



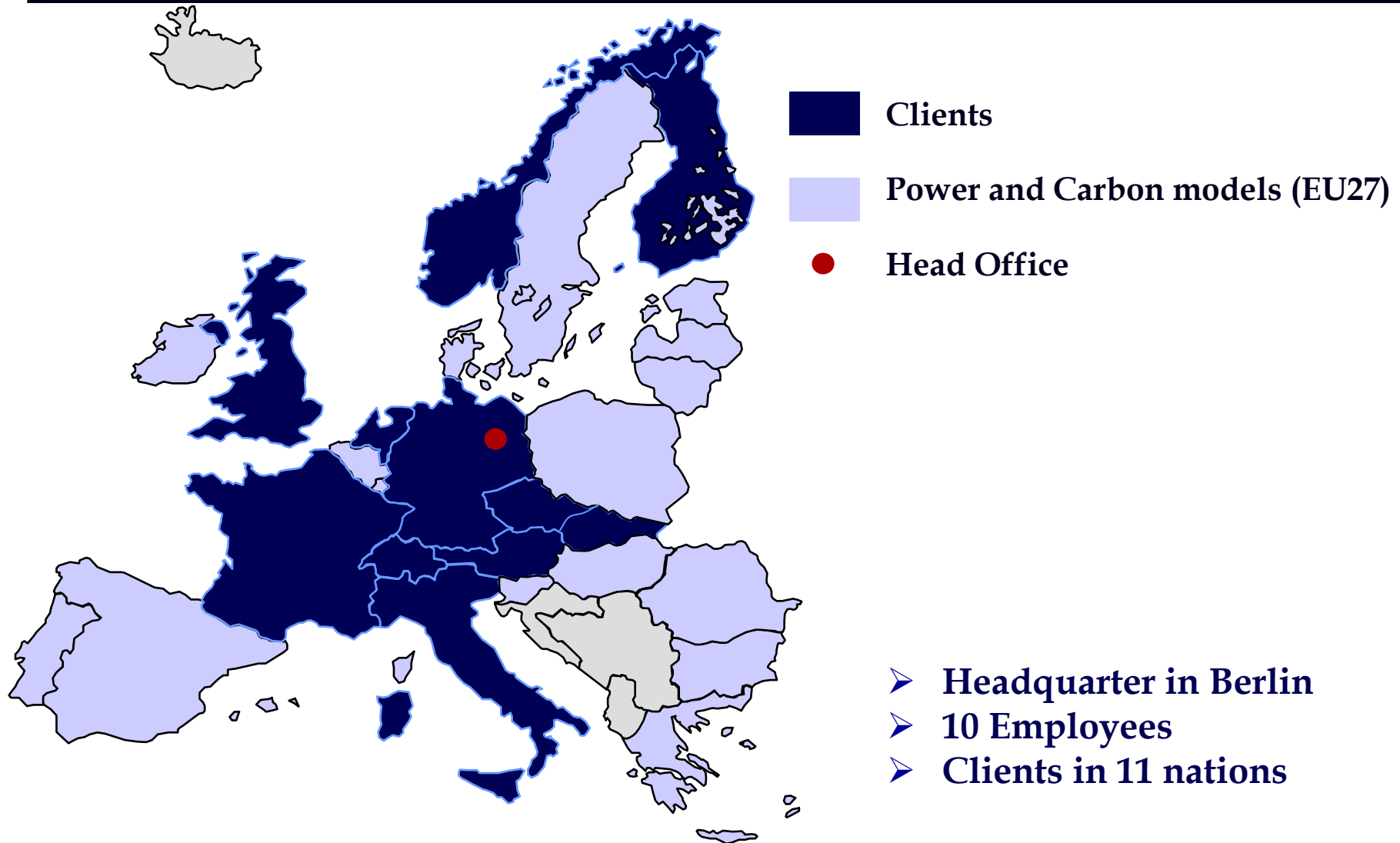
GTZ-TERNA Expert Workshop 2009

**Modelling power prices -  
What is the influence of wind power feed-in?**

Thorsten Lenck  
Berlin, November 12<sup>th</sup>, 2009

# Energy Brainpool's Clients and Models

---



# Energy Brainpool – Three main activities

## Forecasting

### Short Term

- Liquid power markets
- German gas market
- Power demand

### Medium Term

- Future market power

### Long Term

- EUA price modelling
- Emission Balance for NAP I & NAP II for EU 25
- Average power prices next year

## Analysis

### Market Entrance

- Market observation
- Long term scenarios of power price development
- Scenarios on power plant structure & dispatching over time

### Price Behaviour

- Analysis of historical price behaviour in combination with market transparency
- Bidding behaviour analysis

## Consulting

### Risk Management

- For traders with scenario tools
- For sales & purchasing with monitoring tools

### Portfolio Management

- Purchase management
- Market observation
- Process implementation

### Model development

- Support of internal model development

# Agenda

---

A Modelling power prices

B EEG (Renewable Energy Law) and negative prices

C Modelling negative power prices

# Agenda

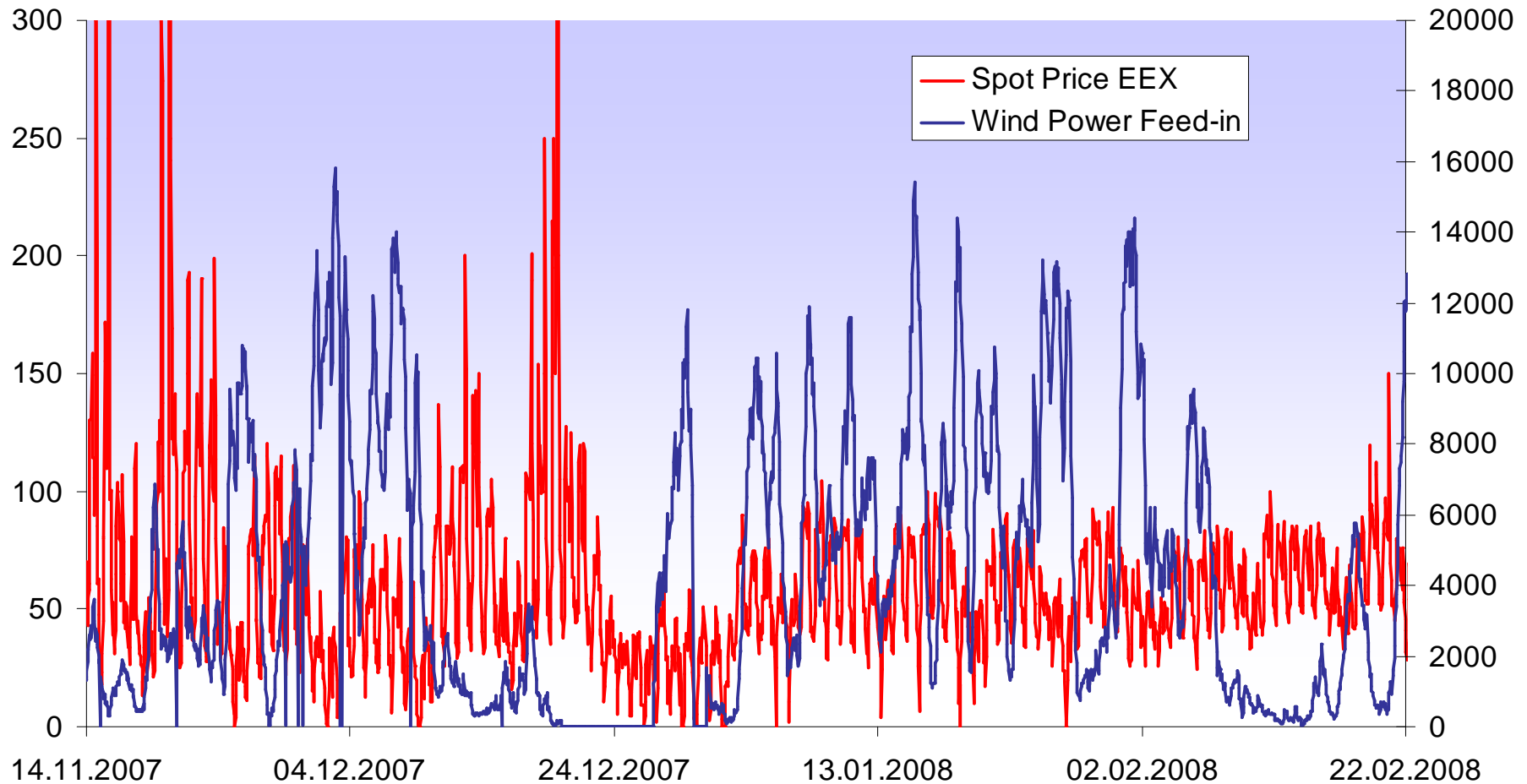
---

A Modelling power prices

B EEG (Renewable Energy Law) and negative prices

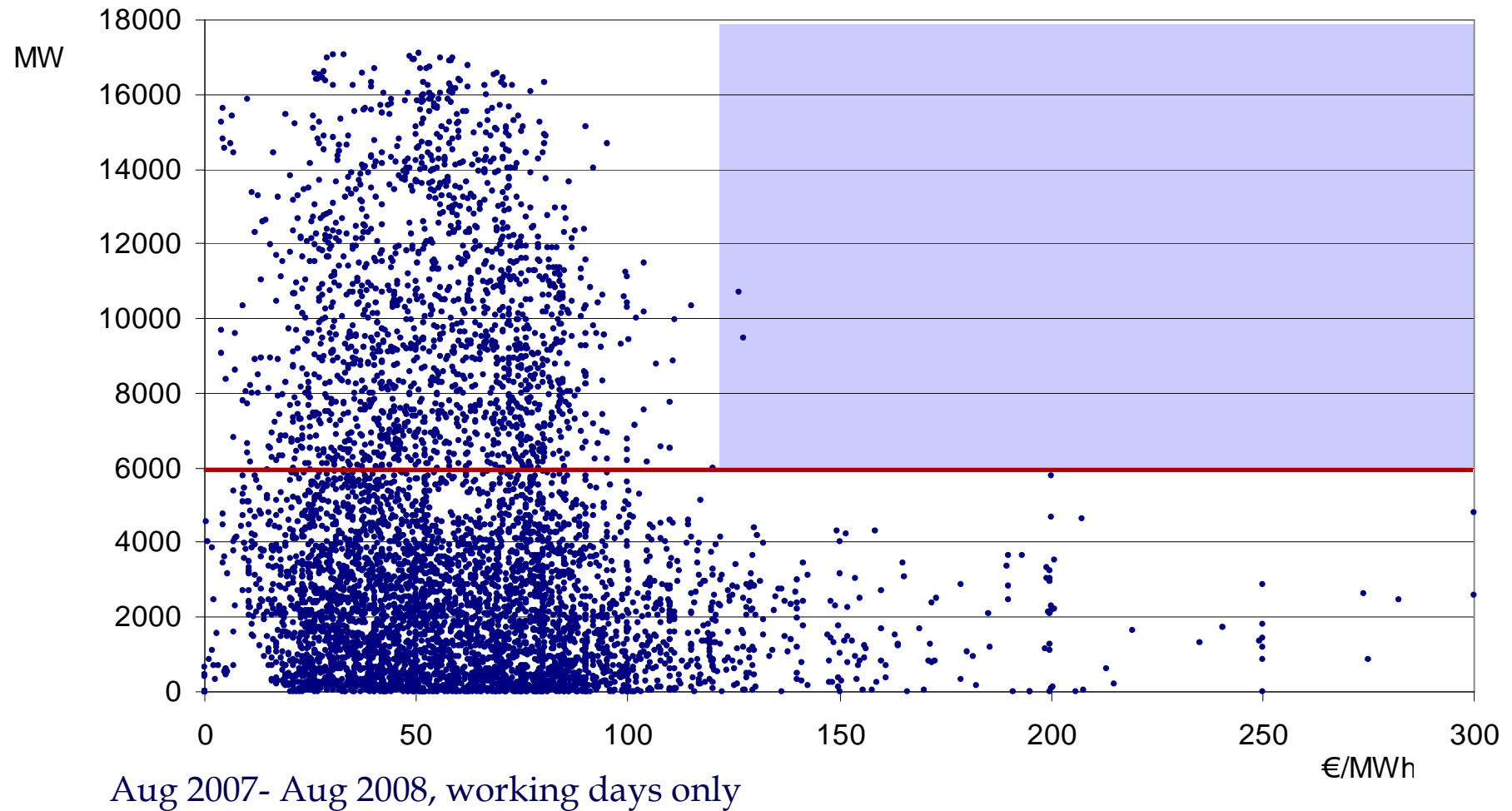
C Modelling negative power prices

# German power prices and wind power feed-in



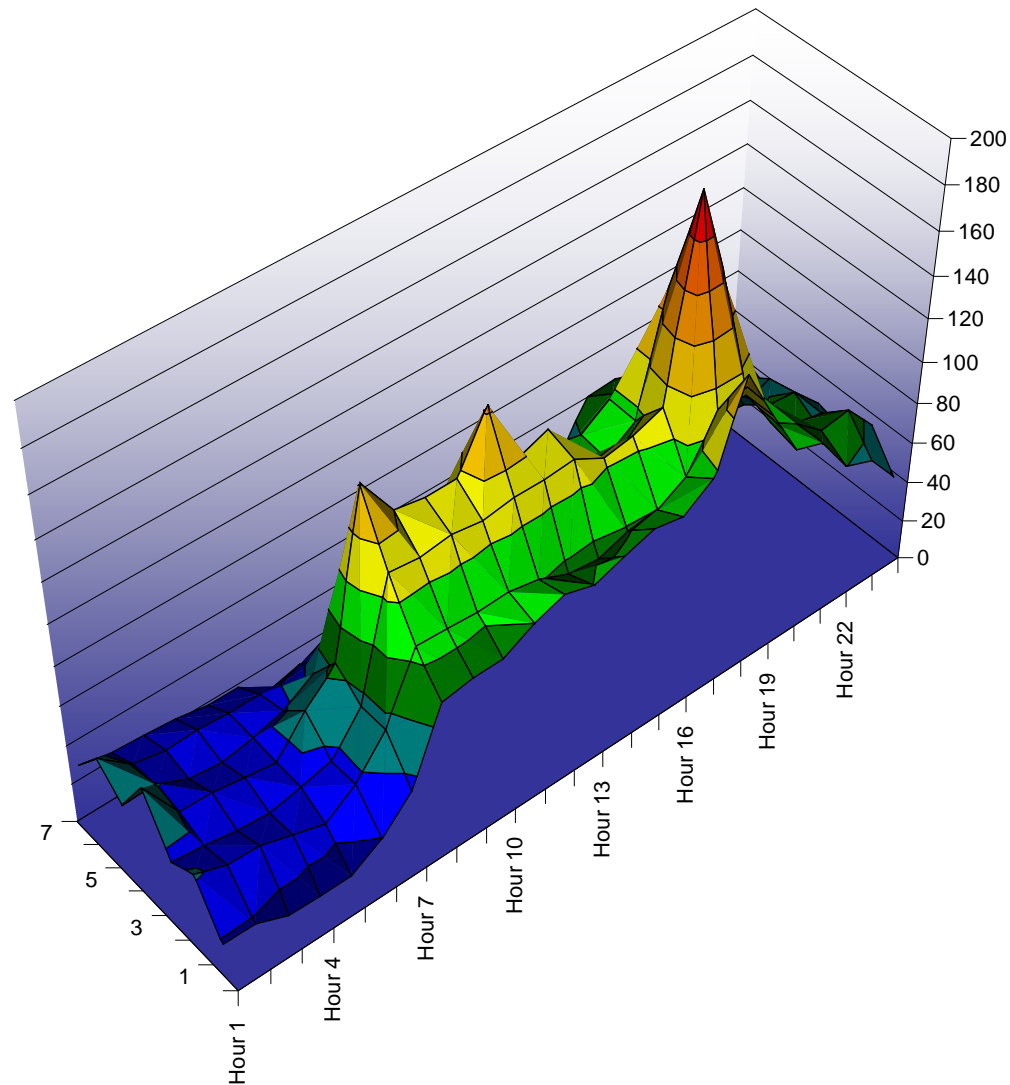
# Hourly power price vs. wind power forecast

