

Übung zur Lehrveranstaltung „Einführung in die Energiewirtschaft“

SoSe 2017

Dr. Patrick Jochem, Hannes Schwarz, Nico Lehmann
Übung 8: Elektrizität (Teil II)

INSTITUT FÜR INDUSTRIEBETRIEBSLEHRE UND INDUSTRIELLE PRODUKTION (IIP)
Lehrstuhl für Energiewirtschaft (Prof. Fichtner)



Termine

Übung		
Übung 6	13.06.2017	Kernenergie
Übung 7	20.06.2017	Kernenergie/ Elektrizität
Übung 8	04.07.2017	Elektrizität
Übung 9	11.07.2017	Elektrizität/ Wärme
Übung 10	25.07.2017	Wärme/ Klausur-Fragen

Klausur: 03.08.2017

Anmeldung: Ab 01.06.2017 online über den Link <https://studium.kit.edu>

Anmeldeschluss: 13.07.2017, danach werden keine Anmeldungen mehr entgegengenommen!*

Abmeldung: Eine Abmeldung ist vorgeschrieben.

*auch bei Anmeldung mit Zulassungsschein

Agenda

- Elektrizität (Übung 7)
 - Kraftwerkskosten
 - Kraftwerkskostenfunktion
 - Wirtschaftlichkeit von Neuinvestitionen

- Elektrizitätsmarkt
 - Entwicklung
 - Kennzahlen

- Übungsaufgaben



Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft: Liberalisierungsprozess

Bis Mitte 1990er: Elektrizitätssektor als natürliches Monopol

- Annahme: „Markt kann von einem einzigen Unternehmen zu geringeren Kosten versorgt werden als durch mehrere Unternehmen“ (Subadditivität)

Besonderheiten des regulierten Marktes:

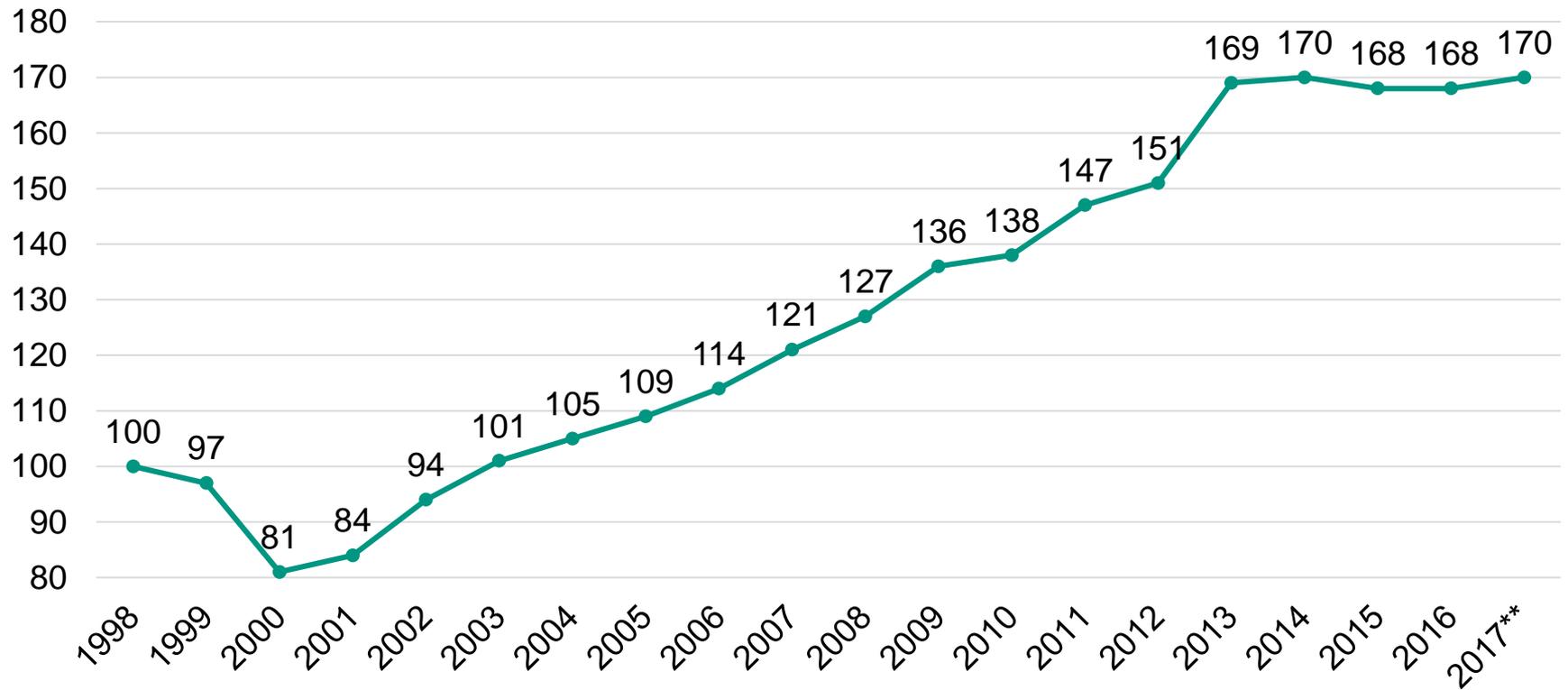
- Demarkationsverträge: Gebietsmonopole für EVU
- Genehmigung der Strompreise (cost+)
- Nachteile: - intransparent
 - keine Anreize zur Kosteneinsparung, Innovationen
 - Tendenz zu Überkapazitäten

Gründe für eine Liberalisierung

- keine Wettbewerbsprozesse durch natürliches Monopol
- hohes Strompreisniveau
- Schaffung eines Europäischen Binnenmarkts

Strompreise für Haushalte (1)

Index zur Entwicklung des Strompreises* für Haushalte in Deutschland in den Jahren 1998 bis 2016 (1998 = Index 100)

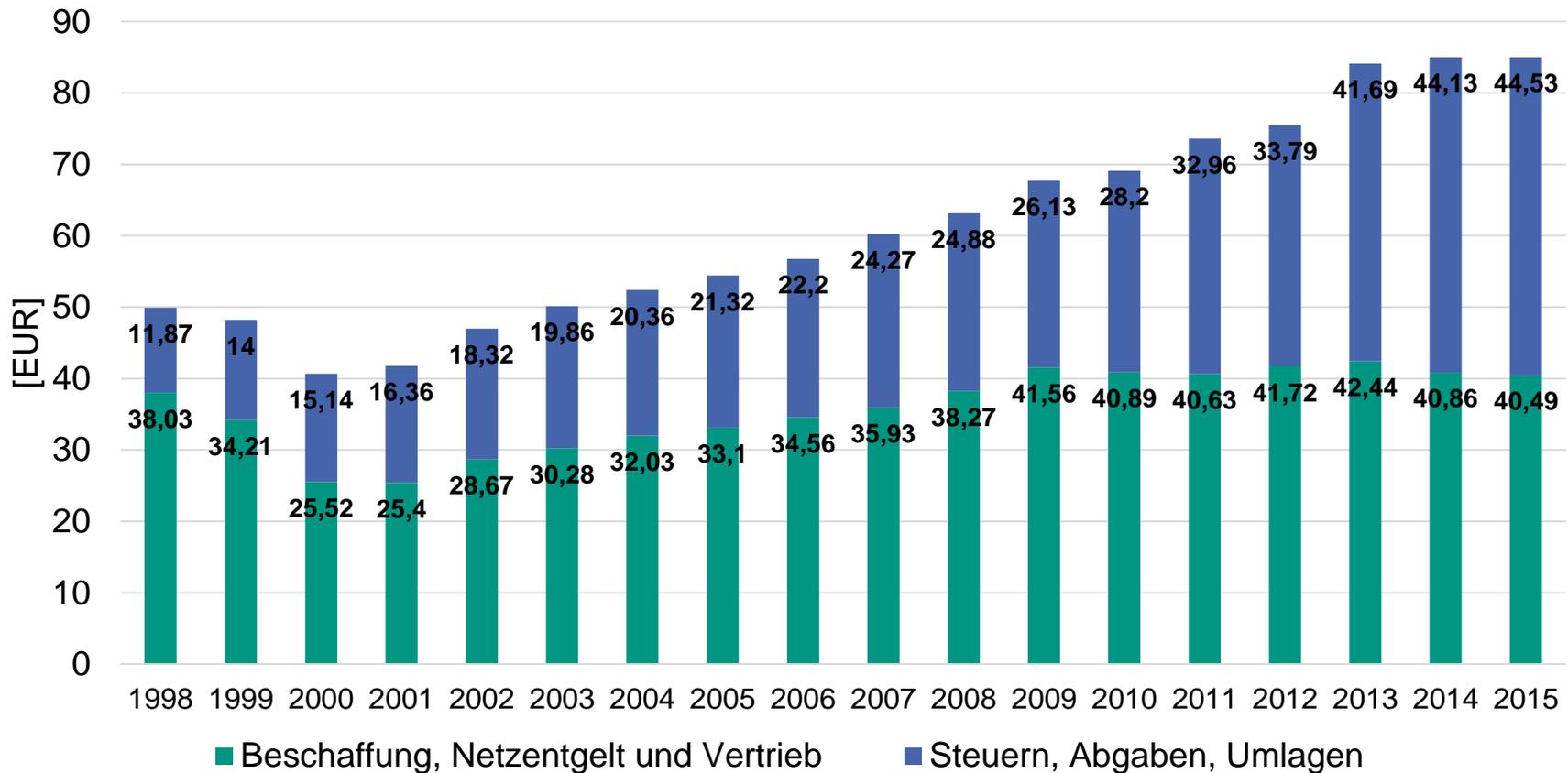


Quelle: [BDEW-01]

* Mengengewichtete Mittelwerte über alle Tarife (Standardvertrag beim Grundversorger, Sondervertrag beim Grundversorger, Vertrag bei anderem Energieversorger als dem Grundversorger) zum 1. April 2016.

