

GPP オンライントークセッション

ドイツの電力システム改革と 日本の電力自由化

ふくもと まさお
(ジャーナリスト、ベルリン)

2020 年 11 月 23 日 (月) 18 時 (日本間)
みなさんのお宅

主催: グリーンピープルズパワー(株)

ドイツ再エネの状況

ドイツのエネルギー転換に向けた動き：

1991 年：固定価格買取制度（FIT）を導入（風力発電中心）

1998 年：電力市場自由化

2000 年：脱原発合意、再生可能エネルギー法成立

2004 年：再エネ法改正（太陽光発電拡大）

2009 年：再エネ熱法成立、再エネ法改正（太陽光発電抑制）

2010 年：脱原発見直し

2011 年：脱原発再見直し、脱原発確定

2012 年：再エネ法改正（太陽光発電大幅抑制）

2017 年：再エネ法改正（入札制度開始、年間増設枠制限（2.8GW））

2018/19 年：再エネ法による年間増設枠拡大（約 4GW）

2021 年：再エネ法改正（年間増設枠拡大）

2022 年：原子力発電終了

2035-2038 年：石炭火力発電終了

ドイツの目標

再生可能エネルギーの割合：

2030 年までに総発電電力量の 65 %

温室効果ガスの削減：

2020 年末：最低 40 % (90 年比)

2030 年末：最低 65 % (90 年比)

2050 年末：カーボンニュートラル (二酸化炭素排出実質ゼロ)

発電における再生可能エネルギーの割合 (2019 年)：

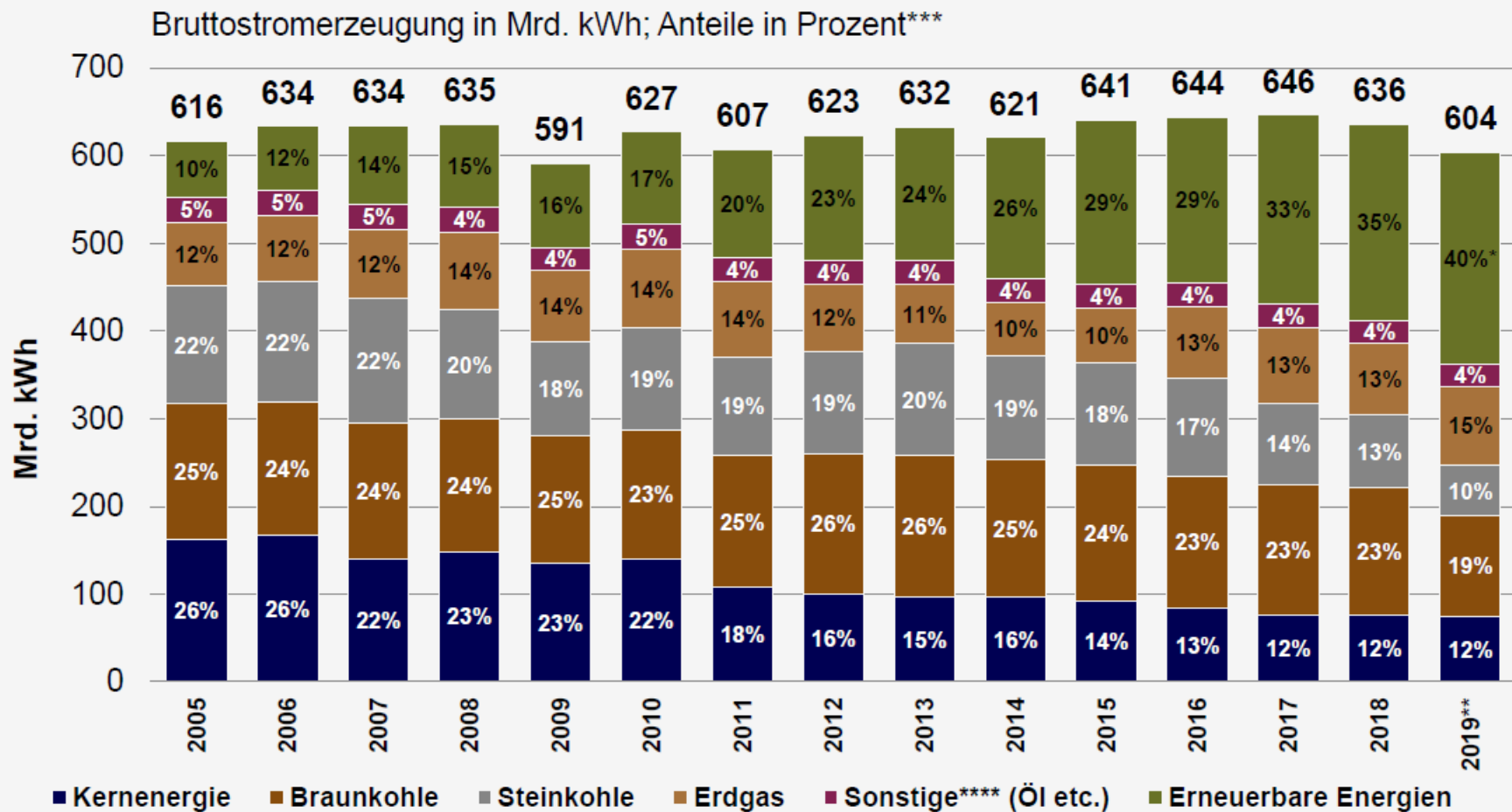
(政府公式発表)

総消費電力量の 42.1 % (前年：37.8 %、今年約 48 %)

(熱供給：14.5 %、交通：5.6 %)

2005 年からの部門別総発電電力量の推移 (出典:ドイツ電事連)

