
Erneuerbare Energien in den Strom- und Regelleistungsmärkten vor dem Hintergrund des Grünbuch-/ Weißbuchprozesses

Funktion, Aufbau und Integration Erneuerbarer Energien

VDE Kassel

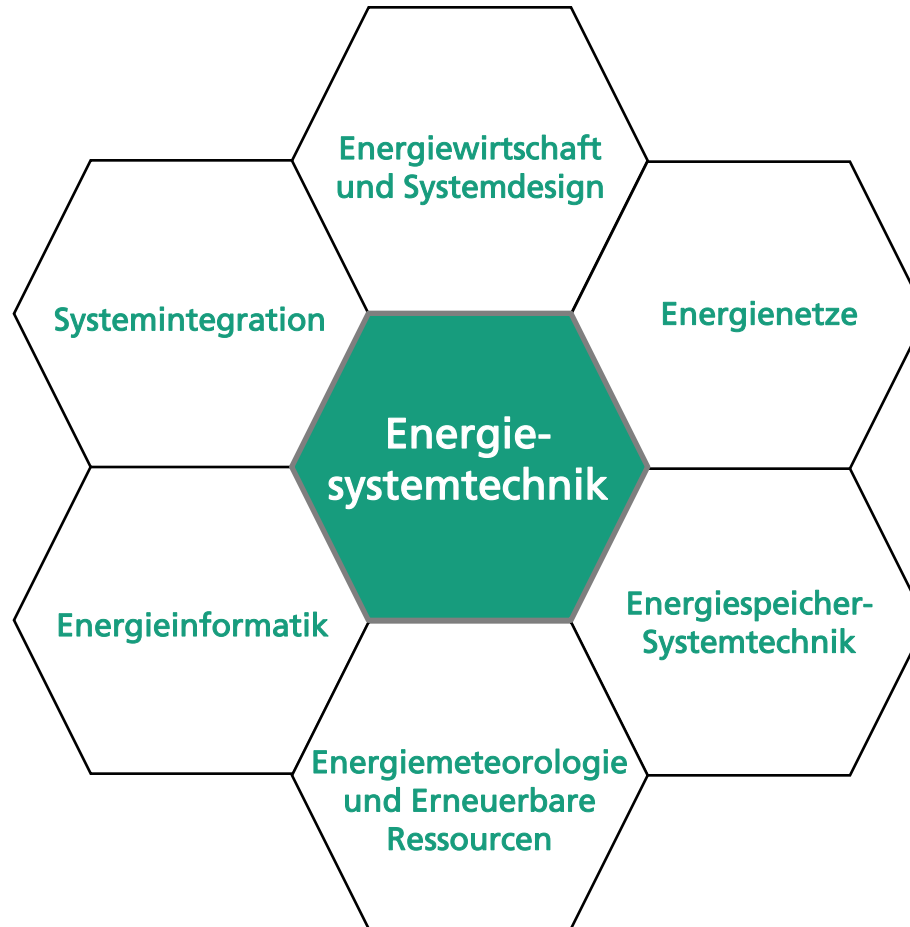
Kassel, 17. September 2015

Malte Jansen

Malte.jansen@iwes.fraunhofer.de

Fraunhofer IWES Kassel

Kernkompetenzen für die Energiesystemtechnik

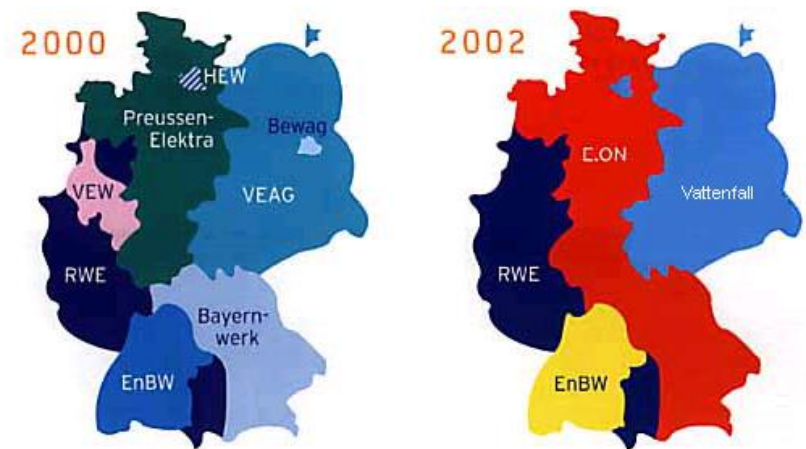


LIBERALISIERUNG

Liberalisation in Europe and Germany

■ Before liberalization:

- Vertical integrated electric supply companies (entire value creation chain: generation, transport, distribution)
- Only few actors (4 in Germany) → oligopoly, market power
- Regional monopoly of utilities (electric supply company)
- Intransparent pricing of electric energy



Liberalisation in Europe and Germany

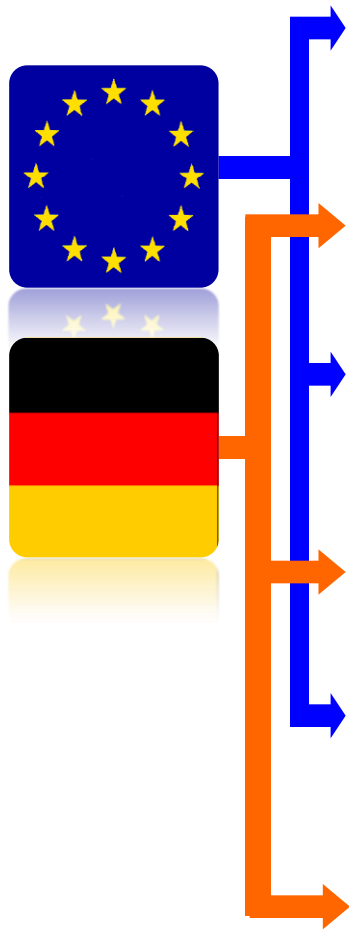
Aim of liberalization:

Higher economic efficiency and better grade of services due to competition

- Unbundling of functions (generation, transport, distribution)
- Annulment of regional monopolies
- Regulated fees for the use of infrastructure (grid)
- Exchanges as transparent trading platforms
 - → No discrimination towards new actors
 - → Competition in generation, trade and sales
 - → Transparent pricing

Liberalization in Europe and Germany

The legal way of the liberalisation process:



1996: Directive 96/92/EC of 19 December 1996 concerning common rules for the internal market in electricity

1998: Energy economy law (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG) of 24 April 1998

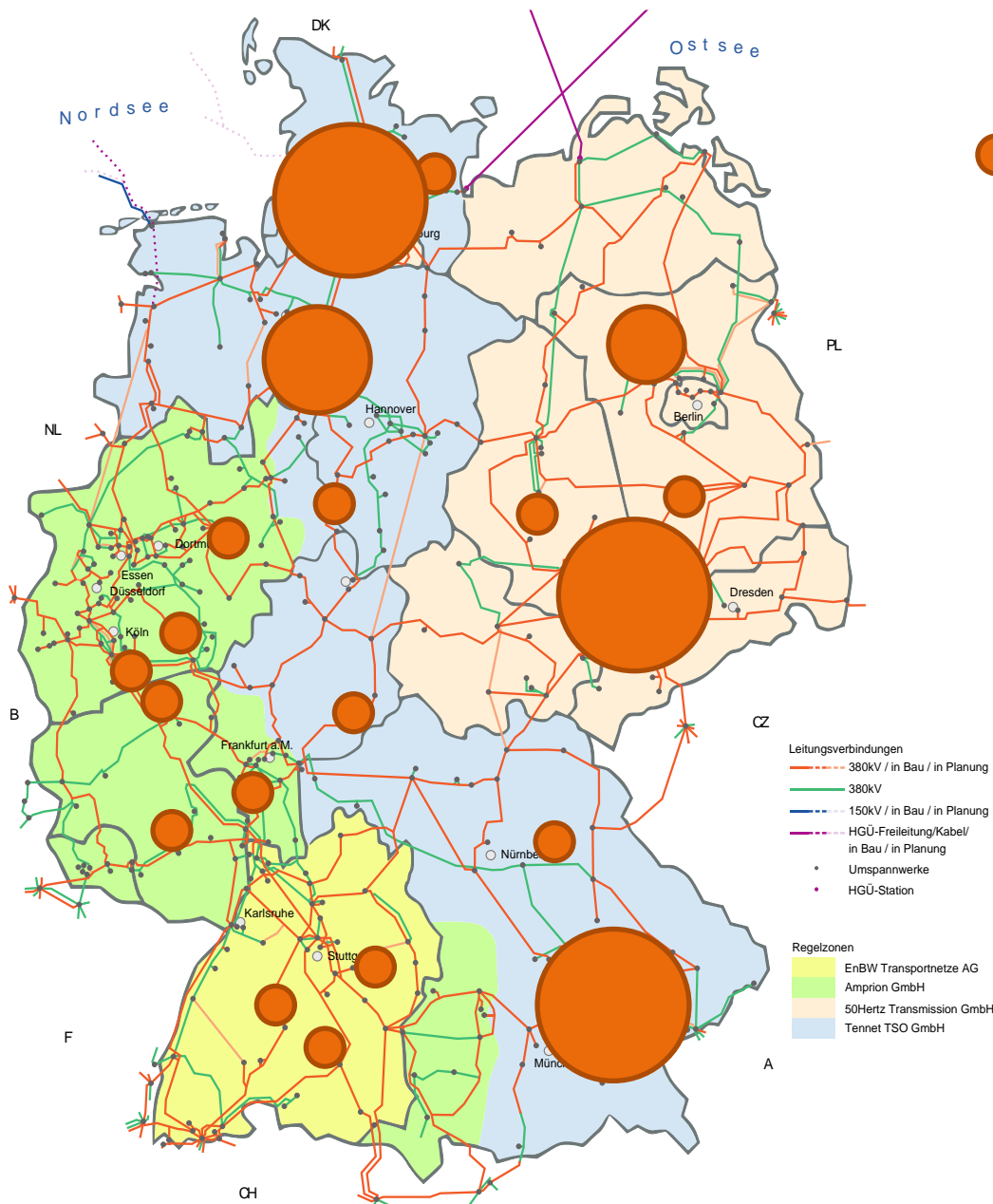
2003: Directive 2003/54/EG of 26 June 2003 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 96/92/EC

2005: Energy economy law (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG) of 7 July 2005

2009: Directive 2009/72/EC of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC

2012: Energy economy law (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG) of 12 December 2012