Strompreise für Haushalte (2)

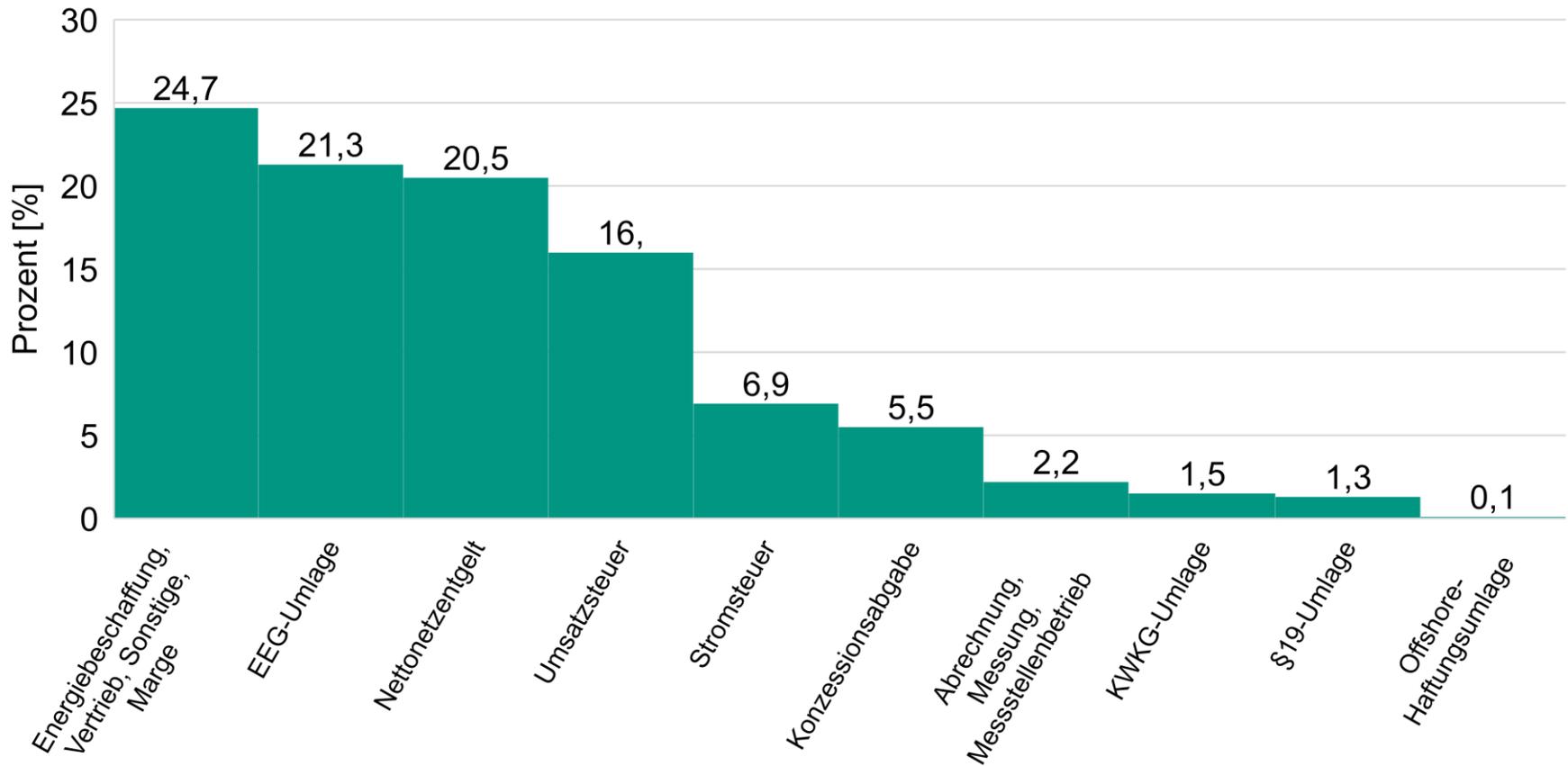
Durchschnittliche monatliche Stromrechnung für einen Haushalt in Euro; Jahresverbrauch von 3.500 kWh



Quelle: [BDEW-03]

Strompreise für Haushalte (3)

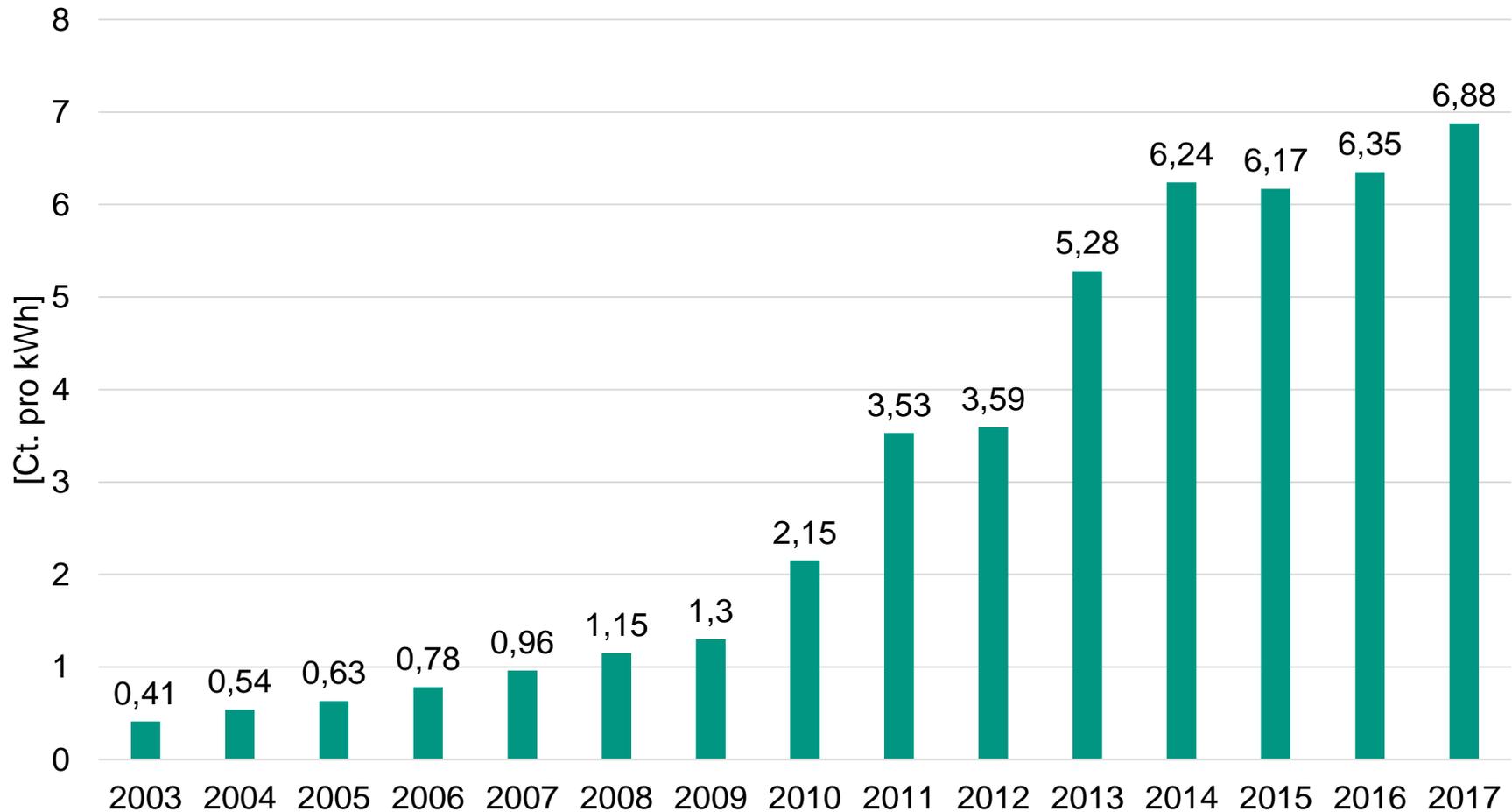
Zusammensetzung des Strompreises* für Haushaltskunden in Deutschland im Jahr 2016



Quelle: [BNA-01]

* Mengengewichtete Mittelwerte über alle Tarife (Standardvertrag beim Grundversorger, Sondervertrag beim Grundversorger, Vertrag bei anderem Energieversorger als dem Grundversorger) zum 1. April 2016.