Bruttostromerzeugung seit 2005

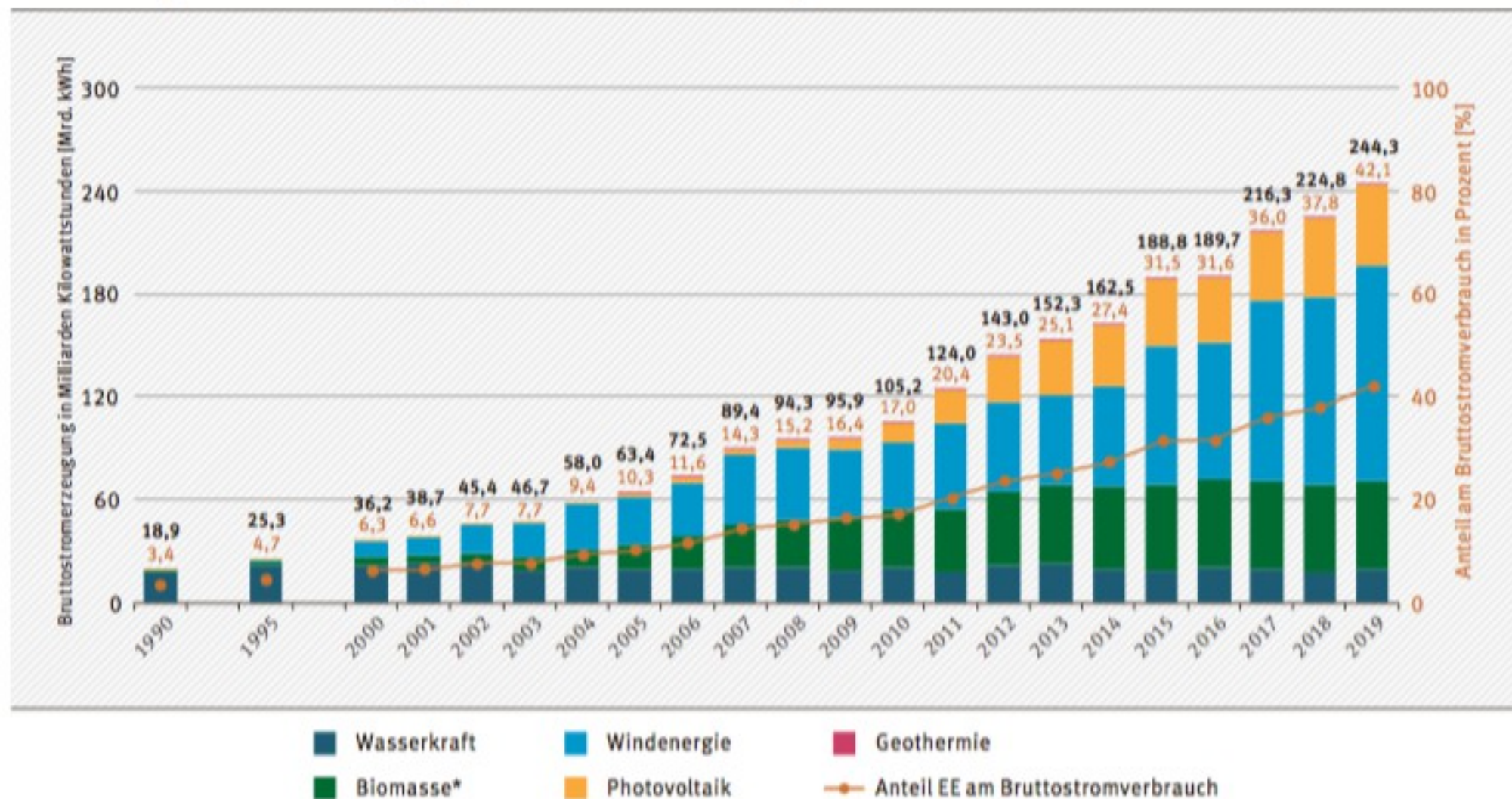


Quelle: BDEW, Stand: 02/2020

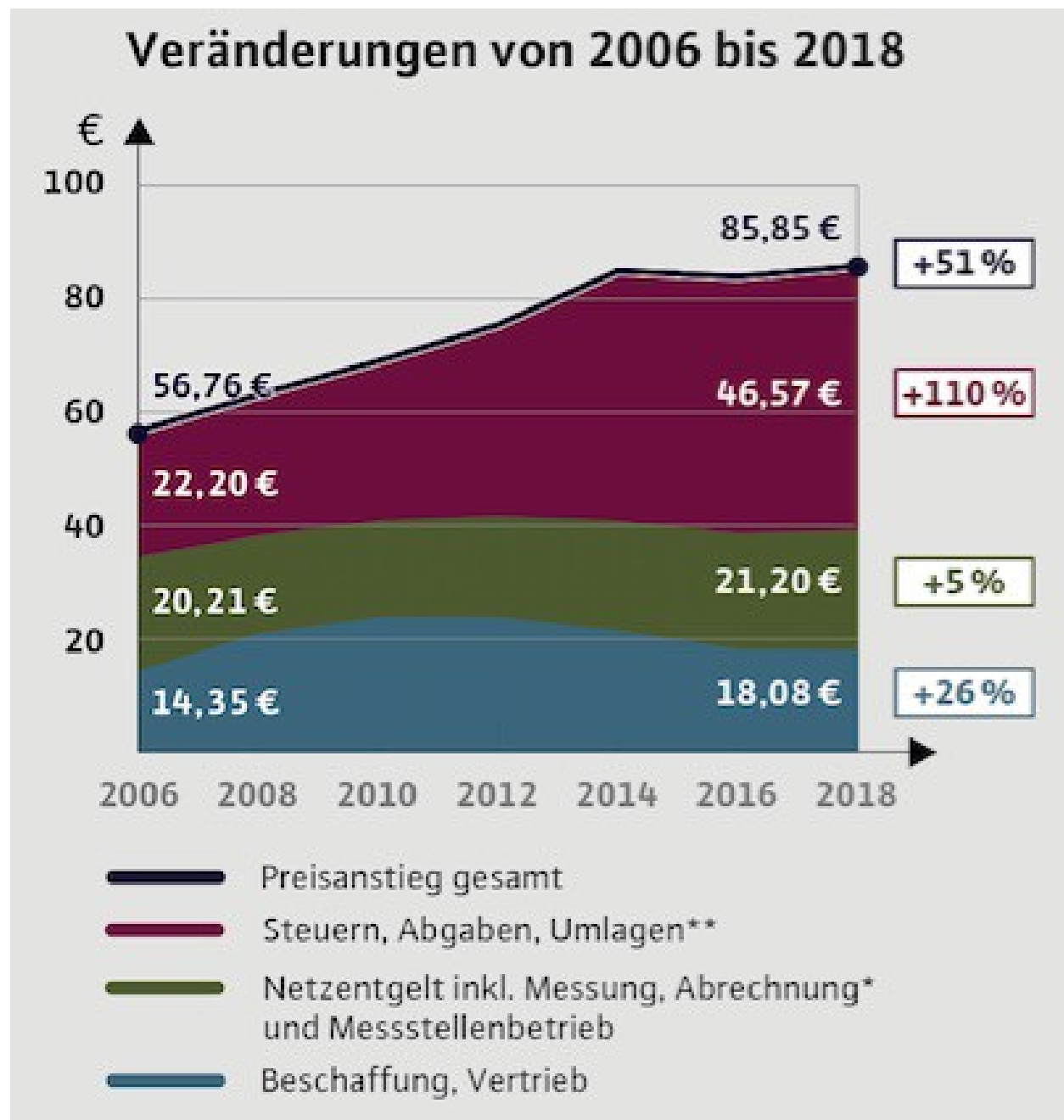
* entspricht 43% bezogen auf den Stromverbrauch **vorläufig ***Rundungsdifferenzen möglich
**** PSW-Erzeugung nicht mehr enthalten, sondern als Speicherentnahme bilanziert

再エネ部門別総発電電力量の推移(出典:ドイツ環境庁)