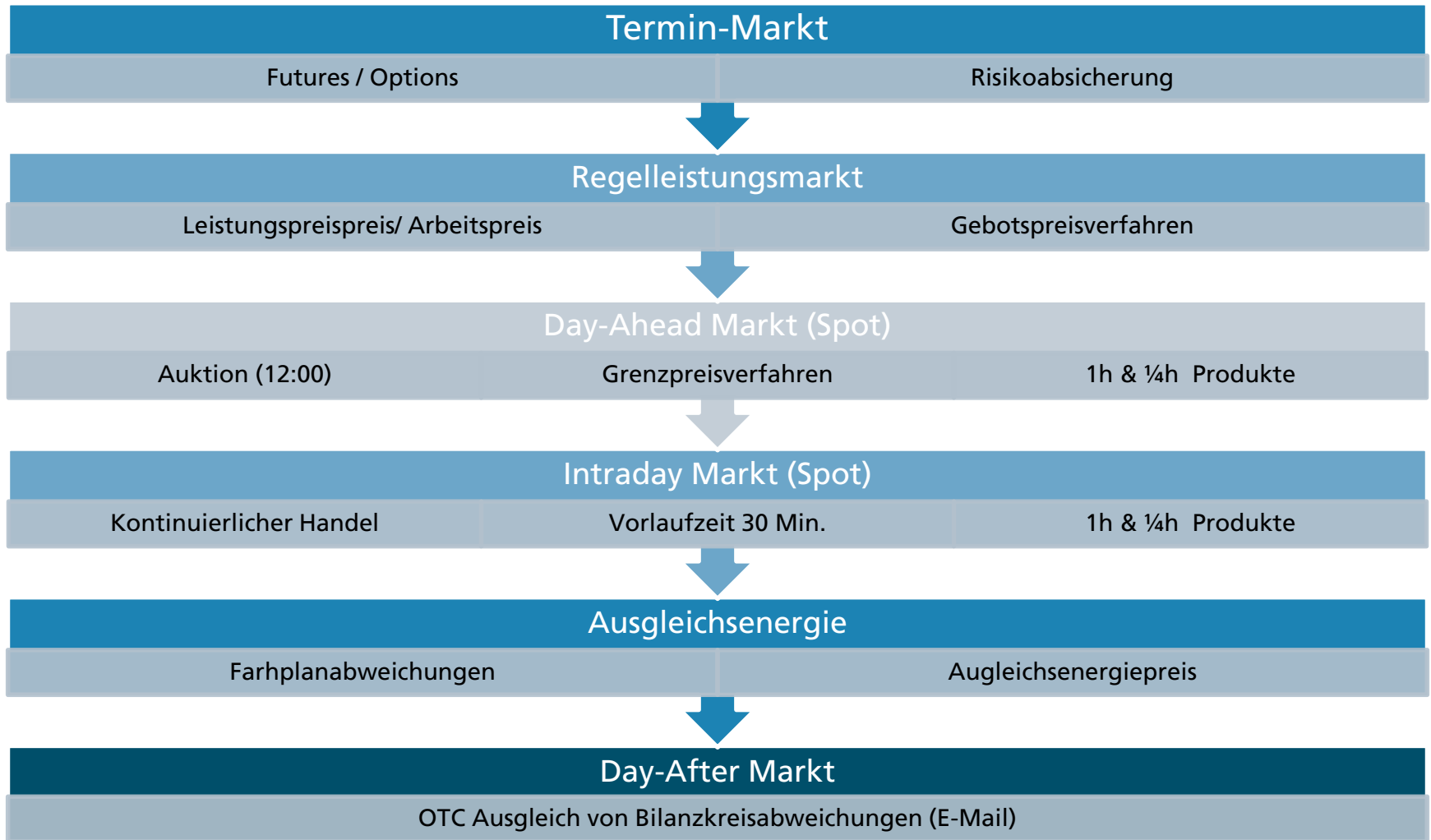
MARKTSTRUKTUREN UND MECHANISMEN

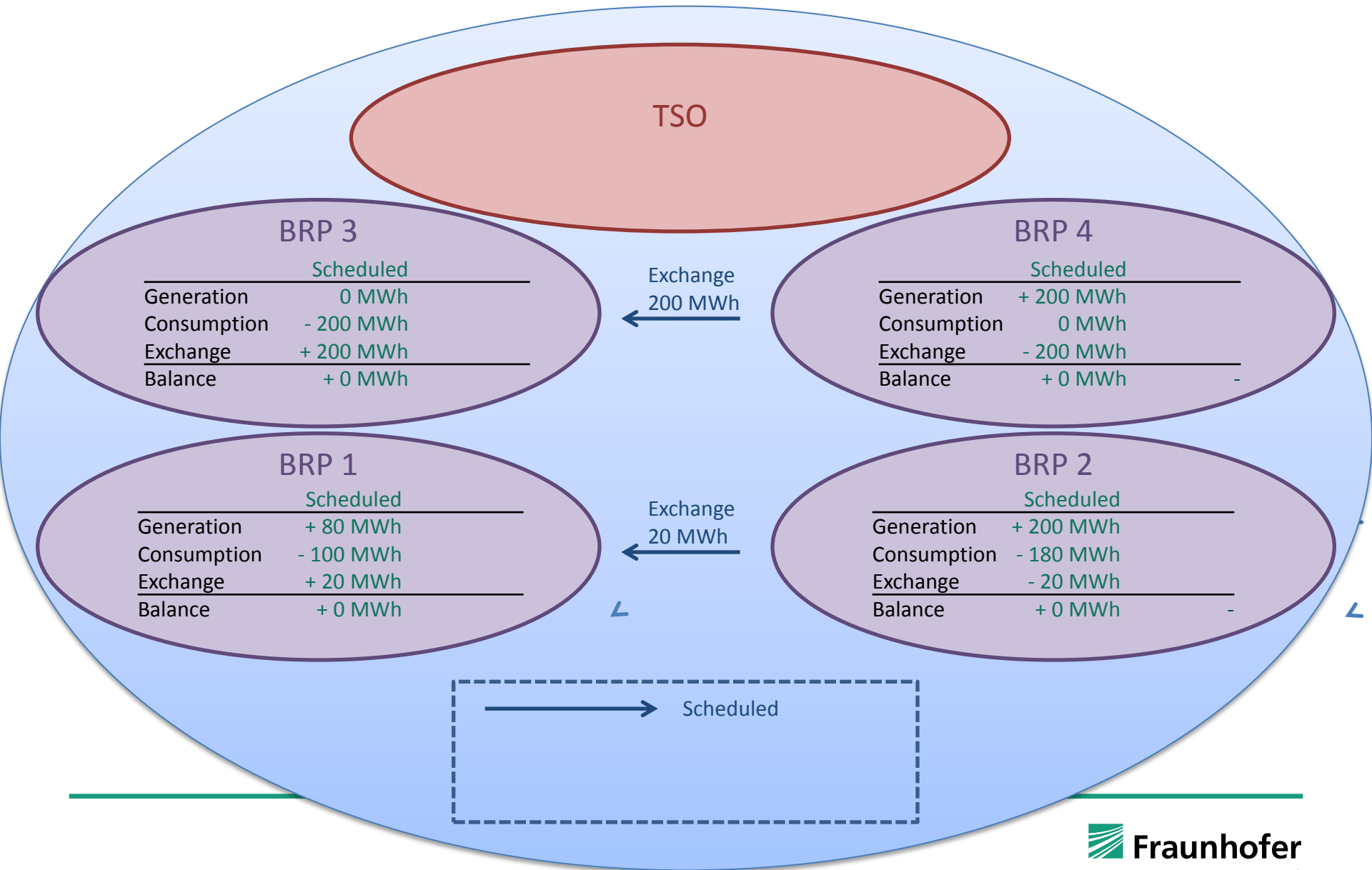


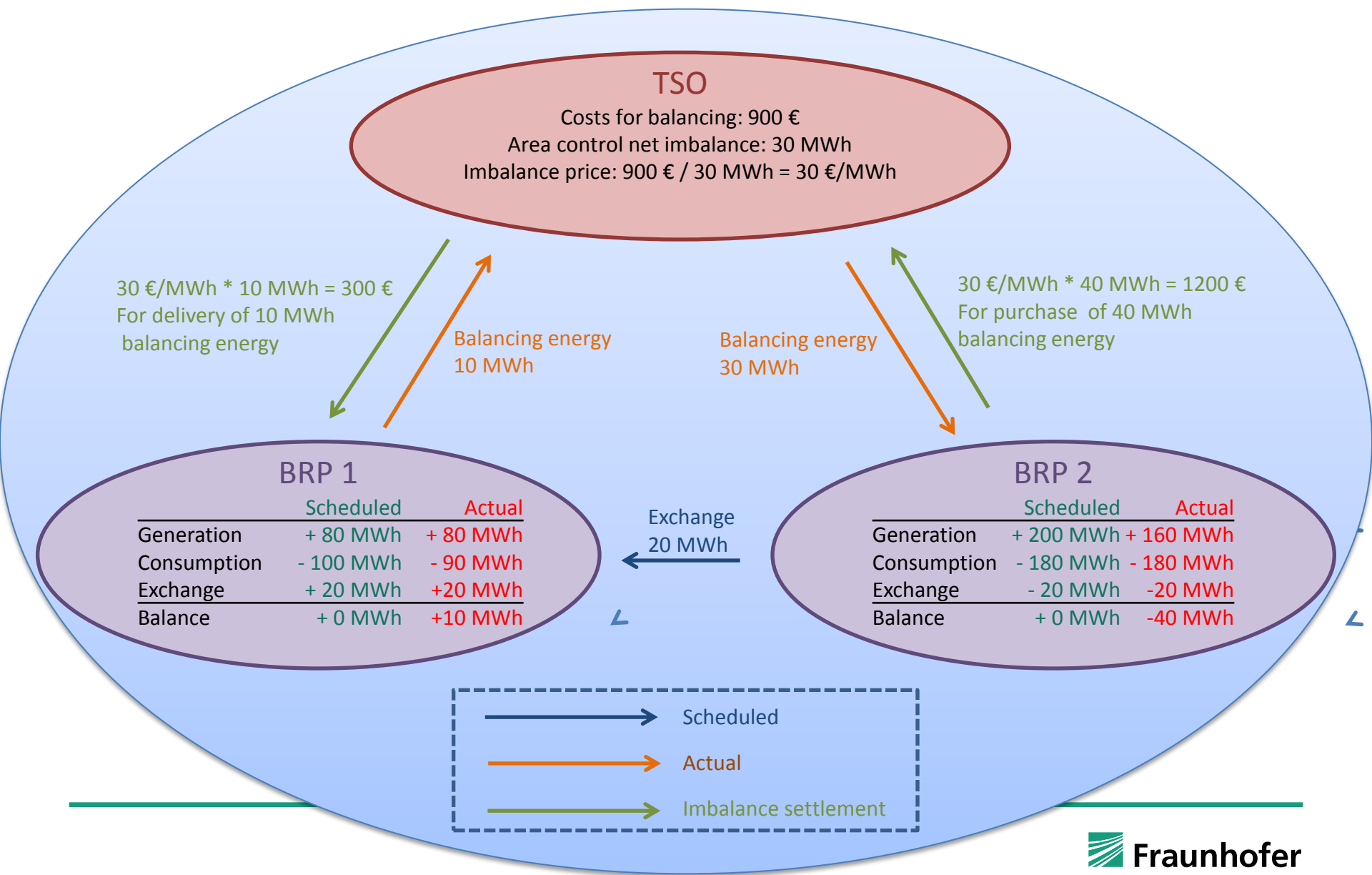
- Bilanzkreise:
 - Fassen Einheiten zusammen
 - Erstellen Fahrpläne
 - Sind Verantwortlich für Fahrplanabweichungen
 - Beziehen Ausgleichsenergie

Siehe Auch:
 Energiewirtschaftsgesetz
 Stromnetzzugangsverordnung
 Musterbilanzkreisvertrag

Der Energiehandel als Bilanzkreis



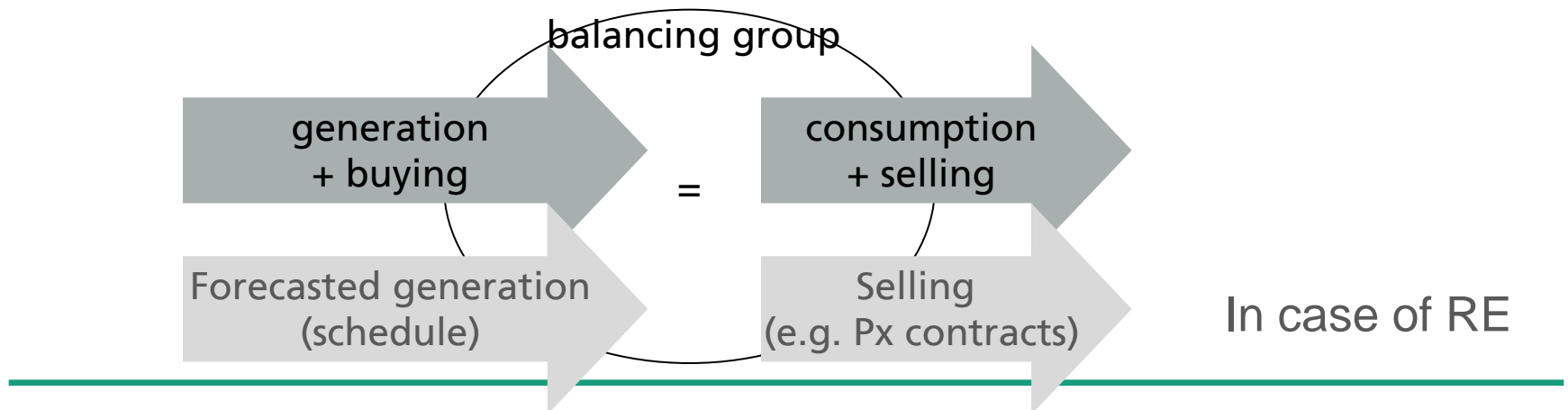




Market Structures and Mechanisms

Balancing groups (including RE direct marketing)

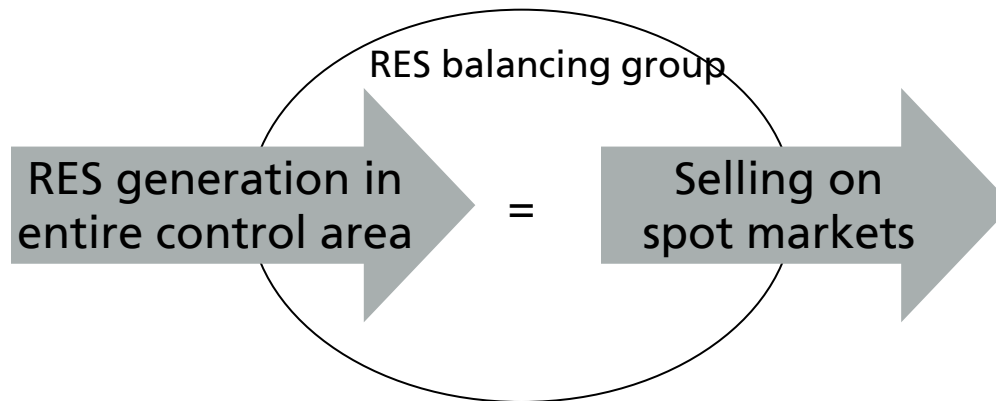
- Organisation of activities (generation, consume, trade) by balancing groups
- Each actor in a control area of a TSO has at least one accounting grid
- Actors have separated balancing groups for each control area
- Schedule of each balancing group is to be sent to the responsible TSO
- until 2:30 p.m. day-ahead (adaptations intraday an the day after possible)
- Schedule of the balancing group must be balanced in every quarter of an hour