---



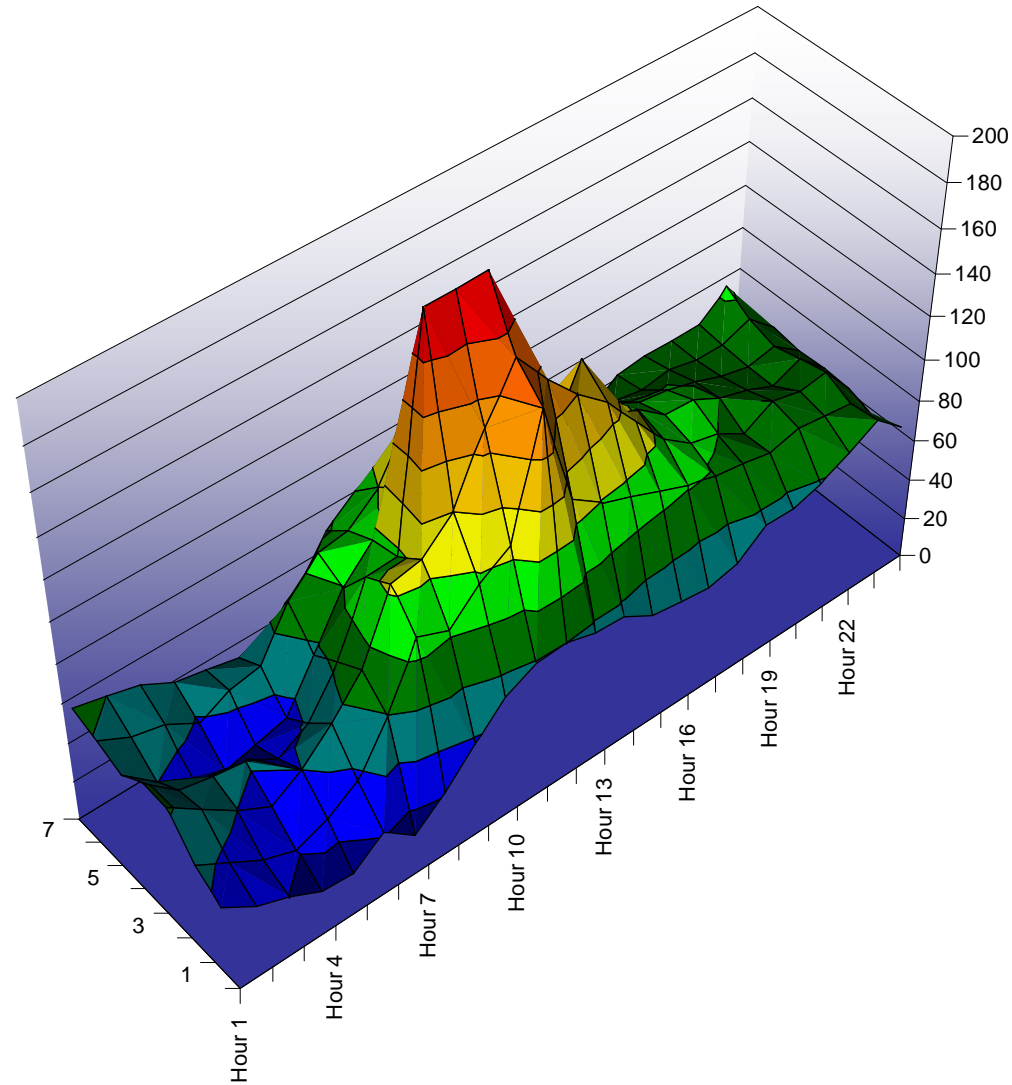
# European Power Exchange (EEX) spot prices – one week in December

---

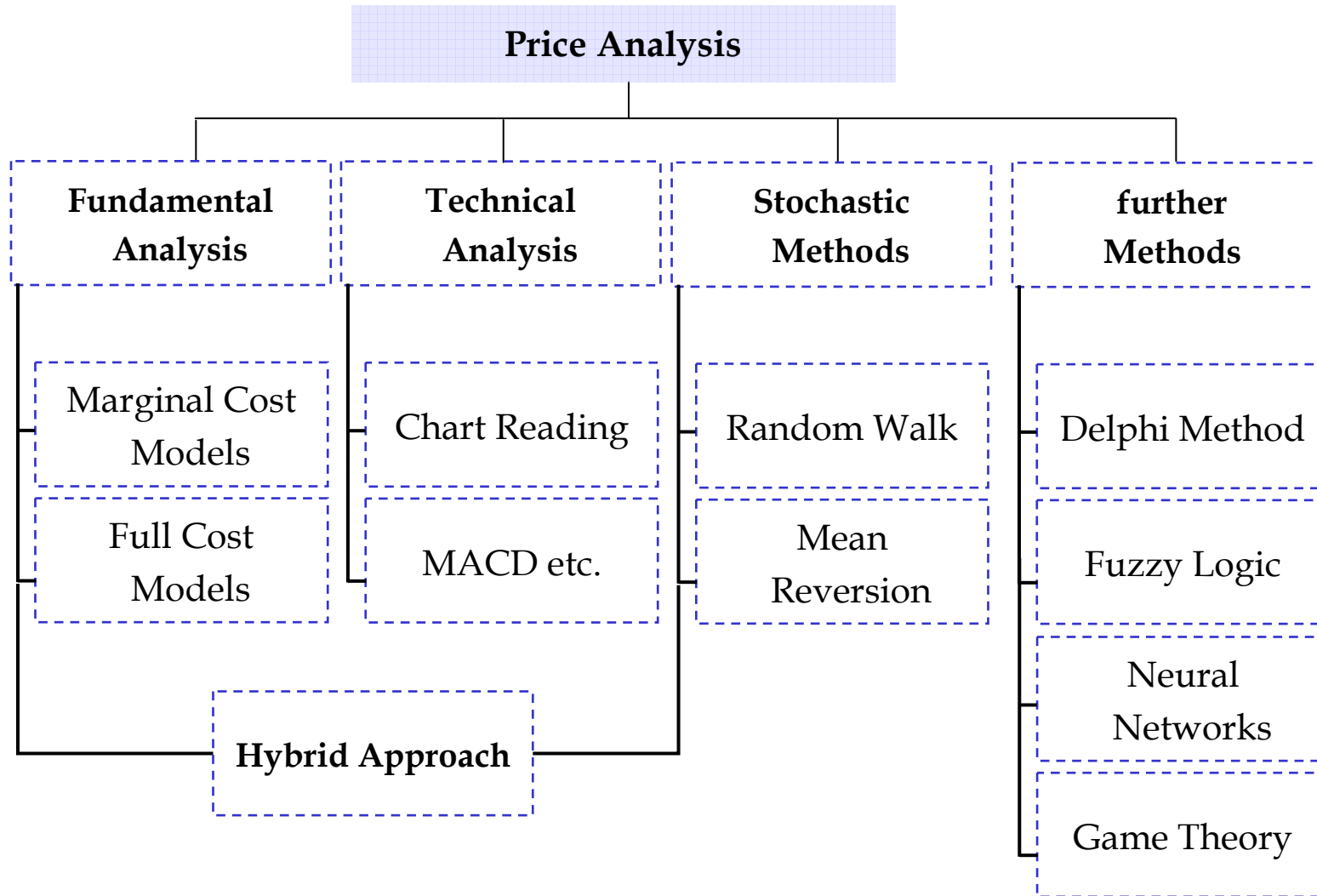


# EEX spot price power – one week in June

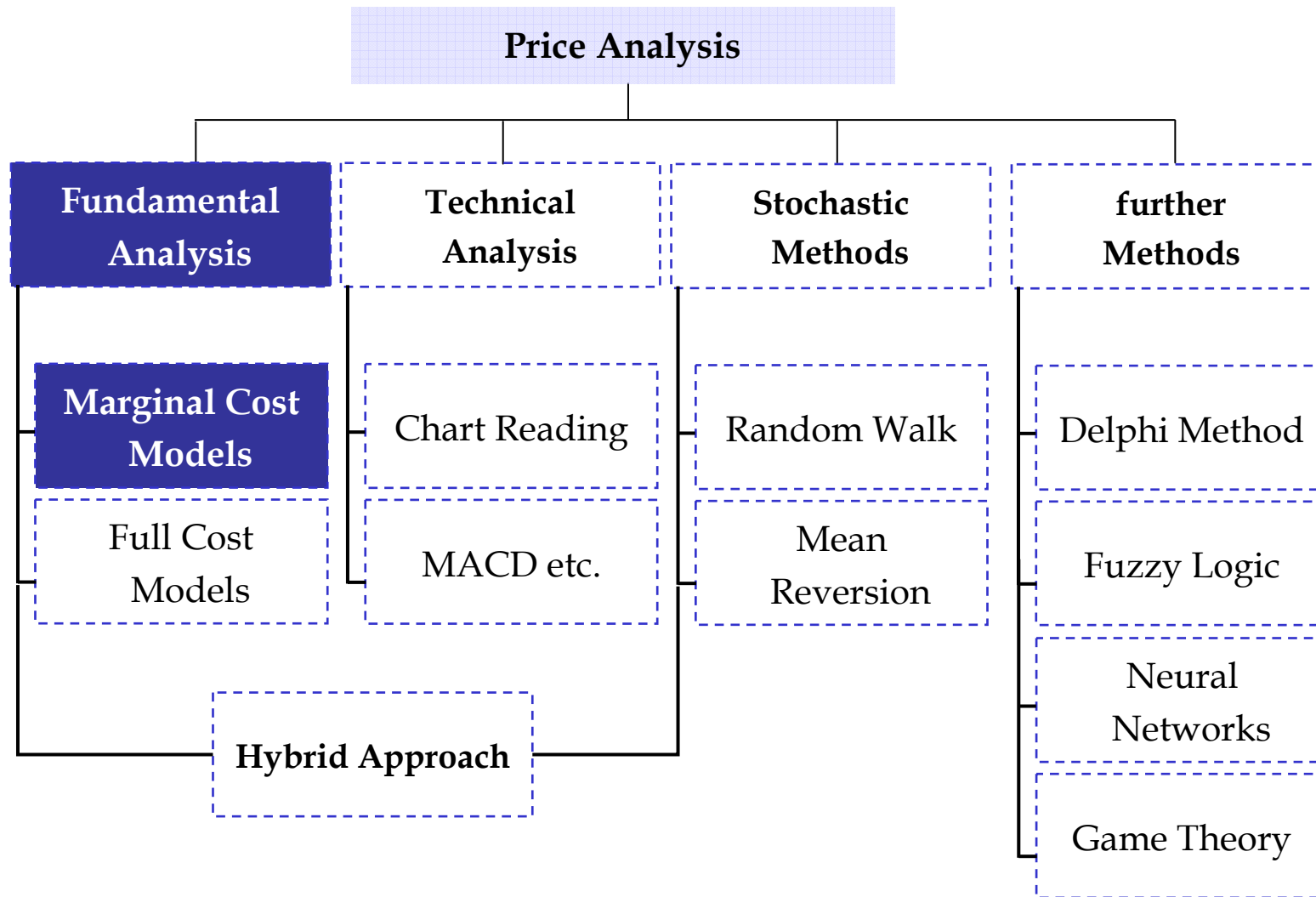
---



# Price analysis approaches



# Price analysis approaches



# Fundamental modelling approach

---

- Rational bidding behavior
- Power plant dispatch for power prices above short term marginal generation costs (STMGC)
- STMGC: marginal costs of next dispatched unit

$$STMGC = \frac{P_{PE}}{\eta_{PP,PE}} + \varepsilon_{PP} \cdot P_{EUA}$$

P: price;  $\eta$ : electric efficiency;  $\varepsilon$ : specific emission coefficient;  
PE: primary energy; PP: power plant; EUA: EU allowance (CO<sub>2</sub>)

- Merit Order modelling approach: power plant capacities sorted according to STMGC

# Modelling power plant dispatch

---

## Merit Order

- availability renewables
- power plant DB
- efficiencies according to year of construction
- STMGC according to commodity prices

## Power Demand

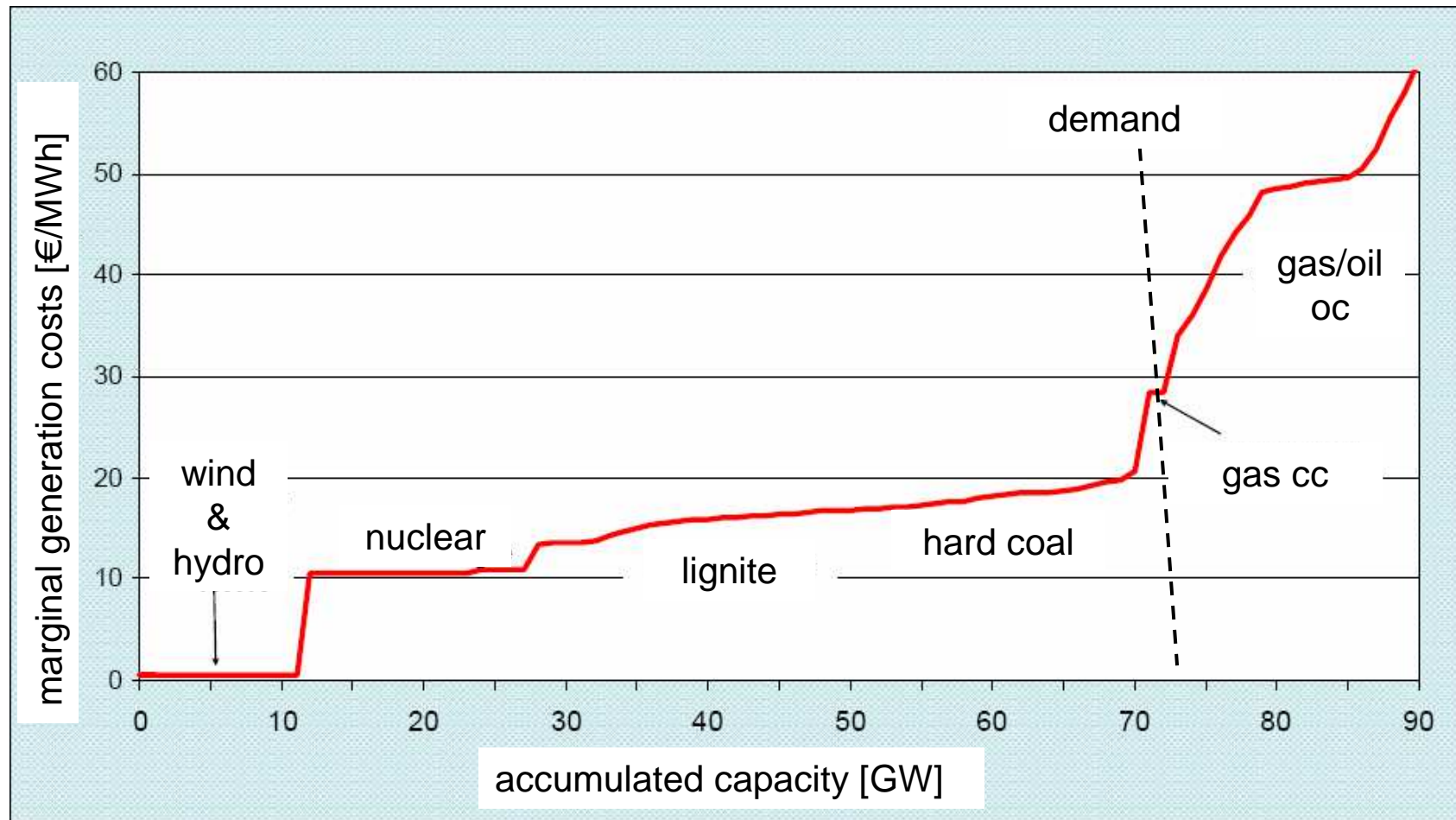
- regression analysis of daily average demand
- parameters: calendar and temperature data
- hourly load profile according to monthly day type