Strompreise für Haushalte (4)



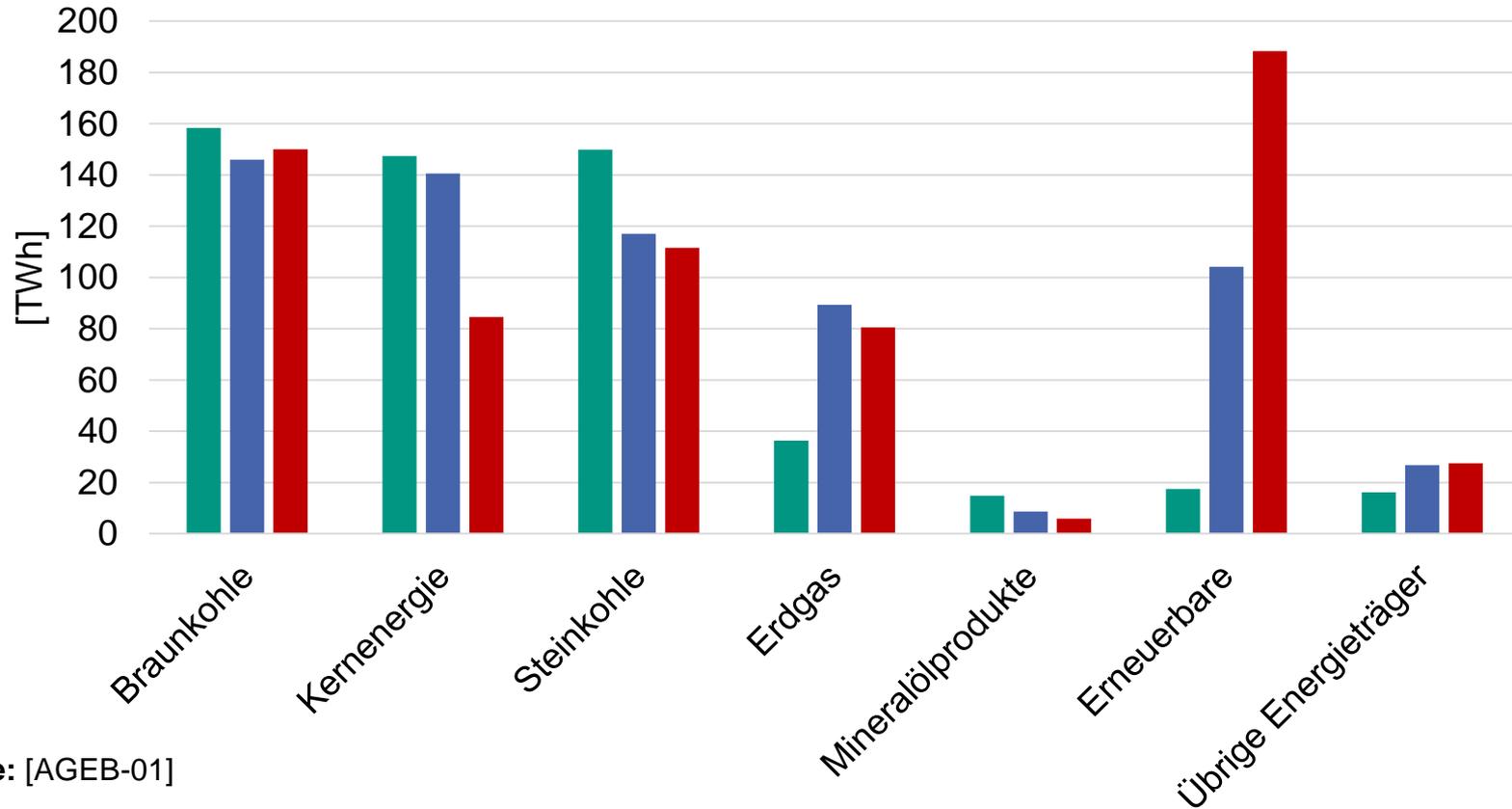
Quelle: [NTP-01]

Kennzeichen des liberalisierten Marktes

- Wechsel des Versorgers möglich
- Unbundling (Entflechtung)
- Stromnetze müssen zugänglich sein
 - §4 EnWG: Betrieb eines Energieversorgungsnetzes bedarf Genehmigung
 - §5 EnWG: Energiebelieferung bedarf (nur) Anzeigepflicht
 - Netzbetreiber unterliegen Aufsicht einer Regulierungsbehörde
 - Bundesnetzagentur (BNetzA)
 - Landesregulierungsbehörde: bei <100.000 angeschlossenen Kunden
 - Anreizregulierung durch Obergrenze der Erlöse (Revenue Caps)
- Neue Marktplätze (Strombörsen)
 - Spotmarkt, Terminmarkt

Entflechtung	< 100.000 Kunden	≥ 100.000 Kunden
Buchhalterisch (§10 EnWG)	+	+
Informationell (§9 EnWG)	+	+
Operationell (§8 EnWG)	-	+
Rechtlich (§7 EnWG)	-	+

Bruttostromerzeugung in Deutschland



Quelle: [AGEB-01]

■ 1991 ■ 2010 ■ 2016

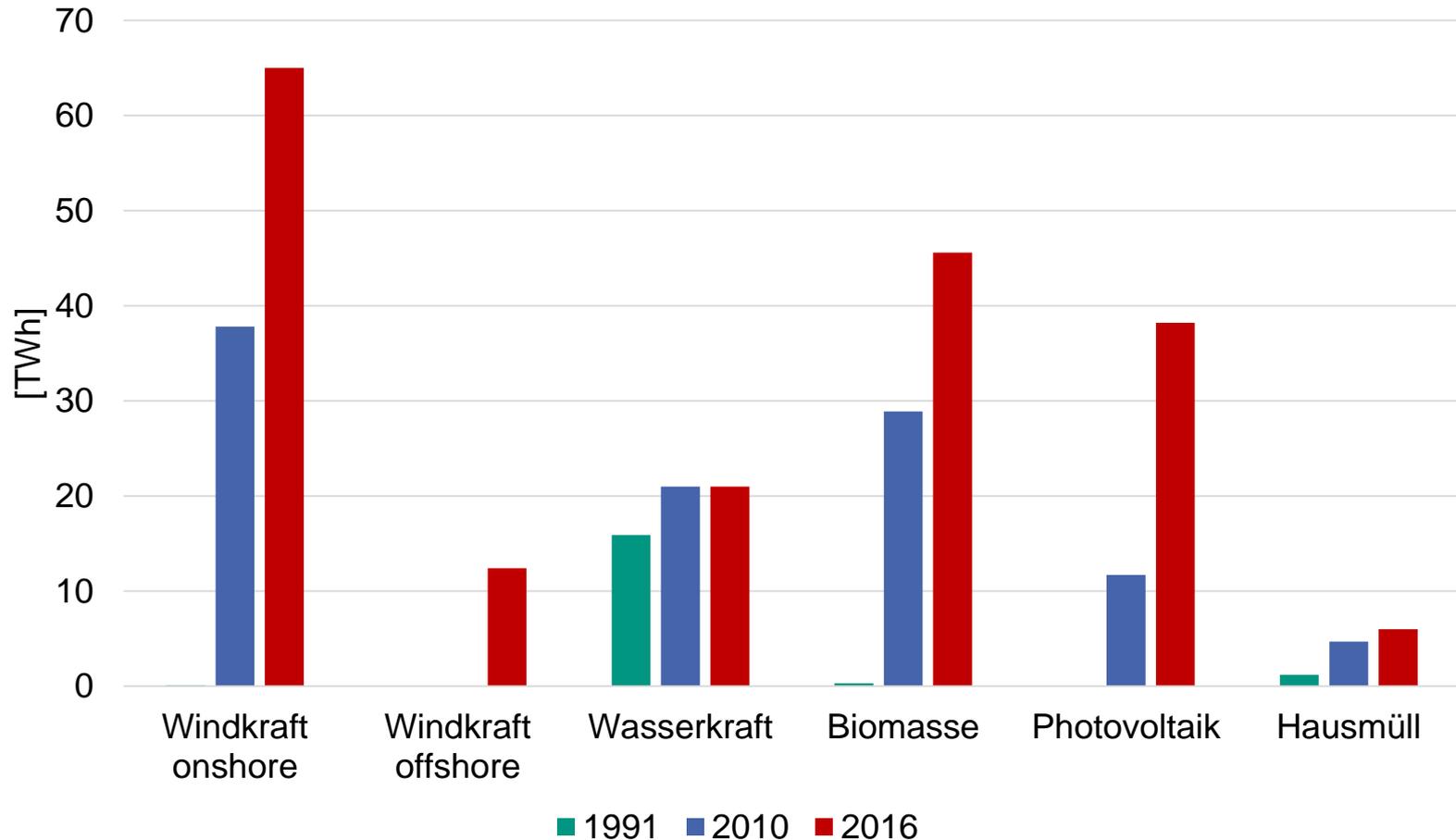
Stromversorger: 82 %*
(einschl. Bahn)