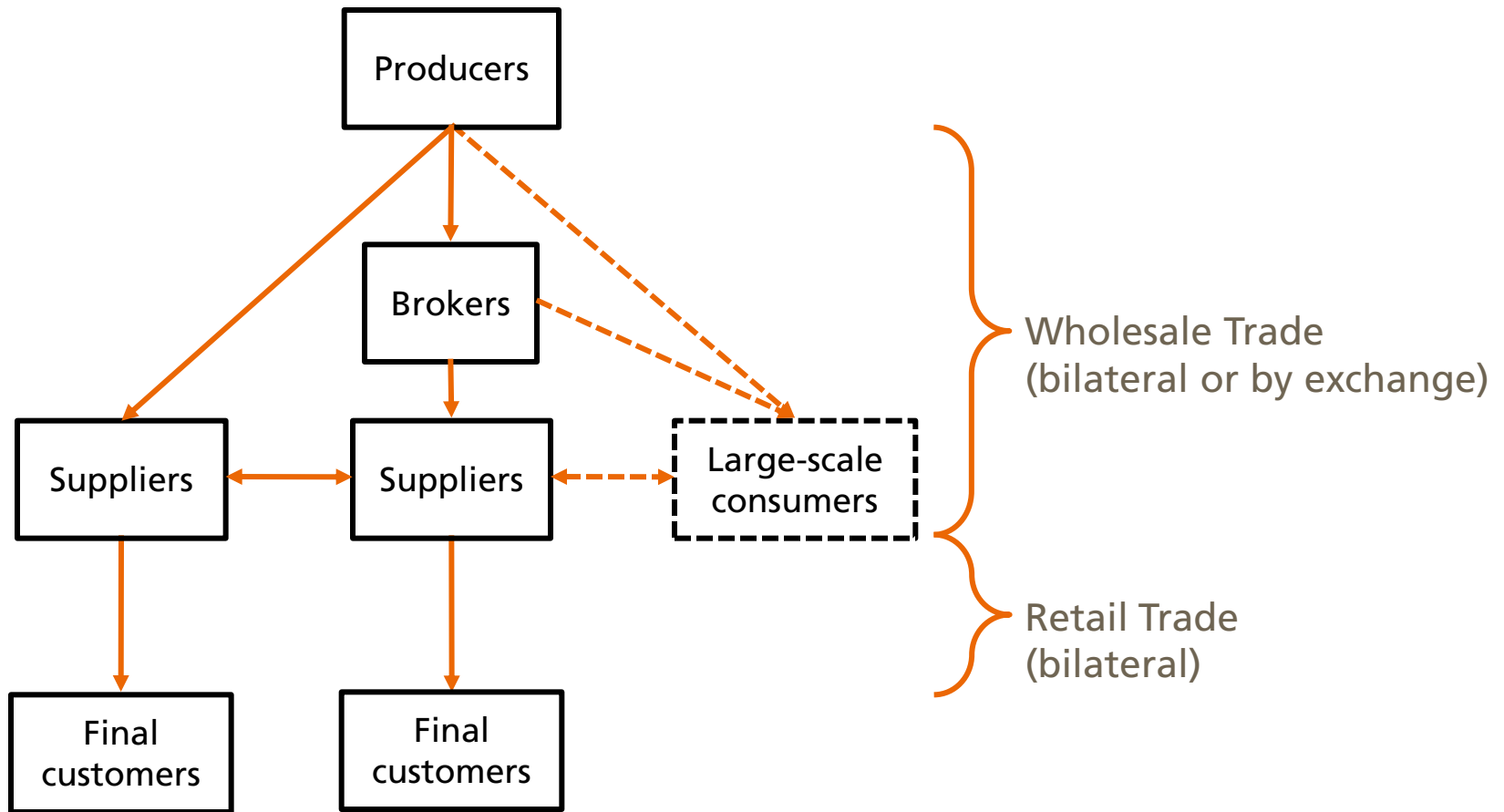
Market Structures and Mechanisms

TSO Balancing group for RES

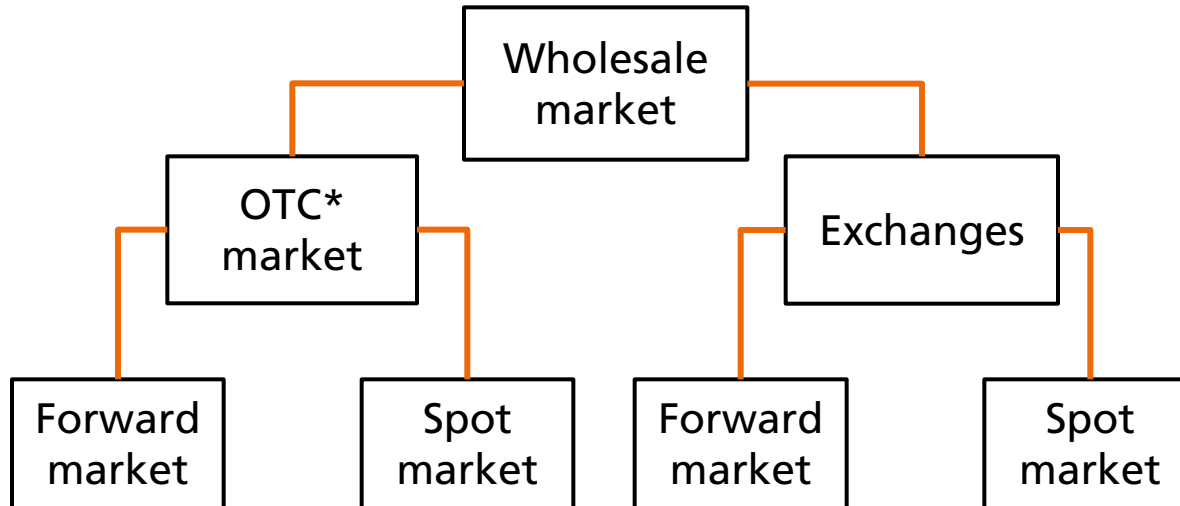
- Organisation of renewable energy source (RES) generation
- TSO has a balancing group for (all) RES generation in his control area which does not fall under the direct marketing scheme
- TSO does a joint day-ahead and intraday forecast of RES generation in each control area
- Selling of RES generation on energy exchanges (only day-ahead and intraday spot markets)



Marktteilnehmer



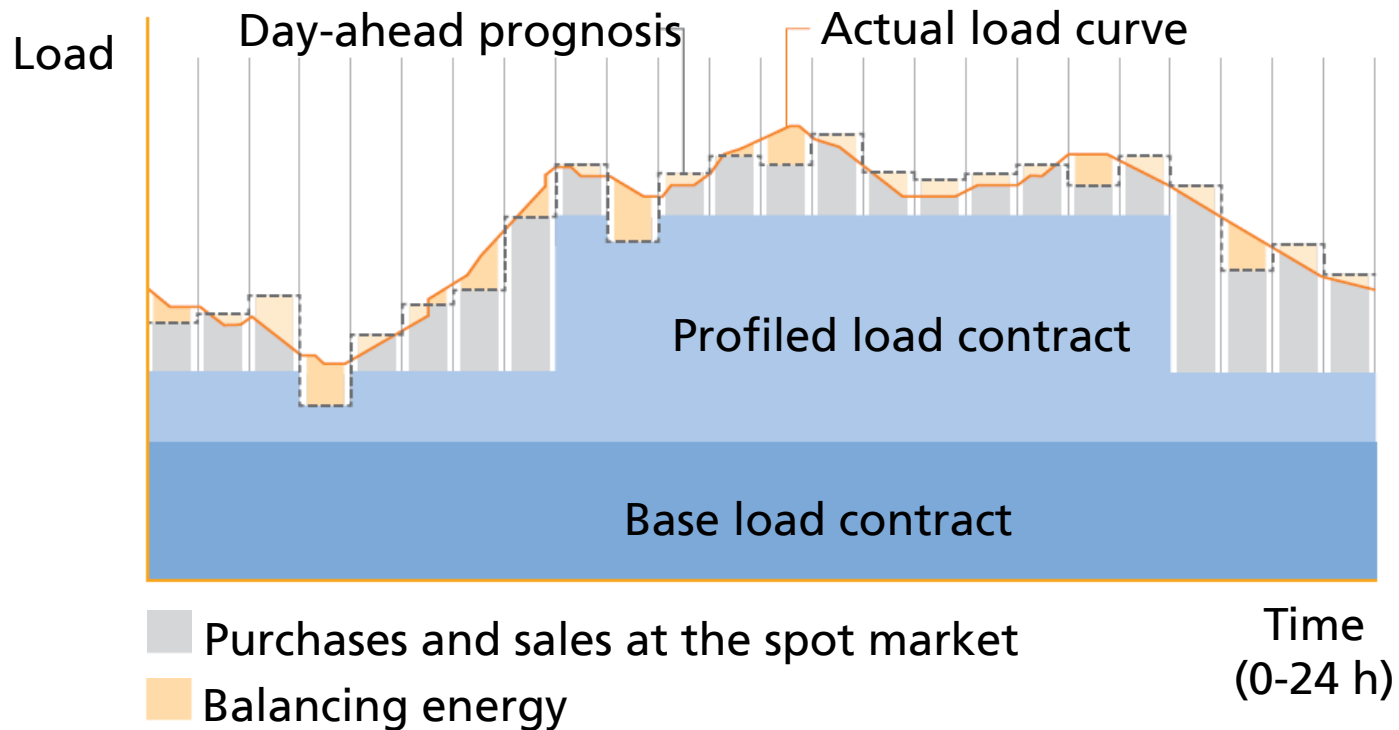
Handlungsmöglichkeiten am Großhandelsmarkt für Strom



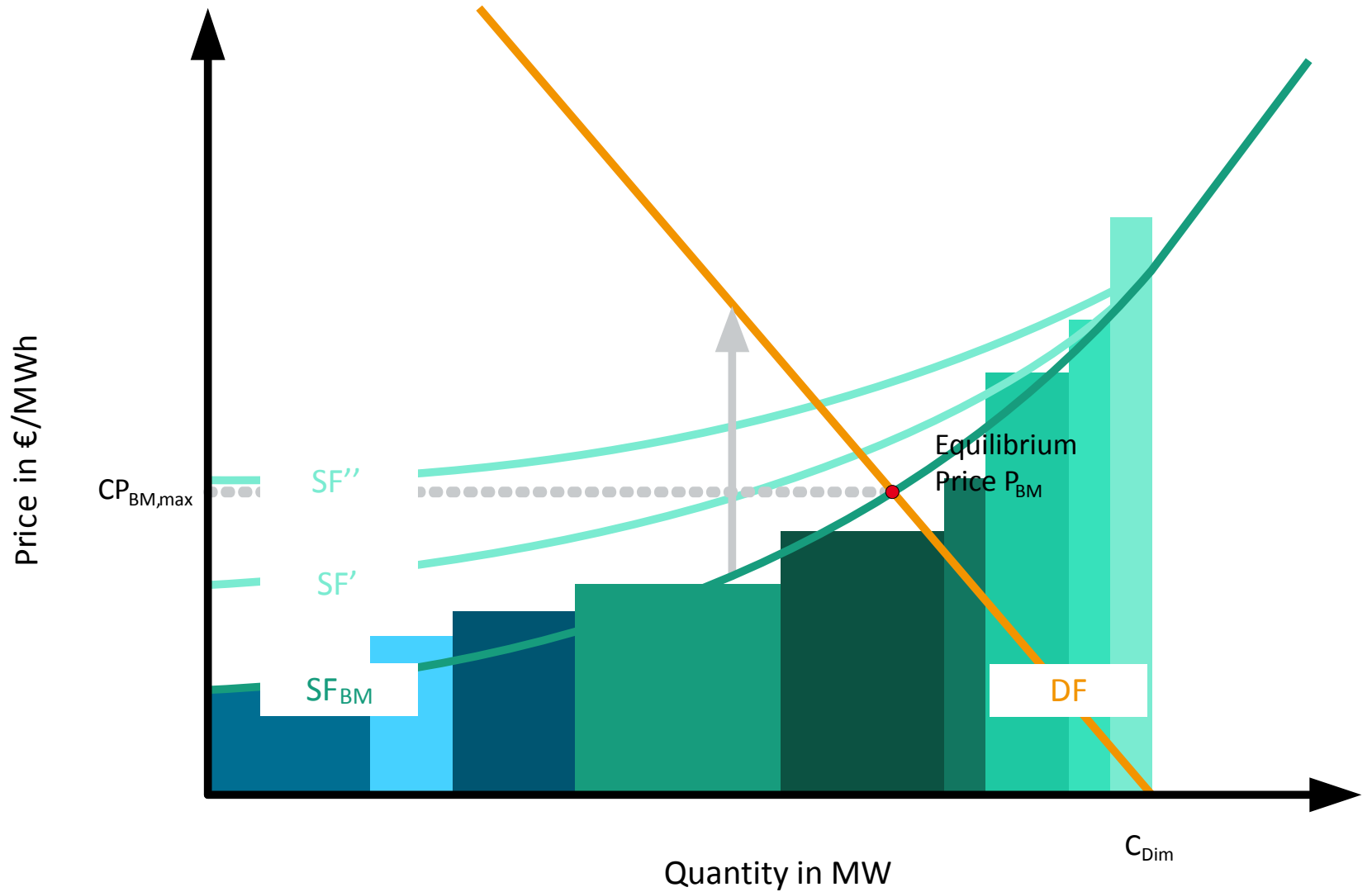
*OTC: Over-the-counter

Knapp 50% des Stroms werden auf Spotmärkten gehandelt, der Rest wird OTC gehandelt