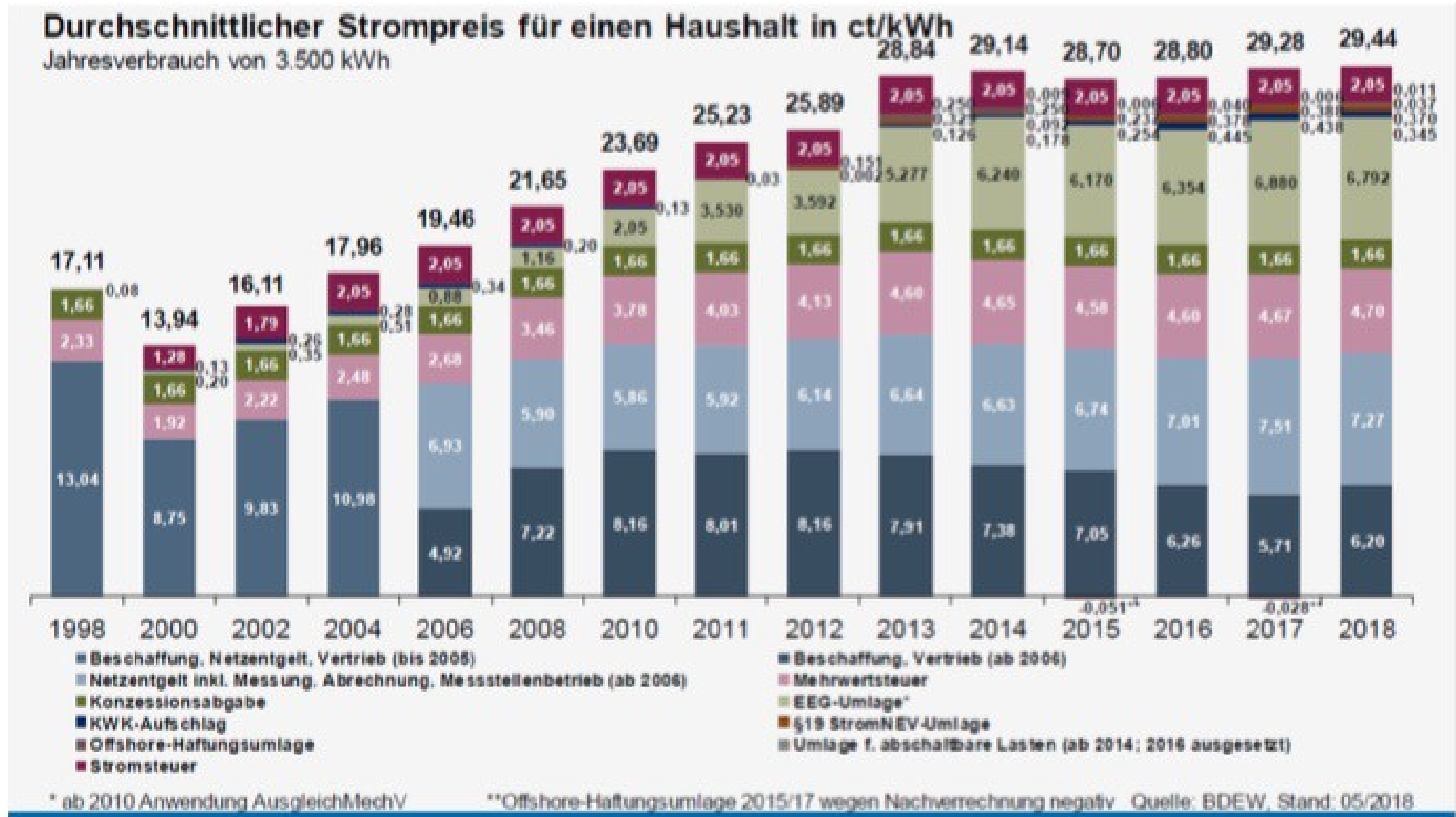
Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien



一般世帯(年間消費電力 3500kWh)の月額電気料金の内訳 (2006年ー2018年ドイツ電事連(BDEW)発表値)



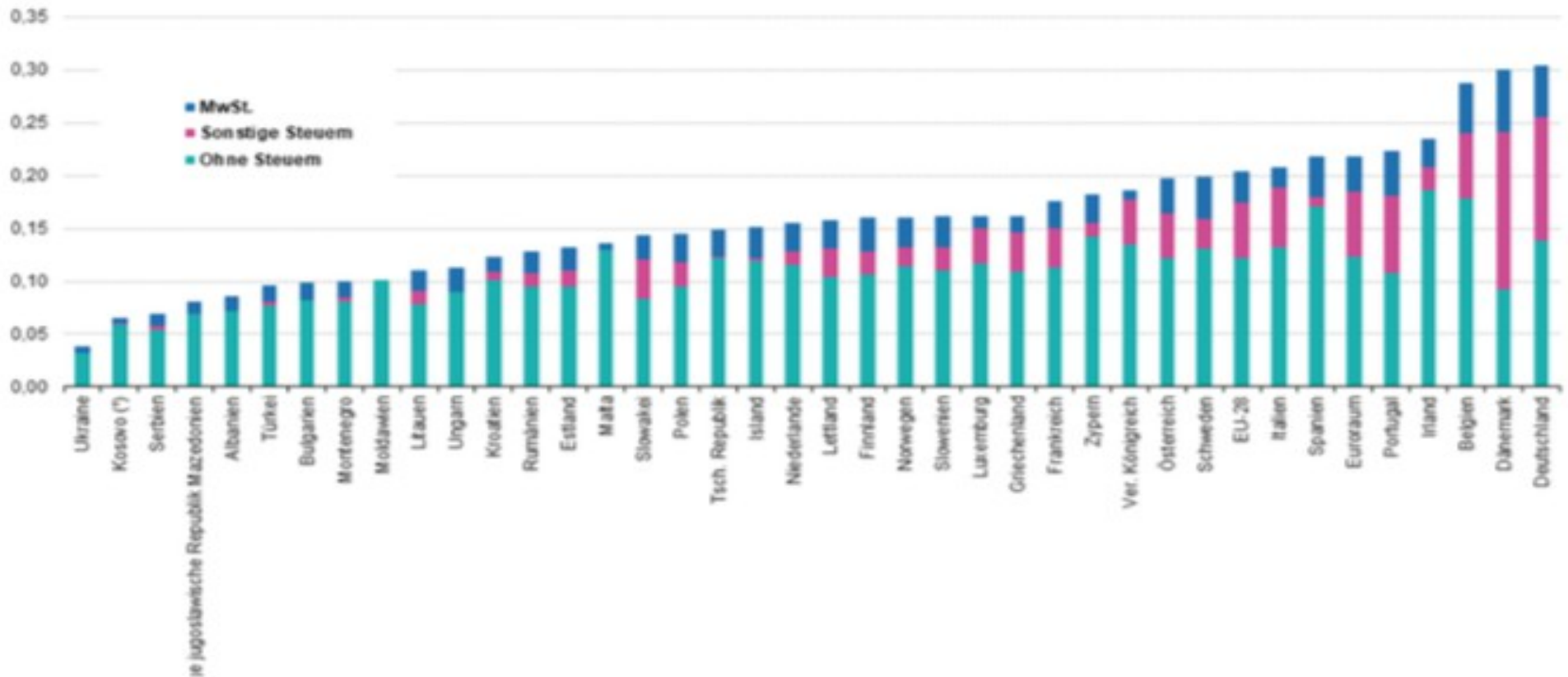
一般世帯向け電気料金（セント /kWh）の推移 （石炭委員会最終報告書、ドイツ電事連（BDEW））