Industrie: 7 %*

Privat: 11 %*

* Stand: 2011
Quelle: [BKA-01]

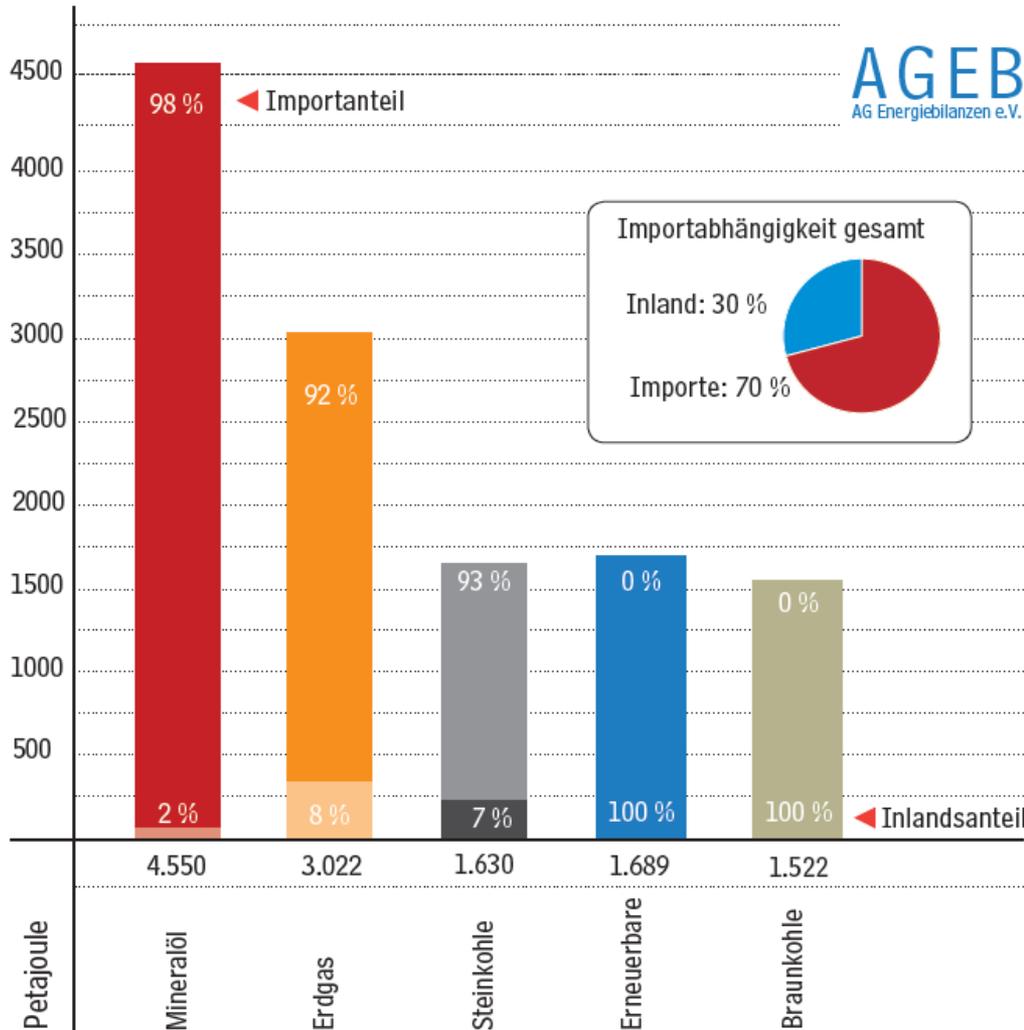
Bruttostromerzeugung in Deutschland (nur EE)



Quelle: [AGEB-01]

Importabhängigkeit der dt. Energieversorgung

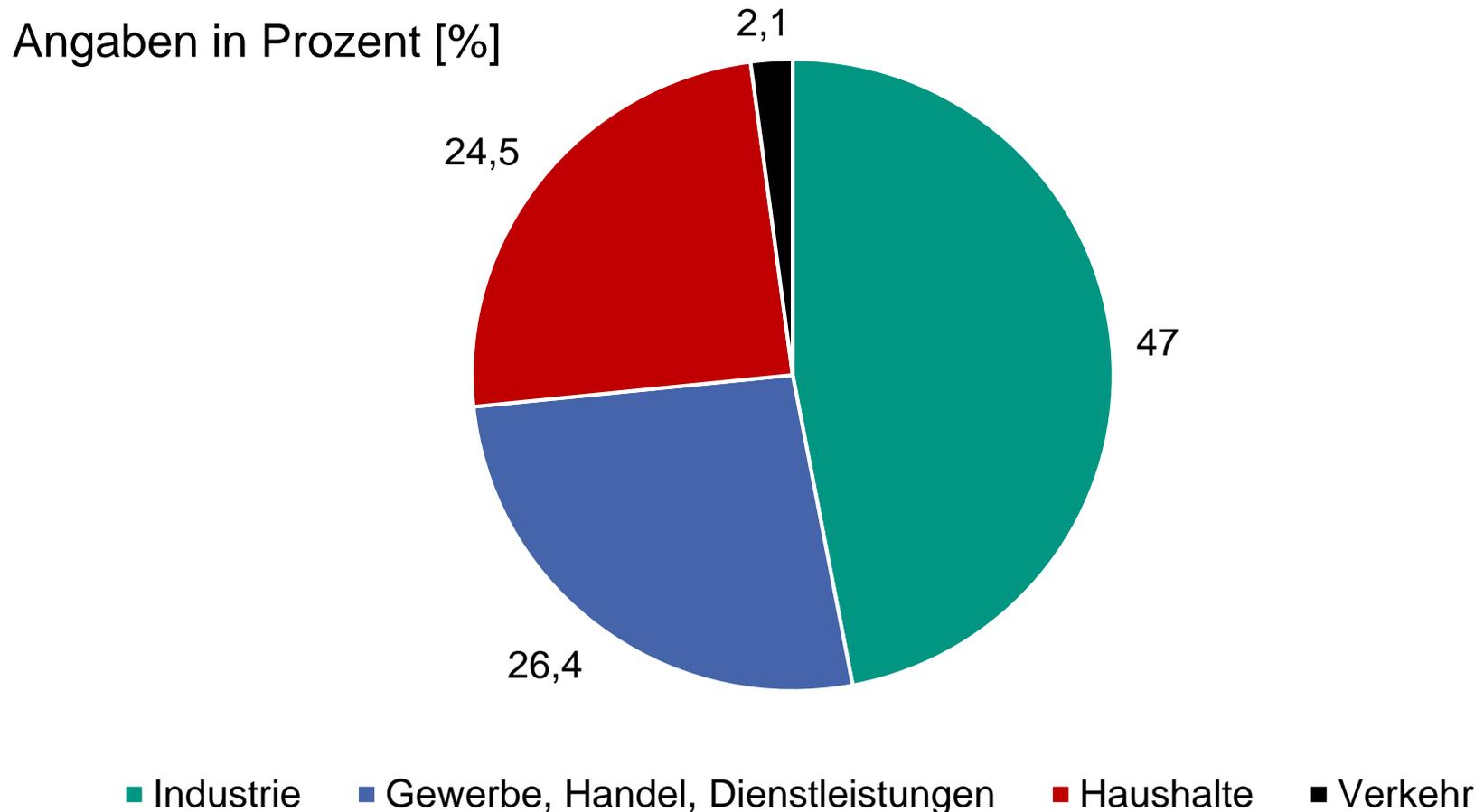
in Prozent vom Gesamtverbrauch - Gesamt 13.383 PJ - Inlandsgewinnung 3.978 PJ



Arbeitsgemeinschaft
Energiebilanzen e.V.