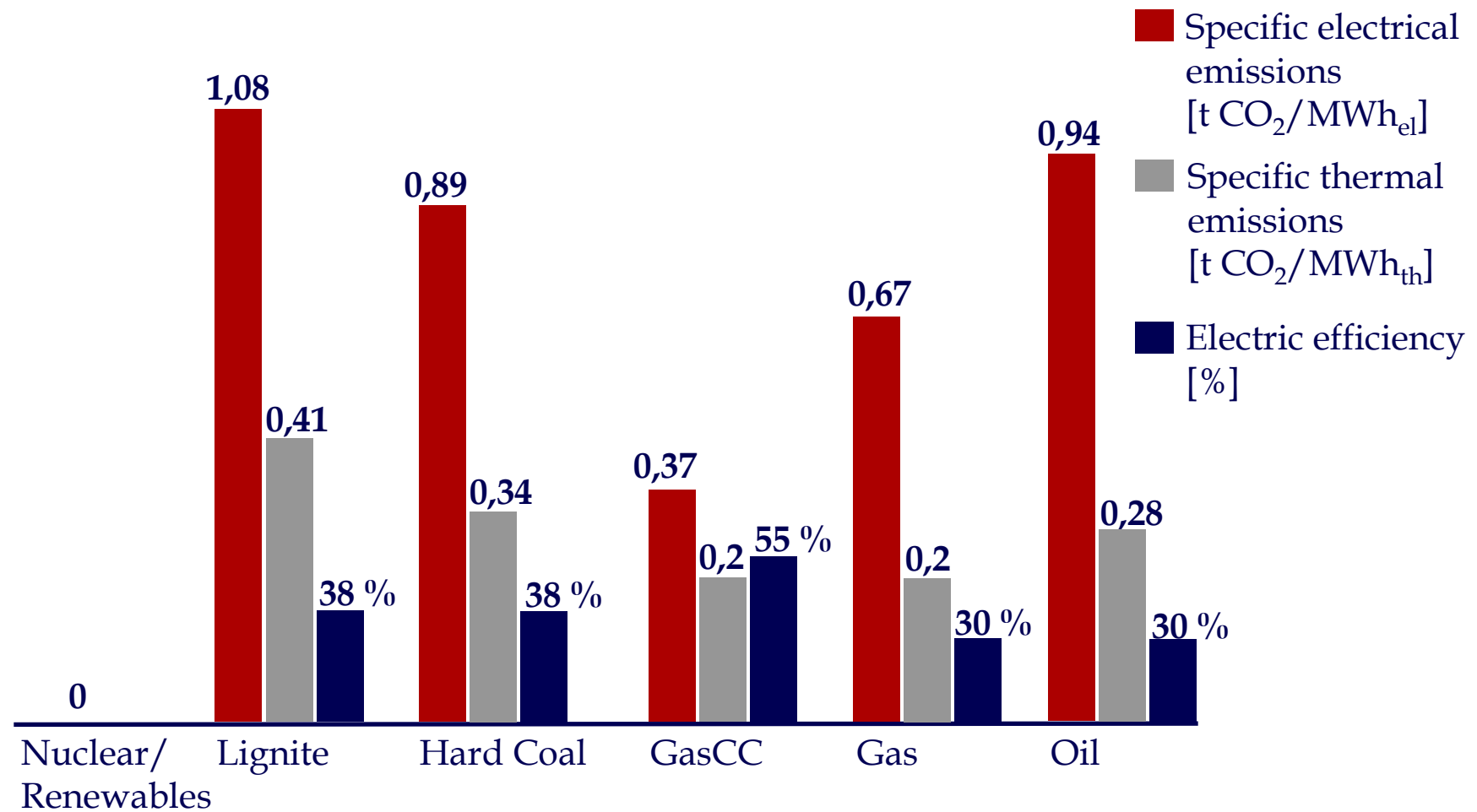
## Power Plant Dispatch

hourly power plant dispatch with according market clearing price

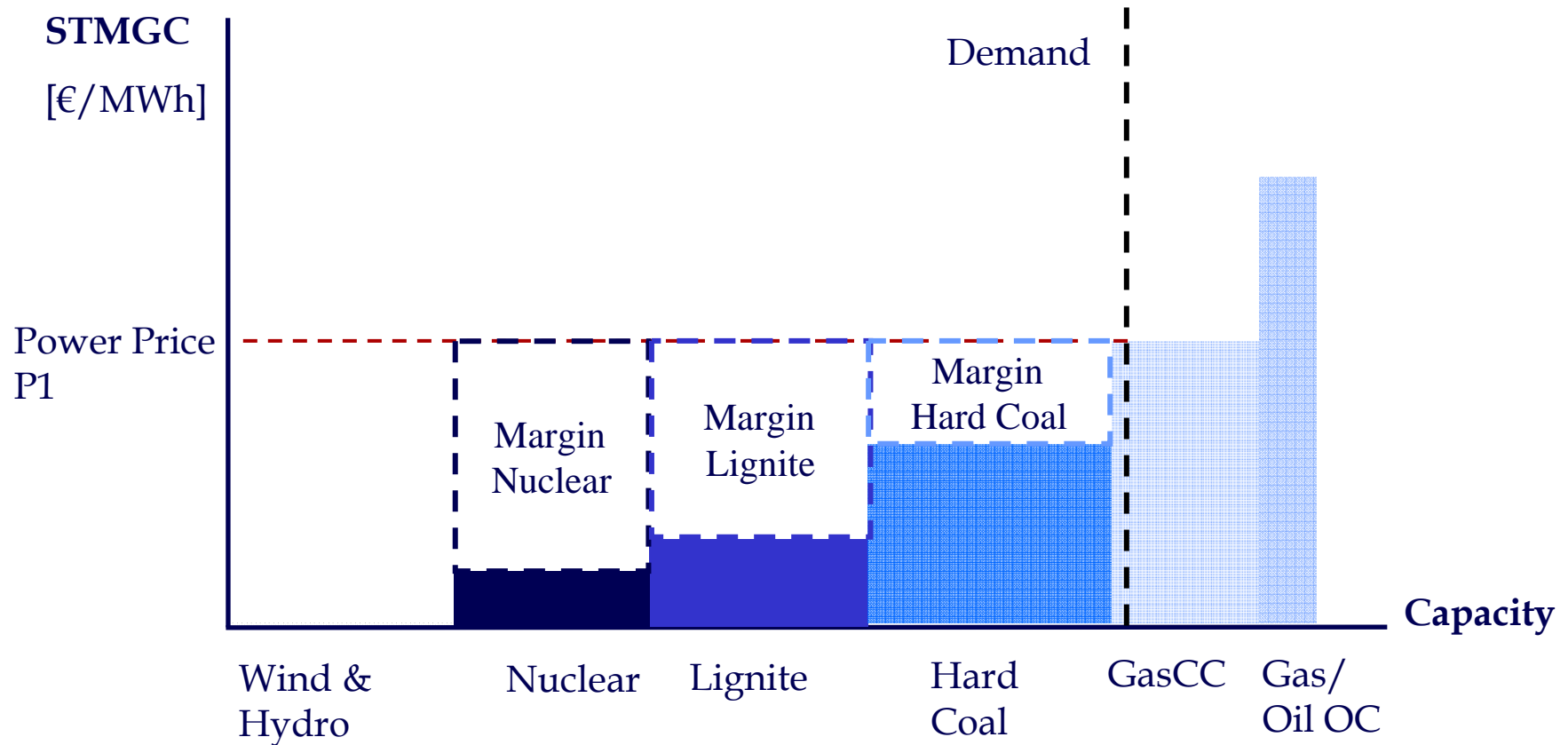
# Merit order without CO<sub>2</sub> Price



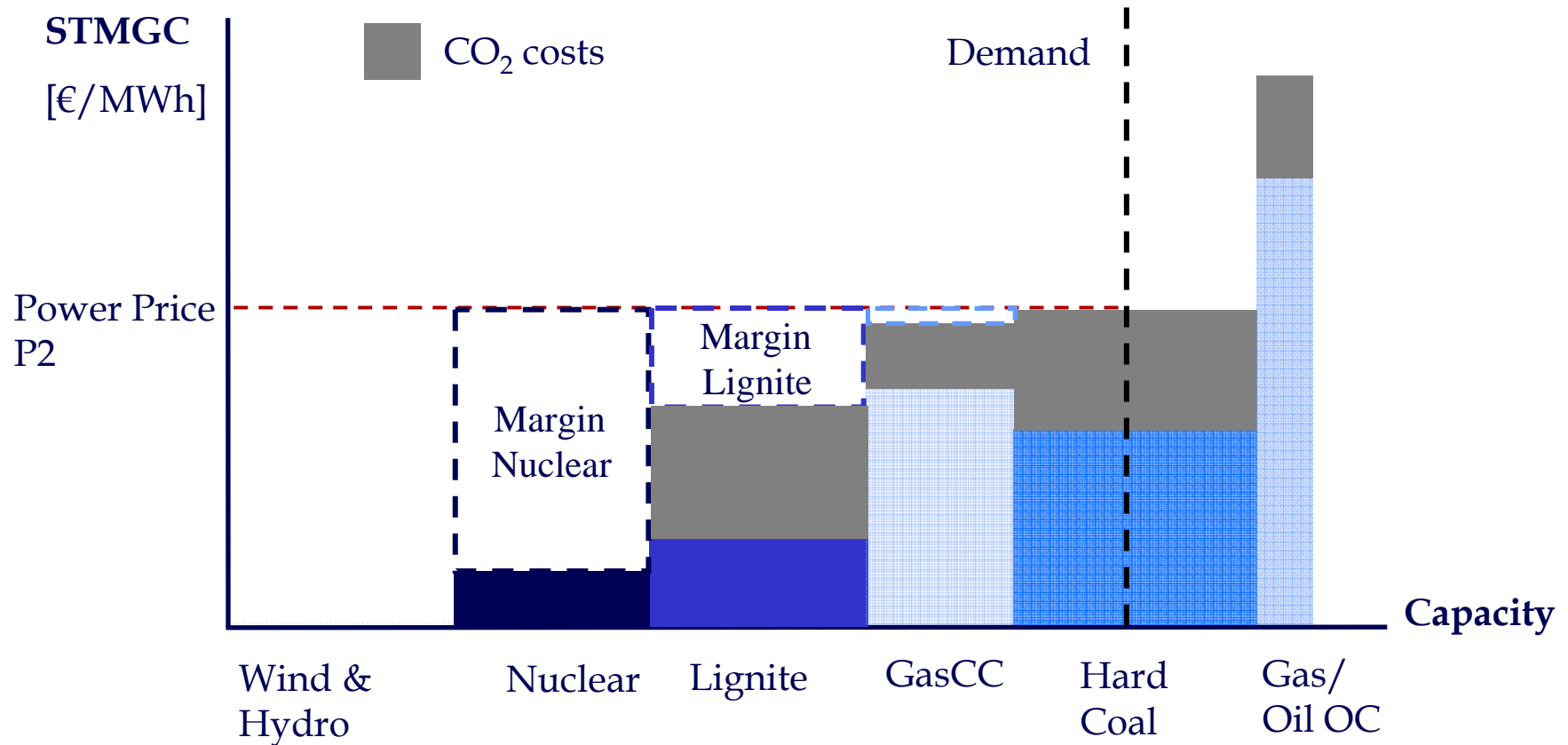
# CO<sub>2</sub> emissions of power plant technologies



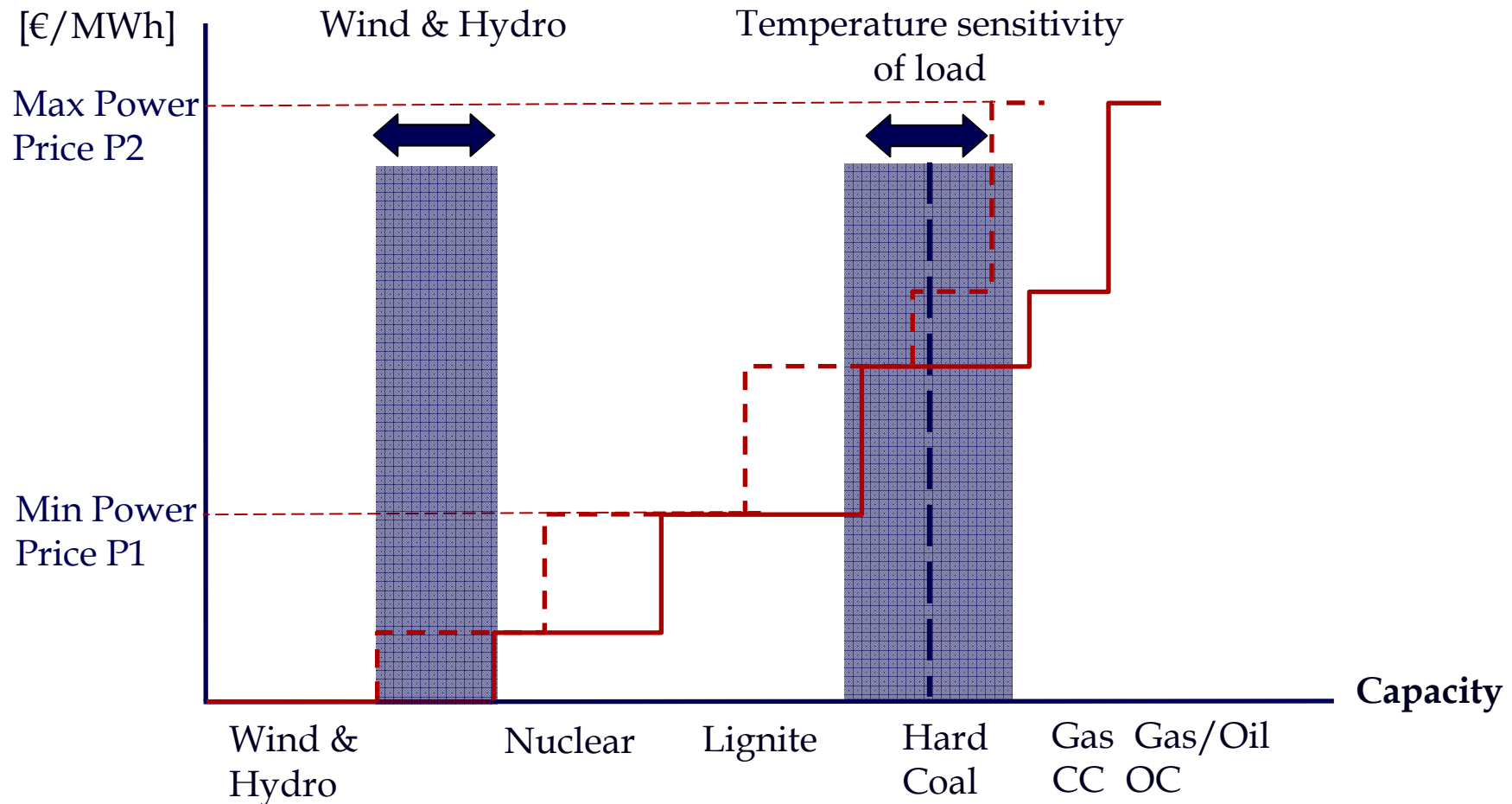
# Schematic merit order without CO<sub>2</sub> price



