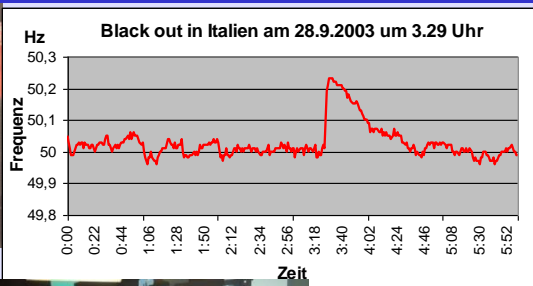


# Internationale Klima- und Energiekonferenz Von der Grundlastdeckung zur Lückenlastdeckung

Europäisches Institut für Klima und Energie, EIKE,  
NH München Ost Conference Center 23.-24.11.2018, München

Energiegipfel am 3.7.07  
und 3.4.2006, Berlin,  
am 2.5.2012 ohne Presse  
Ohne EVU Beteiligung:  
Donnerstag den 21.3.2013



Frequenz beim Blackout  
in Italien am 28.9.2003  
um 3.29 Uhr,



**Energiewende:**  
Technisch geht fast alles, es  
muss jedoch sicher, bezahlbar  
und umweltverträglich sein!  
Sicherheit: 10.000 Jahre/Tag ?

Handelsblatt vom 7./9.10.2016

## Die Energiewende kommt voran

Von 10 auf 30 Prozent in nur einem Jahrzehnt: Der Öko-Anteil an der Stromproduktion wächst nach Plan. Das Ziel, bis zur Mitte des Jahrhunderts fast nur noch auf Erneuerbare Energien setzen zu können, ist erreichbar.

Doch es gibt Probleme: Bei den Windrädern ist es der Platzbedarf, bei der Photovoltaik der hohe Preis. Und dann müssen auch noch Hunderte Kilometer neue Stromtrassen her. Zuletzt gingen die Investitionen in die Erneuerbaren wieder zurück.

Von Imran Ahmad & Hans Christian Müller (Inhalt)  
und André Schiem (Grafik)



inst. Leistung Wind

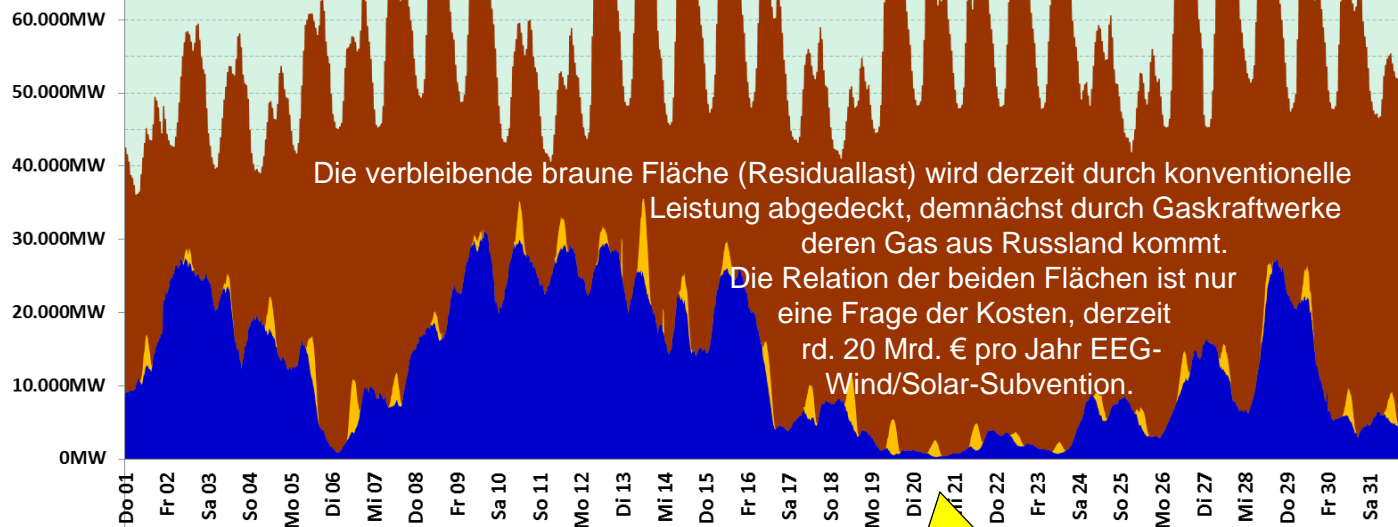
Solarenergie Einspeisung ist

Installierte Windleistung: 39.674 MW, installierte Solarleistung: 38.267 MW  
insgesamt: 77.941 MW

■ Load = Verbrauch (Entsoe)

■ Windenergie Einspeisung Ist

Load und Leistung [MW]



Die verbleibende braune Fläche (Residuallast) wird derzeit durch konventionelle Leistung abgedeckt, demnächst durch Gaskraftwerke deren Gas aus Russland kommt.  
Die Relation der beiden Flächen ist nur eine Frage der Kosten, derzeit rd. 20 Mrd. € pro Jahr EEG-Wind/Solar-Subvention.

**Dreimol Null is Null blieb Null!**

Datenquelle: Entso-e / Netzbetreiber

Auflösung: Viertelstundenwerte

Darstellung: Rolf Schuster



Prof. Dr.-Ing. Helmut Alt  
FH Aachen, University  
of Applied Sciences  
helmut.alt@fh-aachen.de  
Tel. (0241) 520108

# Grundsätzliches zu den Stromerzeugungskosten

$$K_{Strom} = K_{Anlage} + K_{Brennstoff} + K_{Betrieb}$$

Die Anlage- und die Betriebskosten sind nur von der Größe (Leistung) der Anlage in €/kW abhängig.

Die Brennstoffkosten sind vom Brennstoffpreis in €/kWh abhängig.

Dieser ist für Wind- und Solaranlagen gleich Null.

(Die Sonne schickt keine Rechnung, sehr wohl aber der Anlagebetreiber!)

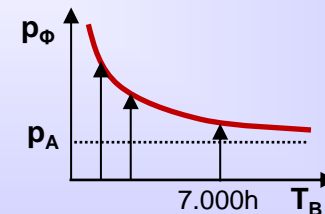
Die spezifische Stromerzeugungskosten:

mit  $p_L$  in €/kW (spez. Leistungskosten)

und  $p_A$  in €/kWh (spez. Arbeitskosten):

ergeben sich in Abhängigkeit von der Benutzungsdauer  $T_B$  aus der Summe anlageabhängigen Kosten  $p_L$  und der brennstoffabhängigen Kosten  $p_A$  zu:

$$p_{Strom,spez} = \frac{K_{Strom}}{W_J} = \frac{K_{Strom}}{P_{max} \cdot T_B} = \frac{p_L}{T_B} + p_A$$



Der erste Term geht für  $T_B = 0$  gegen unendlich,

von wegen: „Die Sonne schickt keine Rechnung“ q.e.d.

# Strom ist das Blut der Wirtschaft

## Ist die Netzstabilität gewährleistet?

**Frequenz → Wirkleistung, Spannung → Blindleistung**

- Stromerzeugung und Strombedarf
- Ausgleich durch das europäische Verbundnetz
- Möglichkeiten der Stromspeicherung, Wirkungsgrade
- Folgen der Netzin stabilität → **Landesweiter blackout!**
- Deutschlands Strommix im Europa - Vergleich
- Deutschlands Strommix im Welt - Vergleich