個人住宅電気料金(年間電力消費 2500-5000 kWh)の 欧州比較(2017年後半期) (石炭委員会最終報告書、Platts)

Abbildung 11, EU-Ländervergleich Haushaltsstrompreise 2. Halbjahr 2017 inkl. Steuern und Abgaben bei einem Jahresverbrauch von 2.500 bis 5.000 kWh (Quelle: Eurostat⁷¹)

Strompreise für private Haushalte, zweites Halbjahr 2017
(in EUR je kWh)



ドイツの電力システムはどう変わってきたか

- ・ 再エネと送配電網管理
- ・ 発電ではもうからなくなった
- ・ セクターカップリングの必要性

再エネと送配電網管理(1)

再エネが普及するとは？

- 莫大な数の発電設備が誕生
- 発電事業者が送電網の状況に関係なく発電設備を設置
- 発電事業者と送配電事業者の調整が必要

送電網整備法(2009年)、送電網整備加速法(2011年)を制定

- 送電網整備計画(NEP)の作成と更新
(ドイツネット機構(規制機関)、送電事業者(高圧4社)、地元住民など)
- 洋上風力発電送電網整備計画(NEP)の作成と更新
- 配電網整備計画の作成と更新(各配電事業者、約900社)

送電網整備計画図(送電網整備計画サイトから)





再エネと送配電網管理(2)

再エネの発電電力量に変動があるとは？

→ 変動のスピードが早い

発電電力量が急激に減ったり、増えたりする

→ 送電オペレータの職業訓練

← 職業訓練センターの設置

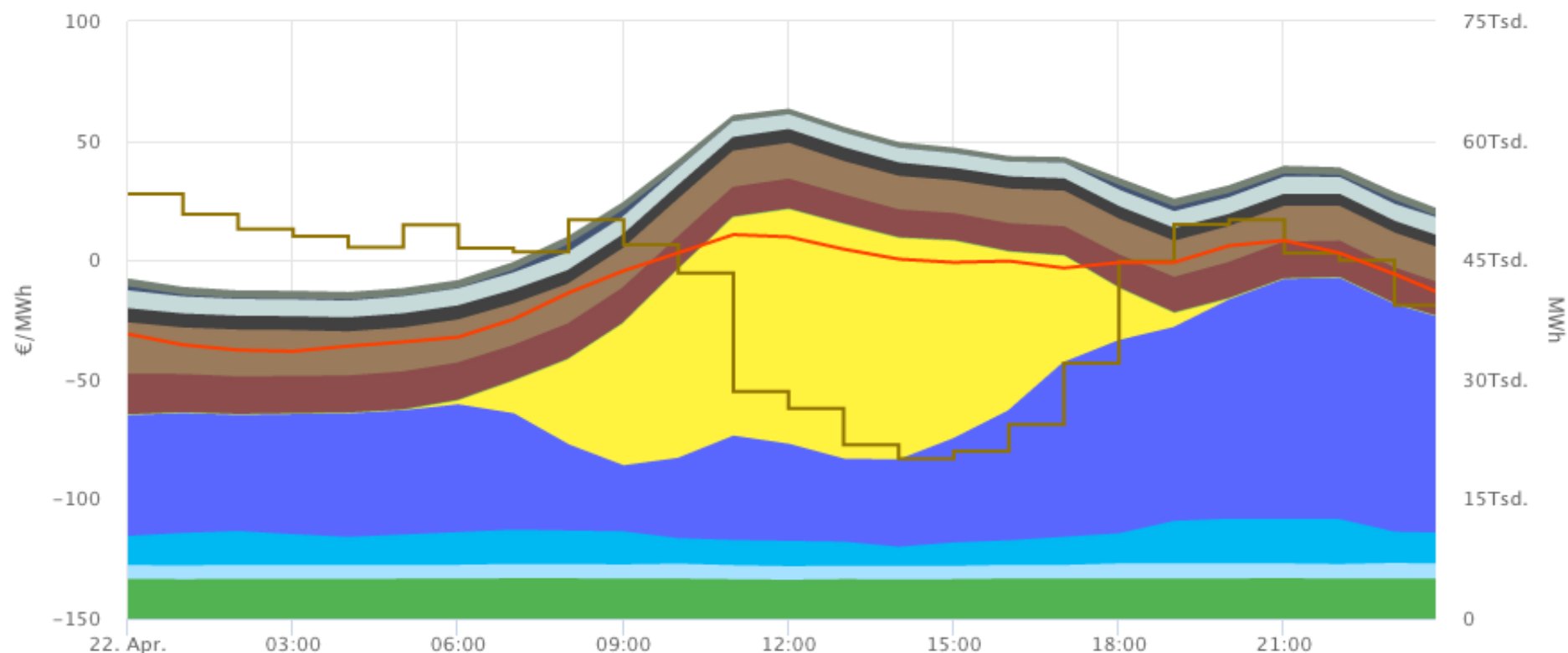
← 発電電力量と消費電力量の予想システムの開発

(1日、1時間、30分、15分後の予測)

電気自動車が普及すると

→ 配電網の安定性はどうなる？(セクターカップリングで説明)

再エネ電力の変動事例(出典:ドイツ電事連／ネット機構)



Stromerzeugung -
Realisierte
Erzeugung

- Biomasse
- Wasserkraft
- Wind Offshore
- Wind Onshore
- Photovoltaik
- Sonstige Erneuerbare
- Kernenergie
- Braunkohle
- Steinkohle
- Erdgas
- Pumpspeicher
- Sonstige Konventionelle