# Schematic merit order including CO<sub>2</sub> price

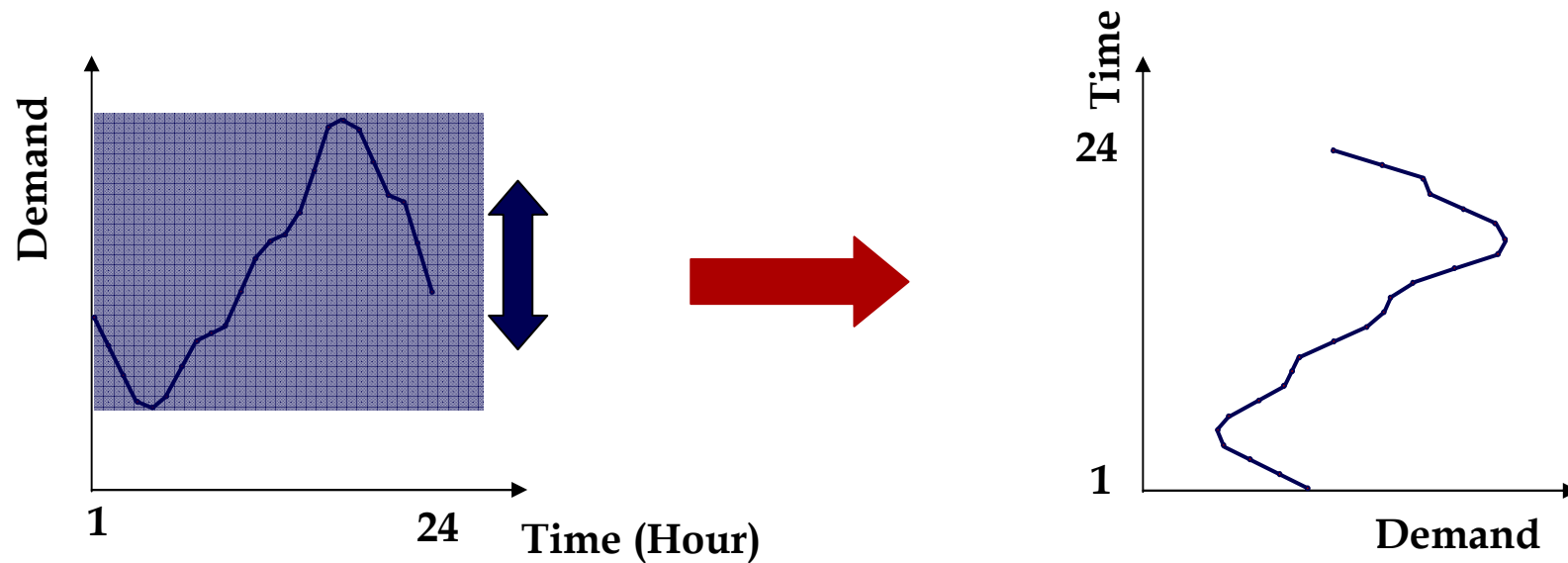


# Weather dependency of power prices

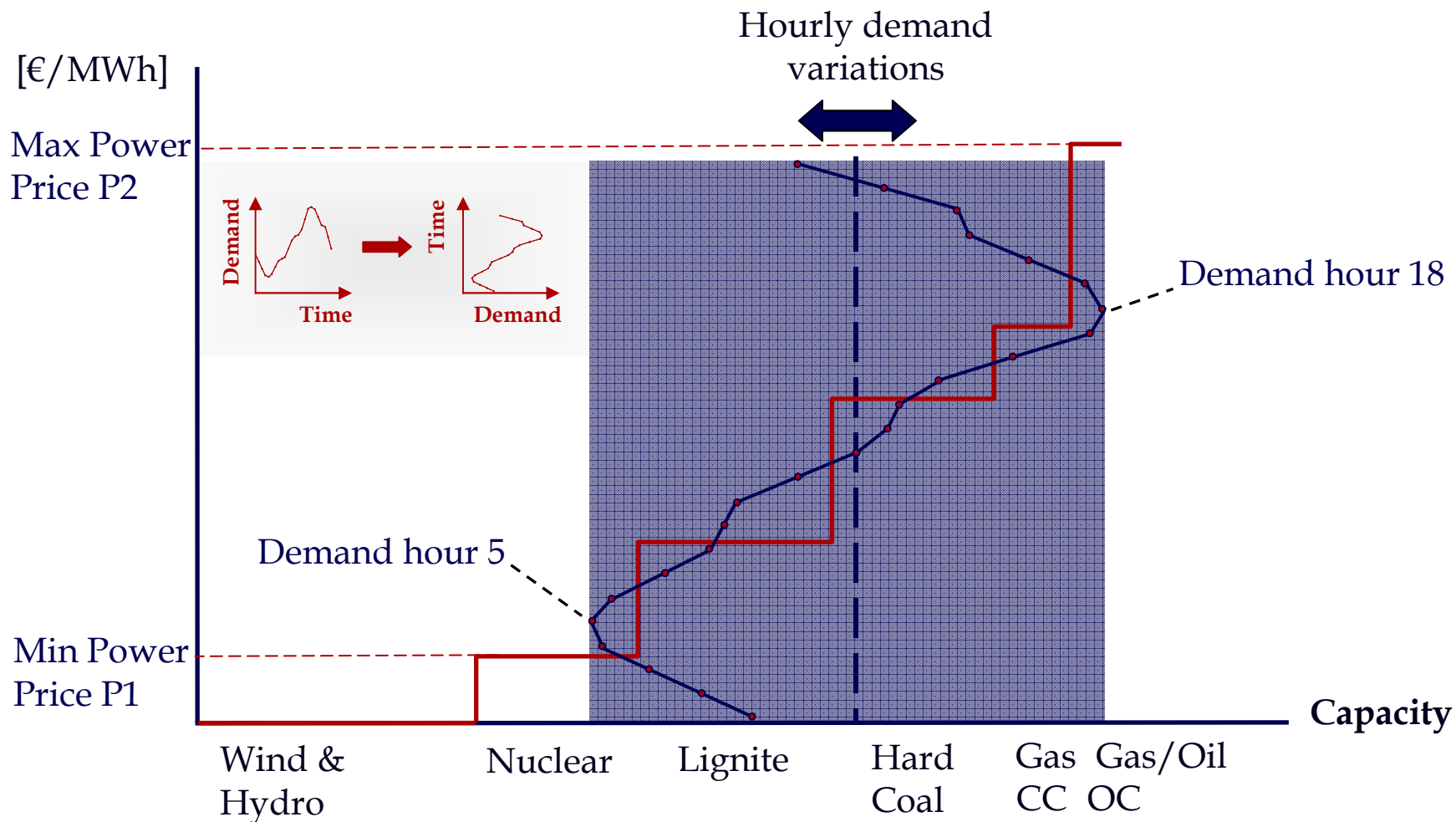


# Influence of demand (introduction): one typical day

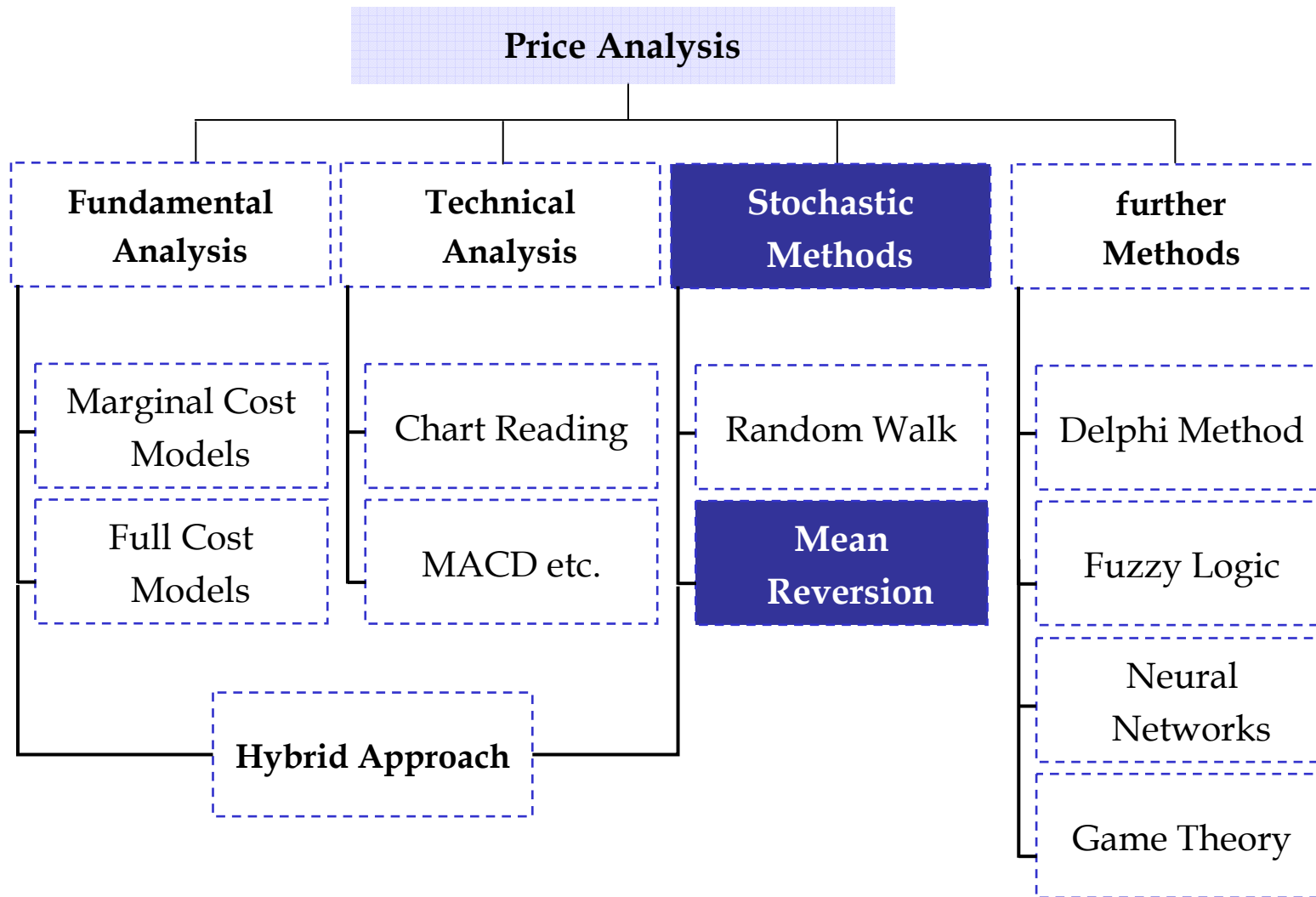
---



# Hourly variation of power prices



# Price analysis approaches



# Linear regression

---

- Stochastic analysis of historical prices
- Movement of dependent variable (price) contains information of independent variables (calendar data, temperatures etc.)

$$p_j = c_0 + c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + \dots + \varepsilon_j$$

$p$ : price (dependent variable);  $c_i$ : correlation coefficient;  
 $x_i$ : independent variables;  $\varepsilon_j$  error term

- Least-squares analysis: deriving best fit by minimizing  $S$ :

$$S = \sum_{j=1}^n \varepsilon_j^2 \quad S: \text{sum of squared residuals}$$

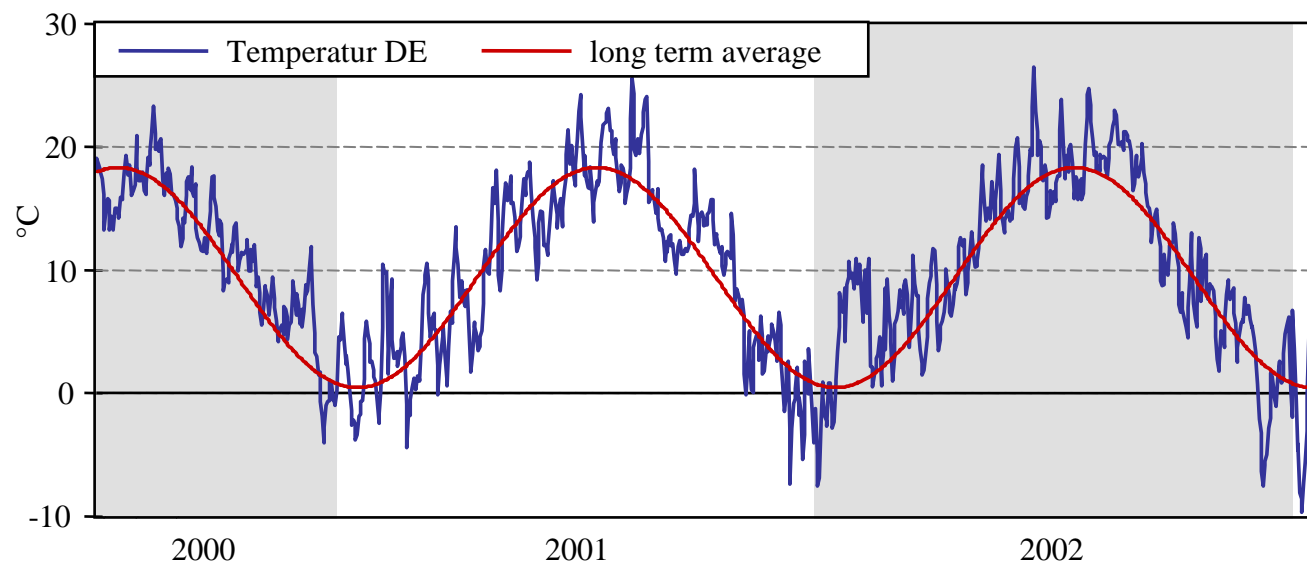
# Example of linear regression modelling approach

---

- Basis: mean reversion model
  
- Modelling a time-dependent mean:
  - identifying seasonal and temperature dependencies
  - influence of calendar data
  
- Examples of other influencing factors:
  - wind and hydro power generation
  - power price of neighbouring countries (e. g. France)
  - availability of power plant capacities

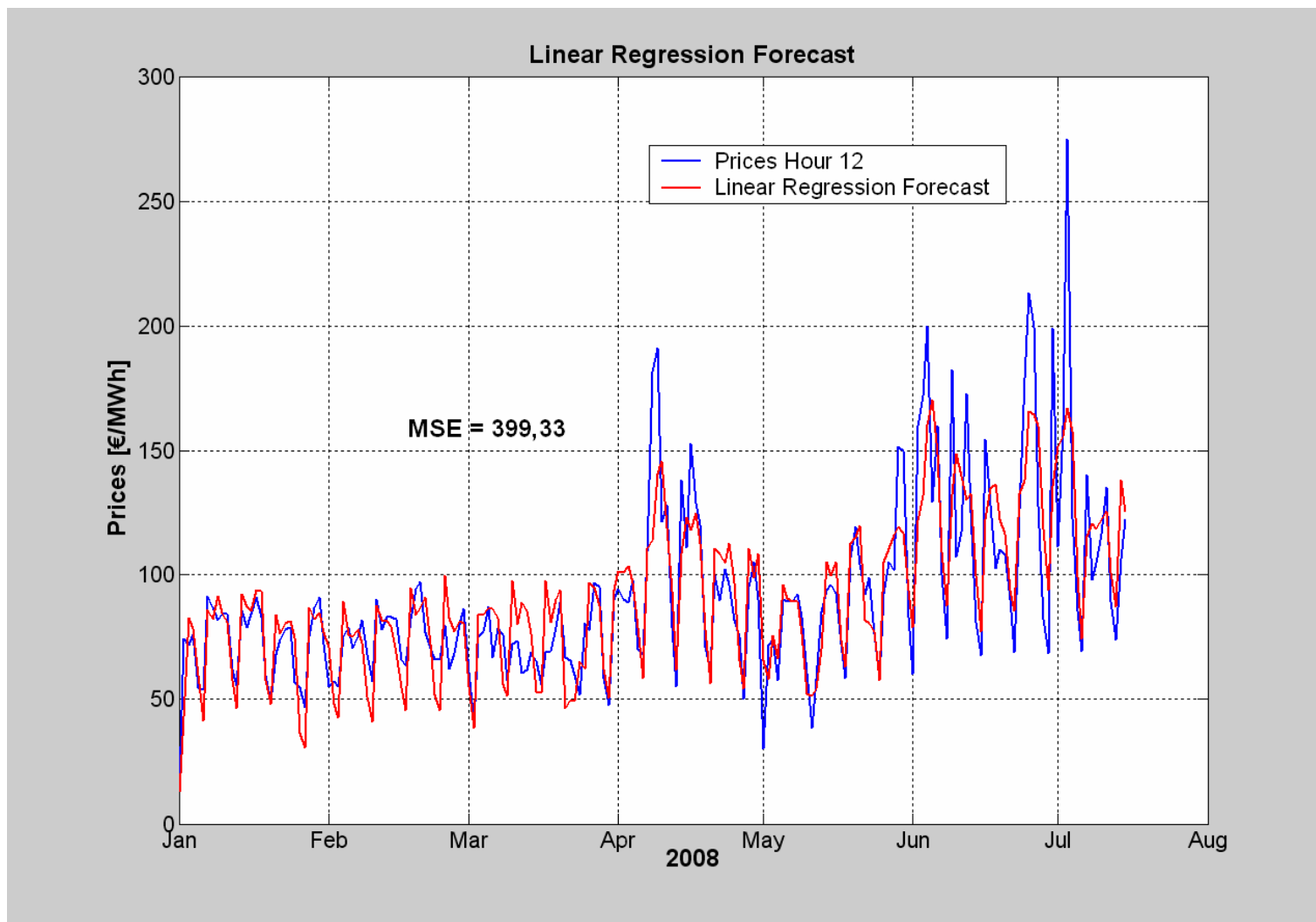
## Finding the mean: Long term average temperatur

---

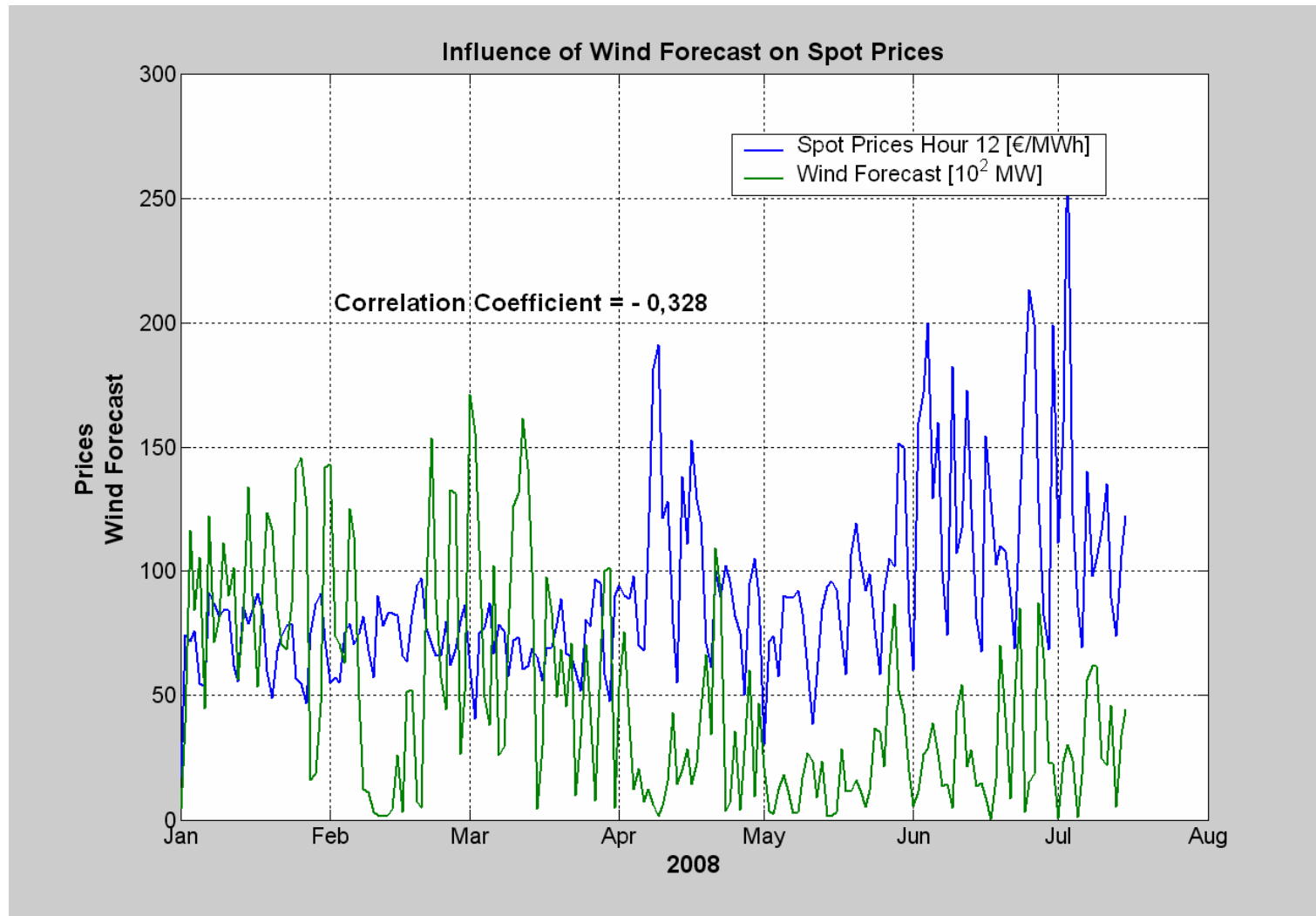


- Distinct long term average
- Deviations from mean with periods of unusual cold and warm temperatures
- Distinct reversion to mean
- Significant influence on spot power prices