Quelle: [AGEB-02]

Verteilung des Stromverbrauchs in Deutschland nach Verbrauchsgruppen 2016



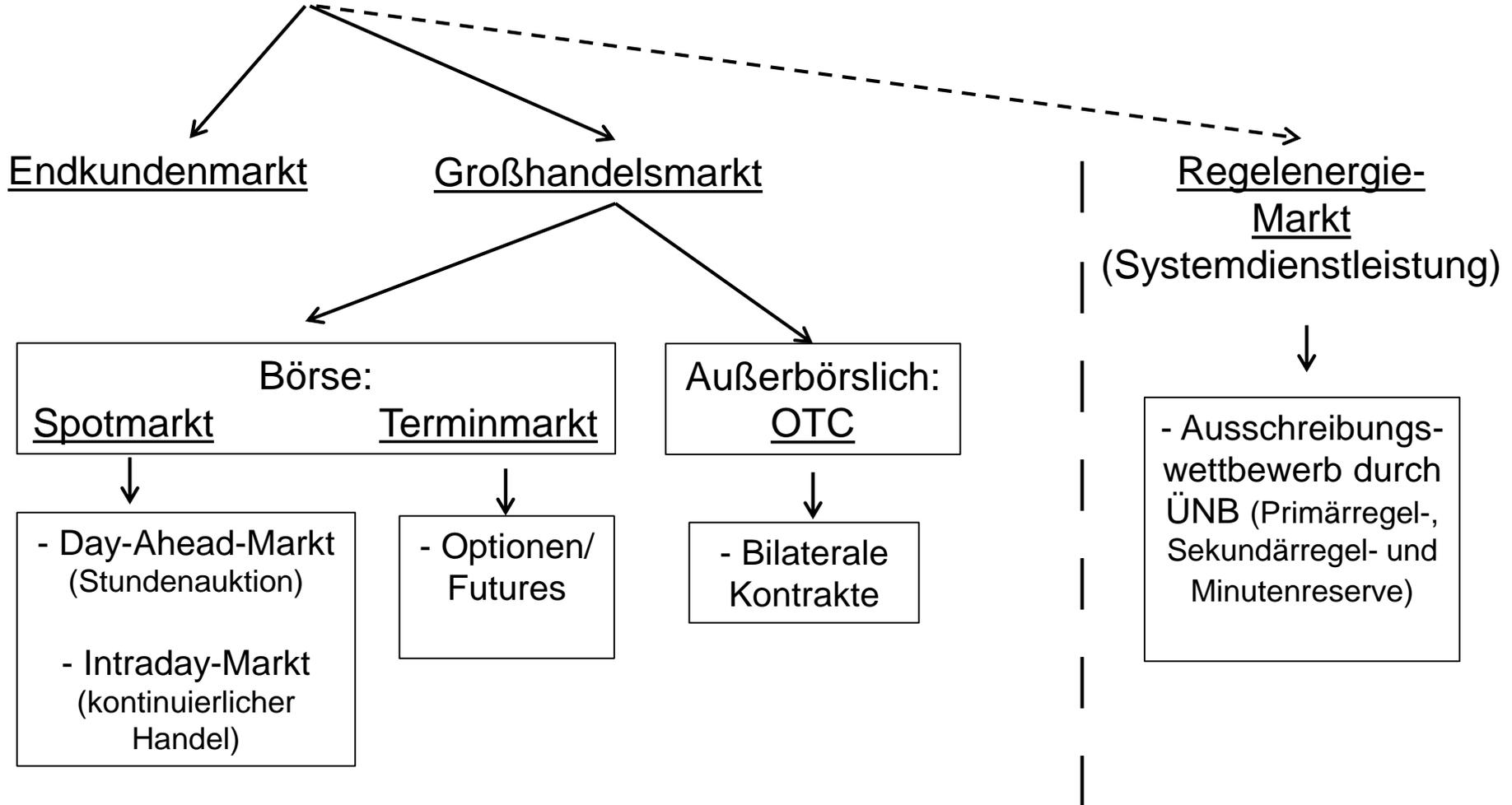
Quelle: [BDEW-02]

Märkte der Elektrizitätswirtschaft

- Welche Märkte kennen Sie?

Märkte der Elektrizitätswirtschaft

■ Welche Märkte kennen Sie?

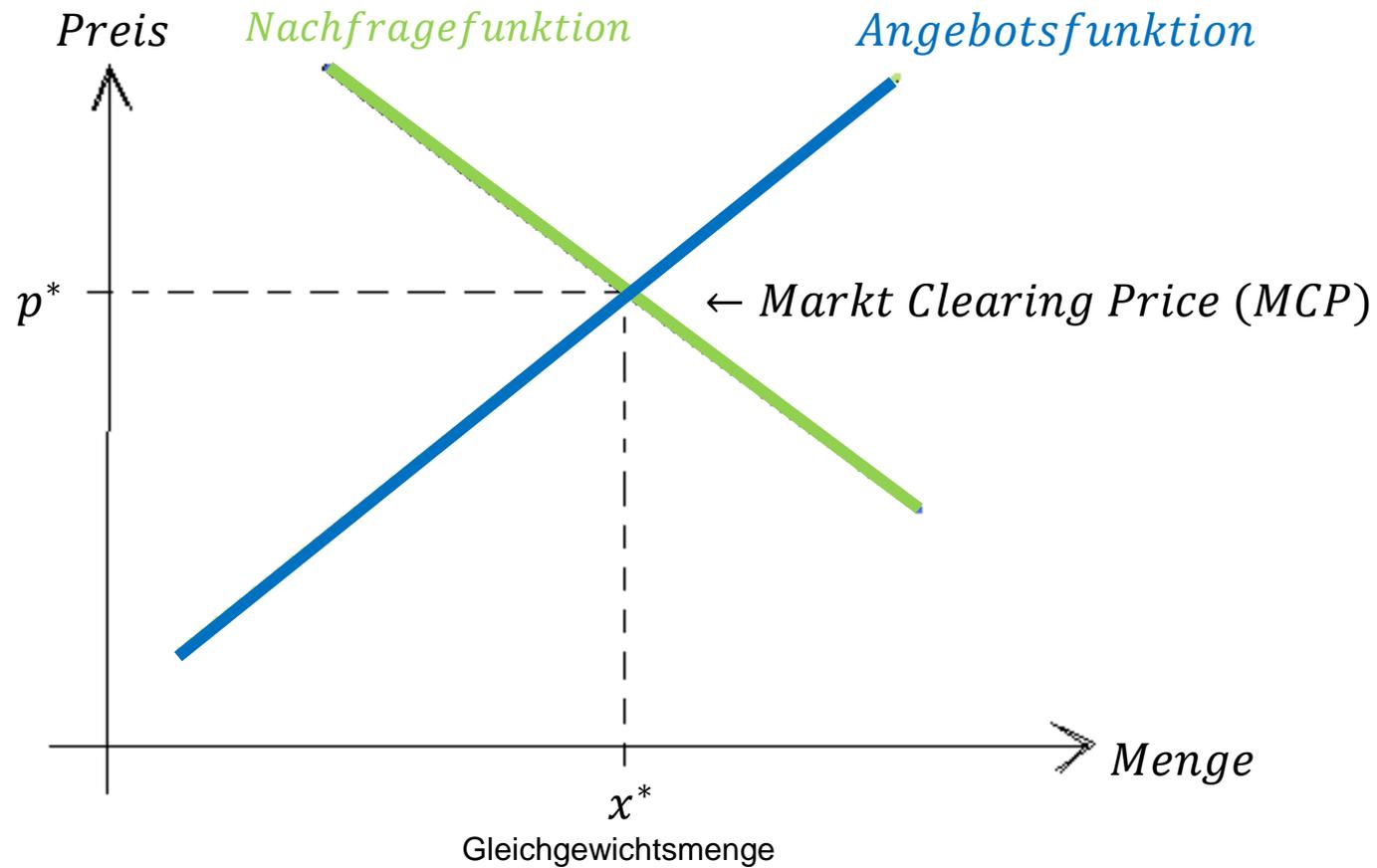


Aufgabe 12

- a) Skizzieren Sie, wie sich der Marktpreis an einer Strombörse bildet?
- b) Skizzieren Sie die Merit-Order-Kurve und diskutieren Sie den Einfluss von Änderungen dieser Kurve auf den Strompreis!