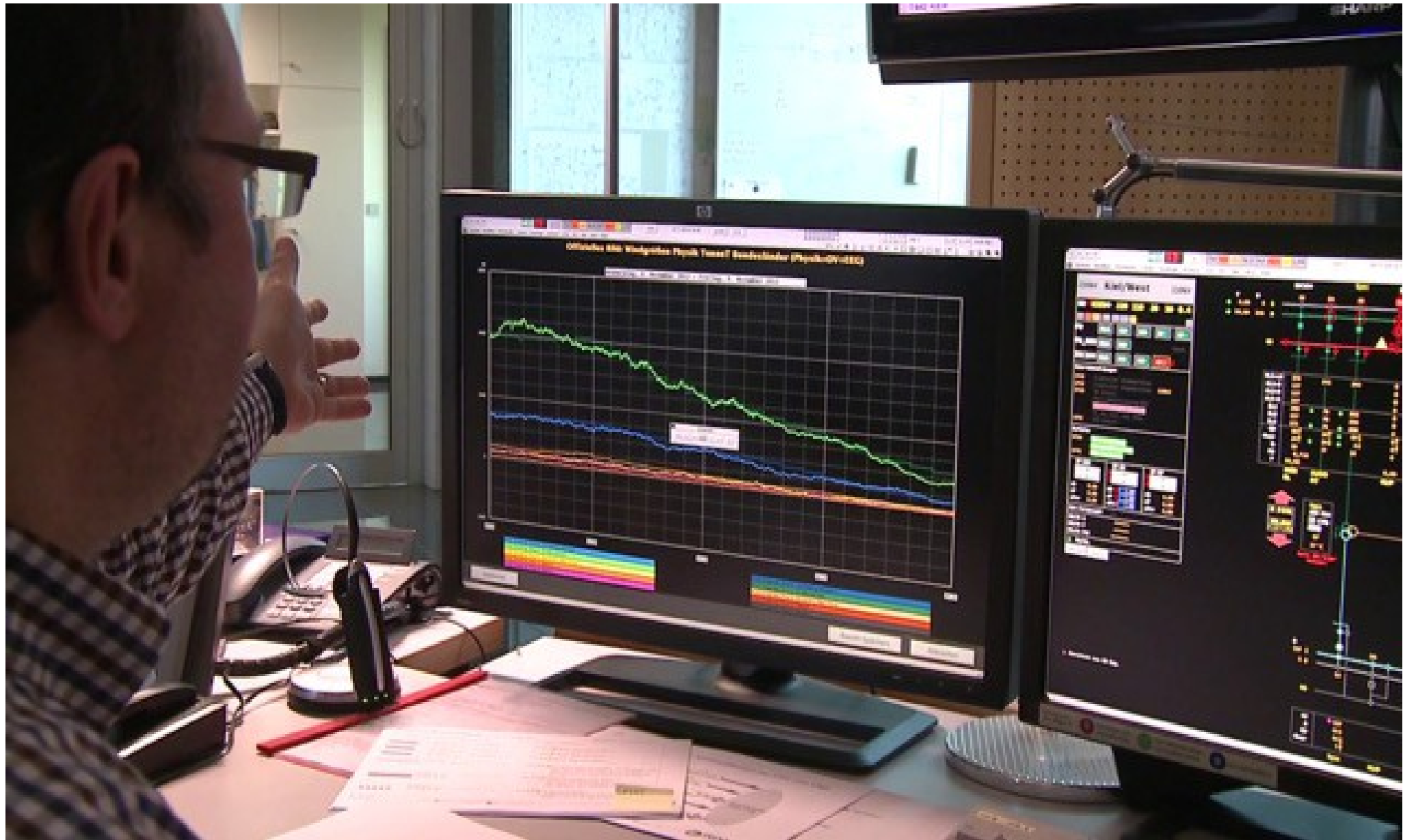
Stromverbrauch -

- Gesamt

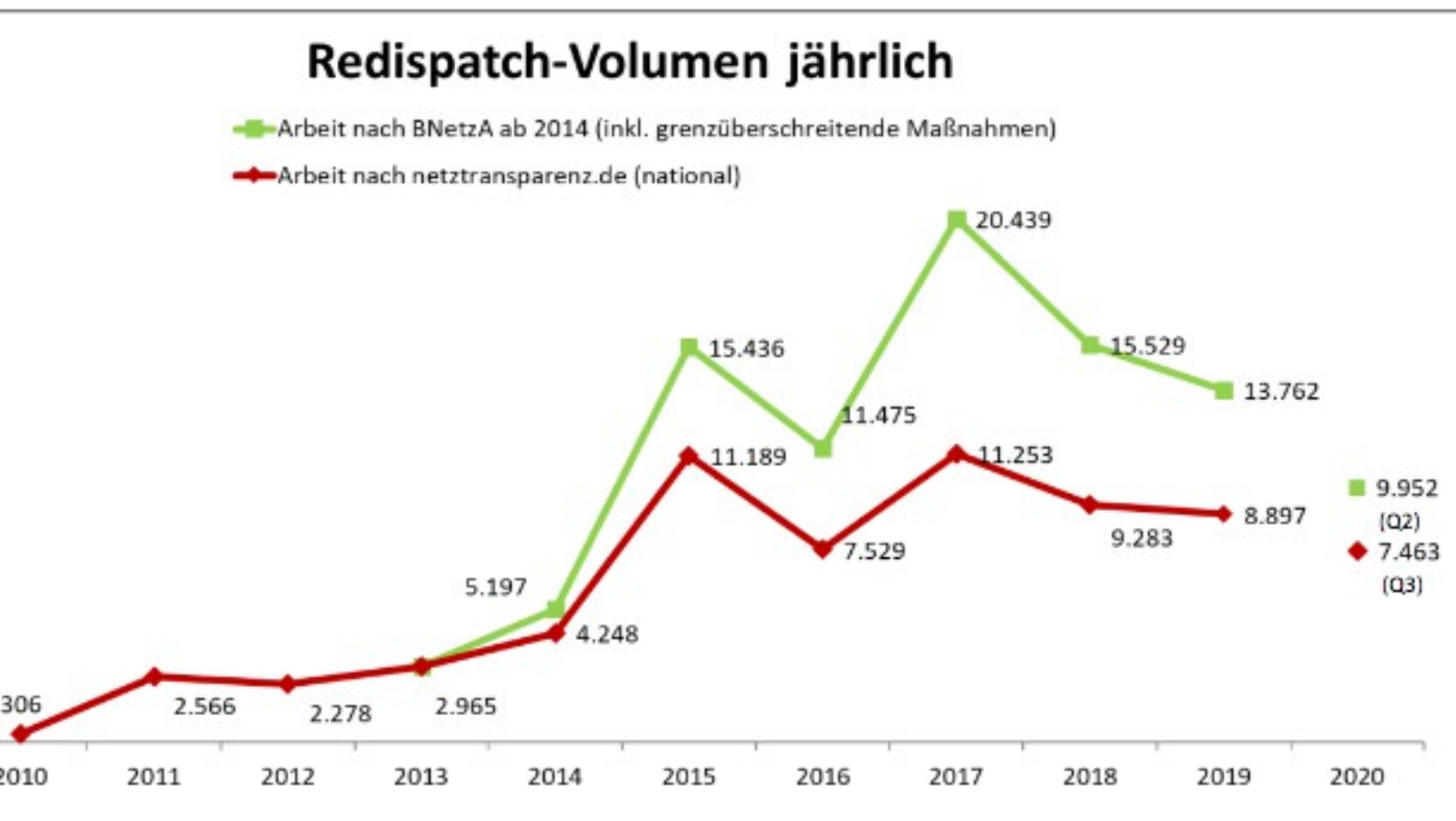


Nach ot





出力抑制された電力量 (出典:ドイツ電事連／ネット機構) (2019 年の年間発電電力量 607TWh)