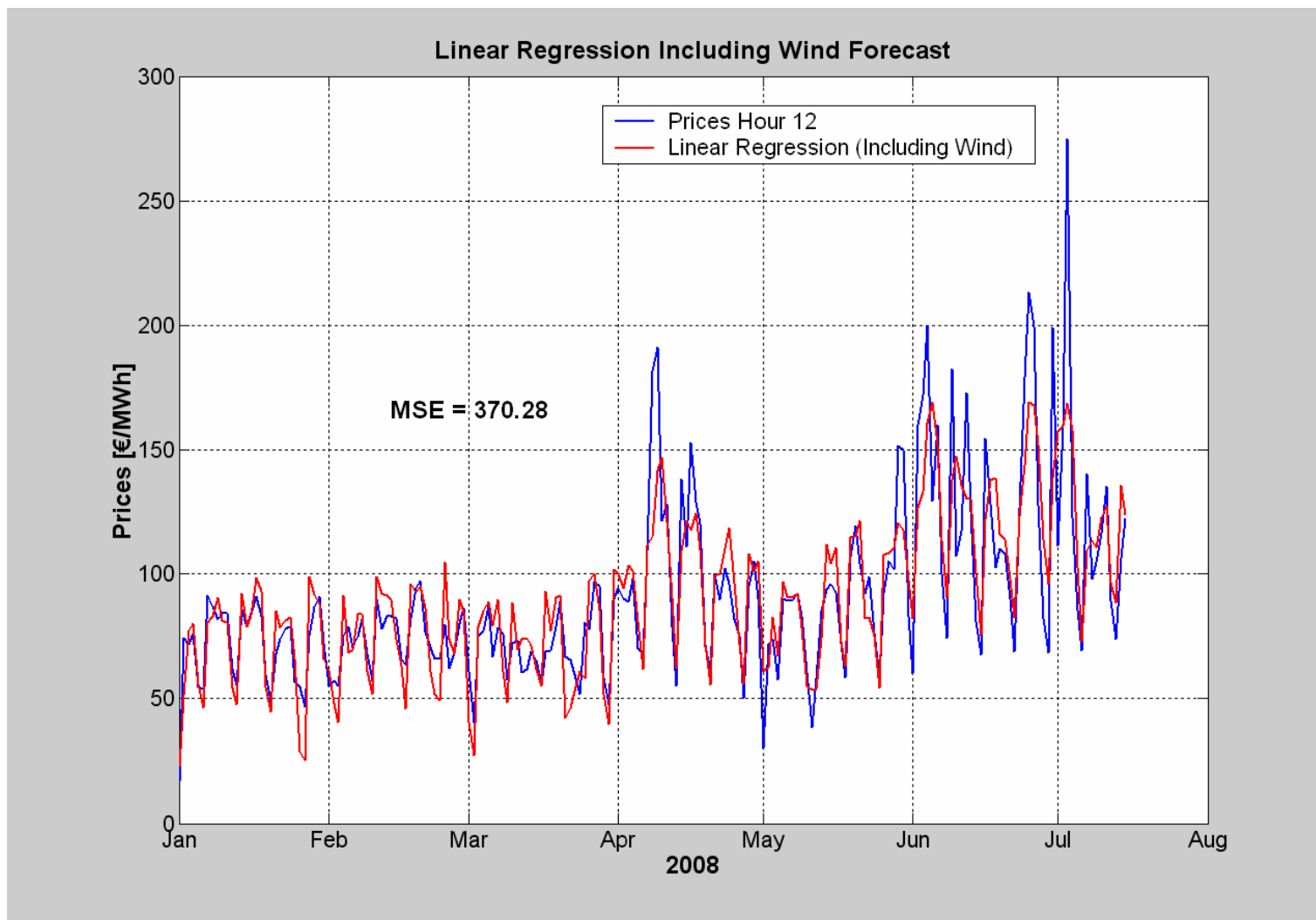
# Linear regression of spot prices without wind



# Influence of wind power forecast



# Linear regression of prices considering wind power



# Agenda

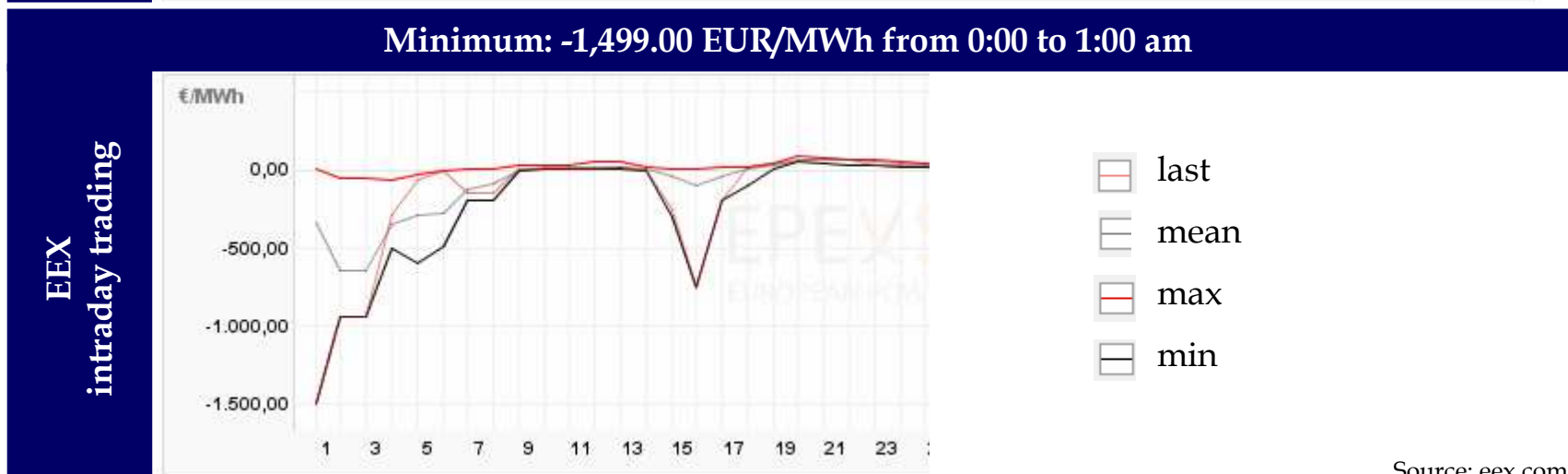
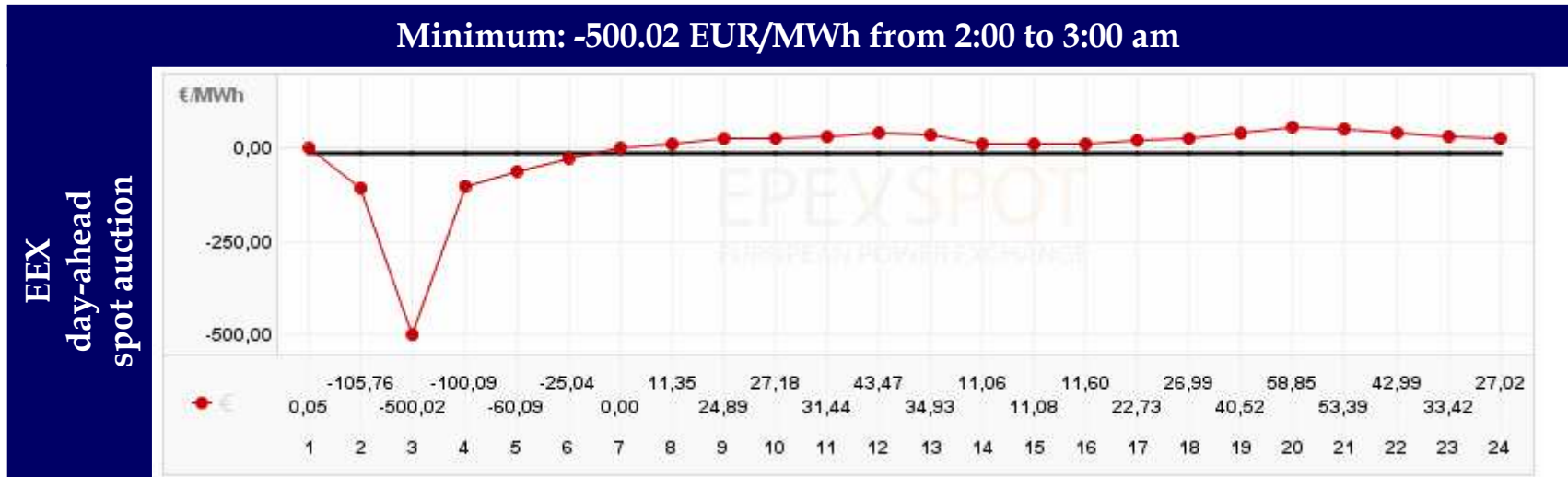
---

A Modelling power prices

**B EEG (Renewable Energy Law) and negative prices**

C Modelling negative power prices

# October 4<sup>th</sup>, 2009: Extreme negative spot market prices



Source: eex.com

# Three legislative steps to bring power from renewables into the commercial market

Allocation of EEG electricity	Allocation of EEG electricity physically to ...	Trading residuals	Refinancing the EEG feed-in-tariff
1 until July 31 <sup>st</sup> , 2009	municipalities as monthly constant base load <b>EEG-band</b>	<b>OTC/EPEX</b> (not regulated, approx. 1/3 of residuals on EEX spot auction)	Ø EEG tariff and power grid charge per kWh of consumption
2 since August 1 <sup>st</sup> , 2009	municipalities as monthly constant base load <b>EEG-band</b>	<b>EPEX spot market only</b> (price independent offers based on forecast of EEG power generation ±3,000.00 EUR/MWh Spot Auction ±9,999.99 EUR/MWh Intraday)	Ø EEG tariff and power grid charge per kWh of consumption
3 from January 1 <sup>st</sup> , 2010 (actual planned)	<b>EPEX spot market only</b> (price independent offers based on forecast of EEG power generation -3,000.00 EUR/MWh Spot Auction down to -9,999.99 EUR/MWh Intraday) <b>total EEG generation</b>	<b>EEG residuals</b>  none	EEG share 2.047 ctEUR/kWh of consumption (2010) and power grid charge (for EEG-balancing energy only)

- Bringing EEG-electricity into the market offers economical stimuli to prepare the market for competitive electricity from renewables.

# The new EEG-2009 allows to open the allocation mechanism

## EEG-2009

Ein Service des Bundesministeriums der Justiz in Zusammenarbeit mit der juris GmbH -  
www.juris.de

### Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG)

EEG

Ausfertigungsdatum: 25.10.2008

Vollzitat:

"Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074)"

Fußnote

Textnachweis ab: 1.9.2009

Das G wurde als Artikel 1 des G v. 25.10.2008 I 2074 vom Bundestag beschlossen. Es tritt gen. Art. 7 Satz 1 dieses G am 1.1.2009 in Kraft.

Inhaltsübersicht

	Teil 1
	Allgemeine Vorschriften
§ 1	Zweck des Gesetzes
§ 2	Anwendungsbereich
§ 3	Begriffsbestimmungen
§ 4	Gesetzliches Schuldverhältnis
	Teil 2
	Anschluss, Abnahme, Übertragung und Verteilung
	Abschnitt 1
	Allgemeine Vorschriften
§ 5	Anschluss
§ 6	Technische und betriebliche Vorgaben
§ 7	Ausführung und Nutzung des Anschlusses
§ 8	Abnahme, Übertragung und Verteilung
	Abschnitt 2
	Kapazitätserweiterung und Einspeisemanagement
§ 9	Erweiterung der Netzkapazität
§ 10	Schadensersatz
§ 11	Einspeisemanagement
§ 12	Härtefallregelung
	Abschnitt 3
	Kosten
§ 13	Netzanchluss
§ 14	Kapazitätserweiterung
§ 15	Vertragliche Vereinbarung
	Teil 3
	Vergütung
	Abschnitt 1
	Allgemeine Vergütungsvorschriften
§ 16	Vergütungsanspruch
§ 17	Direktvermarktung
§ 18	Vergütungsberichtigung

- 1 -

## Core elements

- EEG-2009 came into effect on January 1st, 2009
- Regulation and substantiation of the 'Direktvermarktung' (Regulations for selling electricity from renewables temporarily without EEG tariff)
- Adjustment of EEG tariffs
- Power to issue statutory instruments to develop the allocation mechanism, especially
  - the abolition of physical conduction (allocation) of generated electricity from renewables to the consumer

# Decree for further development of the nationwide allocation mechanism (Ausgleichsmechanismusverordnung – AusglMechV)

## AusglMechV

Deutscher Bundestag – 16. Wahlperiode

– 5 –

Drucksache 16/13188

Anlage 1

### Verordnung zur Weiterentwicklung des bundesweiten Ausgleichsmechanismus (AusglMechV)

Vom ...

Auf Grund des § 64 Absatz 3 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074) verordnet die Bundesregierung mit Zustimmung des Bundestages:

#### § 1

##### Grundsatz

Der bundesweite Ausgleich nach den §§ 34 bis 39 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes ist mit folgenden Maßgaben durchzuführen:

1. Die Übertragungsnetzbetreiber sind nicht verpflichtet, den Strom an die ihnen nachgelagerten Elektrizitätsversorgungsunternehmen durchzuleiten.
2. Die Elektrizitätsversorgungsunternehmen sind nicht verpflichtet, Strom von dem für sie regelverantwortlichen Übertragungsnetzbetreiber abzunehmen und zu vergüten.
3. Die Übertragungsnetzbetreiber sind verpflichtet, den Strom gemäß § 2 zu vermarkten.
4. Die Übertragungsnetzbetreiber können von den Elektrizitätsversorgungsunternehmen Ersatz der erforderlichen Aufwendungen nach § 3 verlangen.

#### § 2

##### Vermarktung

(1) Die Übertragungsnetzbetreiber sind verpflichtet, selbst oder gemeinsam den nach § 16 oder 35 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes vergüteten Strom diskriminierungsfrei und transparent zu vermarkten. Diese Verpflichtung besteht nur bis zur Übertragung der Aufgabe auf Dritte auf der Grundlage der Rechtsverordnung nach § 11 Nummer 4.

(2) Die Vermarktung nach Absatz 1 darf nur am vortäglichen oder untertäglichen Spotmarkt einer Strombörse erfolgen. Die Übertragungsnetzbetreiber haben zur bestmöglichen Vermarktung des Stroms die Sorgfalt eines ordentlichen und gewissenhaften Händlers anzuwenden. Dabei sind die Vorgaben der Bundesnetzagentur insbesondere zu Vermarktung, Handelsplatz, Prognoseerstellung, Beschaffung der Ausgleichsenergie, Transparenz- und Mitteilungspflichten einzuhalten.

#### § 3

##### EEG-Umlage

(1) Die Übertragungsnetzbetreiber können von den Elektrizitätsversorgungsunternehmen, die Strom an Letztverbraucherinnen und Letztverbraucher liefern, anteilig Ersatz der erforderlichen Aufwendungen nach Maßgabe der folgenden Vorschriften verlangen (EEG-Umlage).

(2) Die EEG-Umlage ist transparent zu berechnen aus

1. der Differenz zwischen den prognostizierten Einnahmen nach Absatz 3 Nummer 1 und 3 für das folgende Kalen-

derjahr und den prognostizierten Ausgaben nach Absatz 4 für das folgende Kalenderjahr und

2. dem Differenzbetrag zwischen den tatsächlichen Einnahmen nach Absatz 3 und den tatsächlichen Ausgaben nach Absatz 4 zum Zeitpunkt der Berechnung.

Die EEG-Umlage für das folgende Kalenderjahr ist bis zum 15. Oktober eines Kalenderjahres auf den Internetseiten der Übertragungsnetzbetreiber zu veröffentlichen und in Cent pro an Letztverbraucherinnen und Letztverbraucher gelieferter Kilowattstunde anzugeben; § 43 Absatz 3 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes gilt entsprechend.

(3) Einnahmen sind

1. Einnahmen aus der vortägigen und untertägigen Vermarktung nach § 2,
2. Einnahmen aus Zahlungen der EEG-Umlage,
3. Einnahmen aus Zinsen nach Absatz 5 Satz 2,
4. Einnahmen aus der Abrechnung der Ausgleichsenergie für den EEG-Bilanzkreis und
5. Einnahmen entsprechend § 37 Absatz 4 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes.

(4) Ausgaben sind

1. die Vergütungszahlungen nach § 16 oder § 35 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes,
2. Rückzahlungen entsprechend § 37 Absatz 4 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes,
3. Zahlungen für Zinsen nach Absatz 5 Satz 2,
4. notwendige Kosten für den untertägigen Ausgleich,
5. notwendige Kosten aus der Abrechnung der Ausgleichsenergie für den EEG-Bilanzkreis und
6. notwendige Kosten für die Erstellung von vortägigen und untertägigen Prognosen.

(5) Differenzbeträge zwischen Einnahmen und Ausgaben sind zu verzinsen. Der Zinssatz beträgt für den Kalendermonat 0,3 Prozentpunkte über dem Monatsdurchschnitt des Euro Interbank Offered Rate-Satzes für die Beschaffung von Einmonatgeld von ersten Adressen in den Teilnehmerstaaten der Europäischen Währungsunion (EURIBOR) mit einer Laufzeit von einem Monat.

(6) § 37 Absatz 1 Satz 2, Absatz 2, 4 bis 6, die §§ 38 und 39 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes gelten entsprechend. § 37 Absatz 4 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes ist mit der Maßgabe anzuwenden, dass der tatsächliche Ausgleich der Vergütungszahlungen bis zum 30. September des auf die Einspeisung folgenden Jahres erfolgt. § 36 Absatz 1 bis 3 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes gilt für den Ausgleich der Einnahmen und Ausgaben entsprechend.