## Analyse der Energiewendeziele bezüglich der technisch-wirtschaftlichen Machbarkeit

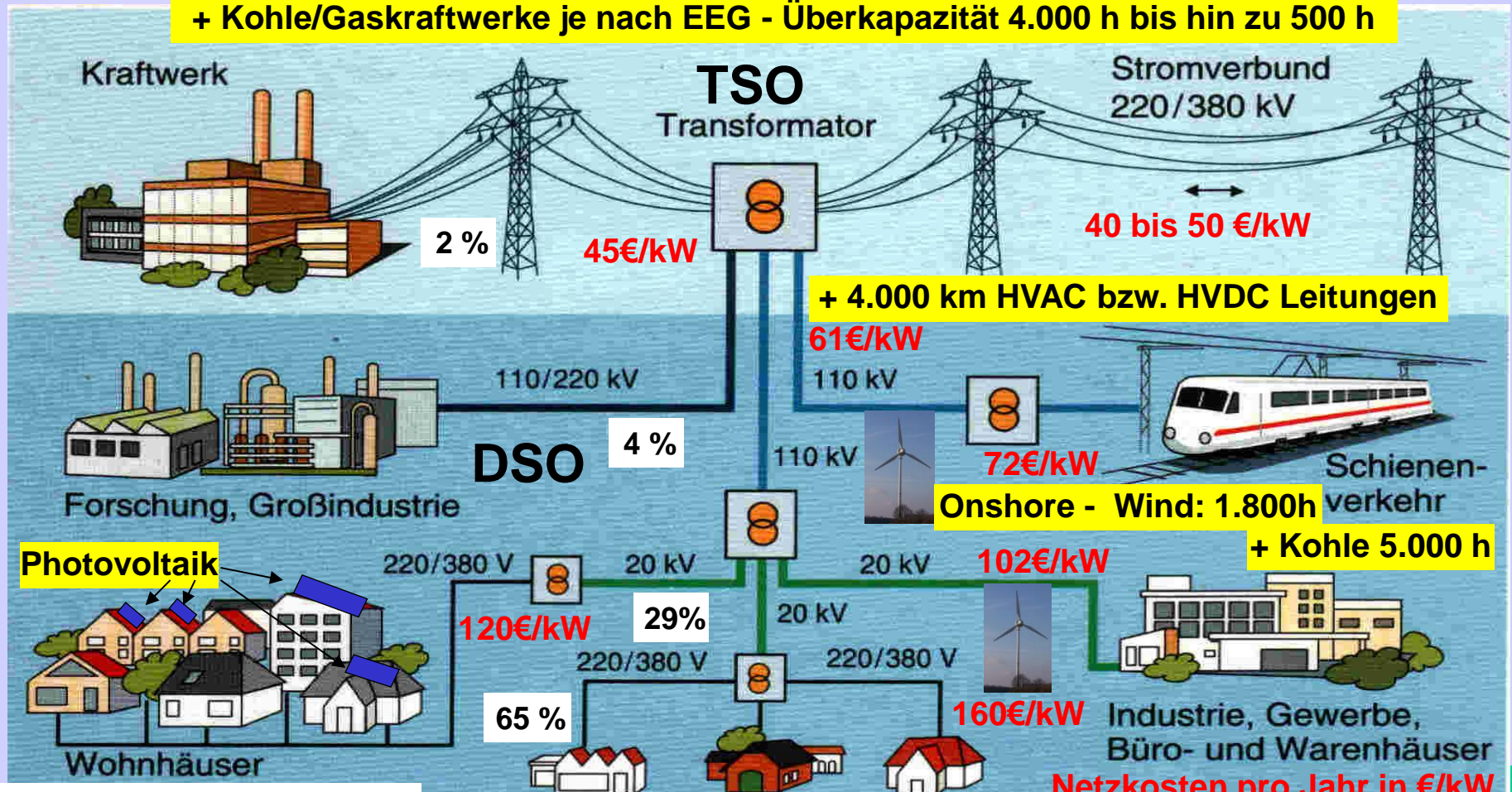
- Eine frequenzstabile elektrische Energieversorgung erfordert eine fast sekundengenaue Übereinstimmung der erzeugten Leistung mit der sporadisch sich ändernden Verbraucherleistung.
- Dies wurde bisher auf Basis der mit statischer Kennlinie verfügbaren Frequenz-Leistungsregelung in Form der Primärregelung und der zeitlich darauf aufsetzenden, durch die Übergabe - Leistungsgesteuerten Sekundärregelung in einem Frequenzband von rd.  $\pm 0,15$  Hz Frequenzabweichung realisiert.
- Maßgeblich hierfür ist der im entsoe - Netz wirksame Leistungskoeffizient von rd. 27.000 MW/Hz bei einer mittleren Statik  $s = 4$  % der einspeisenden Regelkraftwerke:

$$\text{Leistungskoeffizient : } K = \frac{\Delta P}{\Delta f} = \frac{1}{s} \cdot \frac{P_n}{f_n}$$

Bei 0,1 Hz Frequenzabweichung vom 50 Hz Nennwert entspricht dies dem zusätzlichen Betrieb oder Wegfall von zwei Kernkraftwerken am Netz oder 540 Windenergieanlagen zu je 5 MW Nennleistung bei einer Windstärke von rd. 12 m/s.

# Techn. Struktur der elektrischen Energieversorgung

Onshore Wind: 2.000 h, Offshore Wind: 4.500 h im Jahr, erforderlich: 8.760 h  
 + Kohle/Gaskraftwerke je nach EEG - Überkapazität 4.000 h bis hin zu 500 h



650 konventionelle Kraftwerke + 1,6 Mio. dezentrale Stromerzeugungsanlagen

Netzlänge: 1,78 Mio. km davon:  
 Höchstspannung: 35.708 km  
 Hochspannung: 76.279 km  
 Mittelspannung: 507.210 km  
 Niederspannung: 1,16 Mio. km

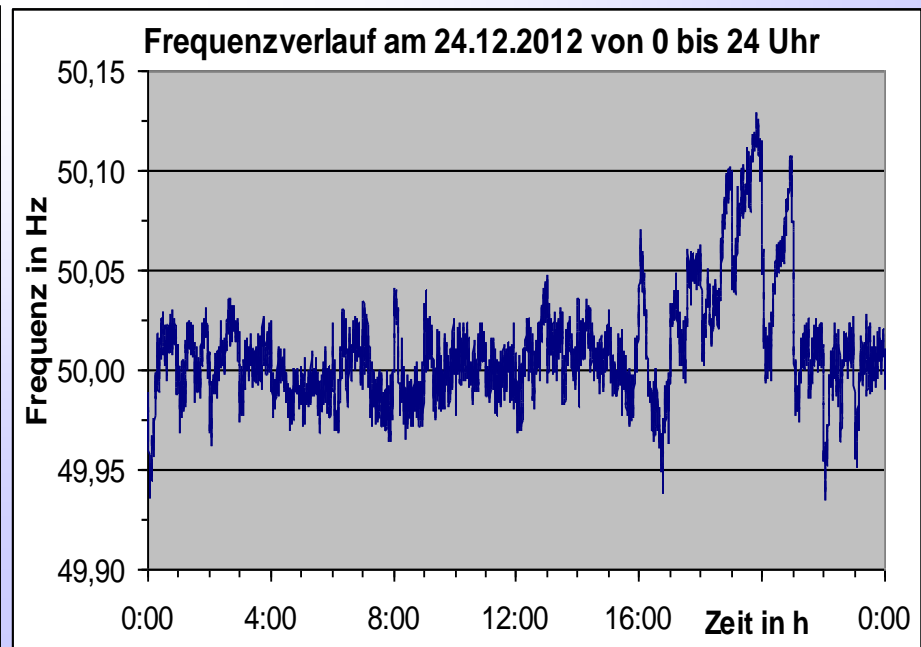
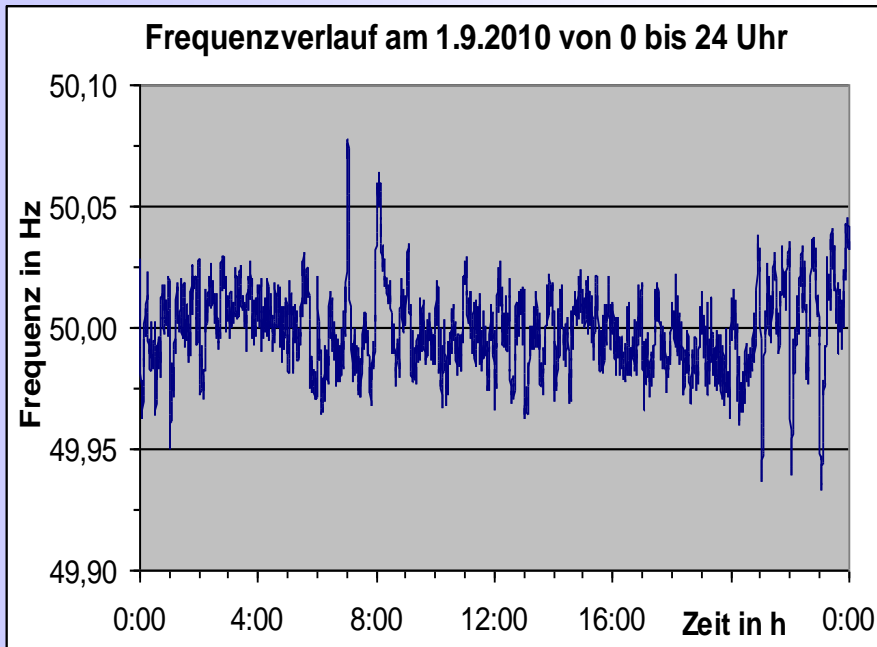
Kleinbetriebe, Landwirtschaft, Einzelhäuser  
 BNA - Anreizregulierung: bei Neuinvestitionen: 9,05 %, Altanlagen: 7,14 %  
 Ab 2018/19: Neuanlagen: 6,91 %, Altanlagen: 5,12 % vor Körpersch.Steuer