Nachfrage und Angebot am Markt ausgleichen

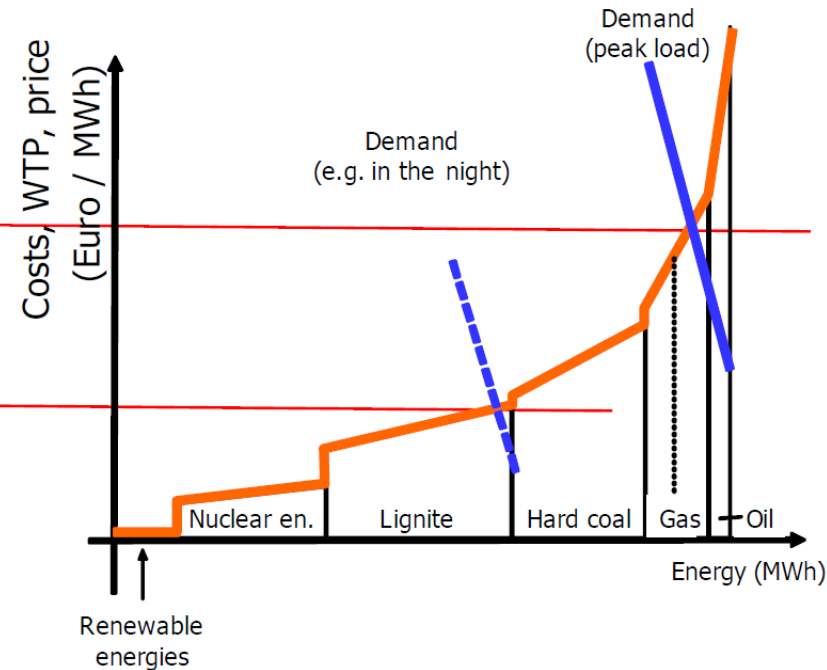
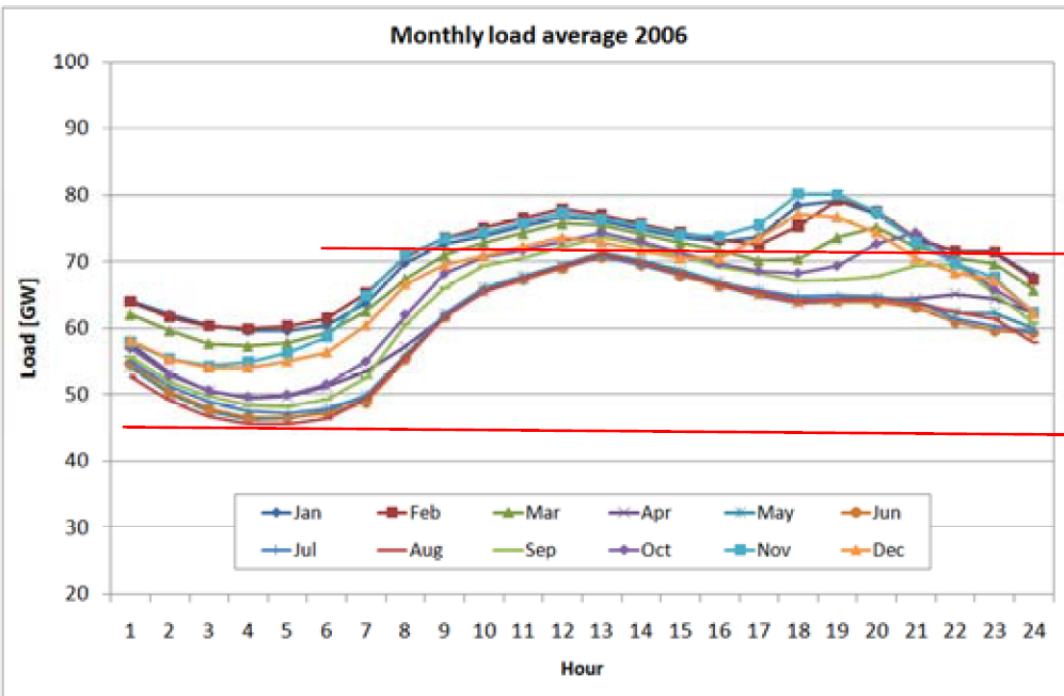


Ökonomische Theorie



Spot-Market:

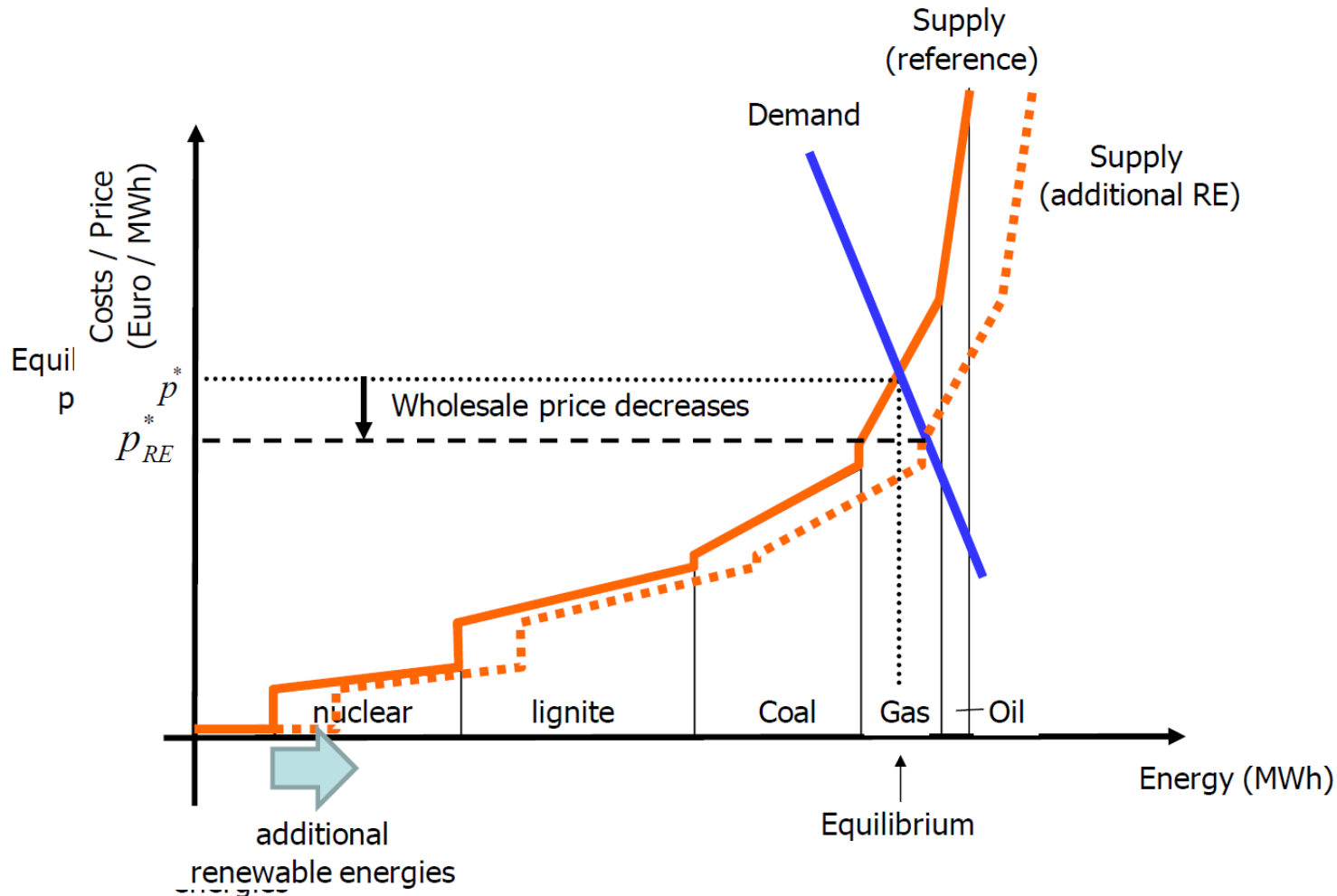
Time-dependent loads cause time-dependent spot prices



Source: "The Impact of PV on the German Power Market – Or Why the Debate on PV Feed-In Tariffs Needs to be Reopened" Arrhenius Institute. 2010

Spot Market

Adding more RE reduces spot price



Source: "The Impact of PV on the German Power Market – Or Why the Debate on PV Feed-In Tariffs Needs to be Reopened" Arrhenius Institute. 2010