## Core elements

- starting January 1<sup>st</sup>, 2010 only financial allocation
- no physical vertical allocation from control area operators to utilities, instead:
  - commercialisation of total EEG electricity on a power exchange
  - published EEG-share in ctEUR/kWh of estimated consumption by October 15<sup>th</sup> valid and obligatory for the next year
  - 'EEG-Umlagekonto' (EEG-share account) – managed by control area operators – buffers differences between the estimated EEG electricity and the actual generated EEG electricity

# Regulatory action from Federal Network Agency stipulates commercialisation of electricity from renewables subjected to EEG

## Regulatory action BK6-08-226



Bundesnetzagentur

- Beschlusskammer 6 -

Az: BK6-08-226

### Beschluss

In dem Verwaltungsverfahren

wegen der Festlegung zum Bilanzkreis für Energie nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz

hat die Beschlusskammer 6 der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, Tulpenfeld 4, 53113 Bonn,

durch den Vorsitzenden Dr. Frank-Peter Hansen,

den Beisitzer Andreas Faxel

und den Beisitzer Dr. Jochen Patt

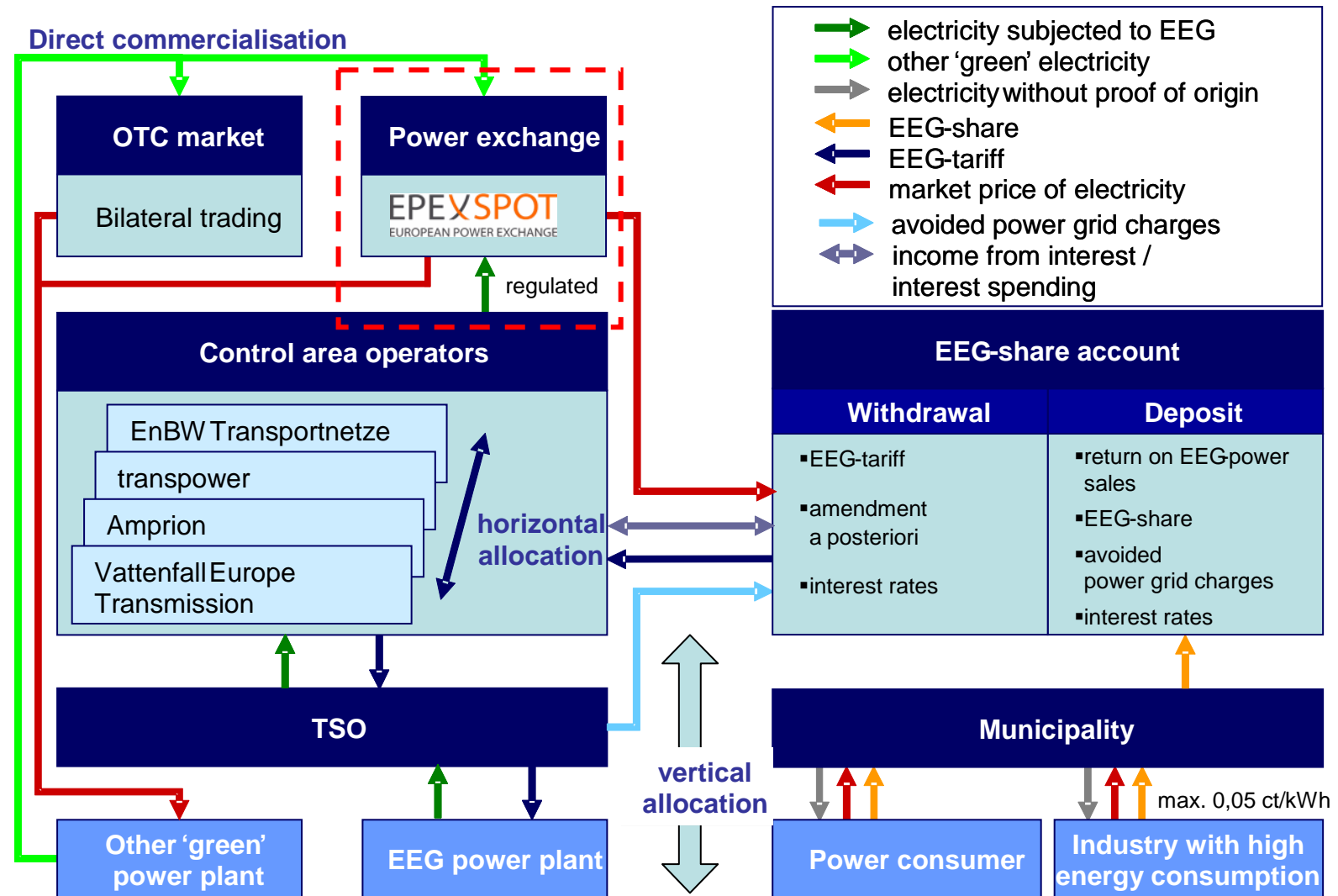
am 12.05.2009 beschlossen:

1. Die im Rahmen der Bewirtschaftung des EEG-Bilanzkreises von den Übertragungsnetzbetreibern durchzuführende Beschaffung bzw. Veräußerung der Strommengen zur Herstellung des von Letztverbraucher belieferten Elektrizitätsversorgungsunternehmens abzunehmenden Bandes hat über einen börslich organisierten Handelsplatz zu erfolgen.
2. Über den vortäglichen Handel ist für jede Stunde des Folgetages die Differenz zwischen der gemäß Vortagesprognose vorhergesagten Einspeiseleistung aus erneuerbaren Energien und dem zu liefernden Band zu beschaffen bzw. zu

## Core elements

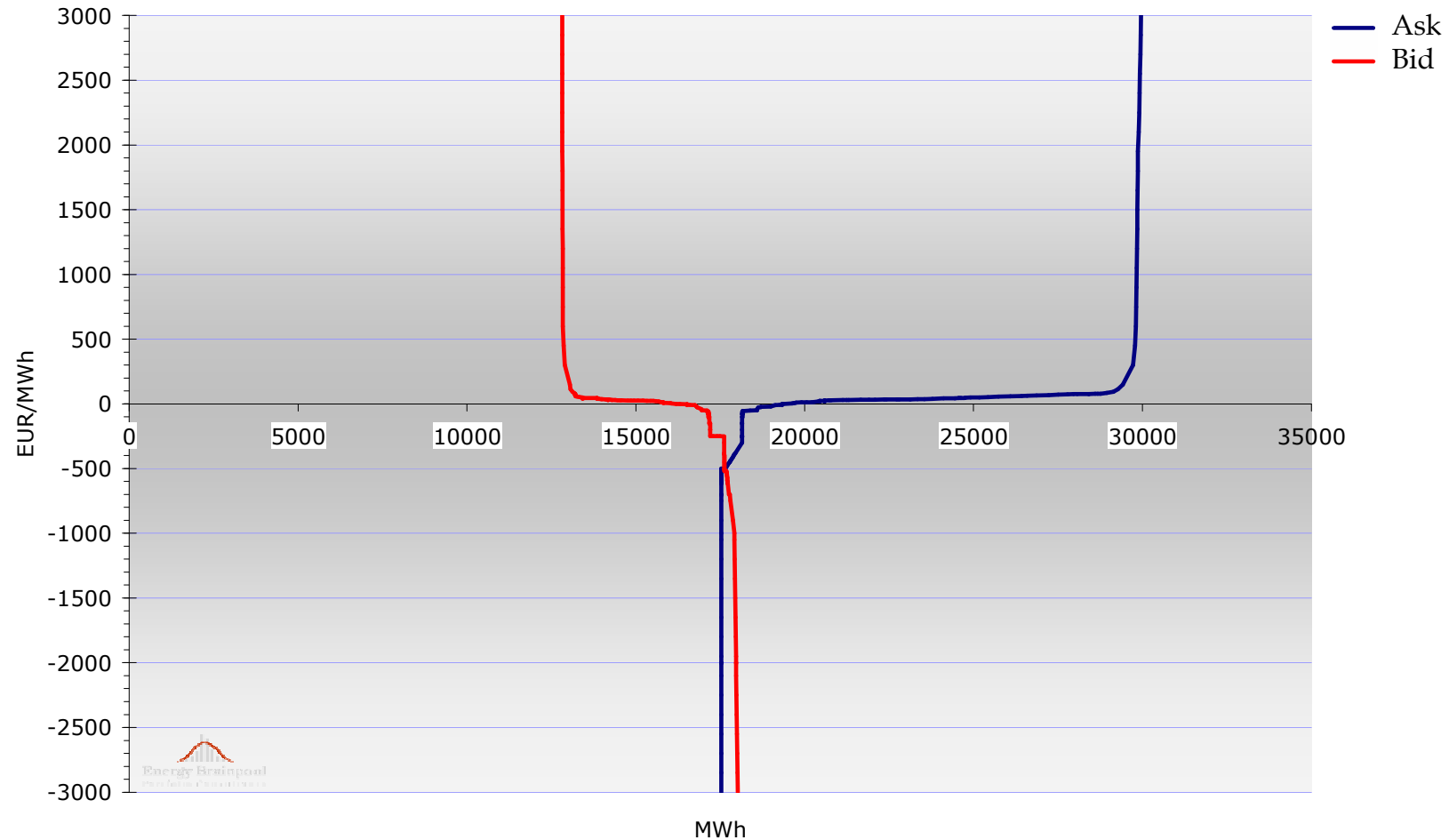
- Commercialisation of EEG electricity
  - on the spot market of a power exchange (day-ahead auction and intraday market) only
  - strictly based on generation forecast
  - Price independent offers, i. e.  $\pm 3,000.00$  EUR/MWh in the spot auction and  $\pm 9,999.99$  EUR/MWh for intraday trading

# The new EEG-2009 allocation mechanism

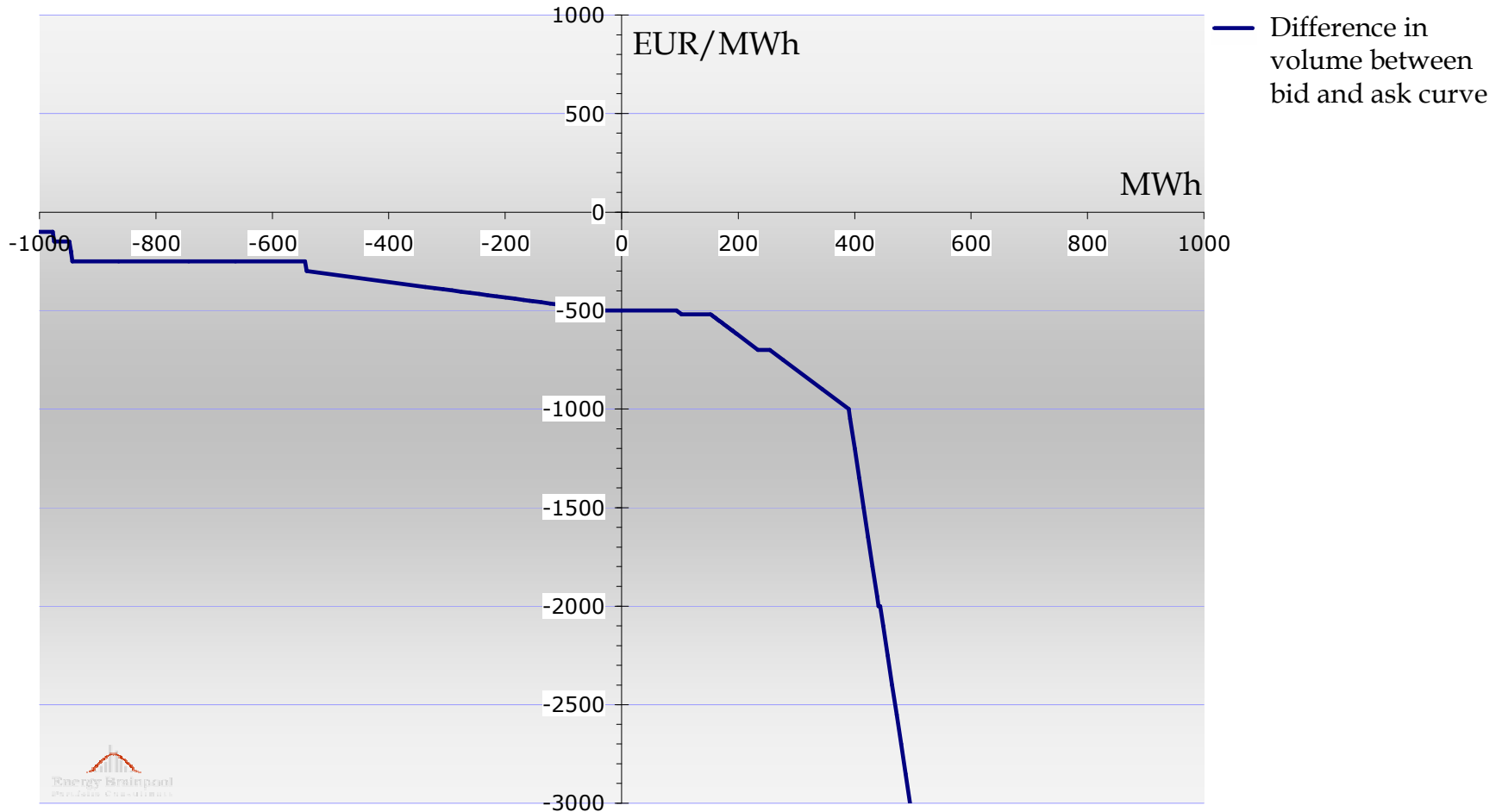


# Bid and ask curves at the spot auction

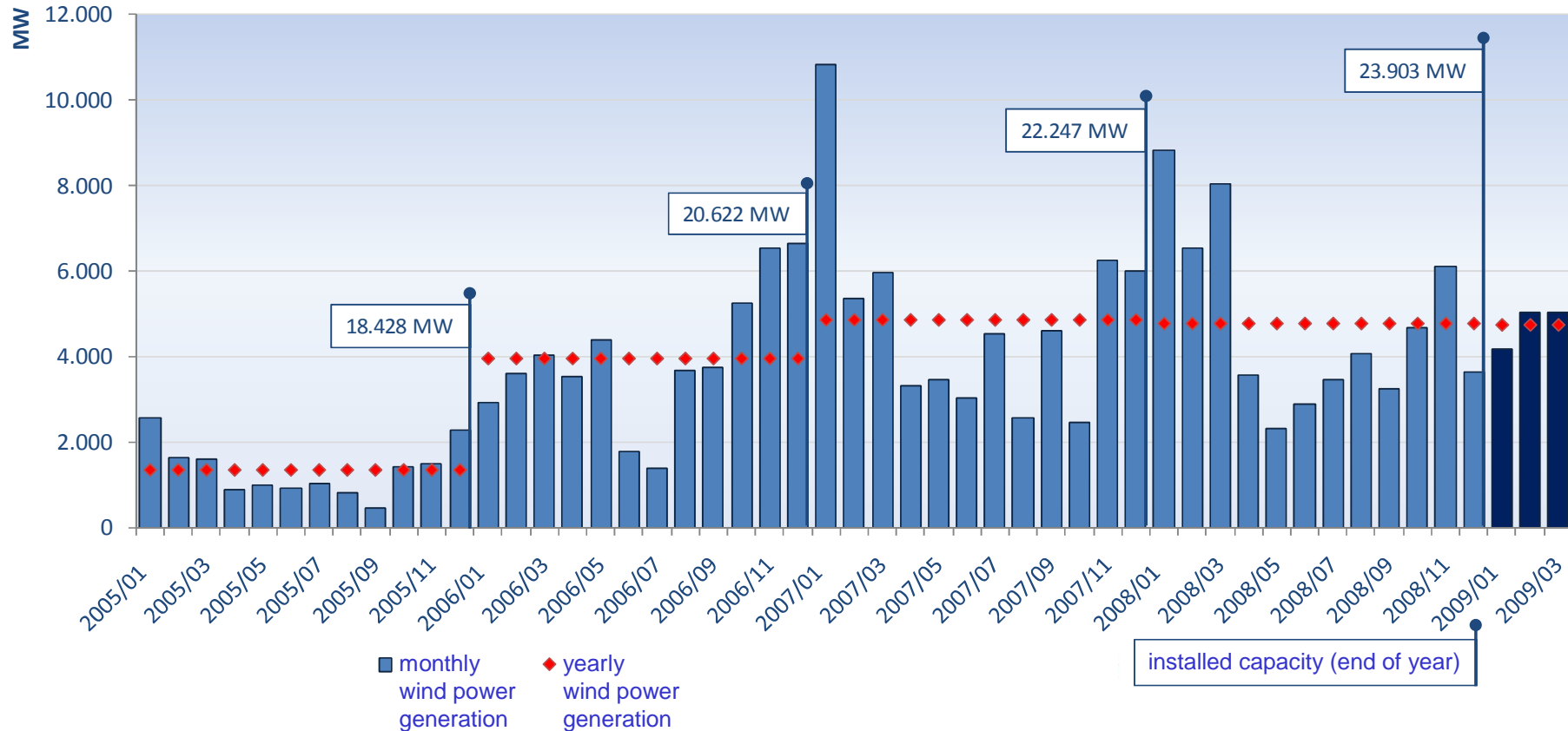
04.10.2009, hour 3: -500.02 EUR/MWh market clearing price



# Only a little 'bid' of 500 MWh less to -3,000 EUR/MWh



# Extensions of wind power plants influences the volatility of generated wind power and subsequently the (negative) prices at the power exchange