TSO: Transit System Operator,  
 DSO: Distribution System Operator

Netzkosten pro Jahr in €/kW,  
 Stand 2016

# Frequenzverlauf über die Zeit

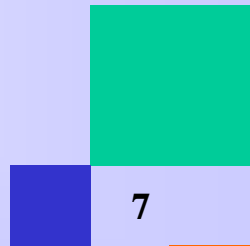
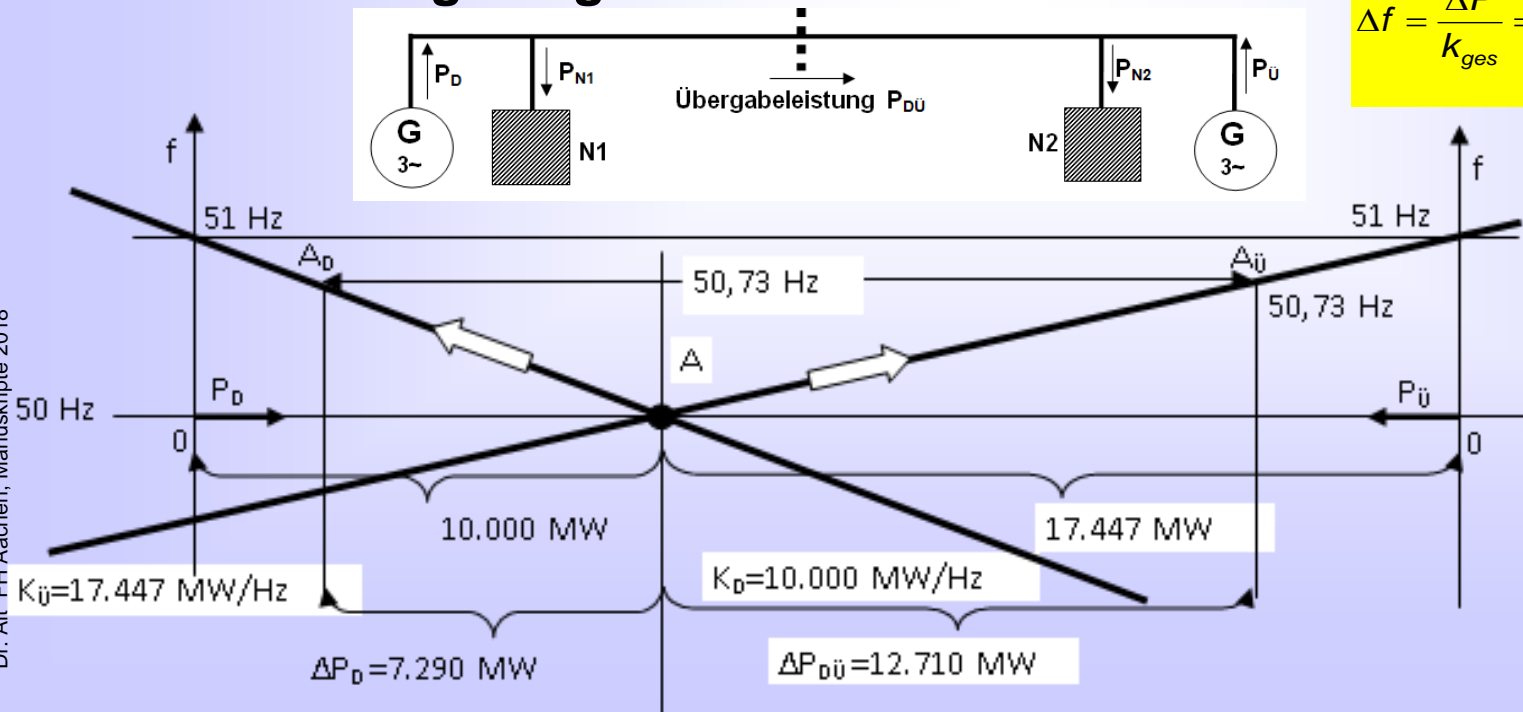
- Da einerseits die über Gleichspannungszwischenkreise - dynamisch vom Netz entkoppelt - mit eingprägter Leistung einspeisenden Windenergie- und Photovoltaikanlagen zu dem Leistungskoeffizienten keinen Beitrag leisten können und andererseits eine Mindestleistung der konventionellen thermischen Kraftwerke von 30 % der Nennleistung nicht unterschritten werden kann, ist eine Residuallast von mindestens rd. 30 % zu jeder Zeit erforderlich. Die bisher installierte Photovoltaikleistung von 44,5 GW und die Windleistung von 56,6 GW, also insgesamt rd. 101,1 GW fluktuierend verfügbar Leistung hat die Bedarfsleistung von rd. 65 GW bis 85 GW zur Spitzenlastzeit werktags am späten Vormittag bereits deutlich überschritten.



# Frequenz-Leistungsdiagramm Primärregelung

- Der Arbeitspunkt der Primärregelung liegt ohne Windleistungseinspeisung im Schnittpunkt der beiden Frequenz-Leistungskennlinien:  $K_D$  ist die Kennlinie des deutschen Netzes,  $K_{\ddot{u}}$  ist die Kennlinie der übrigen Verbundnetze.
- Infolge der Windeinspeisung von 20.000 MW im deutschen Netz wandert der Arbeitspunkt A auf der Kennlinie des deutschen Netzes zu  $A_D$  und auf der Kennlinie der übrigen Netze zu  $A_{\ddot{u}}$ . Dabei steigt die Frequenz zunächst auf 50,73 Hz an. Dadurch wird im deutschen Netz nach dem Verursacherprinzip die Sekundärregelung wirksam.

$$\Delta f = \frac{\Delta P}{K_{ges}} = \frac{20.000 \text{ MW}}{27.447 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}} = 0,73 \text{ Hz}$$

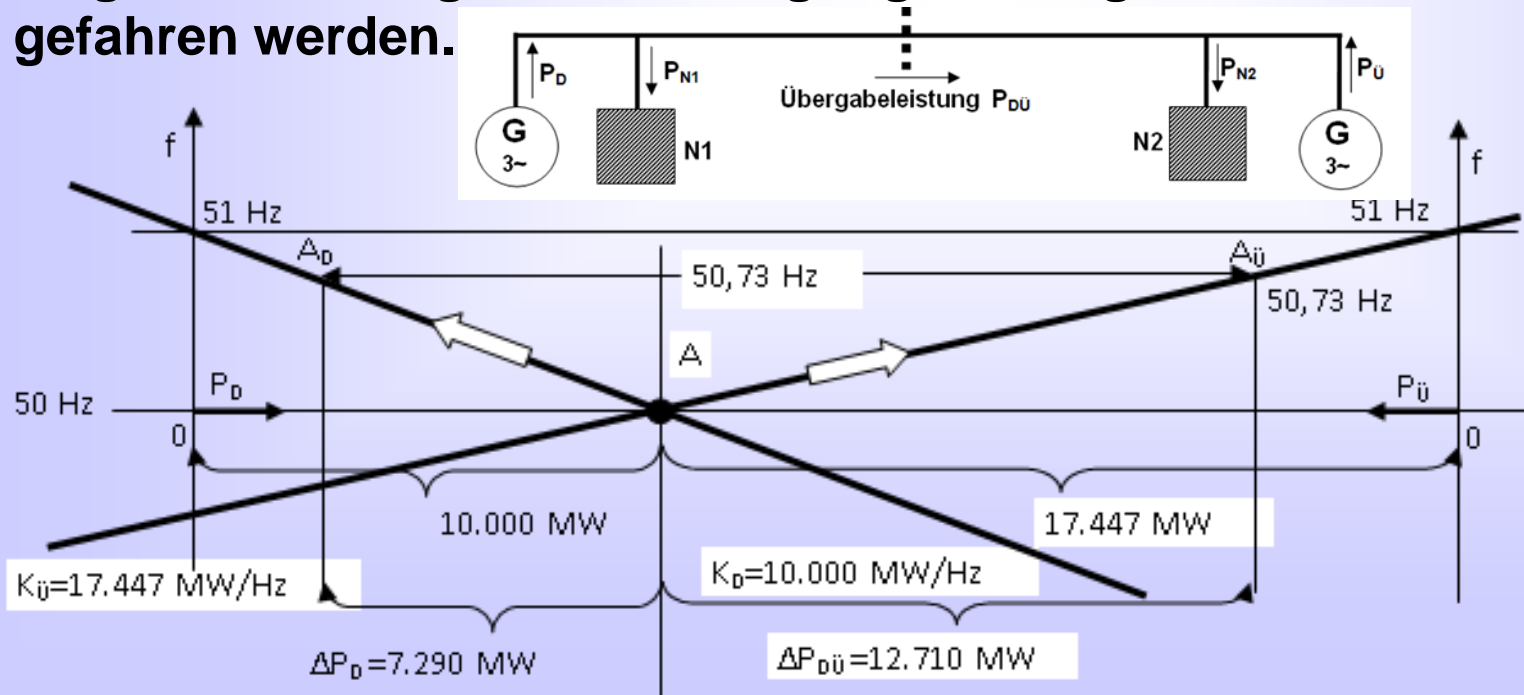


# Frequenz-Leistungsdigramm Sekundärregelung

- Die Stellgröße für die Sekundärregelung im deutschen Netz erfasst die Frequenz  $f$  und die Übergabeleistung als Summe aller Übergabeleistungsänderungen  $P_{\ddot{u}}$  zu den Nachbarnetzen.

$$Y_{S1} = K_1 \Delta f + \Delta P_{\ddot{u}} \quad Y_{S1} = K_1 \Delta f - K_1 \Delta f = 0 \quad Y_{S,n} = K_n \Delta f + K_1 \Delta f \neq 0$$

- Infolge der Windeinspeisung von 20.000 MW im deutschen Netz und des Frequenzanstiegs um 0,73 Hz wird die Einspeiseleistung zwar um 7.290 MW zurück gedrängt, aber die Übergabeleistung zu den Nachbarnetzen 12.710 MW erhöht. Daher kann die Ursache nur im deutschen Netz liegen. Also muss dort insgesamt die regelbare Erzeugung um insgesamt 20.000 MW zurück gefahren werden.