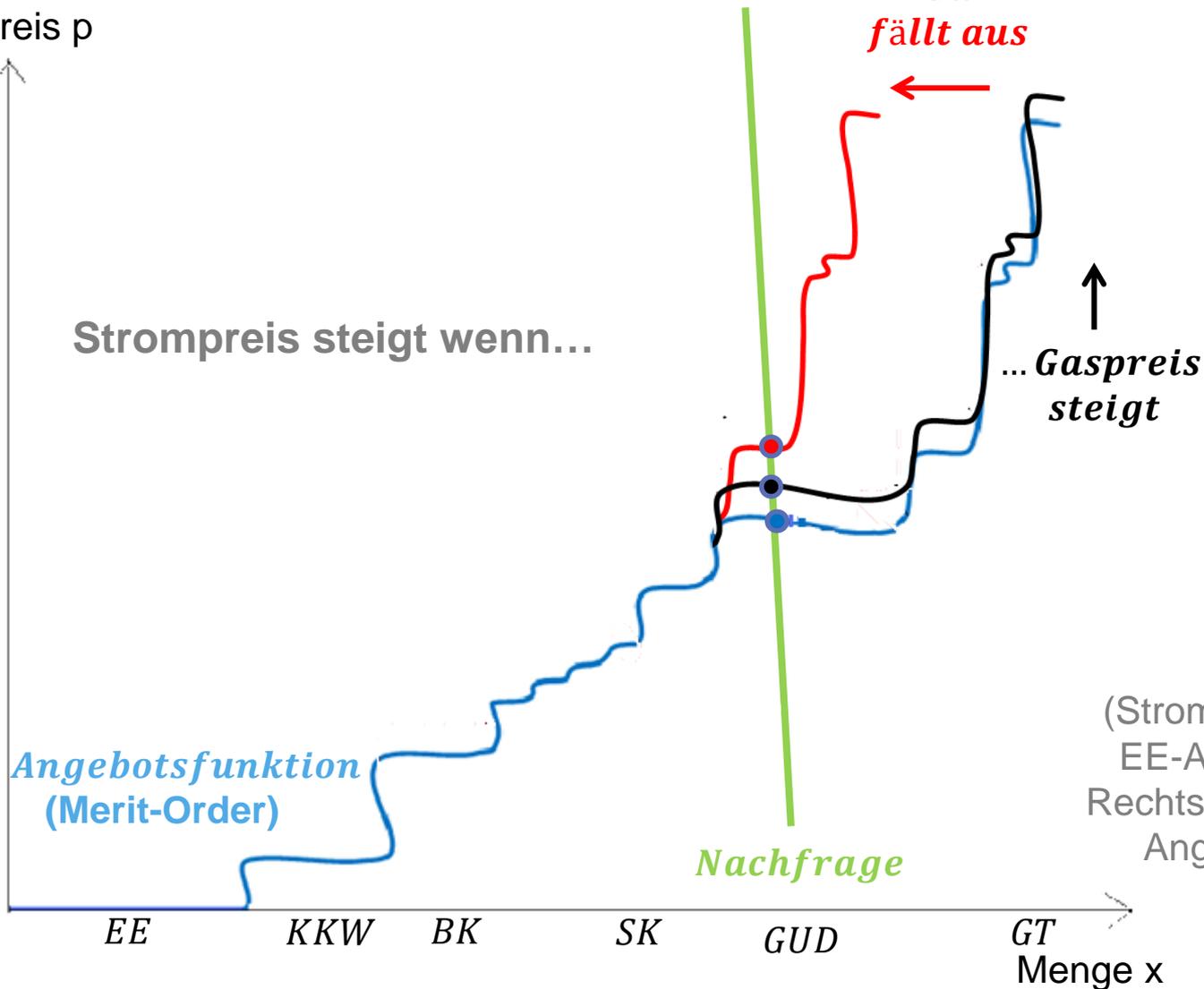
Lösung A12

a)



Lösung A12:

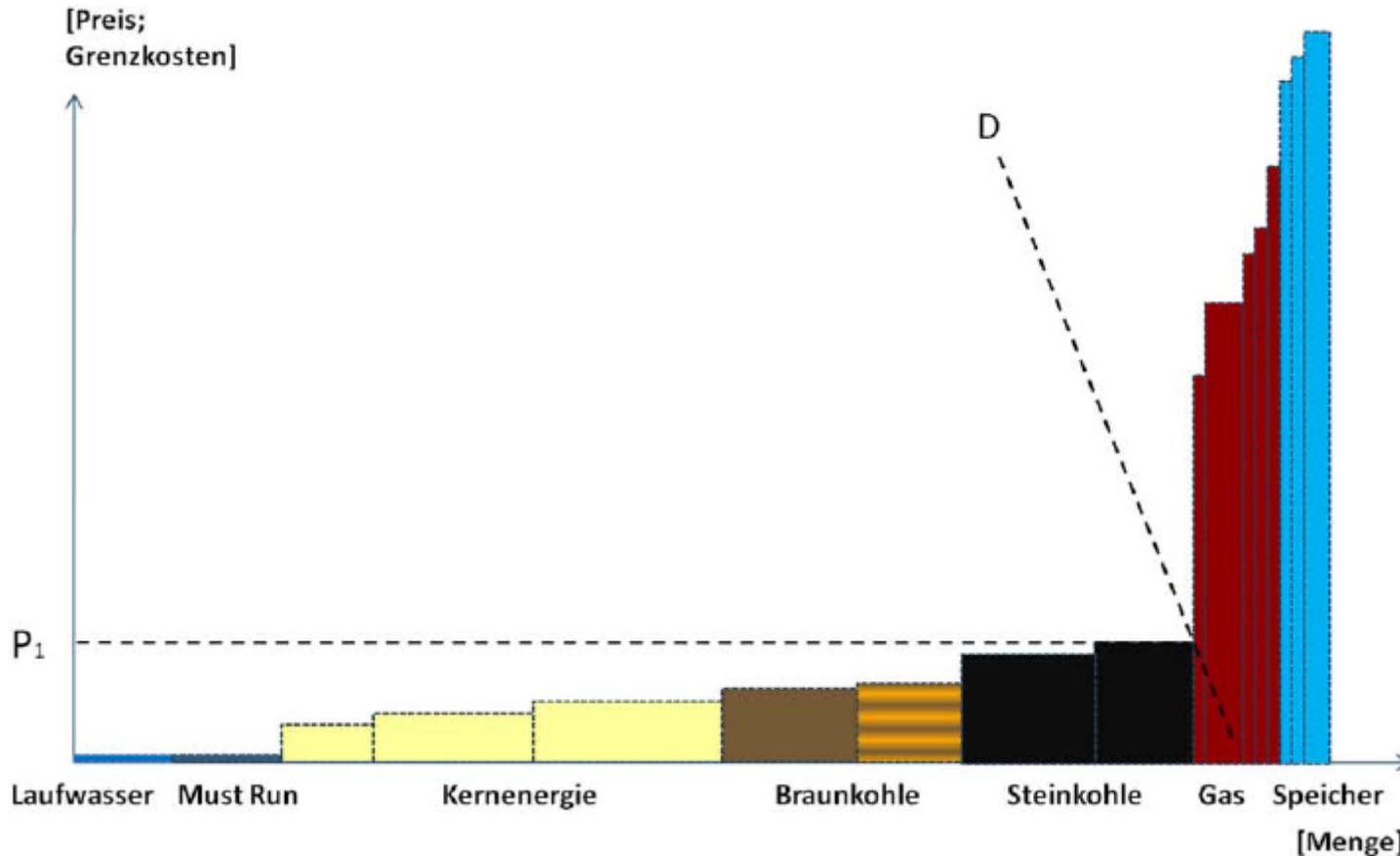
b) Preis p



(Strompreis sinkt wenn EE-Angebot steigt → Rechtsverschiebung der Angebotsfunktion)

