3 % (blue) and 9.0 % (red) respectively must be achieved in the early 2030s (based on 2008).

max. global emissions 750 billion metric tonnes CO₂