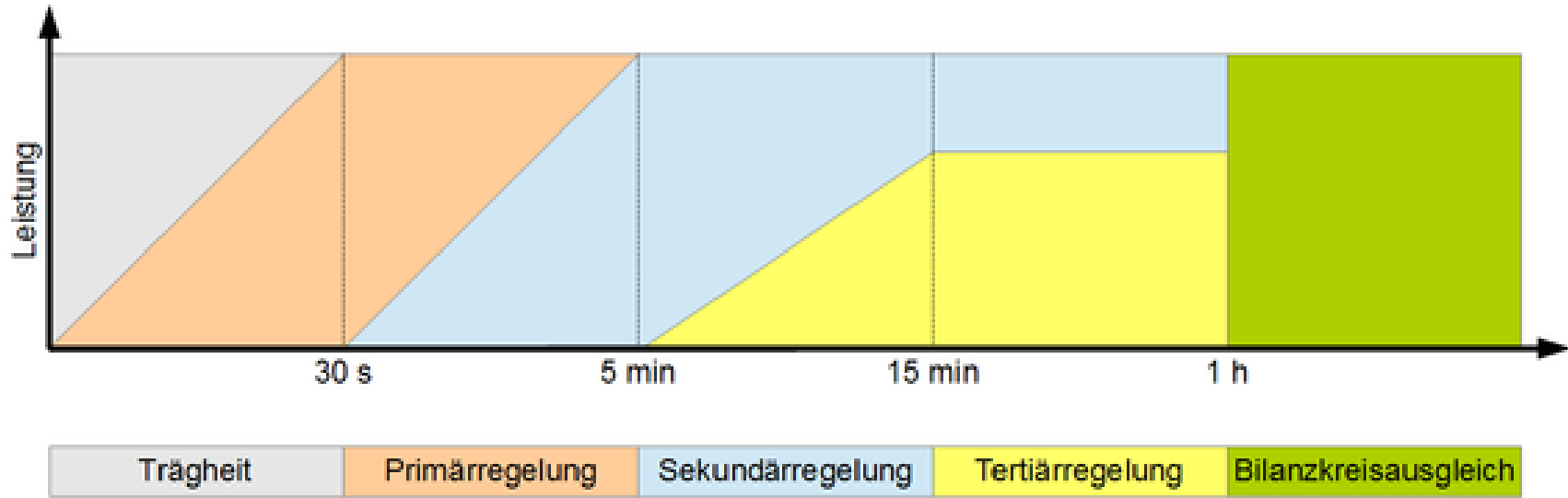




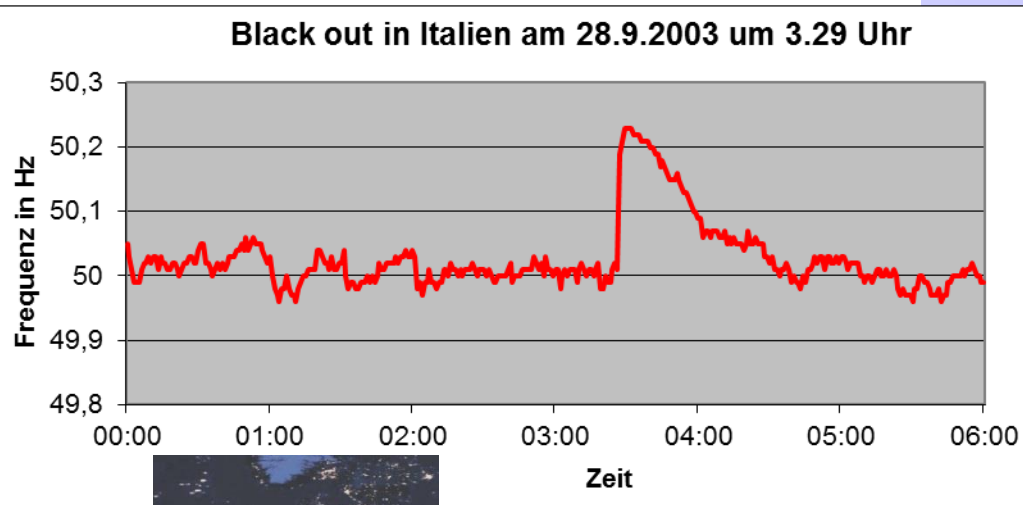
# Frequenz-Leistungsdigramm Tertiärregelung

- Aufgrund der zeitweisen Frequenzabweichung gehen die frequenzgesteuerten Uhren, die ja synchron mit der Frequenz, laufen immer ungenau, bei zu niedriger Frequenz nach und bei zu hoher Frequenz vor.
  - Daher hat der für das europäische Netz verantwortliche Übertragungsnetzbetreiber Amprion in der Hauptschaltleitung in Brauweiler die Aufgabe, anhand einer astronomischen Uhr (DCF) und der frequenzgesteuerten Uhr nach Möglichkeit die Übereinstimmung beider Uhren immer wieder herbei zu führen. Normalerweise beträgt die Zeitdifferenz maximal rund 30 Sekunden. Bei starklast im Netz hinkt die Frequenz etwas hinterher, bei Schwachlast ist der Nacht ist sie dann etwas über 50 Hz und holt die Zeitanzeige der frequenzgesteuerten Uhr dann wieder auf.
  - Vor einiger Zeit kam es wegen mangelnder Erzeugung in östlichen Ländern des Entsoe-Netzes zu einigen Minuten Zeitdifferenz, die aber innerhalb eines Monats wieder ausgeglichen wurde, ohne die frequenzgesteuerte Vergleichsuhr in Brauweiler von Hand der DCF-Uhr anzugleichen.
- Wenn man das gemacht hätte, würden dann alle frequenzgesteuerten Uhren in Europa - ohne Korrektur von Hand - nun um die Differenzzeit nachgehen.

# Einsatzabfolge der einzelnen Netzregelarten



Ein Beispiel erfolgreicher Netzregelung war z.B. der black out in Italien am 28.9.2003. Bei diesem Ereignis wurde aufgrund frühen Nassschneebefalls der 400 kV-Freileitungen von Frankreich nach Italien die Leistungsübertragung von Frankreich nach Italien spontan unterbrochen. Die verbleibende Erzeugungskapazität in Italien war nicht ausreichend, um den dortigen Leistungsbedarf zu decken, so dass ganz Italien insgesamt für viele Stunden stromlos war. Die Stabilitätsgefährdung im Entsoe-Netz war nach rd. einer Stunde beseitigt.





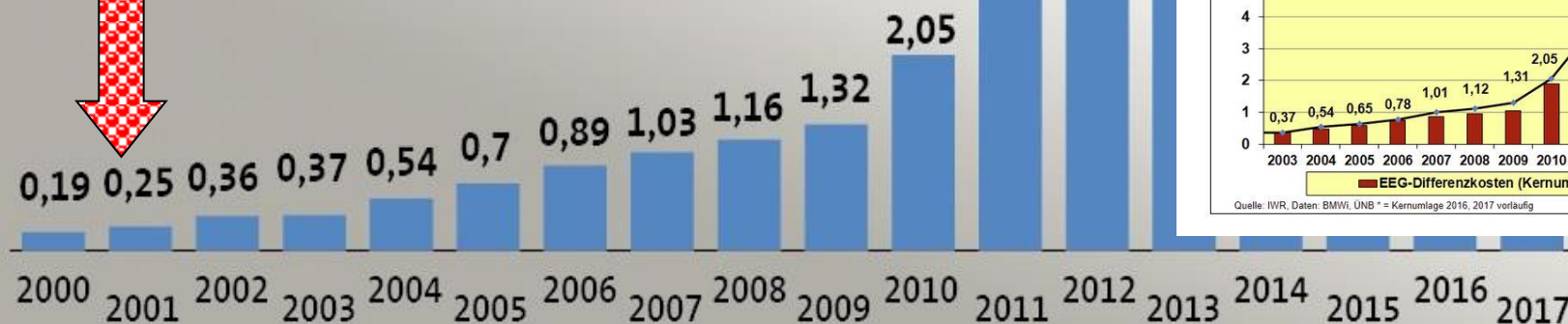
# Was die Energiewende in Deutschland kostet ?

## EEG-Umlage für Haushaltsstromkunden in Deutschland

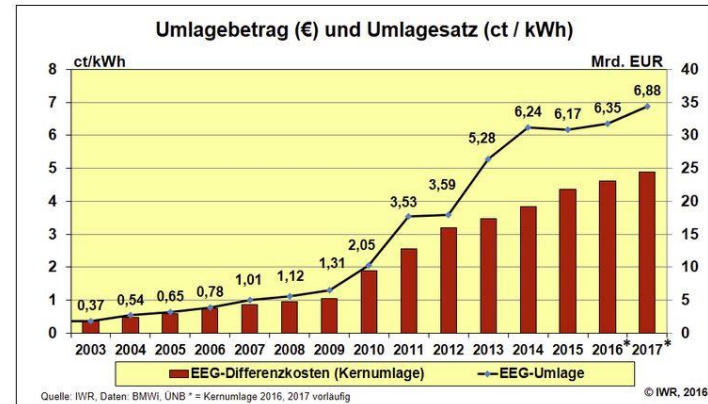
IN EURO-CENT PRO KILOWATTSTUNDE

**Das ist die Wirklichkeit: 330 € pro Jahr**

**Trittinsches Versprechen: maximal eine Kugel Eis pro Monat**



2018: 6,792 ct/kWh



Quelle: Bundesregierung

**+7 ct/kWh Netzentgelte +2,9 ct/kWh KWK und Stromsteuer, sonstige!**

# Was sagen unsere Politiker zur Energiewende ?

Bereits auf der Energiekonferenz am 29.10.2004 im Hyatt-Hotel in Köln sagte sie als damalige CDU-Chefin vor Managern der Deutschen Energiewirtschaft mit Ihrem ureigenen Gespür für die normative Kraft gesellschaftlicher Fehlentwicklungen:

*"Auf die Dauer gibt es so viele Profiteure der Windenergie, dass Sie keine Mehrheiten mehr finden, um das noch einzuschränken".*

Genau das ist inzwischen eingetreten, so dass rationale Argumente der energiewirtschaftlichen Vernunft solange ungehört bleiben müssen, bis der Leidensdruck der Menschen, die den elektrischen Strom schlussendlich bezahlen müssen, oder die weltpolitischen Randbedingungen, zu vernünftigem Handeln zwingen. Nun, 11 Jahr später, ist es höchste Zeit, die Ankündigungen von damals durchzusetzen und dieser Fehlentwicklung Einhalt zu gebieten. Sie sagte folgerichtig weiter bei einer Tischrede beim Handelsblattdinner am 22.4.2013 in Berlin:

*"Wir müssen jetzt ein Gesetz ändern, das die alternativen Energien fördert – und von dem viele profitieren. Wie bisher können wir nicht weitermachen."*

Das ist erstaunlich kompatibel mit den Ausführungen unseres Wirtschaftsministers Sigmar Gabriel, er sagte am 17.4.2014 in Kassel in einem Vortrag bei dem Hersteller von Solarkomponenten SMA zur Energiewende wörtlich folgendes:

*„Die Wahrheit ist, dass die Energiewende kurz vor dem Scheitern steht.“*

*„Die Wahrheit ist, dass wir auf allen Feldern die Komplexität der Energiewende unterschätzt haben.“*

*„Für die meisten anderen Länder in Europa sind wir sowieso Beklopte.“*

Entsprechendes wurde auch bereits vom Präsidenten des ifo-Institutes in München, Herrn Prof. Dr. Hans-Werner Sinn in einem Vortrag mit dem Titel: **"Energiewende ins Nichts"** am 16.12.2013 an der LMU in München dargestellt und sehr eindrucksvoll in 13 Thesen begründet.