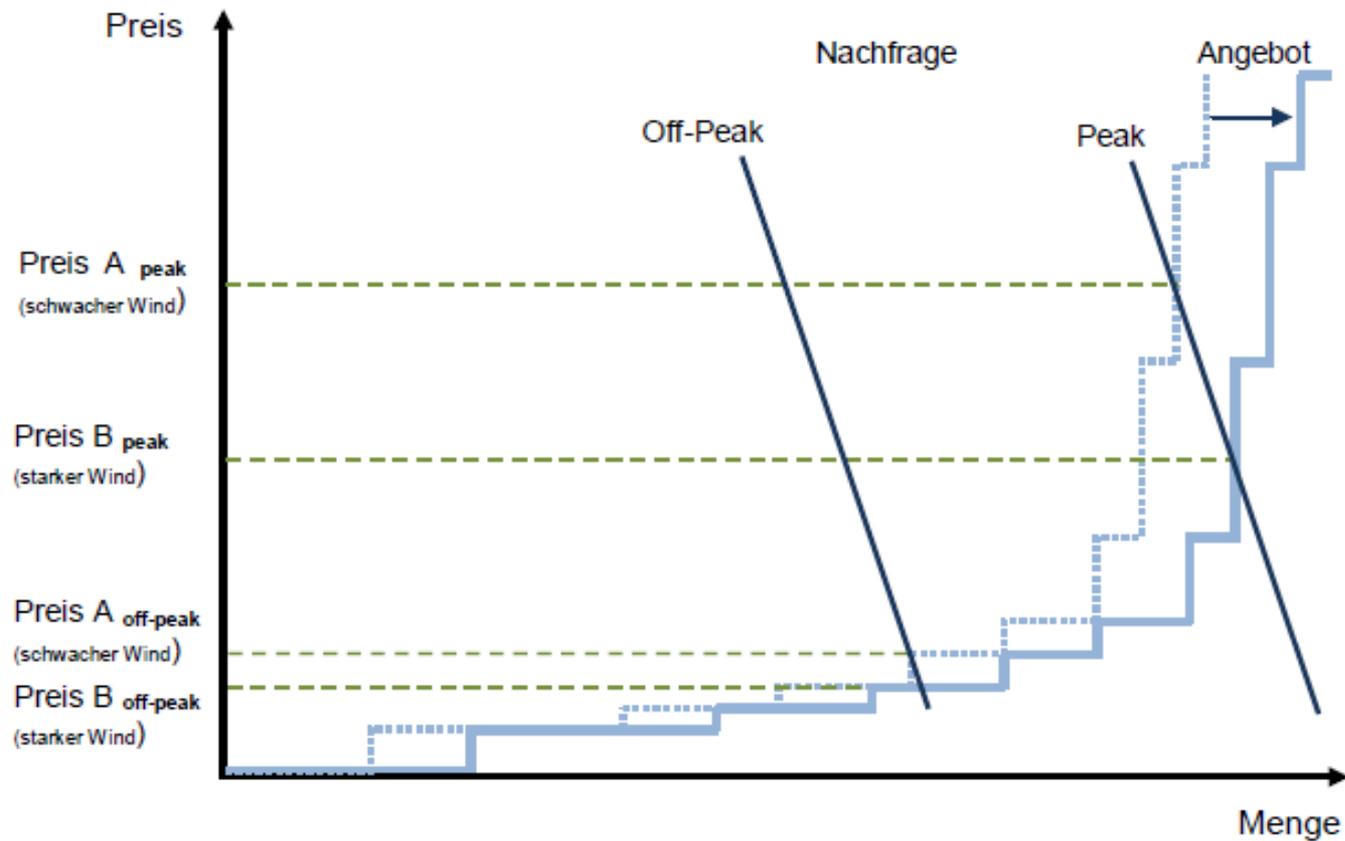
Als Merit-Order (engl. Reihenfolge des Verdienstes/ der Leistung) bezeichnet man die Einsatzreihenfolge der Kraftwerke. Diese wird durch die Grenzkosten der Stromerzeugung bestimmt, beginnend mit den niedrigsten Grenzkosten.

Abbildung 12: Schematische Darstellung der Merit Order



Schematische Darstellung der Merit Order, entnommen aus [BKartA: Sektoruntersuchung – Stromerzeugung, Stromgroßhandel, S.58] und angepasst

Abbildung 78: Auswirkungen von EEG-Mengen auf die Merit Order



Aufgabe 13a

Ihr Unternehmen hat sich entschlossen, ein Steinkohlekraftwerk zu bauen und hat auch schon die Planung nahezu abgeschlossen. Zum Entsetzen des Vorstandes ist eine Umweltpartei plötzlich stärkste Fraktion im Gemeinderat und fordert, da sie das Bauvorhaben nicht mehr verhindern kann, eine Abscheidung des CO_2 .

Welche Einflussfaktoren gibt es auf die Rentabilität der CO_2 -Abscheidung?

Wie ändert sich die Gesamtkostenfunktion eines Kraftwerks unter Berücksichtigung der CO_2 -Abscheidung?

Wie können Sie den Preis ermitteln, ab dem eine CO_2 -Abscheidung wirtschaftlich ist?

Lösung A13a

- Einflussfaktoren auf die Rentabilität der CO₂-Abscheidung:
 - Energieaufwand für die Abscheidung führt zur Wirkungsgradminderung
 - Abscheidegrad
 - Investition für die Abscheidung
 - Kosten für Speicherung + Transport von CO₂
 - (Imagegewinn)
 - Verkaufspreis für CO₂-Zertifikate

Lösung A13a

- Kraftwerk – Gesamtkostenfunktion:

$$\begin{aligned}
 K_{ges} &= K_{fix} + K_{var} \\
 &= K_{fix, Kapital} + K_{fix, sonst} + K_{var, Betrieb} + K_{var, Fuel} + K_{var, CO_2} \\
 &= a \cdot I + K_{fix, sonst} + \left(k_{Betrieb} + \frac{k_{Fuel}}{\eta} + \frac{p_{CO_2}}{\eta} \cdot EF \right) \cdot t
 \end{aligned}$$

- Gleichsetzen der beiden Gesamtkostenfunktionen und nach p_{CO_2} auflösen

$$\begin{aligned}
 K_{ges, SK} &\stackrel{!}{=} K_{ges, SK+CCS} \\
 p_{CO_2} &= ???
 \end{aligned}$$

Steag nimmt Groß-Kraftwerk vom Netz



Der Stromproduzent Steag nimmt das Kraftwerk vom Netz.

Bild: dpa

von Jürgen Flauger > Quelle: Handelsblatt Online

Der Stromproduzent Steag leidet unter dem Boom der erneuerbaren Energien. 2016 verbuchte das Unternehmen einen deutlichen Verlust – und muss jetzt einen der größten Standorte schließen.

ANZEIGE

Quelle: [WIWO-01]

Konzentrationskennzahlen (1)

■ Concentration Ratio (CR)

$$CR_m = \frac{\sum_{j=1}^m S_j}{\sum_{i=1}^n S_i}$$

$$0 \leq CR_m \leq 1$$

■ Herfindahl-Hirschmann-Index (HHI)

$$HHI = \sum_{i=1}^n a_i^2$$

$$\frac{1}{n} \leq HHI \leq 1$$

$$a_i = \frac{S_i}{\sum_{j=1}^n S_j}$$

S_i	Angebot des i-ten Wettbewerbers
n	Anzahl der Wettbewerber eines Marktes
m	Anzahl betrachteter Wettbewerber

Konzentrationskennzahlen (2)

- Pivotal Supplier Index (PSI)

$$PSI_{k,t} = \begin{cases} 1 & D_t > \sum_{i \neq k} S_{i,t} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

- Residual Supply Index (RSI)

$$RSI_{k,t} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{i,t} - S_{k,t}}{D_t}$$

D_t	Nachfrage zum Zeitpunkt t
$S_{i,t}$	Angebot des i-ten Wettbewerbers zum Zeitpunkt t
n	Anzahl der Wettbewerber eines Marktes
k	Betrachteter Wettbewerber

Aufgabe 13b

Auf einem (fiktiven) Großhandelsmarkt sind sieben Stromerzeuger mit nachfolgenden Nettoleistungen aktiv.

Strom-erzeuger	Nettoleistung [MW]
A	26.900
B	26.092
C	12.174
D	11.428
E	9.923
F	9.064
G	4.193

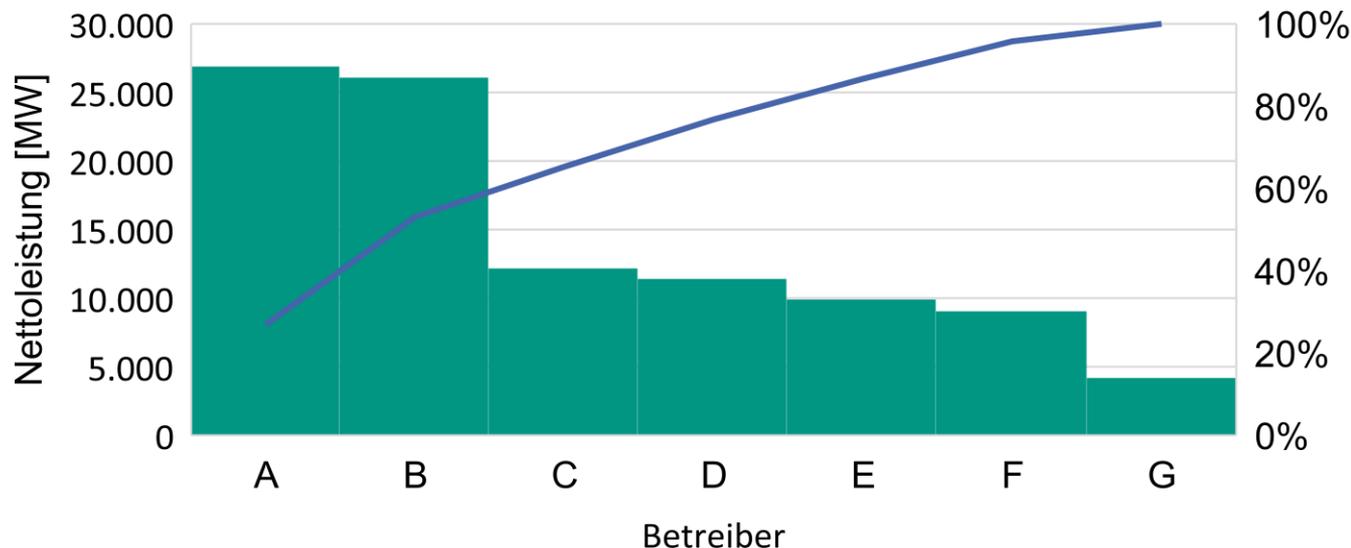
Berechnen Sie:

- Concentration Ratio (CR) der zwei größten Stromerzeuger
- Herfindahl-Hirschmann-Index (HHI)

Annahme: Die Nettonennleistung ist zu jedem Zeitpunkt abrufbar.