Redispatch-Volumen jährlich, eigene Darstellung auf Basis Quartalsberichte BNetzA, netztransparenz.de

出力抑制によるコスト(出典:ドイツ電事連／ネット機構)

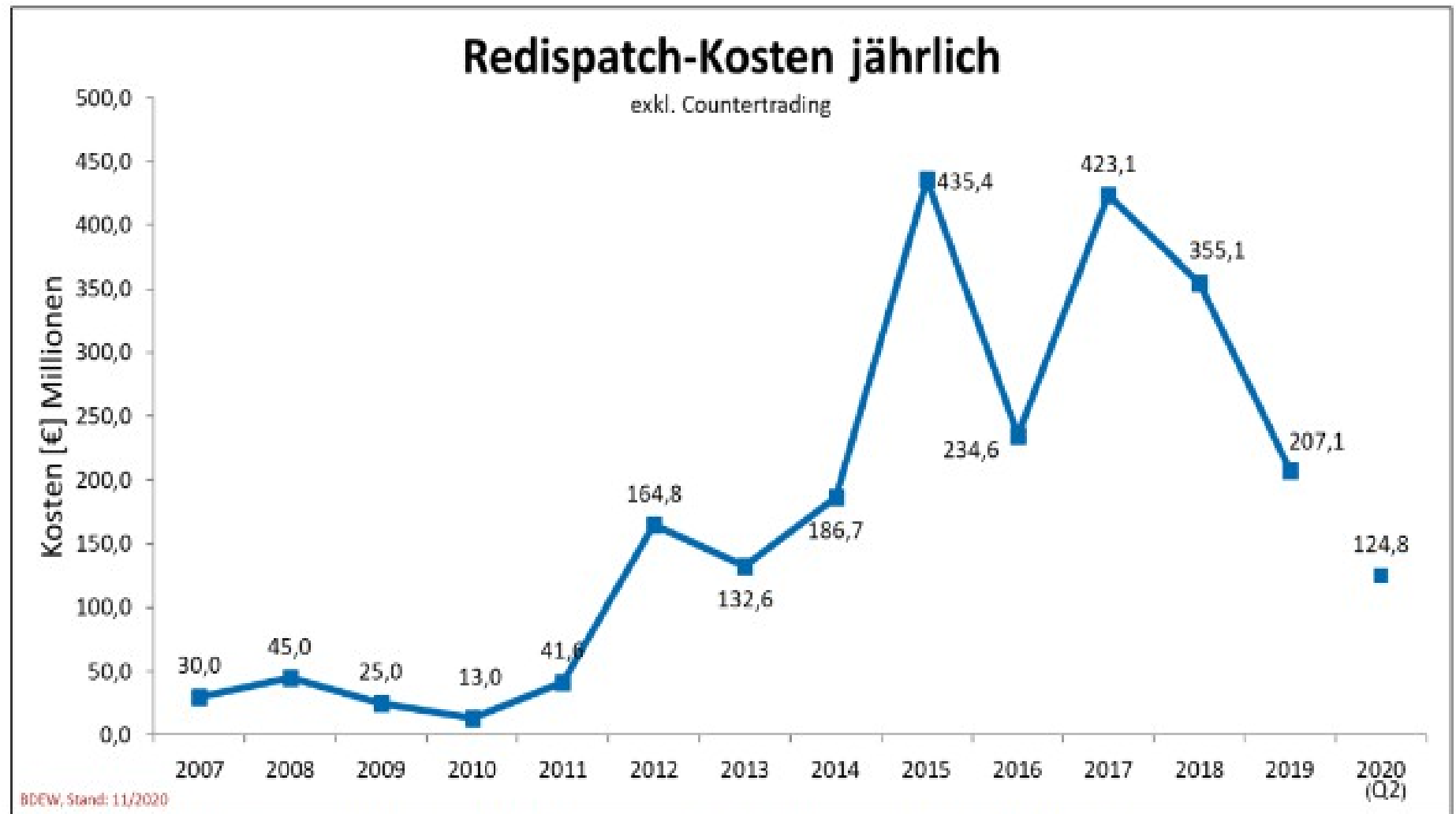
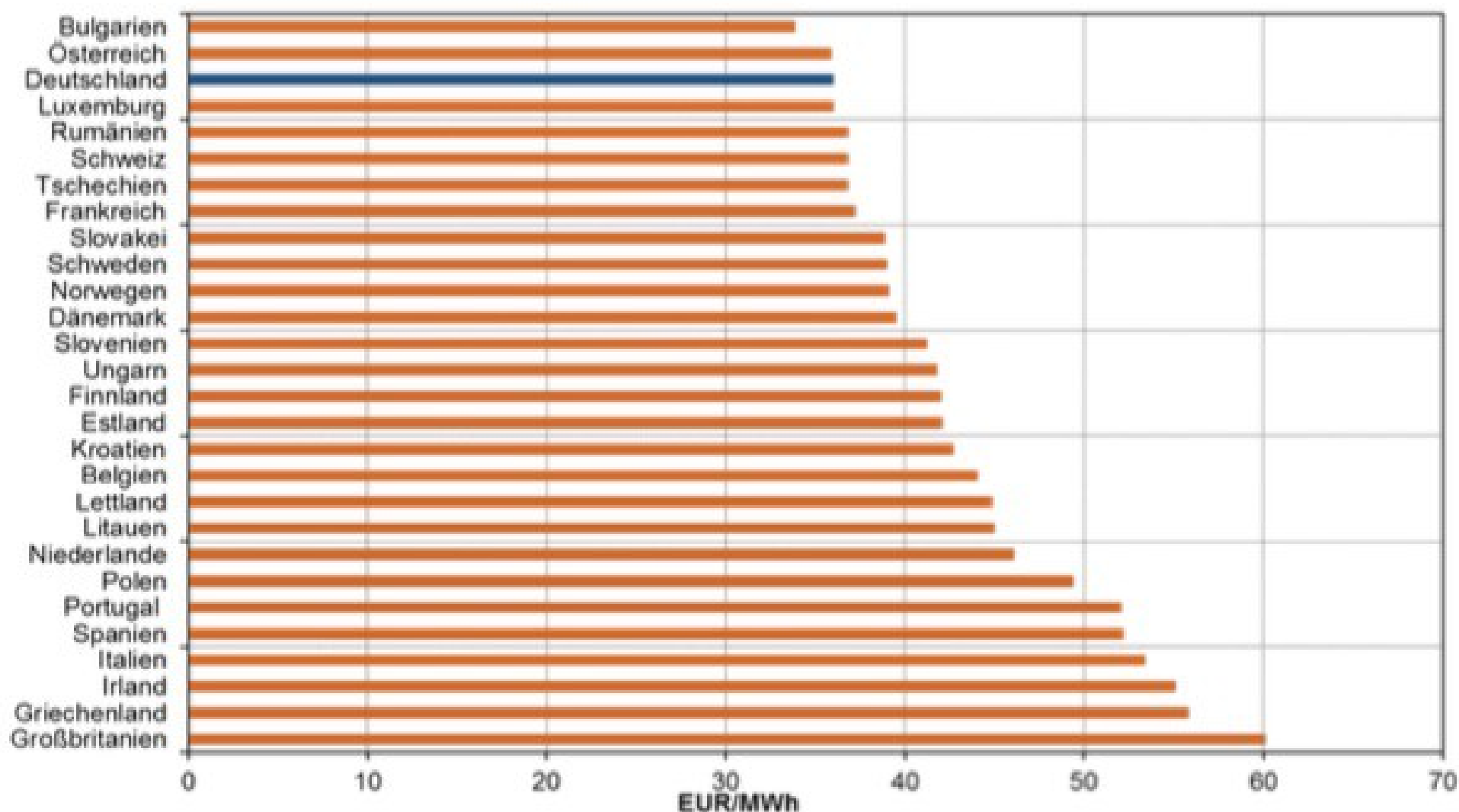