Alle haben leider Recht, aber keiner wirklich die Kraft oder den Mut, die notwendigen Änderungen offensiv einzuleiten. Die Stromverbraucher müssen die EEG-Fehlentwicklungen noch lange bezahlen.

Der Direktor der Denkschule für deutsche Energiepolitik „Agora Energiewende“, Herr Dr. Patrick Graichen wird in „Die Zeit“ vom 4.12.2014 zur Energiewende wie folgt zitiert:

*„Wir haben uns geirrt bei der Energiewende. Nicht nur bei ein paar Details, sondern in einem zentralen Punkt. Die vielen neuen Windräder und Solaranlagen, die Deutschland baut, leisten nicht, was wir uns von ihnen versprochen haben. Wir hatten gehofft, dass sie die schmutzigen Kohlekraftwerke ersetzen würden, die schlimmste Quelle von Treibhausgasen. Aber das tun sie nicht.“*

Diesen Irrtum haben die Stromverbraucher mit jährlich über 20 Mrd. € an Mehrkosten für den Stromverbrauch zu bezahlen. An vielen einzelnen Tagesintervallen in jedem Monat ist die Summe aus Wind- und Sonnenanlagen bereitgestellten Leistung nahezu gleich Null. An solchen Tagen zeigt sich als harte Realität in Deutschland, dass auch bei beliebig vielen Wind- und Sonnenanlagen die hundertprozentige Ersatzleistungsbereitstellung aus konventionellen Kraftwerken unabdingbar ist. Da können auch teure „smart grids“ nicht weiterhelfen.

Man benötigt also komplett zwei Systeme, eines für die Zeit, wenn der Wind weht und eines wie bisher, für die Zeiten, wenn der Wind nicht stark weht, dies in Demut zu bekennen würde unserem Land nützlich sein!

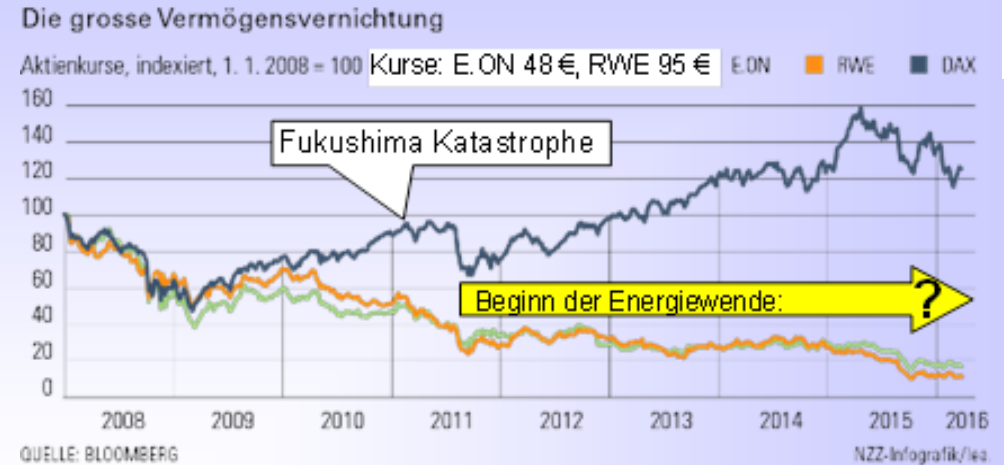
# Was sagen unsere Politiker zur Energiewende ?

Am 08.01.2015 16:25, schrieb mir Wolfgang Clement, ehemals Bundeswirtschaftsminister und zuvor Ministerpräsident NRW:

Sehr geehrter Herr Professor Alt, soeben erhielt ich von der Redaktion des „Handelsblatt“ Ihren Brief zu meinem Kommentar („Vor dem Offenbarungseid“) übermittelt. Ich bedanke mich herzlich für Ihre Zeilen und ebenso für die Anlagen, die ich mit Gewinn gelesen habe. Sie bestärken mich in meinen, im Rahmen meiner Möglichkeiten liegenden Bemühungen, eine „Wende“ dieser schrecklichen „Energiewende“ herbei zu reden und herbei zu schreiben.

Ich meine, feststellen zu können, dass bei insgesamt anwachsender Kritik in Berlin hier und da – namentlich bei Herrn Gabriel – die Einsicht in die Irrungen und Wirrungen der „Energiewende“-Politik wächst.