Lösung A13b

Strom-erzeuger	Nettoleistung [MW]	Prozentual	Kumulierter Anteil	a^2
A	26.900	26,96%	26,96%	7,27%
B	26.092	26,15%	53,11%	6,84%
C	12.174	12,20%	65,31%	1,49%
D	11.428	11,45%	76,77%	1,31%
E	9.923	9,95%	86,71%	0,99%
F	9.064	9,08%	95,80%	0,83%
G	4.193	4,20%	100,00%	0,18%



$$CR_2 = 0,5311$$

$$HHI = 0,1890$$

■ § 18 Marktbeherrschung

(1) Ein Unternehmen ist marktbeherrschend, soweit es als Anbieter oder Nachfrager einer bestimmten Art von Waren oder gewerblichen Leistungen auf dem sachlich und räumlich **relevanten Markt**

1. ohne Wettbewerber ist,
2. keinem wesentlichen Wettbewerb ausgesetzt ist oder
3. eine im Verhältnis zu seinen Wettbewerbern überragende Marktstellung hat.

(4) Es wird vermutet, dass **ein Unternehmen** marktbeherrschend ist, wenn es einen Marktanteil von mindestens **40 Prozent** hat.

(5) **Zwei oder mehr Unternehmen** sind marktbeherrschend, soweit

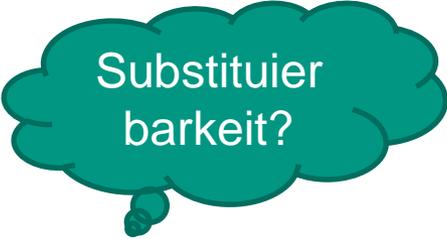
1. zwischen ihnen für eine bestimmte Art von Waren oder gewerblichen Leistungen ein wesentlicher **Wettbewerb nicht besteht** und
2. sie in ihrer Gesamtheit die **Voraussetzungen des Absatzes 1** erfüllen.

(6) Eine Gesamtheit von Unternehmen gilt als marktbeherrschend, wenn sie

1. aus **drei oder weniger Unternehmen** besteht, die zusammen einen Marktanteil von **50 Prozent** erreichen, oder
2. aus **fünf oder weniger Unternehmen** besteht, die zusammen einen Marktanteil von **zwei Dritteln** erreichen.

Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB)

■ § 18 Marktbeherrschung



Substituierbarkeit?

(3) Bei der Bewertung der Marktstellung eines Unternehmens im Verhältnis zu seinen Wettbewerbern ist insbesondere Folgendes zu berücksichtigen:

1. sein Marktanteil,
2. seine Finanzkraft,
3. sein Zugang zu den Beschaffungs- oder Absatzmärkten,
4. Verflechtungen mit anderen Unternehmen,
5. rechtliche oder tatsächliche Schranken für den Marktzutritt anderer Unternehmen,
6. der tatsächliche oder potenzielle Wettbewerb durch Unternehmen, die innerhalb oder außerhalb des Geltungsbereichs dieses Gesetzes ansässig sind,
7. die Fähigkeit, sein Angebot oder seine Nachfrage auf andere Waren oder gewerbliche Leistungen umzustellen, sowie
8. die Möglichkeit der Marktgegenseite, auf andere Unternehmen auszuweichen.



Contestable Markets?



Nachfrageelastizität?



Angebotsumstellungsflexibilität?



Markttransparenz?

Aufgabe 13c

Zusätzlich ist Ihnen nun die Last zu drei verschiedenen Zeitpunkten bekannt.

	t=1	t=2	t=3
Last [MW]	80.000	70.000	60.000

Berechnen Sie:

- Pivotal Supplier Index (PSI) für Stromerzeuger A zu allen Zeitpunkten
- Residual Supply Index (RSI) für Stromerzeuger D zu allen Zeitpunkten

Annahme: Die Nettonennleistung ist zu jedem Zeitpunkt abrufbar.

Lösung A13c

	t=1	t=2	t=3
Last [MW]	80.000	70.000	60.000
Erzeugung [MW]	99.774	99.774	99.774

Die Nettonennleistung ist zu jedem Zeitpunkt abrufbar.

	t=1	t=2	t=3
Last [MW]	80.000	70.000	60.000
Erzeugung \ A [MW]	72.874	72.874	72.874
$PSI_{A,t}$	1	0	0
$RSI_{A,t}$	0,9109	1,0411	1,2146

	t=1	t=2	t=3
Last [MW]	80.000	70.000	60.000
Erzeugung \ D [MW]	88.346	88.346	88.346
$RSI_{D,t}$	1,1043	1,2621	1,4724

Marktherrschende Stellung?

Das Ende des Energie-Monopols der „großen Vier“

Von Daniel Wetzel | Veröffentlicht am 06.10.2015 | Lesedauer: 4 Minuten



Vattenfall-Braunkohletagebau in Jänschwalde. Der deutsche Energiemarkt wurde lange von den Konzernen E.on, RWE, Vattenfall und EnBW dominiert

Quelle: dpa

Eine Expertenkommission stellt das Ende des Strom-Monopols fest: Eine Marktbeherrschung durch RWE & Co. findet nicht mehr statt. Sorgen um den Energiemarkt der Zukunft muss man sich trotzdem machen.

Quelle: [WELT-01]

Quellen (1)

- [BDEW-01] BDEW. Index zur Entwicklung des Strompreises* für Haushalte in Deutschland in den Jahren 1998 bis 2016 (1998 = Index 100). <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/234370/umfrage/entwicklung-der-haushaltsstrompreise-in-deutschland/> (zugegriffen am 29. Juni 2017).
- [BDEW-02] BDEW. Stromverbrauch nach Verbrauchergruppe in Deutschland im Jahr 2016* (in Terawattstunden). <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/170390/umfrage/stromverbrauch-nach-sektoren-in-deutschland/> (zugegriffen am 30. Juni 2017).
- [BNA-01] Bundesnetzagentur, und Bundeskartellamt. Zusammensetzung des Strompreises* für Haushaltskunden in Deutschland im Jahr 2016. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154912/umfrage/zusammensetzung-des-strompreises-fuer-haushaltskunden/> (zugegriffen am 29. Juni 2017).
- [AGEB-01] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.: Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern. Berlin. Online verfügbar unter http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=20170207_brd_stromerzeugung1990-2016.pdf, zuletzt geprüft am 30.06.2017.
- [AGEB-02] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (2016): Importabhängigkeit der deutschen Energieversorgung 2016. Berlin. Online verfügbar unter http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_infografik_04_2017_importabhaengigkeit.pdf, zuletzt geprüft am 30.06.2017.
- [BKA-01] Bundeskartellamt (2011): Sektoruntersuchung Stromerzeugung und -großhandel (Januar 2011). Online verfügbar unter <http://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Sektoruntersuchungen/Sektoruntersuchung%20Stromerzeugung%20Stromgrosshandel%20-%20Abschlussbericht.html?nn=4143254>, zuletzt geprüft am 30.06.2017.
- [WIWO-01] Wirtschaftswoche (Hg.): Energiewende. Steag nimmt Groß-Kraftwerk vom Netz. Online verfügbar unter <http://www.wiwo.de/unternehmen/industrie/energiewende-steag-nimmt-gross-kraftwerk-vom-netz/19612066.html>, zuletzt geprüft am 30.06.2017.

Quellen (2)

- [WELT-01] Wetzels, Daniel: Das Ende des Energie-Monopols der „großen Vier“. Hg. v. WeltN24 GmbH. Online verfügbar unter <https://www.welt.de/wirtschaft/energie/article147303124/Das-Ende-des-Energie-Monopols-der-grossen-Vier.html>, zuletzt geprüft am 30.06.2017.
- [BDEW-03] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2015): Strompreisanalyse März 2015. Stromrechnung für Haushalte. Online verfügbar unter [https://www.bdew.de/internet.nsf/id/9D1CF269C1282487C1257E22002BC8DD/\\$file/150409%20BDEW%20zum%20Strompreis%20der%20Haushalte%20Anhang.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/9D1CF269C1282487C1257E22002BC8DD/$file/150409%20BDEW%20zum%20Strompreis%20der%20Haushalte%20Anhang.pdf), zuletzt geprüft am 03.07.2017.
- [NTP-01] netztransparenz.de. Höhe der EEG-Umlage für Haushaltsstromkunden in Deutschland in den Jahren 2003 bis 2017 (in Euro-Cent pro Kilowattstunde). <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/152973/umfrage/eeg-umlage-entwicklung-der-strompreise-in-deutschland-seit-2000/> (zugegriffen am 11. Juli 2017).