ENERGIEBÖRSEN UND HANDEL

Characteristics of energy exchanges

Technically, legally & financially
secure

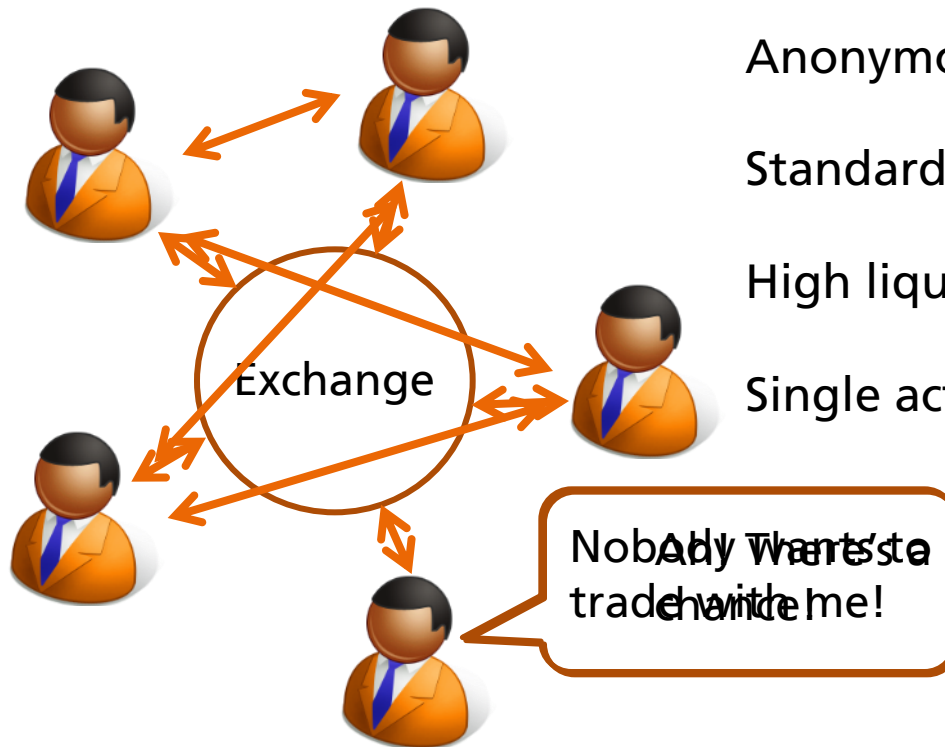
Transparent

Anonymous

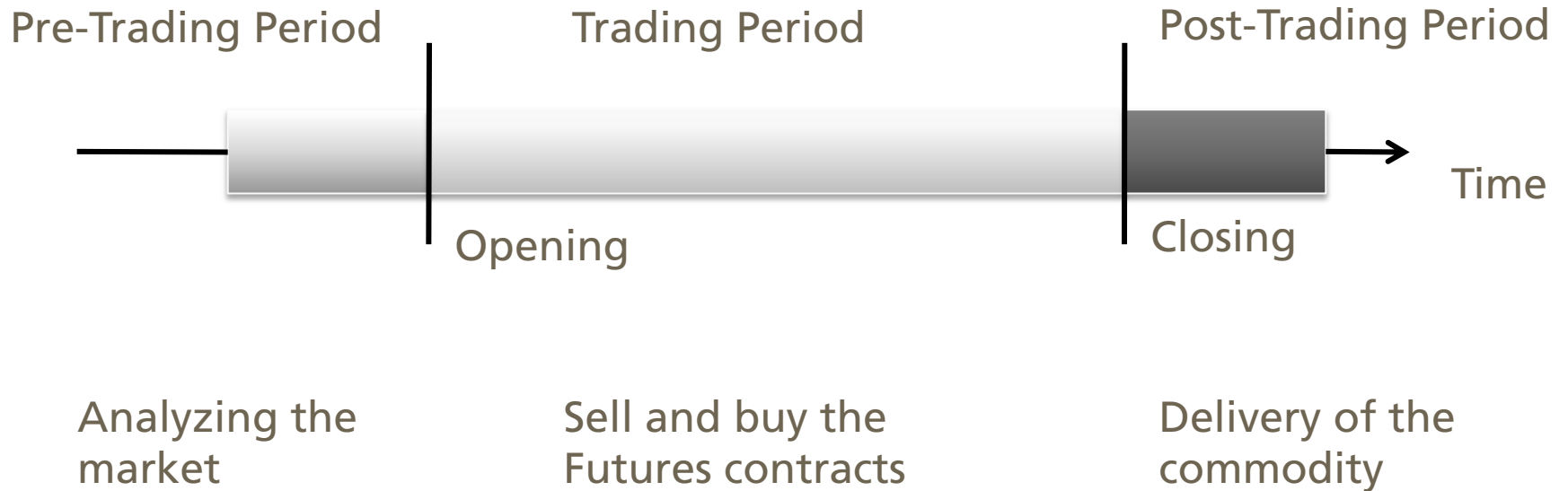
Standardized products

High liquidity

Single actor: no influence

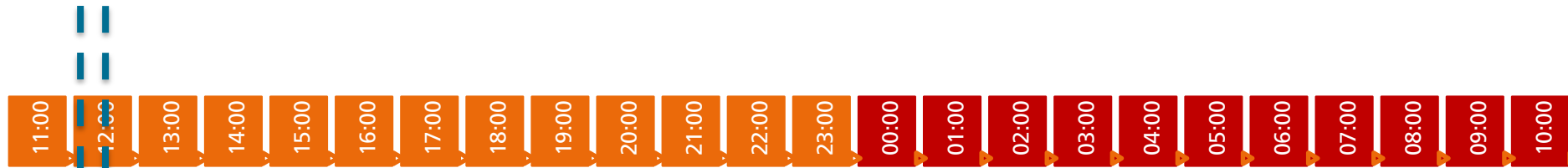


Trading Phases



Source: Malte Jansen, Fraunhofer IWES

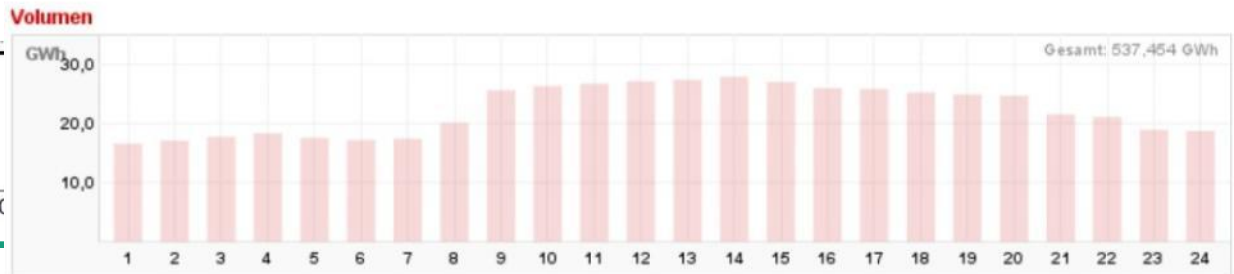
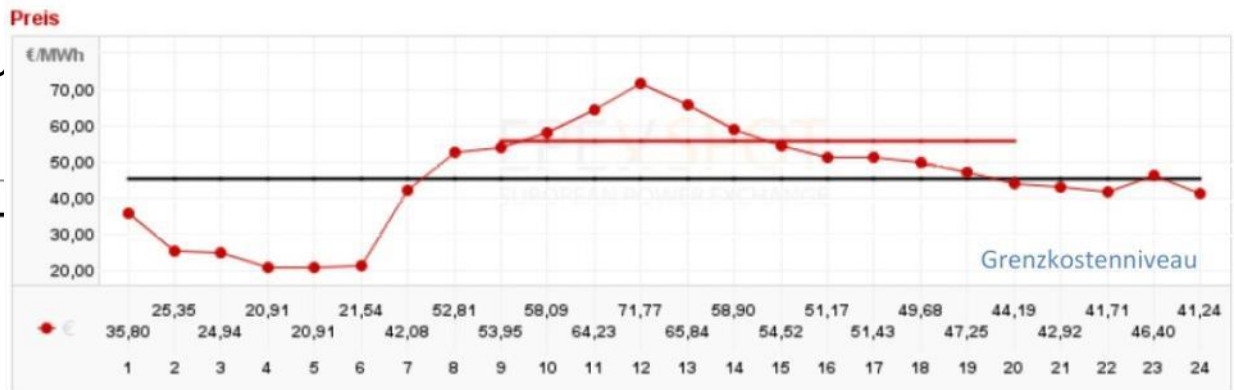
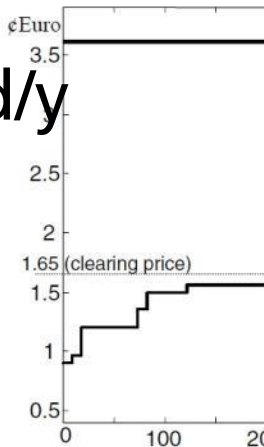
Day Ahead Market (EPEX)



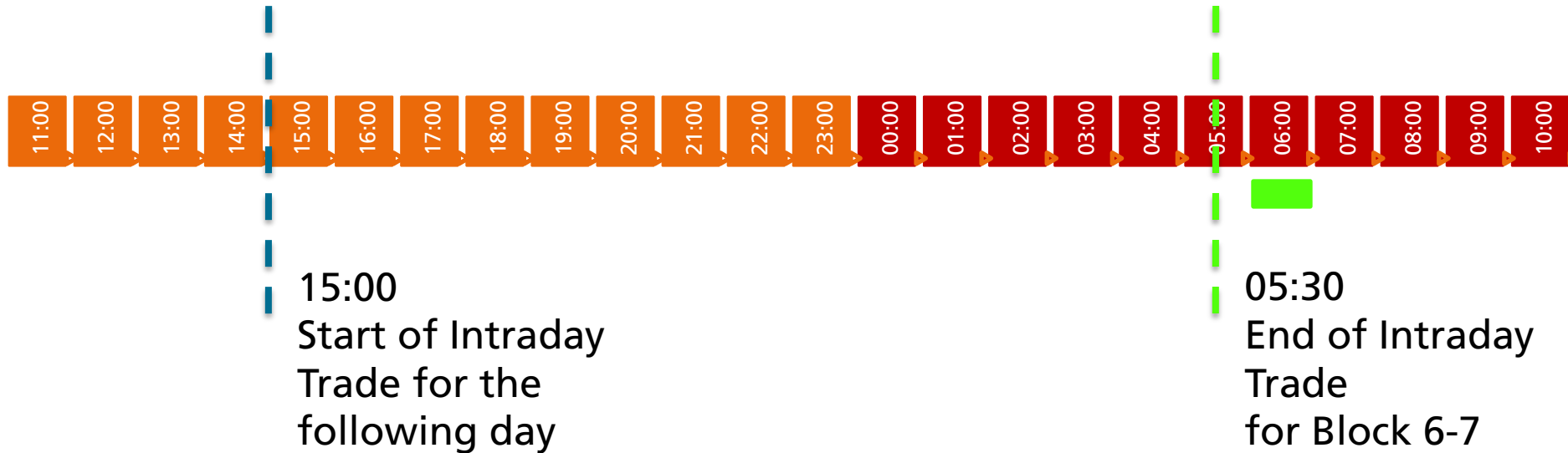
„Rush Hour“

12:20
Publishing of Results

12:00
Auction
365 d/y



Intraday Market (EPEX)



Continuous trade

24/7




365 d/y

Hourly contracts / $\frac{1}{4}$ - hourly contracts

Energy markets and energy trading

Selection of power exchanges in Europe:

- 1993 Statnett Marked AS in Lysker (Norway), since 1996 Nord Pool Spot market areas: Norway and Sweden and since 1998 Denmark and Finland
- 2000 **European Energy Exchange (EEX)** in Frankfurt/Germany and Leipzig Power Exchange (LPX) in Leipzig/Germany, **2002 fusion: EEX in Leipzig**
- 2001 Powernext in Paris and Energy Exchange Austria (EXAA) in Vienna
- 2006 Belgium Power Exchange (Belpex) in Brussels (TLC: tri-lateral coupling: Belpex, APX (Amsterdam) and Powernext (Paris))
- 2009 **European Power Exchange (EPEX)** in Paris – fusion of the spot market operation of **EEX** and **Powernext**, market areas: France, Germany/Austria and Swiss, coupling of German and Danish market areas
- 2014 Price coupling of regions (PCR)

-  Power
-  Gas
-  Emission Allowances



N2EX
NORD POOL SPOT
NABUCCO OILX COMMODITIES



nordpool spot



NORD POOL
NORD POOL GAS AS
building a secure market



apx endex



EEX
EUROPEAN ENERGY EXCHANGE



POLISH POWER EXCHANGE



BELPEX
Part of APX-ENDEX



EXAA
Energy Exchange Austria



PX POWER EXCHANGE
CENTRAL EUROPE



EPEX SPOT
EUROPEAN POWER EXCHANGE



opcom
Coming every Day. Always spot first!



Borzen



OMEL
MERCADO DE ELECTRICIDAD






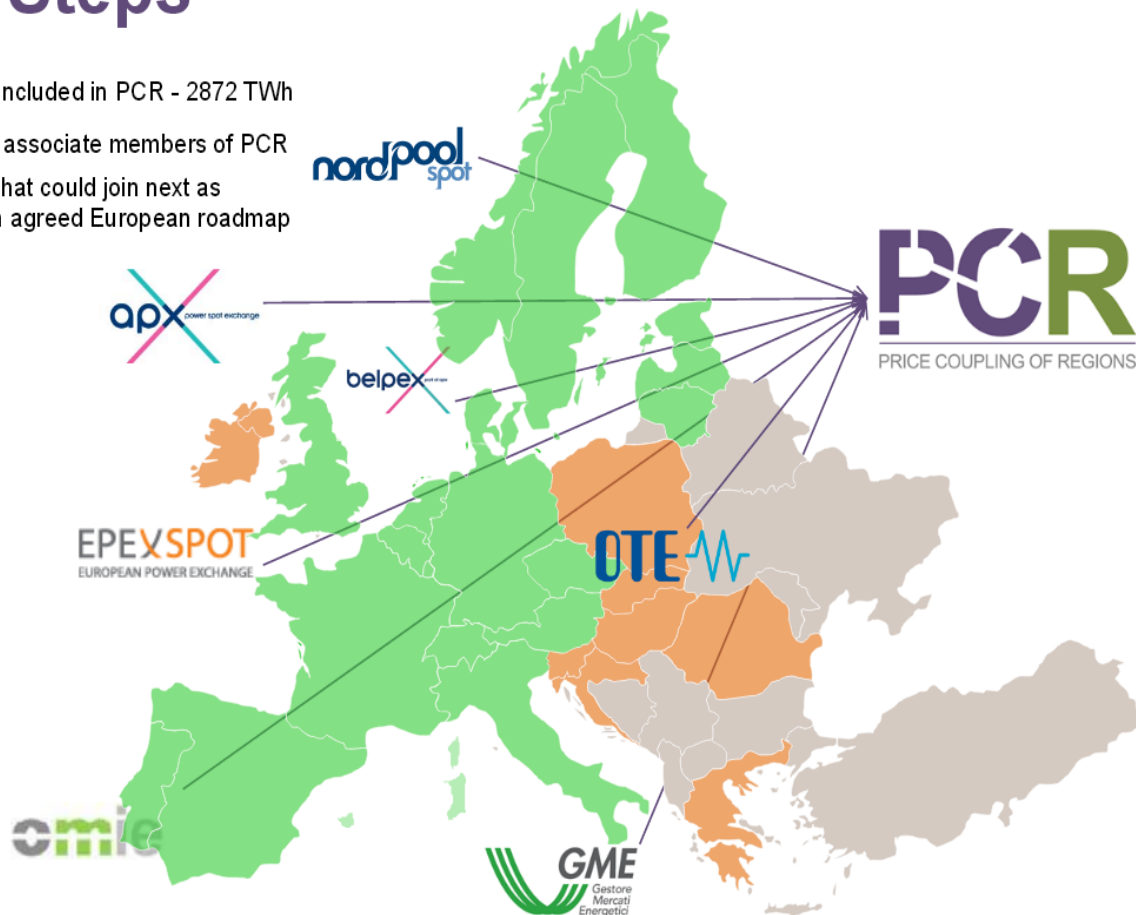
GME
Gestore Mercati Energetici



Market Coupling

Towards Single European Market: Next Steps

-  Markets included in PCR - 2872 TWh
-  Markets associate members of PCR
-  Markets that could join next as part of an agreed European roadmap