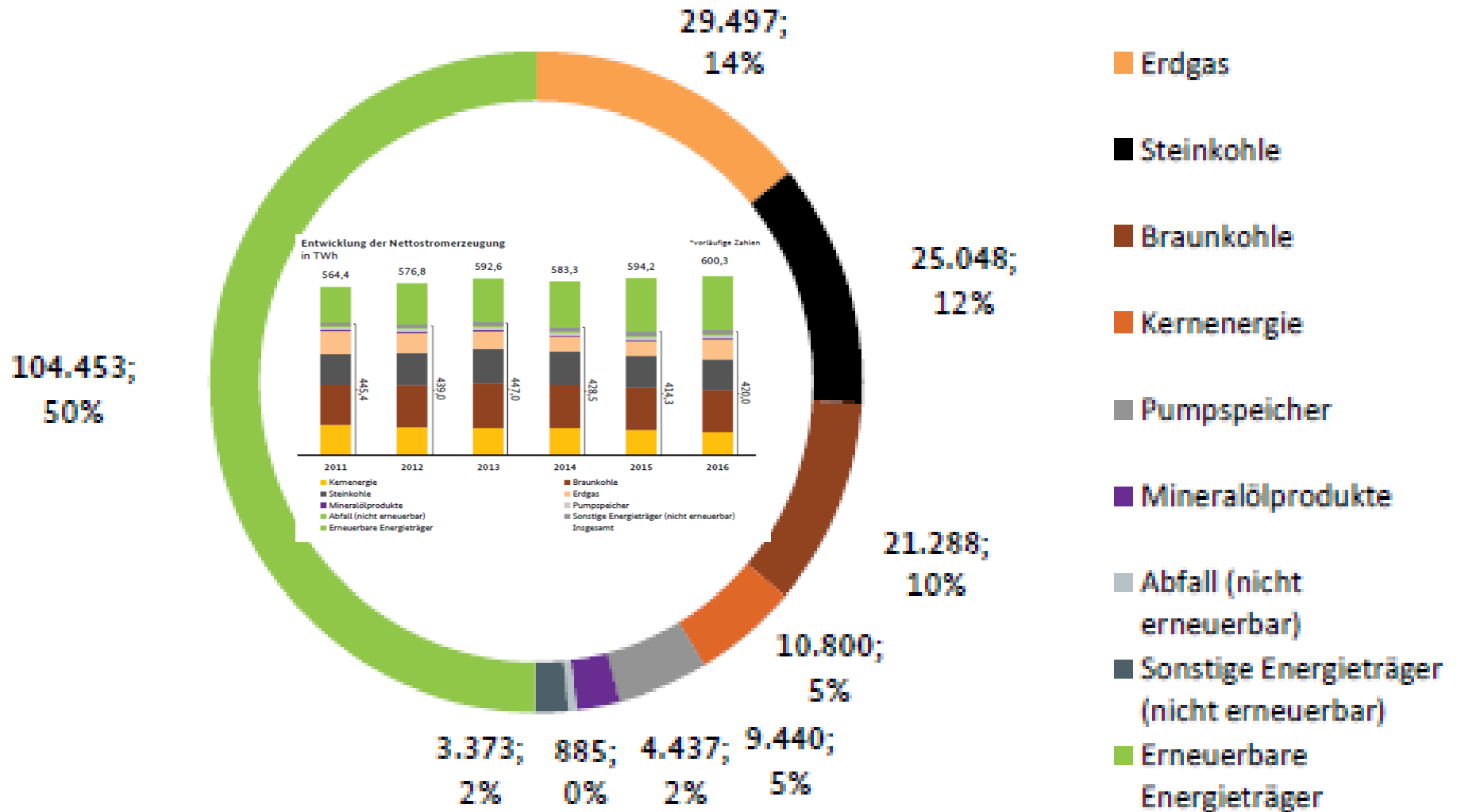
Mit bestem Gruß,  
Ihr Wolfgang Clement



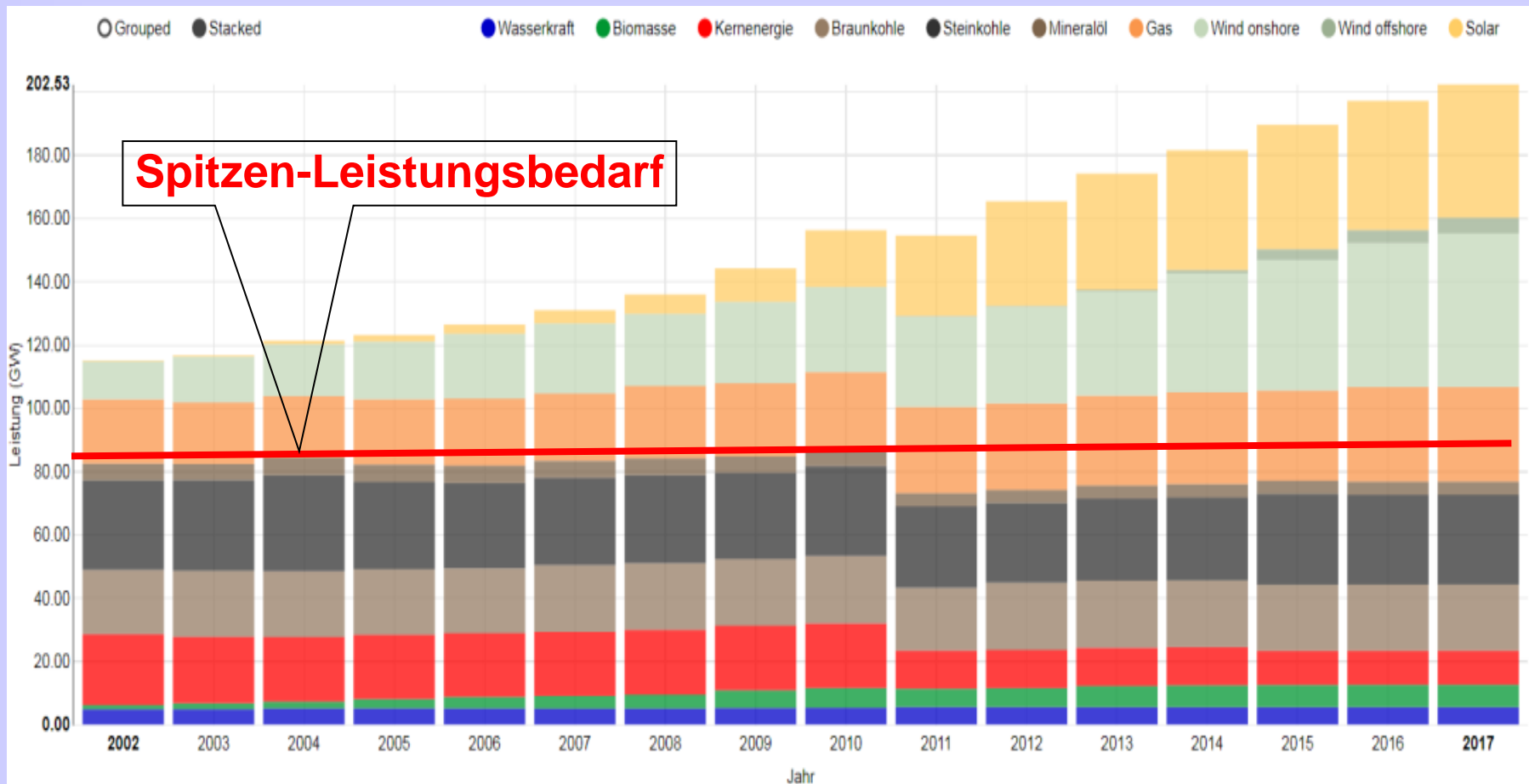
# Stromerzeugungsmix

Summe Erzeugungsleistung: 209.221 MW, davon nicht erneuerbare Leistung: 104.768 MW  
 Spitzenleistungsbedarf im Winter: 85.000 MW, Quelle: Monitoringbericht 2017 der BNA

## Aktuell installierte elektrische Erzeugungsleistung in MW



# Installierte Netto - Kraftwerksleistung



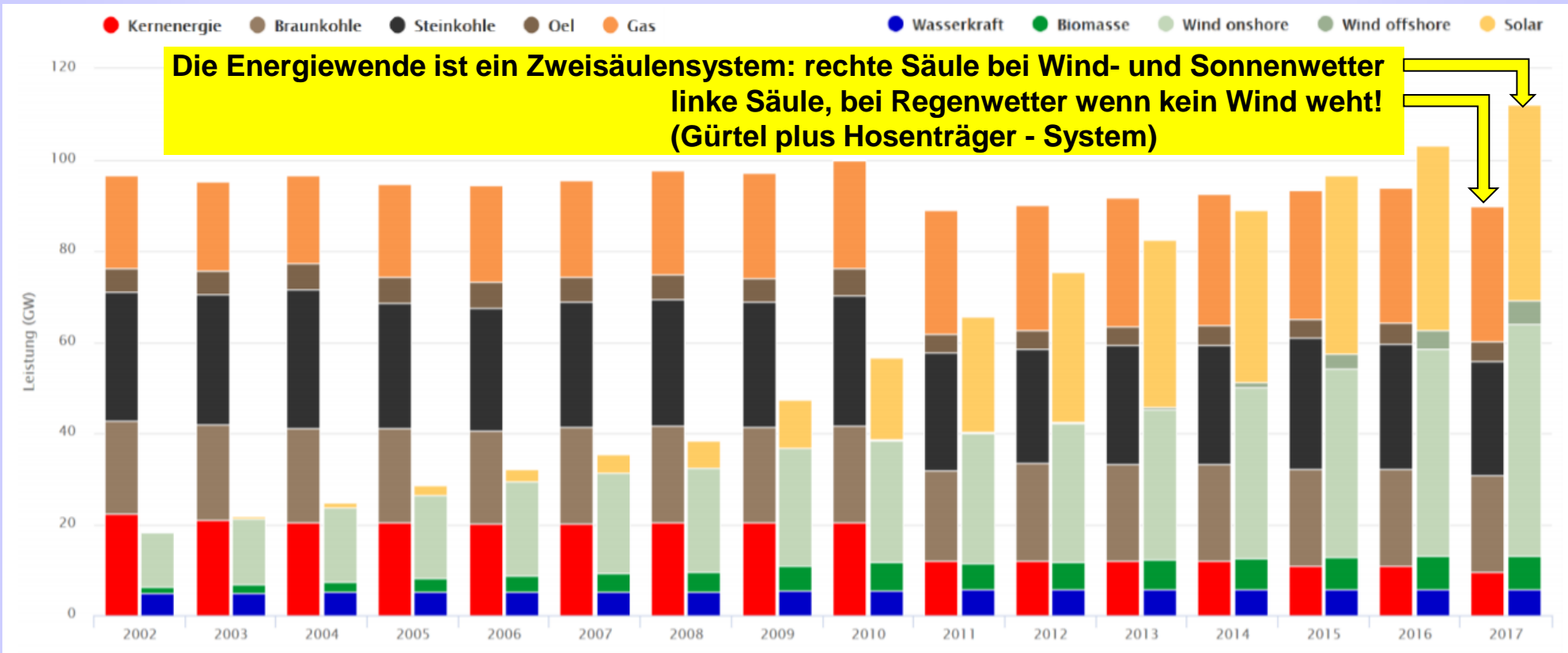
Datenquelle: AGEE, BMWi, Bundesnetzagentur

Der Strombedarf hat sich von 2002 bis 2017 nur von 595 TWh auf 640 TWh um 8 % erhöht, die installierte Leistung ist von 116 GW auf 203 GW um 75 % angestiegen! Der Grund ist die relativ geringe Verfügbarkeit der fluktuierenden Primärenergien Wind und Sonne und infolge deren Vorrangigkeit und die damit einhergehende geringere Ausnutzung der konventionellen Stromerzeugung, was zu höheren Kosten führt.



# Stromerzeugungsmix mit fortschreitender Energiewende

Summe Erzeugungsleistung: 209.221 MW, davon nicht erneuerbare Leistung: 104.768 MW  
 der Spitzenleistungsbedarf im Winter beträgt: 85.000 MW, Quelle: Monitoringbericht 2017 der BNA



Quelle: Fraunhofer, ISE, Anmerkung: Wasserkraft und Biomasse ist für beide Säulen der Stromerzeugung gleichermaßen nutzbar.

**Fazit:**  
 Unser Stromversorgungssystem wird zunehmend ein erzeugungstechnisch mit mehr als doppelt investierter Leistung ausgestattetes System - mit mehr als doppelt so hohen Investitionskosten für die Summe all dieser Stromerzeugungsanlagen -, als bisher erforderlich war! Es sei denn, es gäbe bezahlbare Stromspeicher für mindestens 8 TWh.