Abbildung 7: Redispatch-Kosten jährlich, eigene Darstellung auf Basis BNetzA

発電ではもうからなくなった

卸電力取引価格の欧州比較(2018 年前半)

(石炭委員会最終報告書、Platts)

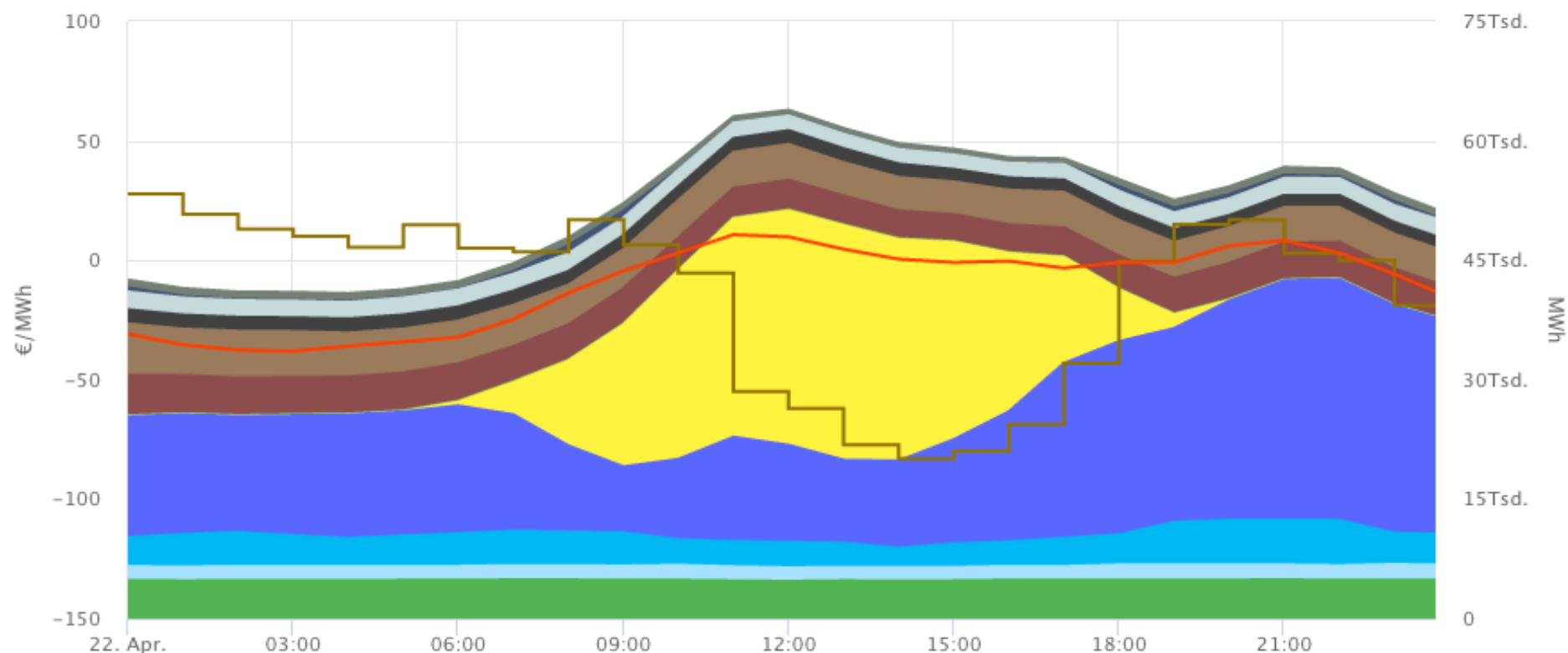


卸価格が安くなっている要因

- 電力自由化で競争が激化
- 再エネ電力の増加で、限界費用（燃料）のかからない電力が増えた
- スポット市場で、マイナス価格で取引される時間が増えた

(出典: ネット機構)	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
マイナス価格の総時間数	126	97	146	134	211
マイナス価格が連続して 6 時間以上続いた時間	56	53	88	66	123
最低価格 (ユーロ / kWh)	-8	-13	-8.3	-7.6	-9
平均価格 (ユーロ / kWh)	-0.9	-1.8	-2.6	-1.4	-1.7

電力がマイナス価格となる事例(出典:ドイツ電事連／ネット機構)



Stromerzeugung -
Realisierte
Erzeugung

- Biomasse
- Wasserkraft
- Wind Offshore
- Wind Onshore
- Photovoltaik
- Sonstige Erneuerbare
- Kernenergie
- Braunkohle
- Steinkohle
- Erdgas
- Pumpspeicher
- Sonstige Konventionelle

Stromverbrauch -

- Gesamt



Nach ot

マイナス価格となる要因

- 再エネで発電された電力が優先的に買い取られる(再エネ法)
- 火力発電や原子力発電の大型発電設備は、出力調整がしにくい
- 大型発電設備では、停止すると莫大なコストがかかる

その結果、どうなったか

- ベースロード電源を石炭火力に集中させた
- ベースロード電源と再エネが両立しない
- ベースロード電源を持っているのが邪魔になる
- 電力システムに柔軟性が求められる。調整力が重要になる

⇒ 発電ではもうもうからない

電力業界再編の要因

- 電力市場の自由化（1998 年）
 - 大手（高圧専門）が小売に進出
 - 大手 8 社が 4 社に統合（E.on, RWE, Vattenfall, EnBW）
 - 公営のシュタットヴェルケが民営化
 - 現在、配電網再公営化の傾向、市民線もあり
- 発送電分離（1998 年？）
（当初は、分社化による経理上の分離、送電部門の完全な分離（4 社中、3 社）は 2011 年）
- 自由化と再エネの普及により、卸電力価格が下落
- 卸市場においてゼロ価格、マイナス価格で電力売買
- 大手電力、再エネ市場に出遅れ

電力大手の再編

- 再編第一弾(2016 年)

E.on → E.on (再エネ、原子力) / Uniper (石炭、ガス、卸)