VERMARKTUNG ERNEUERBARER ENERGIEN

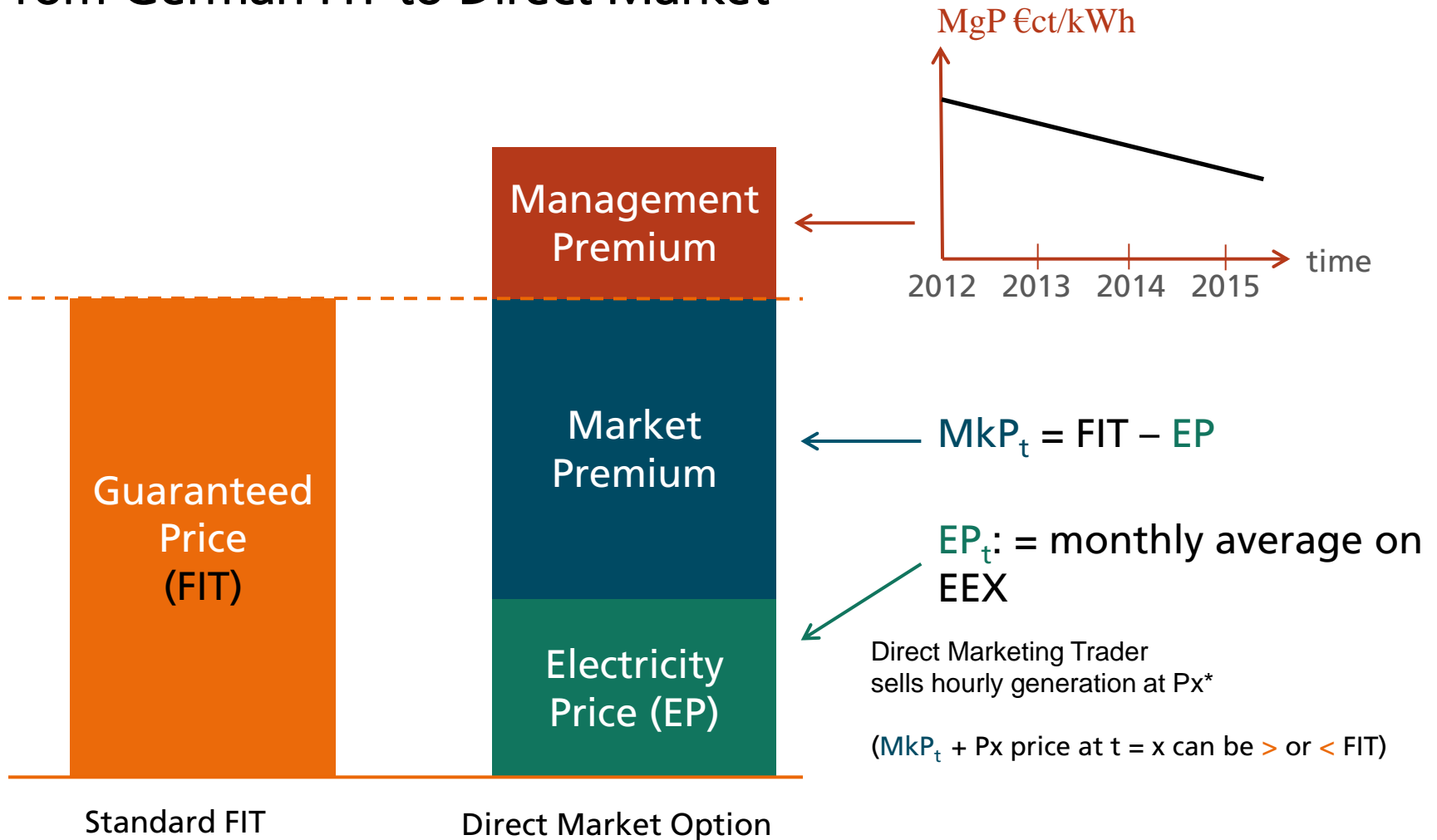
Renewable Energy Incentives: Feed In Tariff (FIT)

- Introduced: 1976, USA (then quickly forgotten)
- Perfected: 2000, Germany (and still used)
- Main benefits:
 - **Producer certainty**: fixed selling price ~ 20 years
 - **No Gov't expense**: financed by consumer bills
 - **Simple**: 2-4 page contract (US PTC ~ 85 pages)
 - **Production incentive**: produce more, earn more
 - **Flexible**: technology incentive changes over time

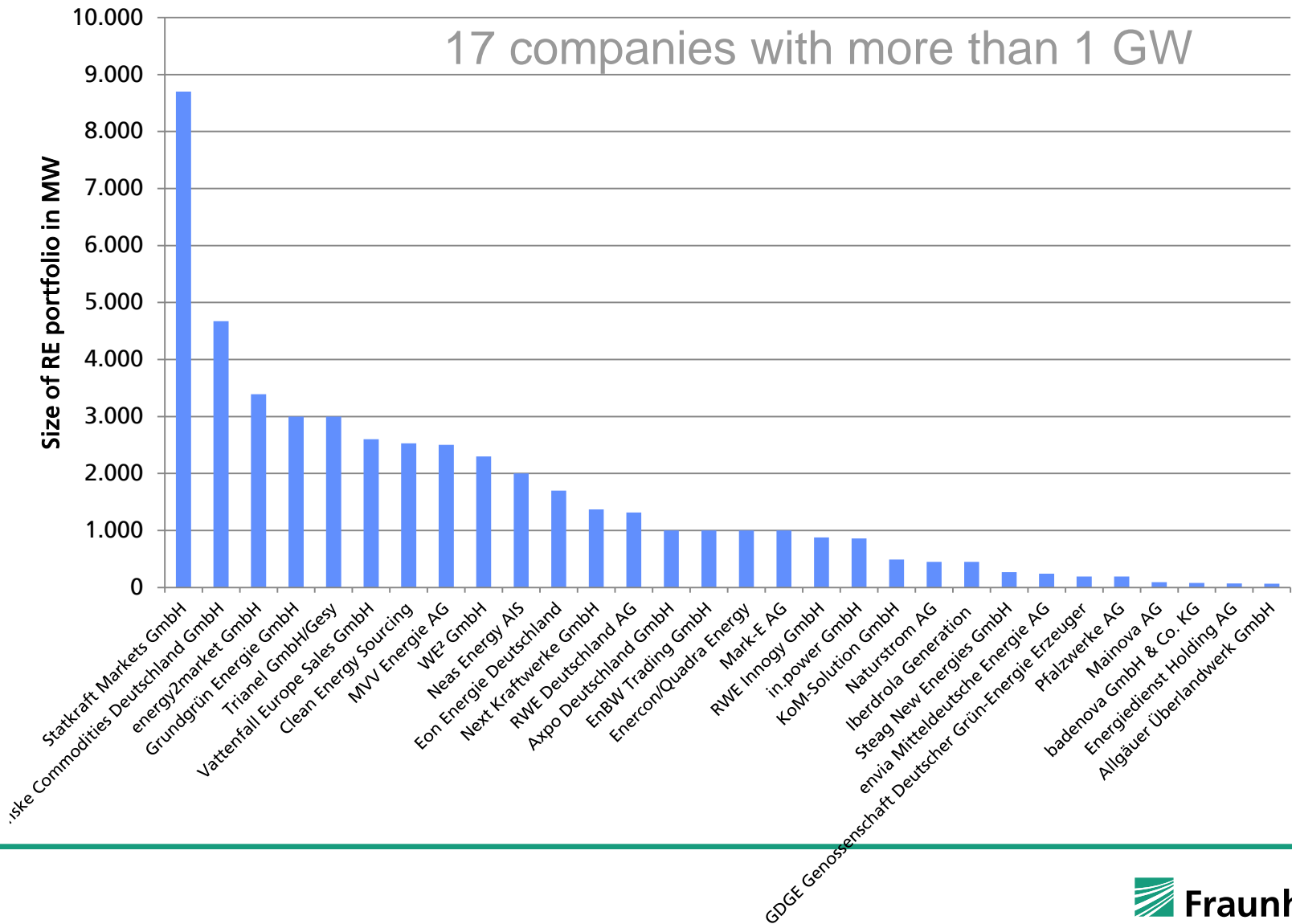
German Direct Marketing for RES

- Still generous to RE producers: co-existence of old FIT via TSO and market premium via direct marketing
- Incentives for good portfolio management
 - Should reduce integration costs, theoretically
 - E.g. improved forecasting (more competition)
 - Punctuality for controllable RES power plants (bio-gas, bio-mass)
 - Avoid production at negative spot market prices
- In practice, so far...
 - Popular: more than 90% of wind energy
 - Good seasonal timing rewarded (maint. plan)
 - Participation of bio-gas to control power market

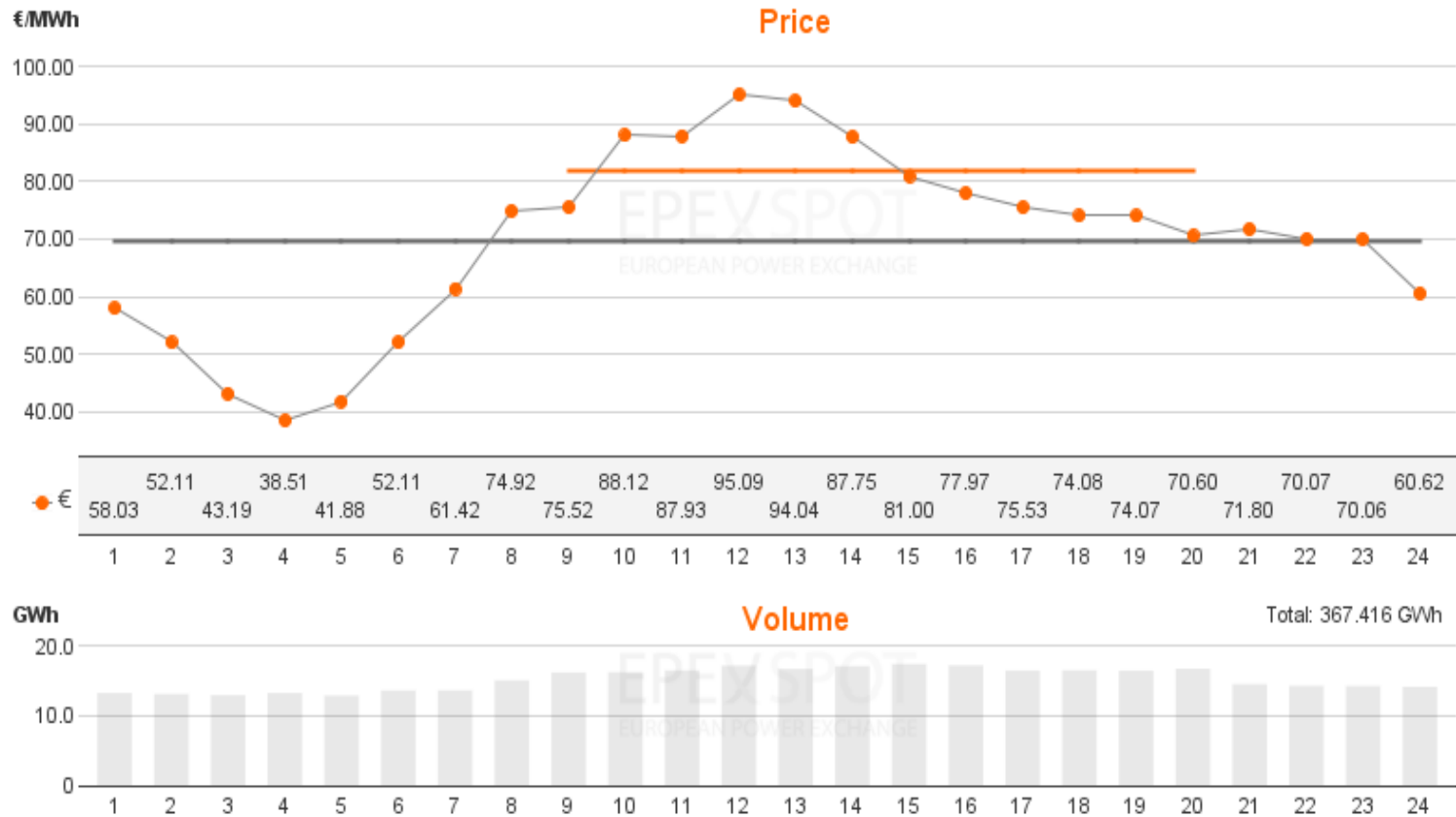
From German FIT to Direct Market



Size of direct marketing portfolios



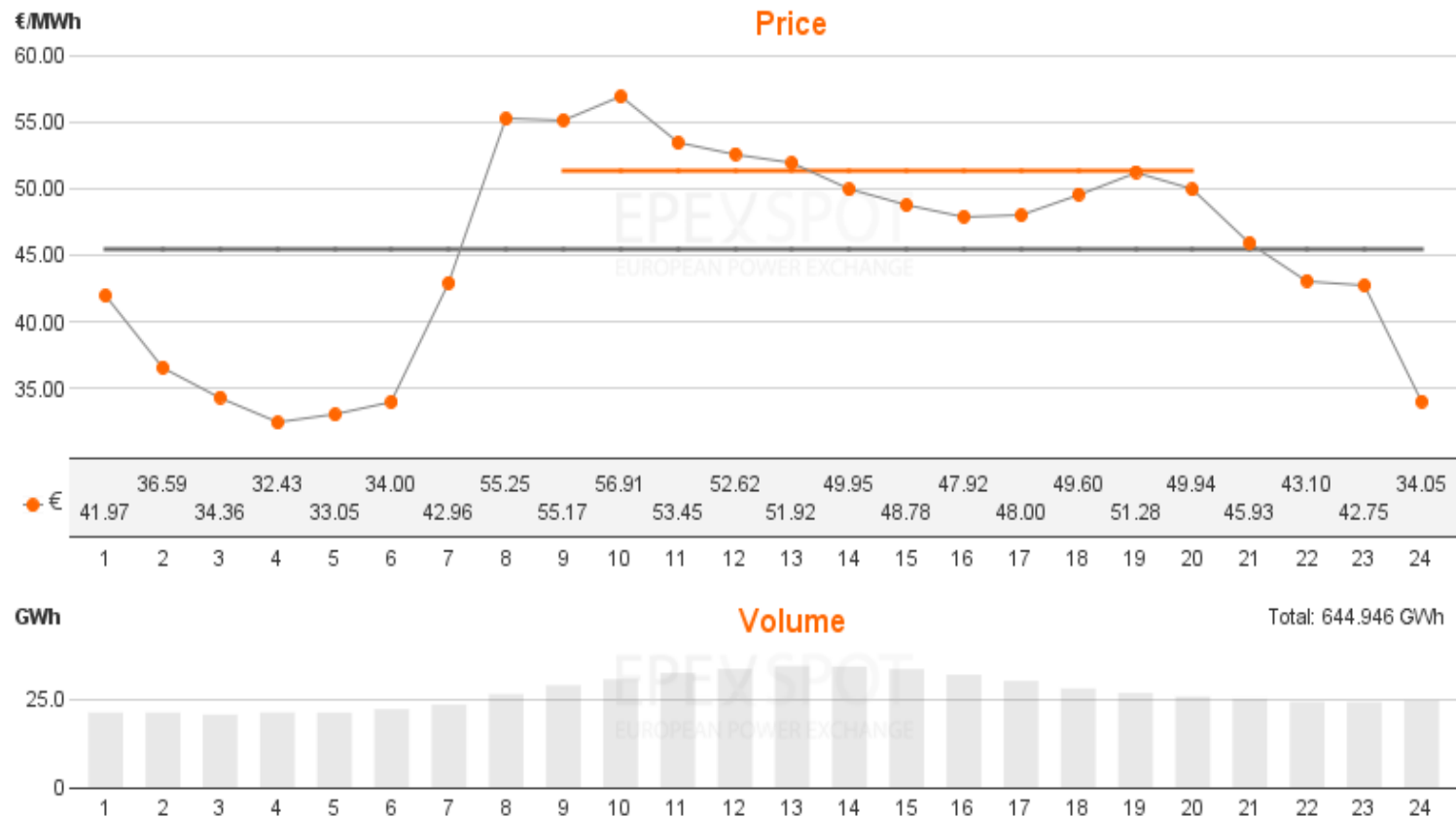
Has German PV Reduced Peak Power Price? 2008