# Wie sich die Stromkosten entwickelt haben

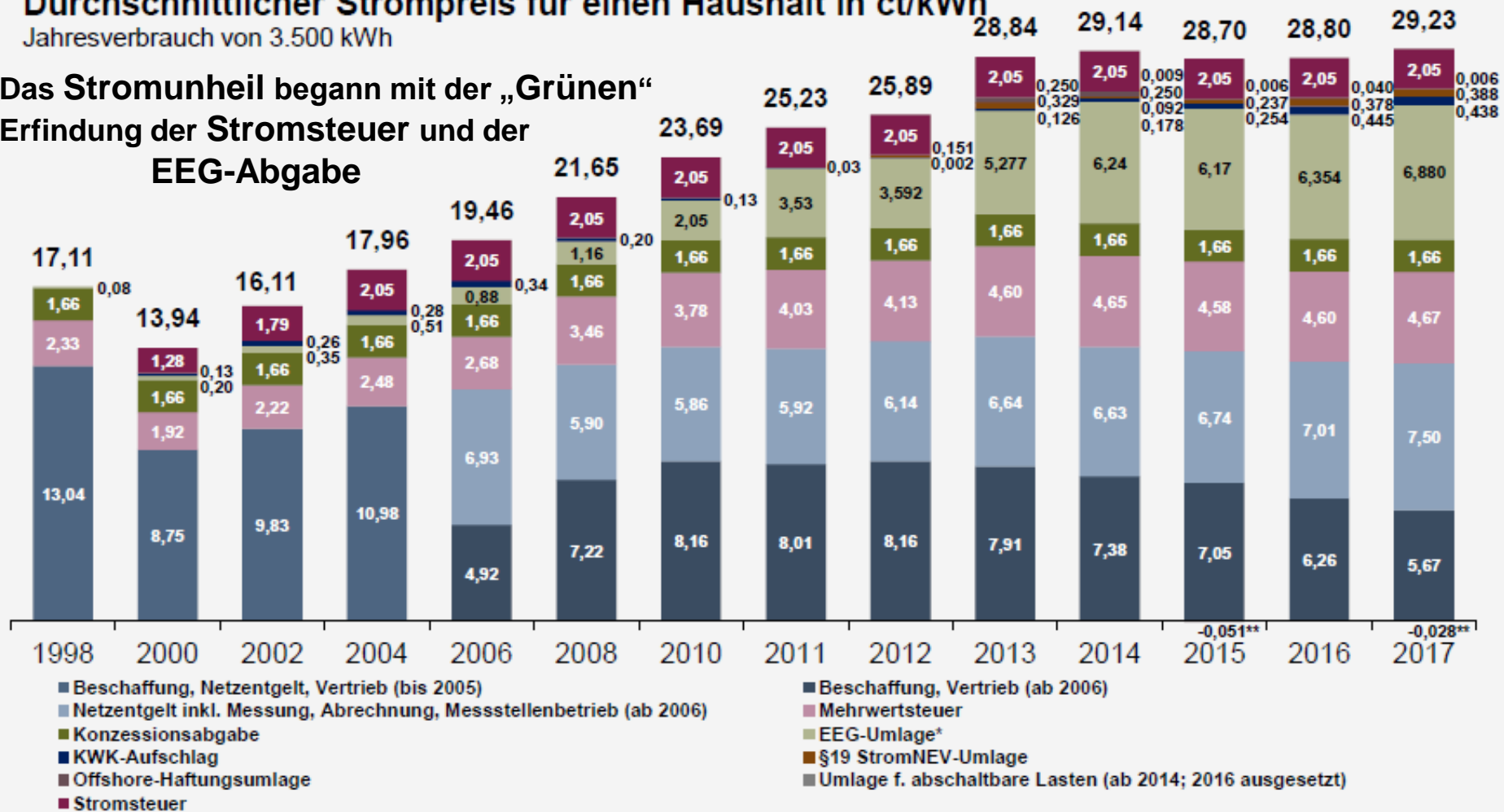
## Strompreis für Haushalte



### Durchschnittlicher Strompreis für einen Haushalt in ct/kWh

Jahresverbrauch von 3.500 kWh

Das Stromunheil begann mit der „Grünen“  
Erfindung der Stromsteuer und der  
EEG-Abgabe



\* ab 2010 Anwendung AusgleichMechV

\*\*Offshore-Haftungsumlage 2015/17 wegen Nachverrechnung negativ

Quelle: BDEW, Stand: 05/2017

# Stromkosten der Industrie

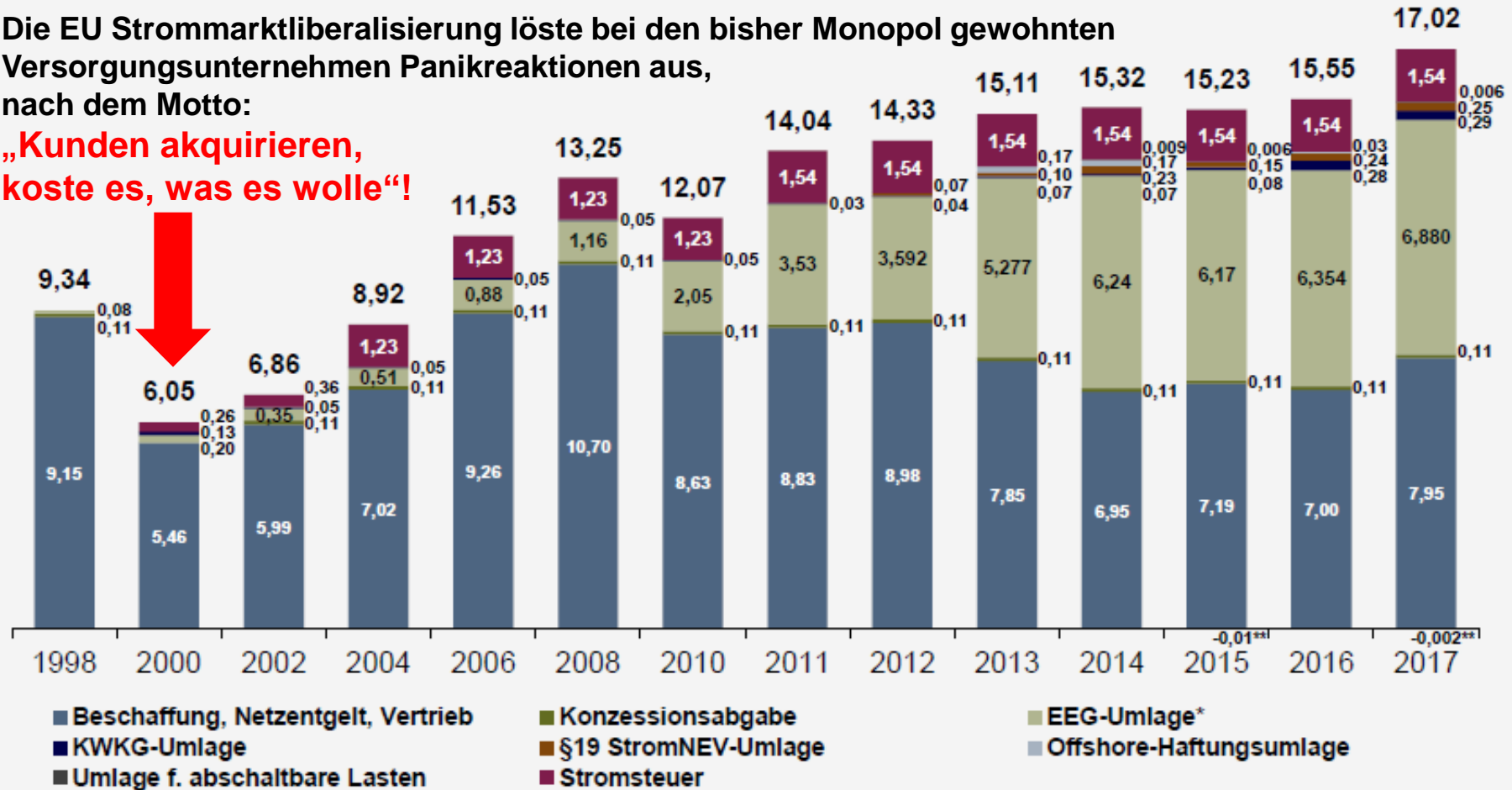
## Strompreis für die Industrie (inkl. Stromsteuer)

Durchschnittlicher Strompreis für die Industrie in ct/kWh (inkl. Stromsteuer)

Jahresverbrauch 160.000 bis 20 Mio. kWh (Mittelspannungsseitige Versorgung; Abnahme 100kW/1.600h bis 4.000kW/5.000h)

Die EU Strommarktliberalisierung löste bei den bisher Monopol gewohnten Versorgungsunternehmen Panikreaktionen aus, nach dem Motto:

„Kunden akquirieren, koste es, was es wolle“!



\* ab 2010 Anwendung AusgleichMechV

\*\*Offshore-Haftungsumlage 2015/17 wegen Nachverrechnung negativ

Quellen: VEA, BDEW; Stand: 05/2017

# BMWi: „Anteil der Erneuerbaren im Stromsektor steigt weiter“

**Rekordzuwachs 2017: 36 % am Bruttostromverbrauch (Vorjahr 31,5 %),  
Noch nie trugen erneuerbare Energien so viel zum Bruttostromverbrauch bei wie im Jahr 2017. Vor allem die Windenergie treibt die Energiewende voran. Die mit erneuerbaren Energien erzeugte Strommenge lag 2017 mit 216 TWh deutlich (rd. 15 %) über der erzeugten Strommenge des vorangegangenen Jahres 2016 in Höhe von 188 TWh.**

## Mehr als ein Drittel Strom aus erneuerbaren Energien

Bei Wärme und Verkehr ist der Einsatz erneuerbarer Energien noch ausbaufähig.