# Agenda

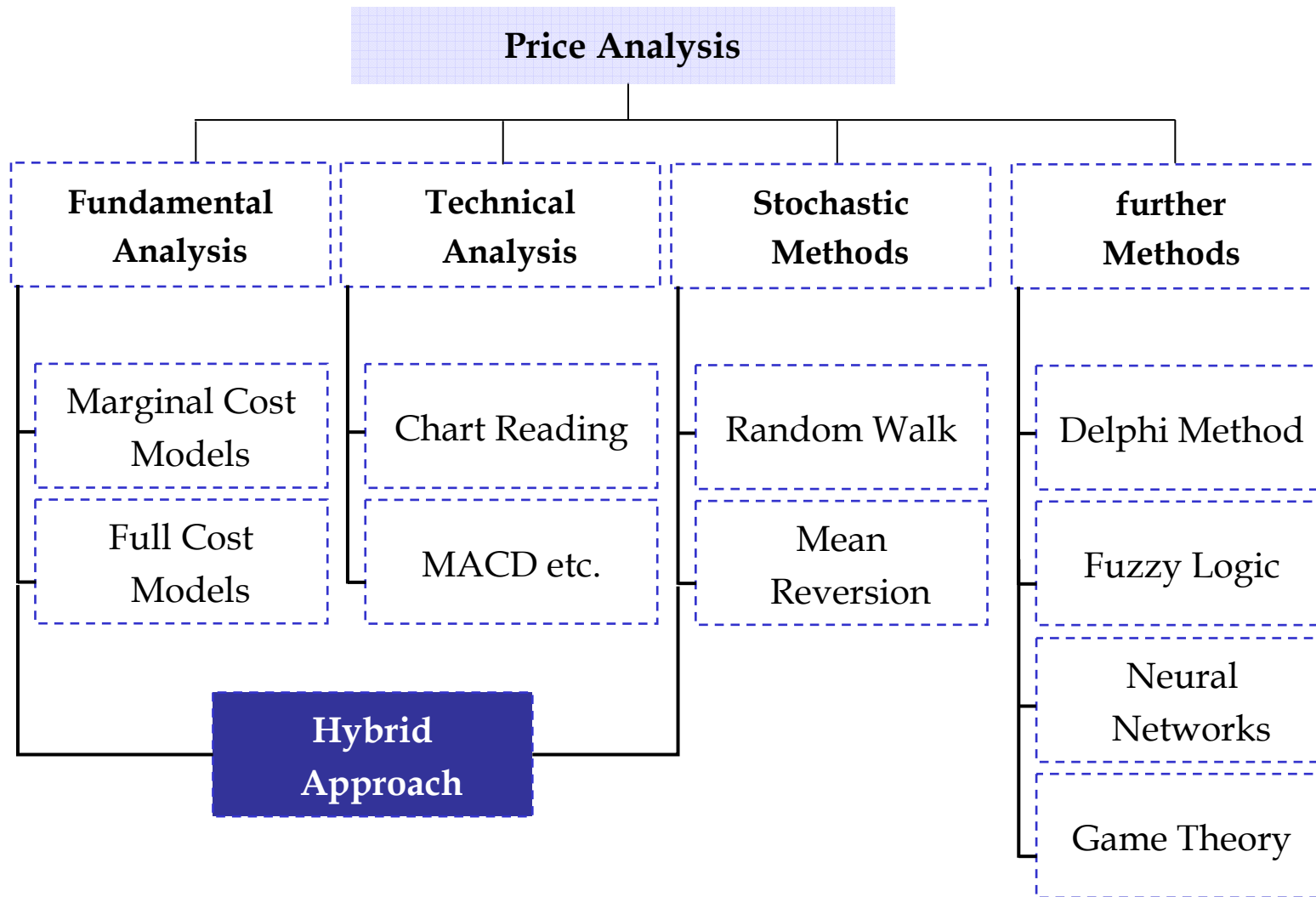
---

A Modelling power prices

B EEG (Renewable Energy Law) and negative prices

C Modelling negative power prices

# Price analysis approaches



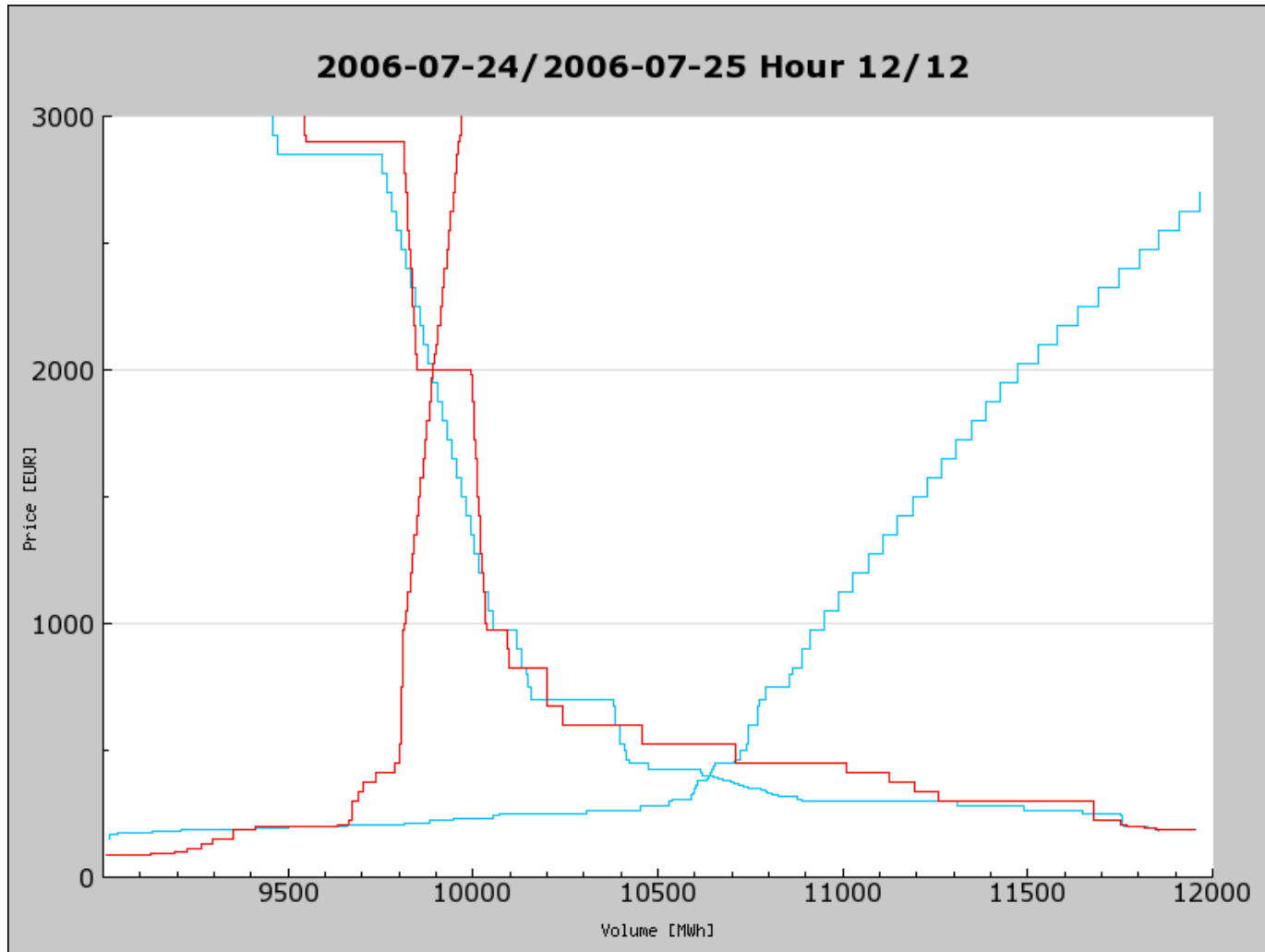
# Principles of hybrid approach

---

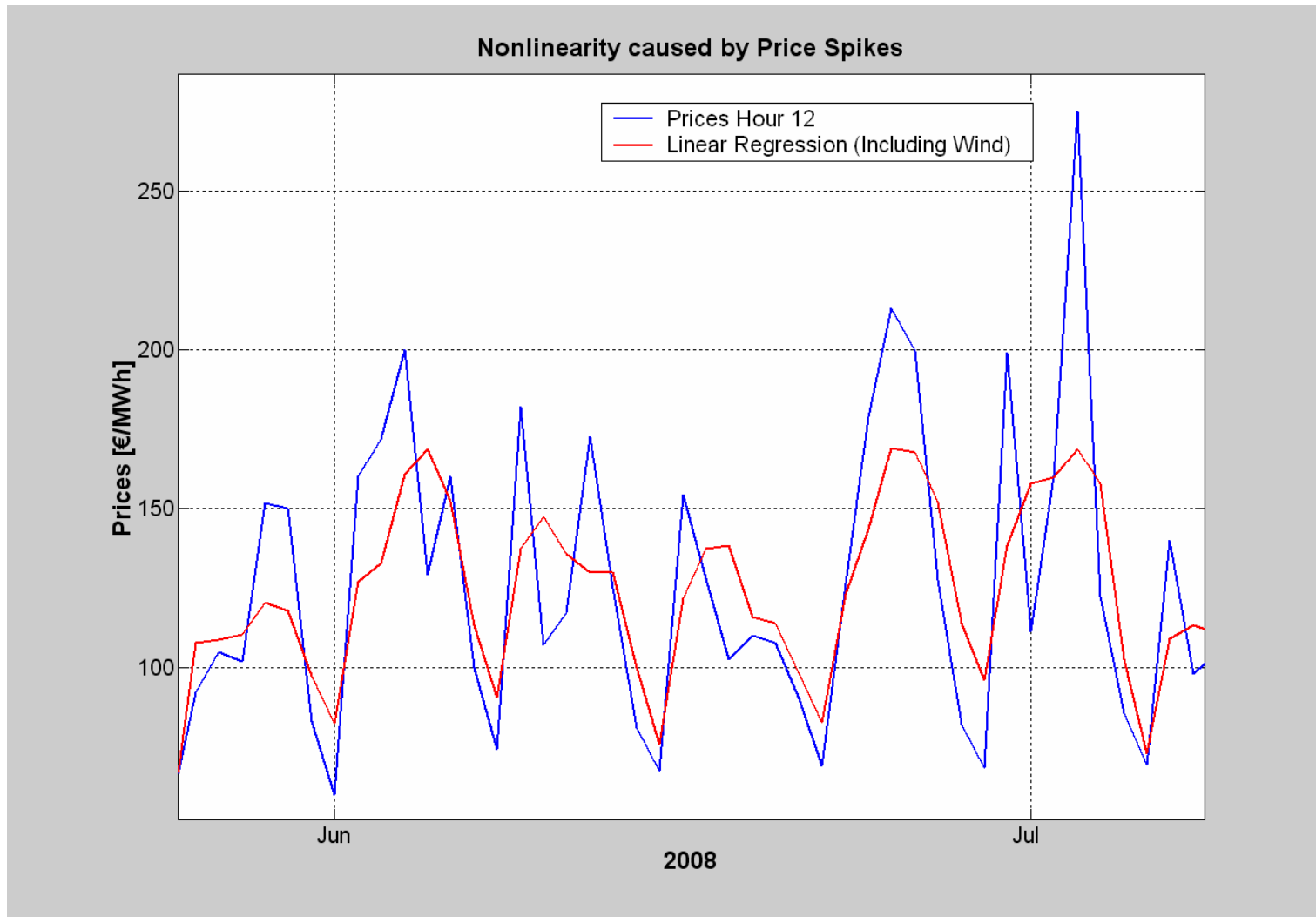
- Combination of fundamental and stochastic approaches
- Parts of the market are modelled by a modular fundamental approach to represent underlying factors
- Output of fundamental model modules is correlated with price information
- Non-linear behaviour is addressed by stochastic model modules

# Non-linear bidding behaviour in spot price auction

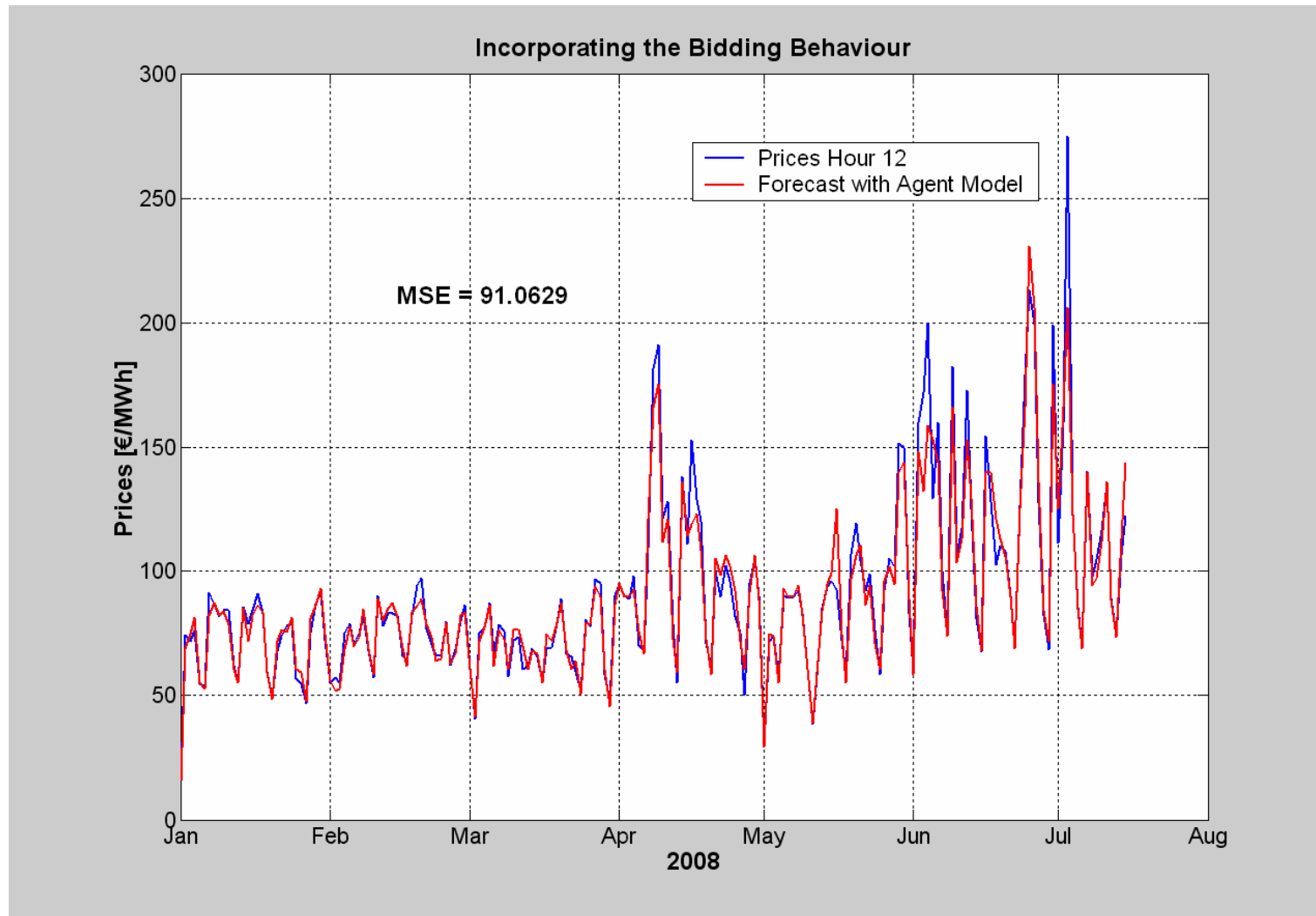
---



# Price spikes caused by non-linearity



# Improved model incorporating bidding behaviour



# Energy Brainpool

---

➤ Contact

Energy Brainpool

Thorsten Lenck

Heylstr. 33

10825 Berlin

Germany

Tel.: +49 / 30/ 76 76 54 10      Fax: +49/ 30/ 76 76 54 20

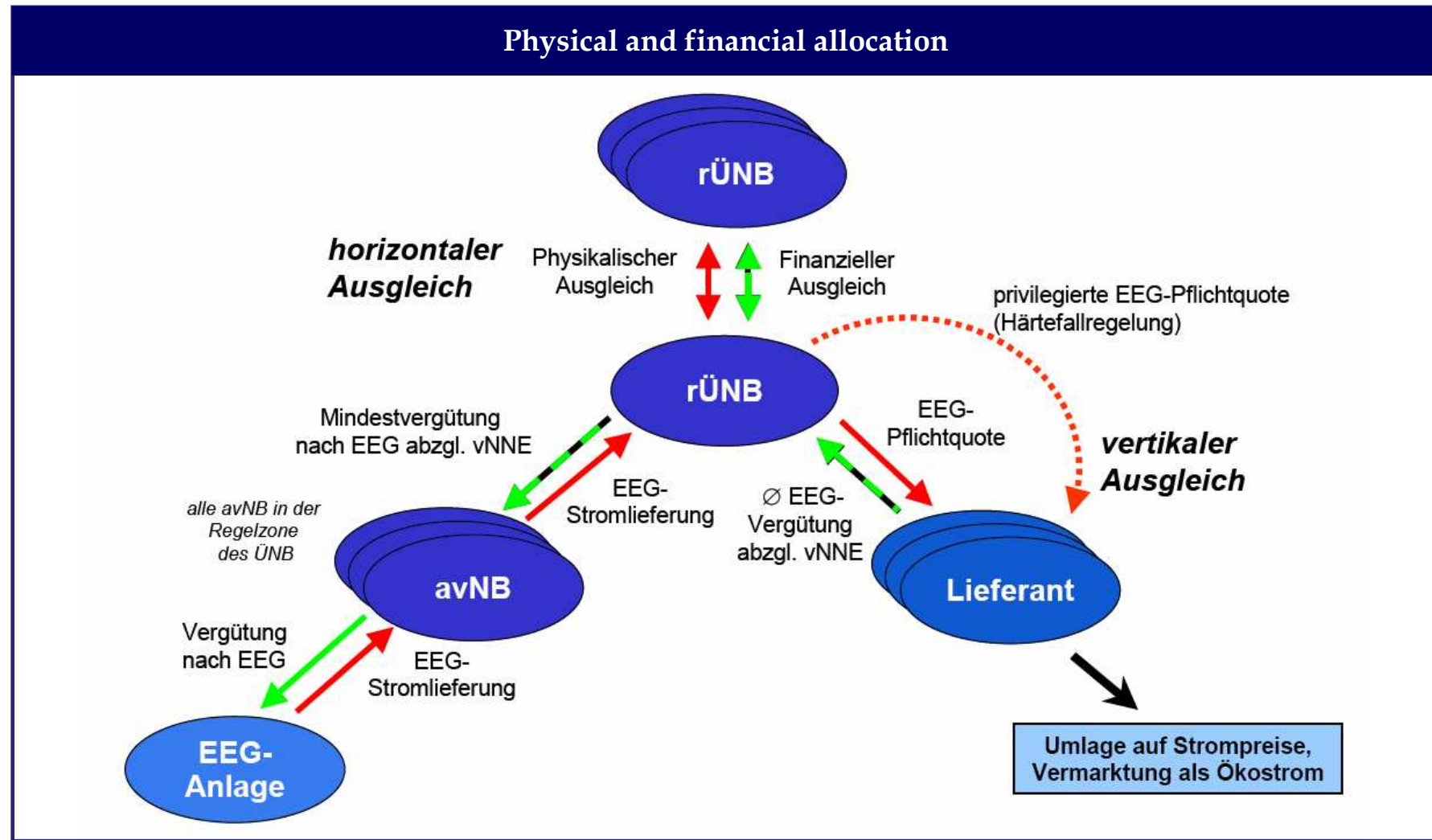
Email: [thorsten.lenck@energybrainpool.com](mailto:thorsten.lenck@energybrainpool.com)