Source: www.epexspot.com

Original analysis: Ars Technica: "German solar juggernaut rolls on despite tariff cuts." 04.04.2012

Has German PV Reduced Peak Power Price? 2015



Source: www.epexspot.com

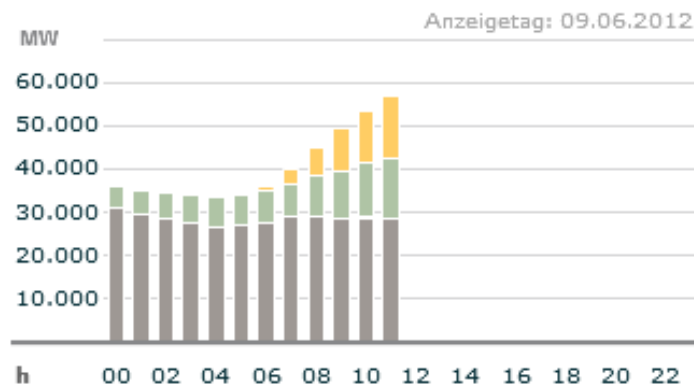
Original analysis: Ars Technica: "German solar juggernaut rolls on despite tariff cuts." 04.04.2012

Willkommen auf der EEX-Transparenzplattform

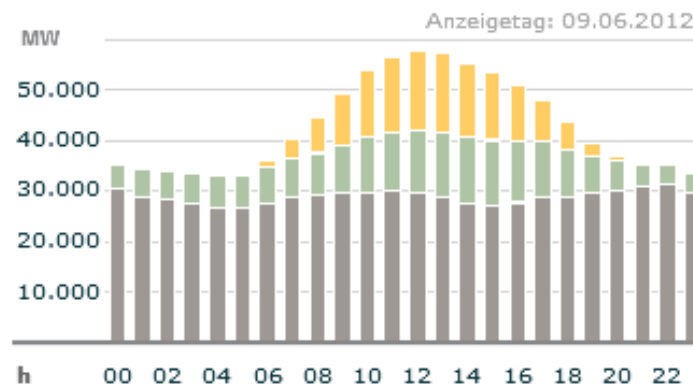
Auf der EEX-Transparenzplattform werden marktnah an zentraler und neutraler Stelle marktrelevante Erzeugungs- und Verbrauchsdaten veröffentlicht, um die Transparenz auf dem Großhandelsmarkt weiter zu erhöhen. Damit werden sowohl gesetzliche Veröffentlichungspflichten als auch freiwillige Selbstverpflichtungen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

DE/AT **DE** AT

Tatsächliche Produktion (Strom)



Geplante Produktion (Strom)



Legende: Konventionell Wind Solar

Abdeckungsgrad gesetzliche Veröffentlichungspflichten

DE

[Weitere Info](#)

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 (QIII/2012): Die Übertragungsnetzbetreiber aus Deutschland und Österreich...

[Weiterlesen »](#)

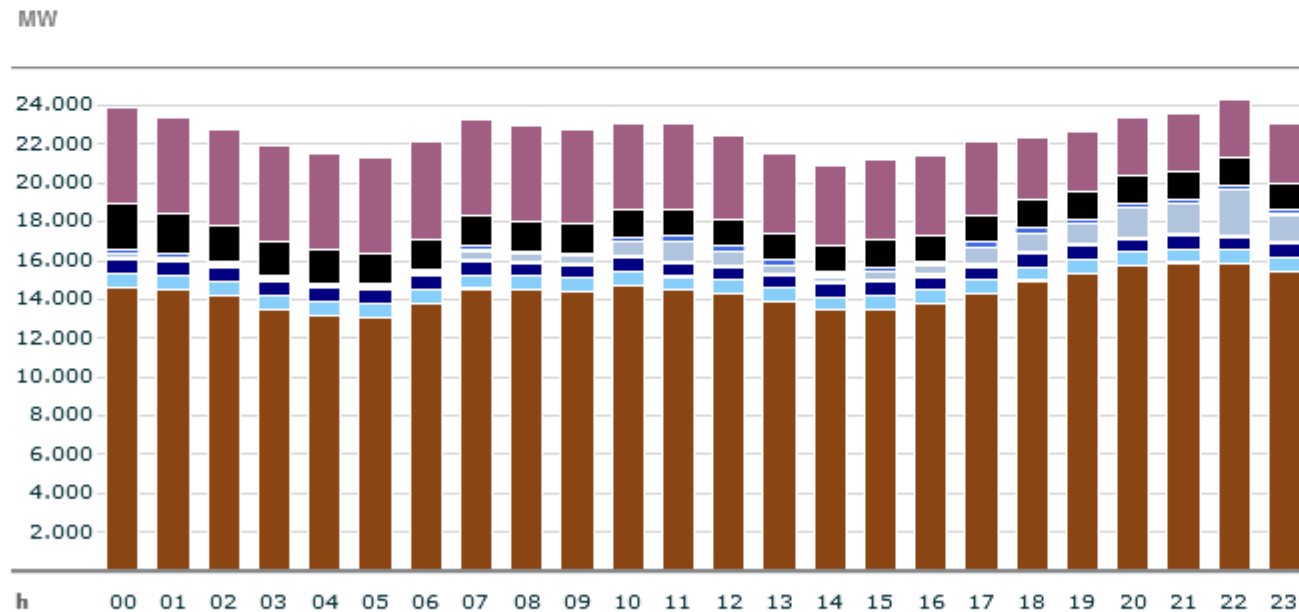
Die Daten in der Rubrik „Freiwillige Selbstverpflichtungen der Marktteilnehmer“ können nicht unmittelbar mit den gemeldeten Daten unter der Rubrik „Veröffentlichungspflichten der Übertragungsnetzbetreiber“ verglichen werden, da der freiwillige Bereich auch Anlagen unter 100 MW sowie nicht alle Einheiten gleich oder größer 100 MW enthält.

Unter „Meldende Unternehmen“ kann eingesehen werden, welche Melder sich bereits an „Transparency in Energy Markets“ beteiligen. Weiterhin wird angegeben, ob der Meldegrund für die Erzeugungseinheit „gesetzlich“ (Veröffentlichungspflichten der Übertragungsnetzbetreiber), „freiwillig“ (Freiwillige Selbstverpflichtungen der Marktteilnehmer), oder „gesetzlich und freiwillig“ ist. <http://www.transparency.eex.com/de/Information/meldende-unternehmen>

DE/AT **DE** AT

Angezeigter Tag: 09.06.2012

Letzte Aktualisierung: 10.06.2012, 16:33:57 Uhr



Legende: Braunkohle Gas Laufwasser Öl Pumpspeicher
Saisonspeicher Sonstige Steinkohle Uran

Darstellung

Filter: Tag

09.06.2012

Filter: Ansichten

Erzeugung aus

Filter: Erzeugung aus

- Braunkohle
- Gas
- Laufwasser
- Öl
- Pumpspeicher
- Saisonspeicher
- Sonstige
- Steinkohle
- Uran

REGELLEISTUNGSMARKT

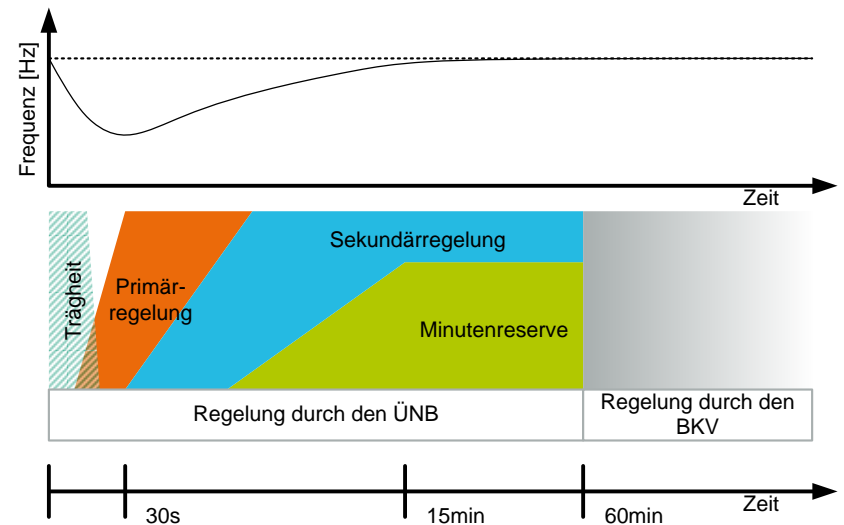
Regelenergie

Regelung bei Abweichungen von der Sollfrequenz:

- Regulärer Netzbetrieb
 - $49,8 \text{ Hz} < f < 50,2 \text{ Hz}$
 - Einsatz von PRL, SRL, MRL
- Darüber hinaus stufenweiser Last- bzw. Kraftwerksabwurf

Ausgleichsenergie:

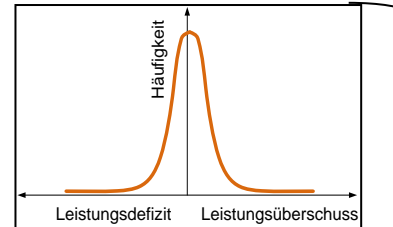
- Jede Bilanzkreisabweichung wird durch Bezug Ausgleichsenergie korrigiert
- Regelleistung ist die Summe aller Bilanzkreisabweichungen



Bedarfsermittlung der Regelleistung in Deutschland

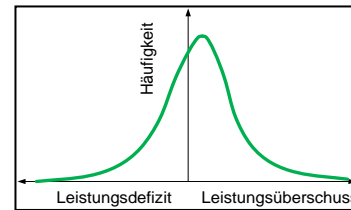
Lastrauschen

- Lastrauschen = $P_{\text{ist}}(15\text{-min}) - P_{\text{ist}}(1\text{-min})$
- Datenbasis: historische Messkampagnen der 1-min Lastzeitreihen
- Berechnung: Histogramm der Fehler → PDF
- Form der Fehlerverteilung: Normalverteilung mit $\mu = 0$, $\sigma = 0,5\%$ der jährlichen RZ-Höchstlast



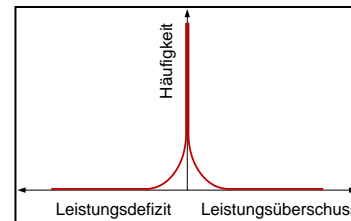
Last- bzw. RZ-Prognosefehler (inklusive dargebotsabhängige Erzeuger)

- $LPF = P_{\text{prog}}(15\text{-min}) - P_{\text{ist}}$
- eig. RZ-Prognosefehler (Summenfehler aus LPF und Prognosefehler Wind & PV)
- Datenbasis: rückgerechneter Regelleistungsbedarf
- Berechnung: Histogramm der Fehler
- Form: Normalverteilung mit $\sigma = 2\%$



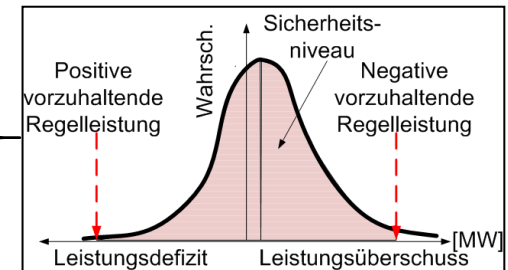
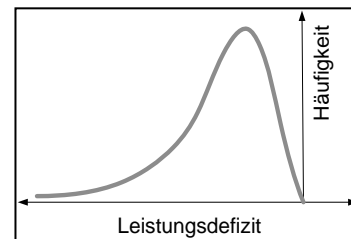
Fahrplansprünge

- $FPS = \text{Saldo der Austauschleistungen zwischen Regelzonen (plus HoBA)}$
- Datenbasis: Bilanzkrisenanmeldung
- Berechnung: Rampenmodell
- Form: Trichter mit $\sigma = \text{max. } 1,2\%$ (der RZ)