RWE → RWE (石炭、ガス、原子力) / innogy (再エネ、配電、小売)

- 再編第二弾(2018 年)

E.on ← innogy (配電) 買収、(再エネ) → RWE

E.on (再エネ) → RWE 、 E.on 株取得

E.on = 配電、システムサービス、(原子力)

RWE = 発電 (再エネ、石炭、ガス、原子力)

セクターカップリングの必要性

ドイツでは、再エネによる
電力システムのシステム化段階に入った

システム化とセクターカップリング (1)

エネルギーを貯蔵する

揚水発電: パワーアップ

蓄電池の普及

- 蓄電池設備(調整力)
- 地域用蓄電池
- 集合住宅用蓄電池
- 家庭用蓄電池
- 電気自動車の蓄電池
→バーチャル蓄電池

A photograph of a large, dark grey industrial building at dusk. The building has a corrugated metal facade and a series of large, dark doors on the left side. The sky is filled with dramatic, dark clouds, and the ground in front of the building is a mix of grass and paved areas. The building is illuminated by several spotlights, and the 'WEMAG' logo is brightly lit in blue. A sign on the right side of the building reads 'BATTERIESPEICHER SCHWERIN' and 'Menschen. Mächen. Energie.'.

WEMAG

**BATTERIESPEICHER
SCHWERIN**

Menschen. Mächen. Energie.

WEMAG BATTERIESPEICHER









システム化とセクターカップリング（2）

パワーツーガス（ Power to Gas ）

余剰電力で水素を製造

- 燃料電池（水素）は大型車、バスに利用
- 重工業のグリーン化
- 天然ガス網に導入
- メタン化／天然ガス網に



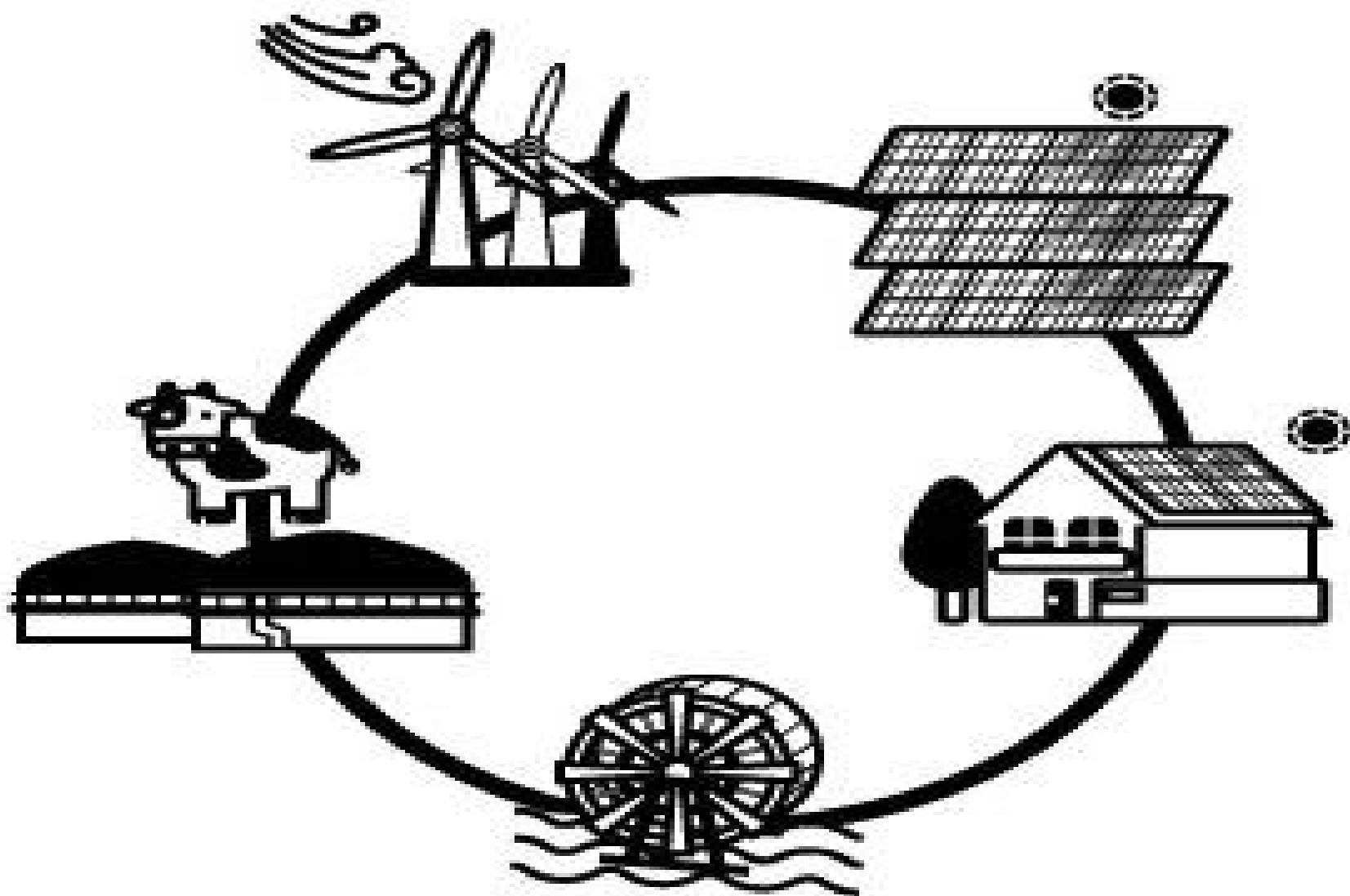


ベーシックインカム



システム化とセクターカップリング (3)

- パワーツーヒート (Power to Heat)
- バーチャル発電所
- バイオガス発電を調整力に利用
- 電力需要の管理 (一般家庭、産業界)
- 容量市場を導入せず、戦略的予備力を選択







ドイツが容量市場ではなく、 戦略的予備力を選択した背景

- ベースロード電源ではなく、柔軟性のある調整力が必要
←再エネの発電電力量には変動がある
- そのためには、ガス発電を必要とし、送電網整備状況に応じて必要な発電所を特定すればいい
→コスト削減効果
- 容量市場でうまくいく保証がない
(過去の事例から失敗する可能性もある)
- 一旦設置すると、止めるのが難しくなる
←再エネ化への過渡期にあるのに、再エネ化に不要な発電所に資金の流れるメカニズムは必要ない

再エネ化に向けた問題提起

ドイツでは、風車が設置しにくくなっている。

←FIT 価格が下がり、設置しても利益が上がらない

→ 再エネへの投資意欲が失われる

この現象は、太陽光発電にも出てくる

エネルギーオンリーマーケットの限界

→ 再エネをさらに拡大するにはどうすべきか？

何らかの容量メカニズムは必要ないのか？

ご清聴ありがとうございました

ベルリン @ 対話工房

ホームページ: <https://taiwakobo.de>

ツイッター: @berlintaiwakobo

フェイスブック: @berlintaiwakobo