[www.energybrainpool.com](http://www.energybrainpool.com)

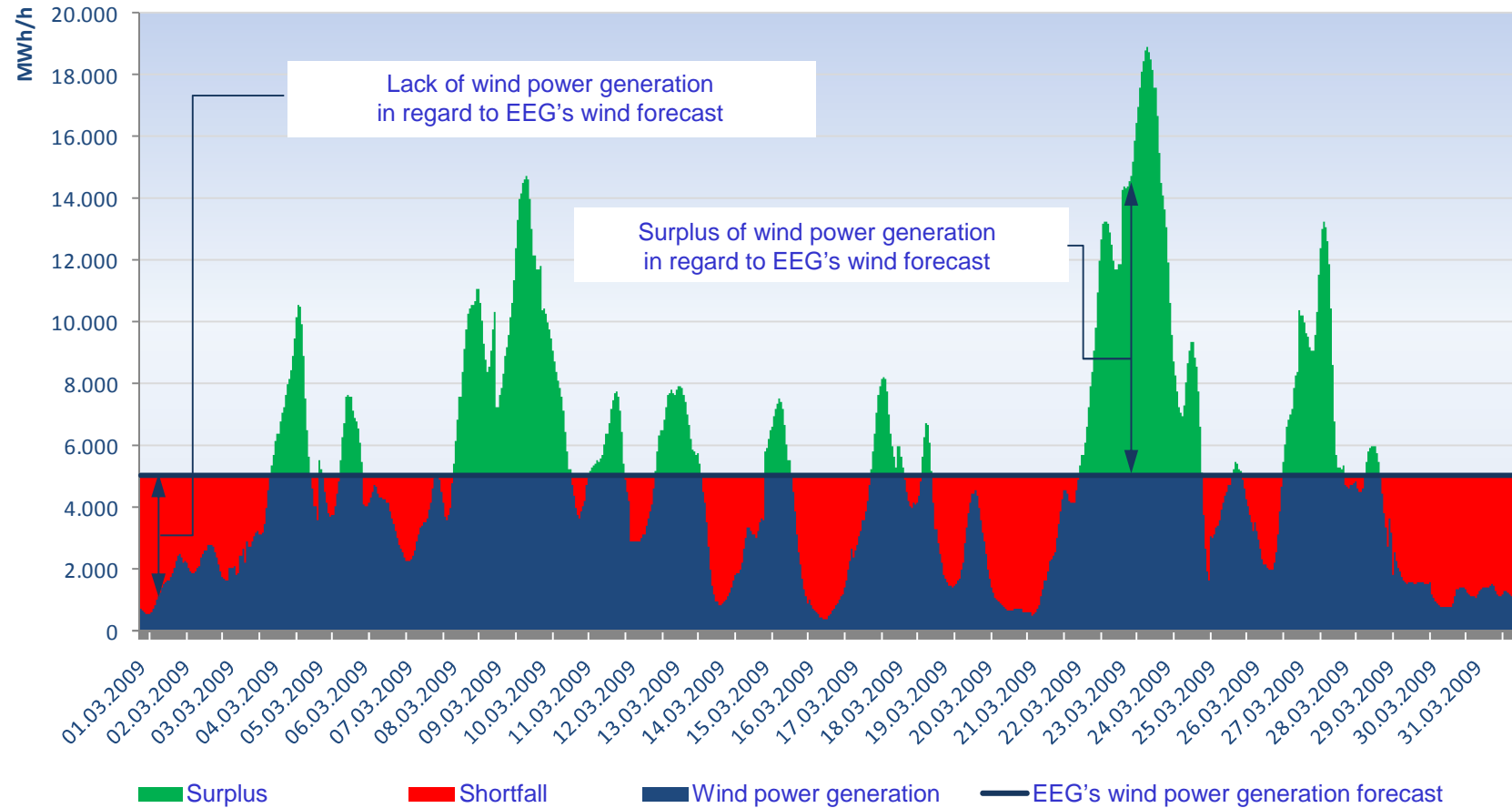
# Backup

---

# The old EEG allocation mechanism (until 31.12.2009)



# EEG-residuals (e. g. : wind power)



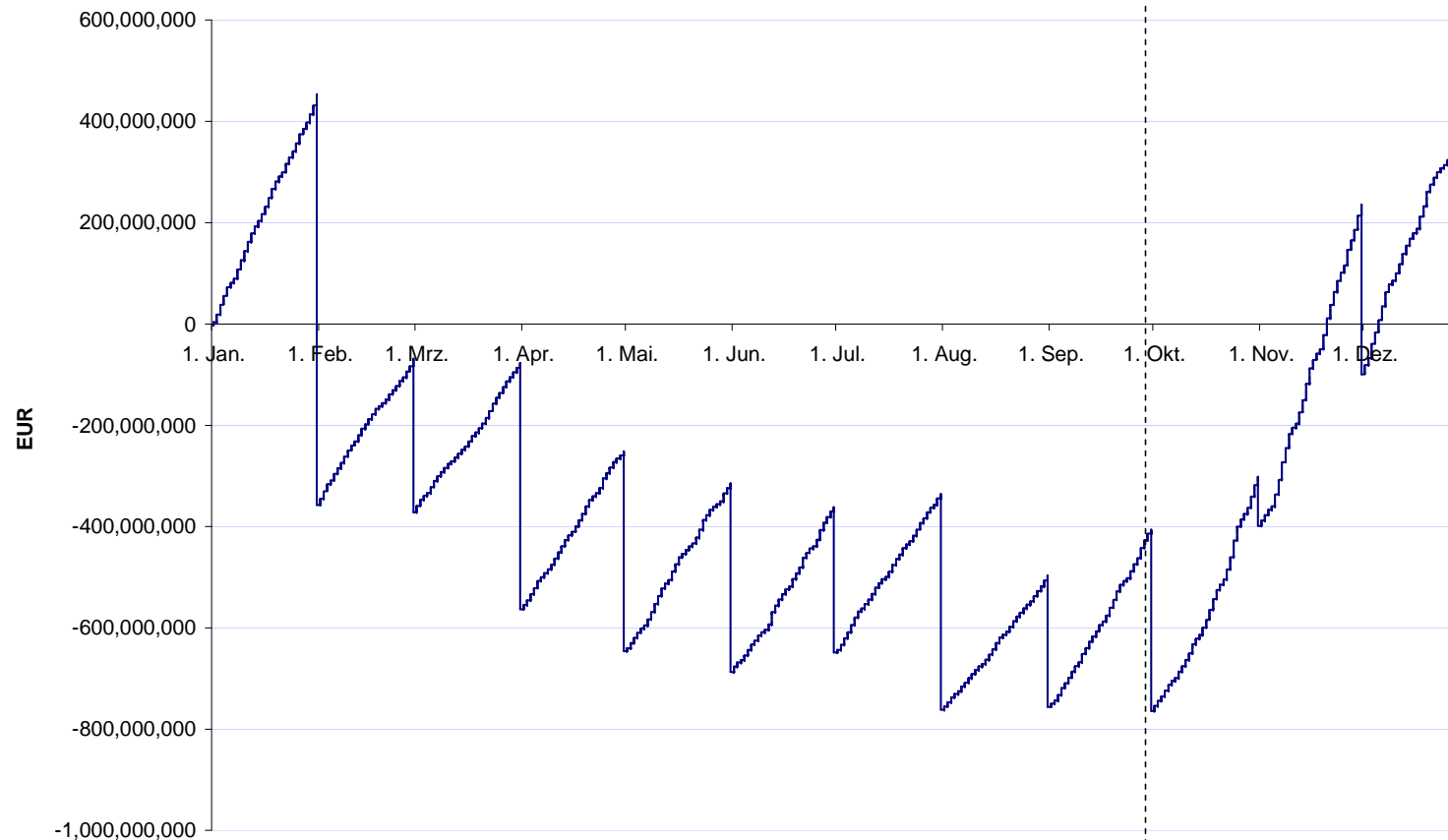
# EEG-share simulation model

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Berechnungen zur Entwicklung der EEG-Umlage												
2													
3													
4	Inhaltsverzeichnis						 						
5							erstellt von Marco Hartmann						
6													
7													
8													
9	1 Berechnungen zur EEG-Umlage												
10													
11	Parameter 2010		Berechnung der EEG-Umlage für das Jahr 2010										
12	Zahlungen 2010		Simulation der unterjährigen Entwicklungen in 2010										
13	Saldo 2010		Verlauf des Saldo des EEG-Kontos in 2010										
14	Kontostand Okt 2010		Abschluss des EEG-Kontos für die Berechnung für 2011										
15													
16	Parameter 2011		Berechnung der EEG-Umlage für das Jahr 2011										
17	Zahlungen 2011		Simulation der unterjährigen Entwicklungen in 2011										
18	Saldo 2011		Verlauf des Saldo des EEG-Kontos in 2011										
19	Kontostand Okt 2011		Abschluss des EEG-Kontos für die Berechnung für 2012										
20													
21	Parameter 2012		Berechnung der EEG-Umlage für das Jahr 2012										
22	Zahlungen 2012		Simulation der unterjährigen Entwicklungen in 2012										
23	Saldo 2012		Verlauf des Saldo des EEG-Kontos in 2012										
24	Kontostand Okt 2012		Abschluss des EEG-Kontos für die Berechnung für 2013										
25													
26	Parameter 2013		Berechnung der EEG-Umlage für das Jahr 2013										
27	Zahlungen 2013		Simulation der unterjährigen Entwicklungen in 2013										
28	Saldo 2013		Verlauf des Saldo des EEG-Kontos in 2013										
29	Kontostand Okt 2013		Abschluss des EEG-Kontos für die Berechnung für 2014										
30													
31	Parameter 2014		Berechnung der EEG-Umlage für das Jahr 2014										
32	Zahlungen 2014		Simulation der unterjährigen Entwicklungen in 2014										
33	Saldo 2014		Verlauf des Saldo des EEG-Kontos in 2014										
34	Kontostand Okt 2014		Abschluss des EEG-Kontos für die Berechnung für 2015										
35													
36	Parameter 2015		Berechnung der EEG-Umlage für das Jahr 2015										
37	Zahlungen 2015		Simulation der unterjährigen Entwicklungen in 2015										
38	Saldo 2015		Verlauf des Saldo des EEG-Kontos in 2015										
39	Kontostand Okt 2015		Abschluss des EEG-Kontos für die Berechnung für 2016										
40													
41													
42	2 EEG-Stromerzeugung												
43													
44	Tabelle 1		Jahresprognose EEG-Einspeisung zur Bestimmung der EEG-Umlage 2010										
45			Leipziger Institut für Energie GmbH, Stand: 30.03.2009										
46													
47	Tabelle 2		EEG-Mittelstfristprognose des BDEW, Entwicklungen 2000 bis 2015										
48			Stand: 11.05.2009										
49													
50	Tabelle 3		Stromversorgung 2020 - Wege in eine moderne Energiewirtschaft										
51			Strom-Ausbauprognose der Erneuerbare-Energien-Branche / Berlin, Januar 2009										
52													
53	Tabelle 4		Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland - Leit Szenario 2009										
54			Untersuchung im Auftrag des BfU, August 2009										
55													
56	Tabelle 5		Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie an Land und Offshore bis zum Jahr 2020										
57			Studie im Auftrag der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena), Februar 2005										
58													
59	Tabelle 6		Lastprofil der Wind- und Solarenergieeinspeisungen in Deutschland im Jahr 2007										
60			eigene Berechnung										
61													
62	Tabelle 7		Lastprofil der Wind- und Solarenergieeinspeisungen in Deutschland im Jahr 2008										
63			eigene Berechnung										
64													
65													
66	3 EEG-Strom in der Direktvermarktung												
67													
68	Tabelle 8		Direktvermarktung von EEG-Strom nach § 17 EEG										
69													

- ## Parameters
- Planned EEG power plant extensions
  - Spot market power price level
  - Interest rates for EEG-share account
  - EEG tariffs for electricity from renewables

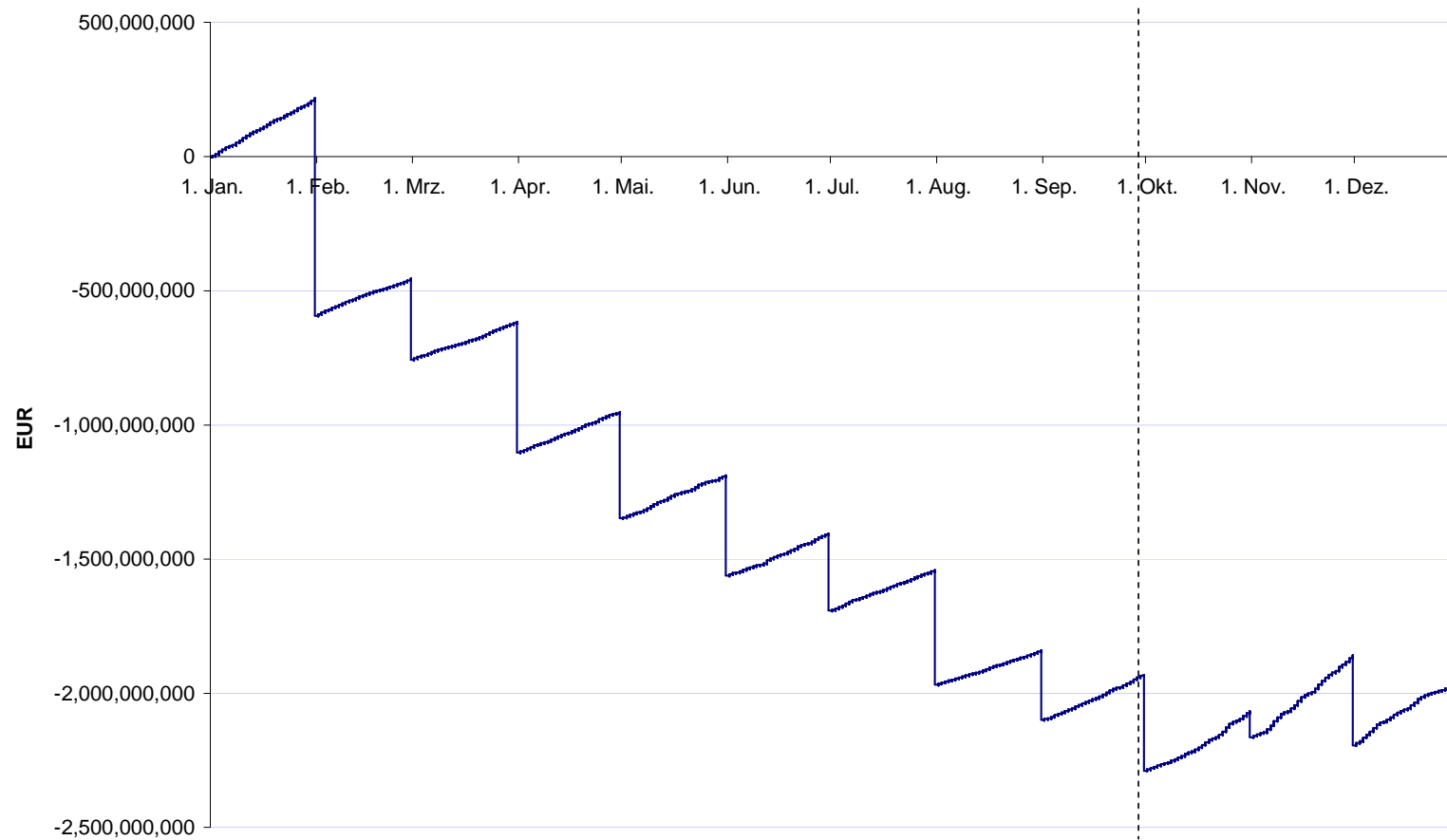
# EEG-share account balance (1)

Scenario 1: Ø spot market price 2010: 52 EUR/MWh



# EEG-share account balance (2)

Scenario 2: Ø spot market price 2010: 25 EUR/MWh



# EEG-share account balance (3)

Scenario 3: Ø spot market price 2010: 80 EUR/MWh