Kraftwerksausfälle

- Kraftwerksausfall = ungeplanter Leistungsausfall eines Erzeugers
- Datenbasis: Kraftwerkspark und Statistik über Kraftwerksausfall je Typ
- Berechnung: statistische Faltung
- Form: einseitige Fehlerverteilung → nur positiver Regelleistungsbedarf



rekursive Fehlerfaltung

Regelleistungsmarkt

Control reserve use:

TSO uses control reserve in case of power imbalances in his control area

Power imbalance: sum of all \pm power imbalances in a control area

Reasons for power imbalances:

Breakdowns

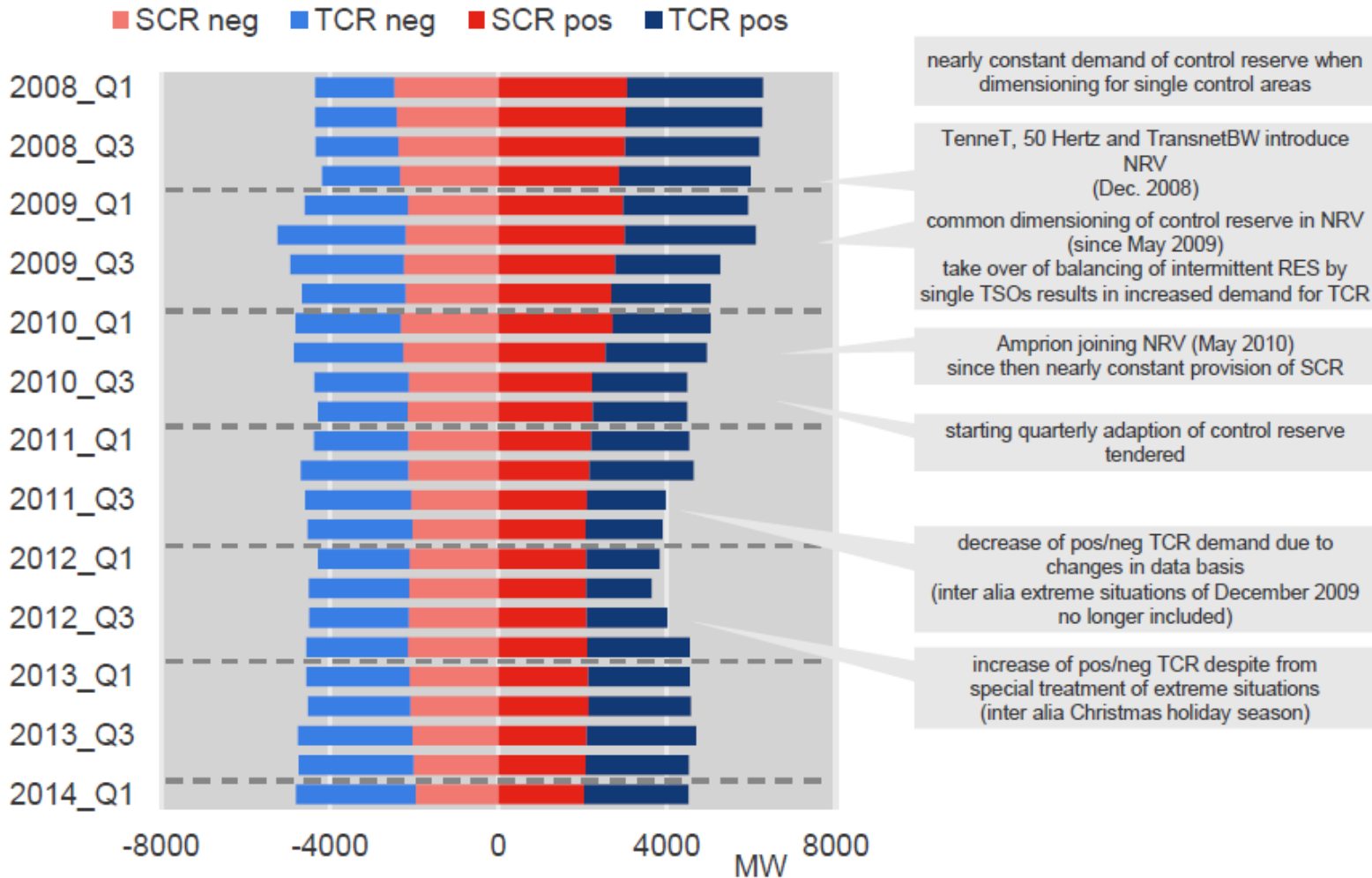
- Generation or load inside of a control area
 - Outage of commercial transactions between control areas
 - Common European grid operation (UCTE)
-
- Forecast error (load or production)

Control Power Market

Requirements for different types of control reserve

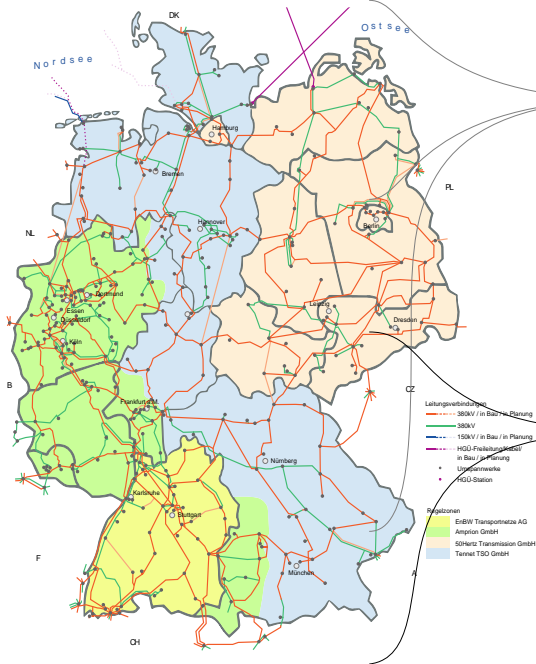
	Primary control reserve	Secondary control reserve	Minute reserve
Maximum energy	1 Week	Weekend	4 h
activation	automated: +/-200 mHz	Set-point by TSO	MOL-Server
Power gradient	$\Delta P/30$ sec	$\Delta P/5$ min	$\Delta P/15$ min

Control Power Market



Quarterly average values of the control reserve tendered (www.regelleistung.net)

Ausgleichsenergie - Deutschland



Bildung der Ausgleichsenergie

Bestimmung der Ausgleichsenergie

Ermittlung einer Ausgleichsenergie

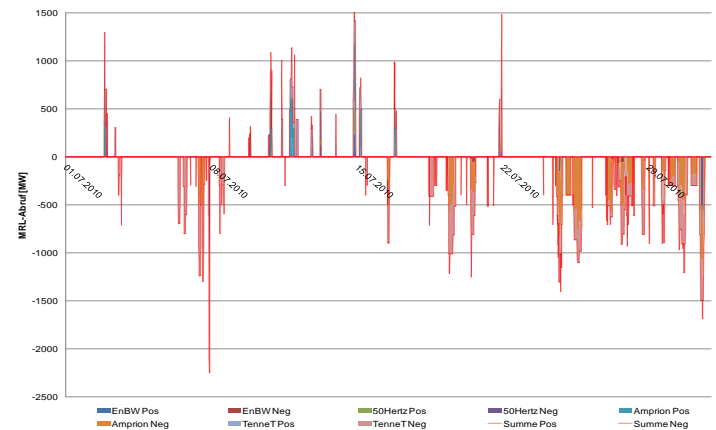
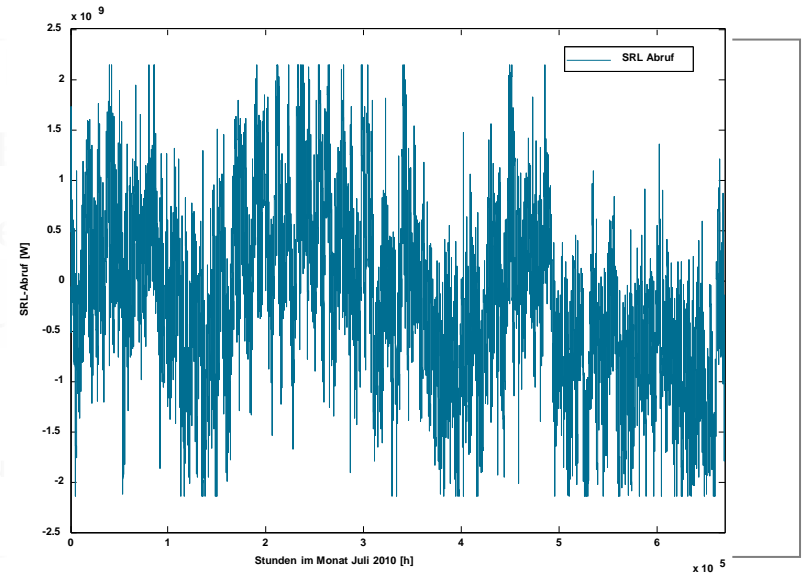
Begrenzung der Ausgleichsenergie
aus MO-Liste

$$AEK = (W_{Messung} - W_{Produktion})$$

Ausgleichsenergiepreis

MRL - LP

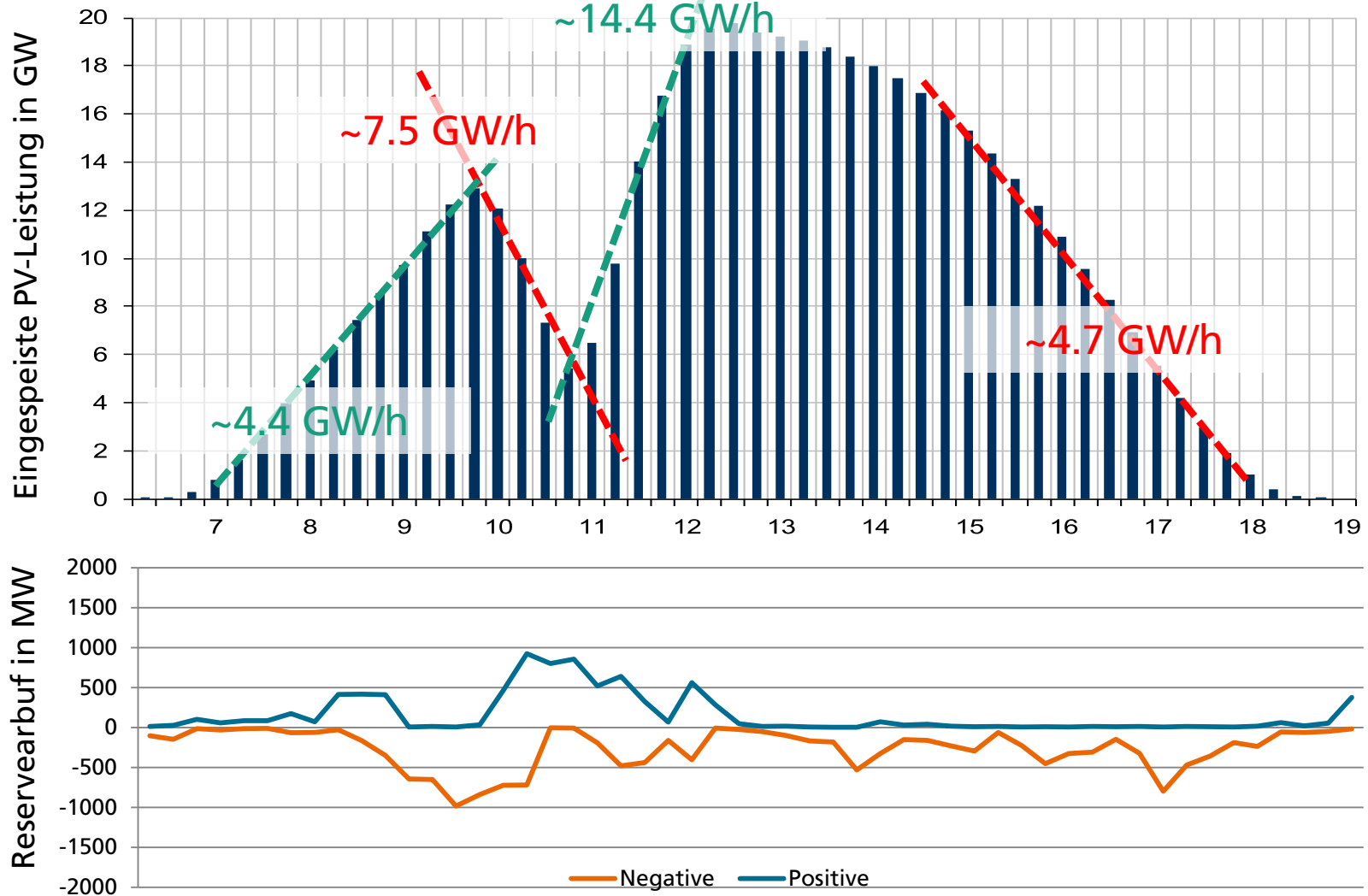
MRL - AP



Grünbuch-/Weißbuchprozess des BMWi

STROMMARKT 2.0

20. März 2015 – Partielle Sonnenfinsternis



Malte Jansen
malte.jansen@iwes.fraunhofer.de



FRAGEN & DISKUSSIONEN