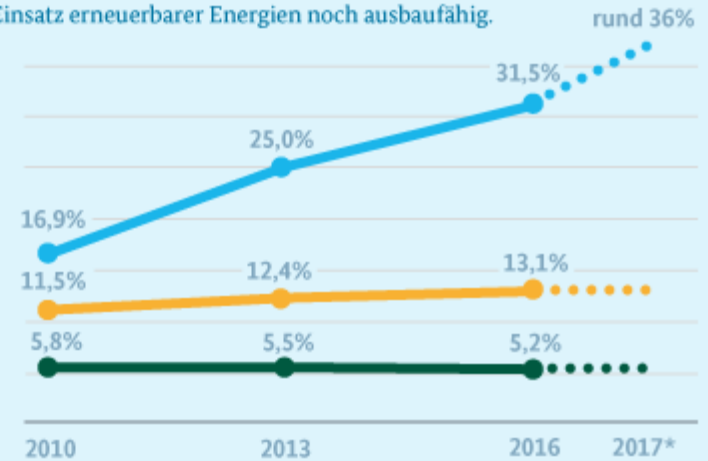
Bruttostromverbrauch



Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte



Endenergieverbrauch Verkehr



Entwicklung der Anteile der Erneuerbaren Energien in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr 2010-2016. \*vorläufig

**Vor allem Rekordzuwächse bei der Windenergie treiben die Energiewende voran: Zum einen wurden nach vorläufigen Zahlen im Jahr 2017 Windenergieanlagen an Land eine installierten Leistung von rund 5 GW zugebaut. Zum anderen sorgten auch gute Windverhältnisse für einen Rekordwert bei der Stromerzeugung. Darüber hinaus nahm auch die Stromerzeugung aus Photovoltaikanlagen um knapp 5 Prozent gegenüber dem Vorjahr zu.**

**Das Ziel, einen Anteil von mindestens 35 Prozent erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch im Jahr 2020 zu erreichen, wurde nach vorläufigen Daten bereits im Jahr 2017 übertroffen. Auch in Bezug auf das 2025 - Ziel eines Anteils von 40 bis 45 Prozent sind wir auf einem guten Weg, dies bereits früher zu erreichen.**

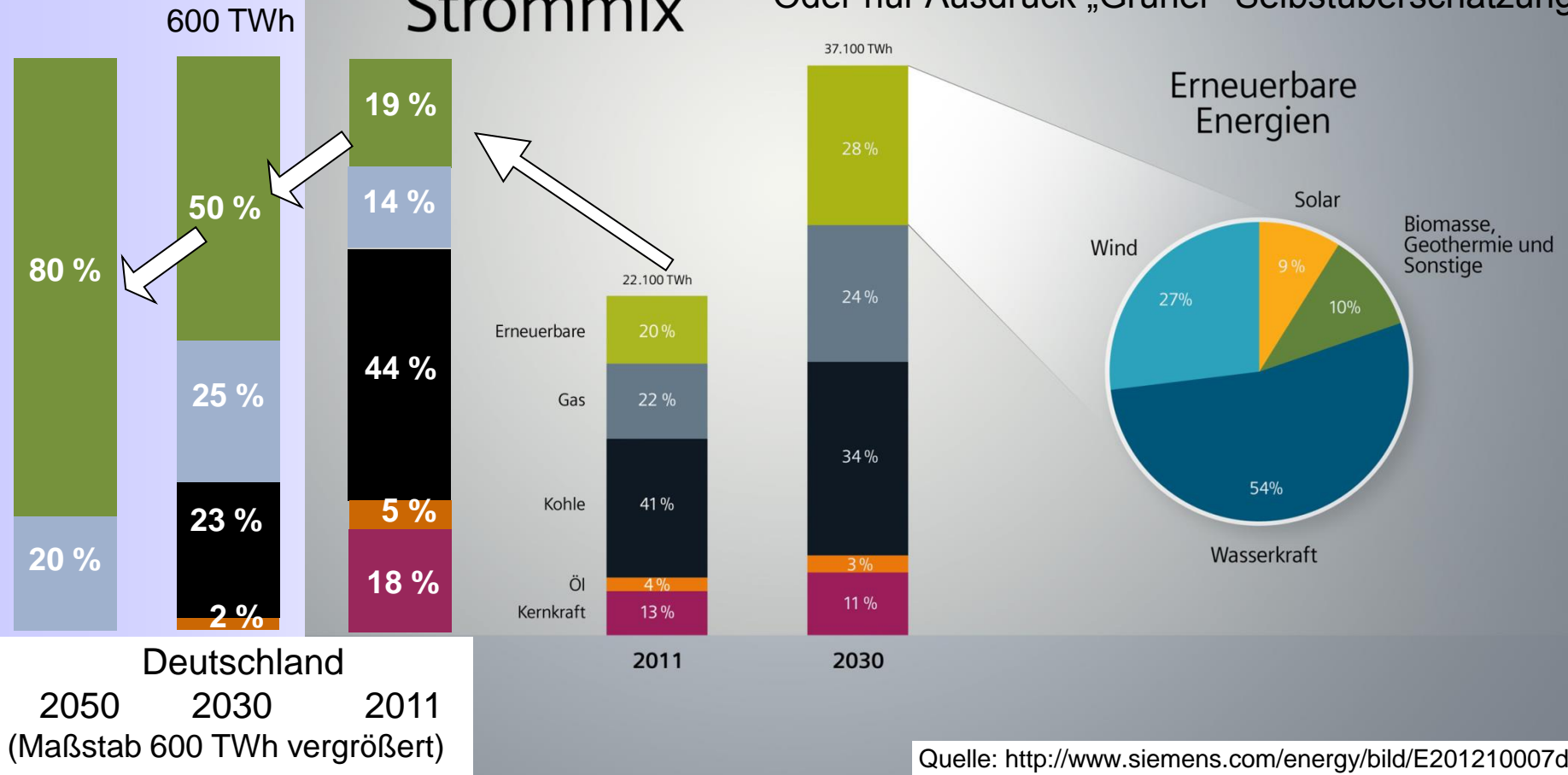
**Diese Entwicklung wird von den Stromverbraucher mit jährlich rd. 24 Mrd. € subventioniert, das wird leider in der Regel verschwiegen.**

Quelle: BMWi auf Basis von AGEE-Stat (Stand: Dezember 2017)

# Energiewende - Deutschland versus übrige Welt

## Weltweiter Strommix

Wird Deutschland soviel besser als die übrige Welt ?  
Oder nur Ausdruck „Grüner“ Selbstüberschätzung



Quelle: <http://www.siemens.com/energy/bild/E201210007d>

# Singuläre deutsche Panikreaktion: „Energiewende“

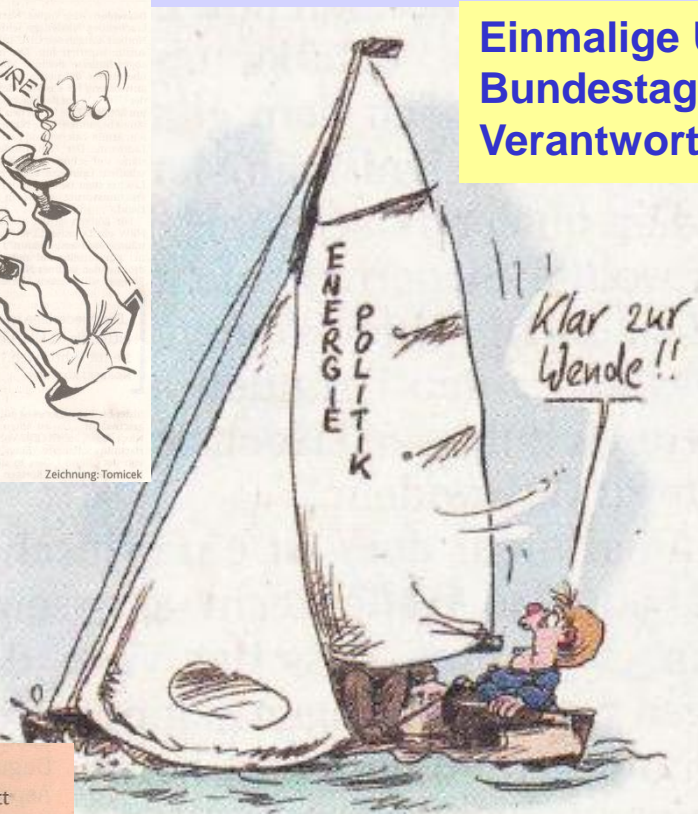


Rückpass aus Nordrhein-Westfalen Zeichnung: Tomicek

Quelle: AZ vom 14.5.2012 und Südkurier

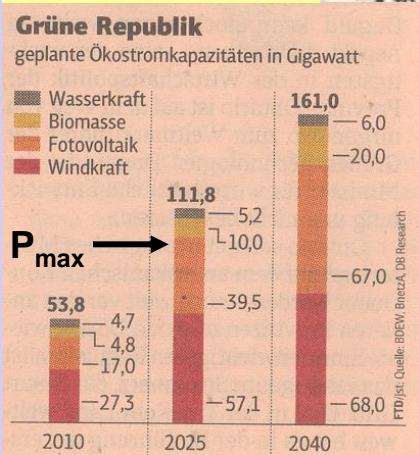
Einmalige Übereinstimmung aller Parteien im Deutschen Bundestag! Jedoch ohne Beteiligung der bisher Verantwortlichen Fachleute unserer Energieversorgung!

Der neue Bundesminister für Wirtschaft und **Energie** Peter Altmaier soll's nun ab 14.3.2018 machen.



Wenn die „Energiewende“ zur missglückten Halse wird!

Der maximale Leistungsbedarf liegt bei 80 GW:



Bundeskanzlerin Frau Dr. Merkel am 18.9.12 in der LVZ: „Unser Problem ist die **Bezahlbarkeit**, weil die erneuerbaren Energien subventioniert werden müssen“!



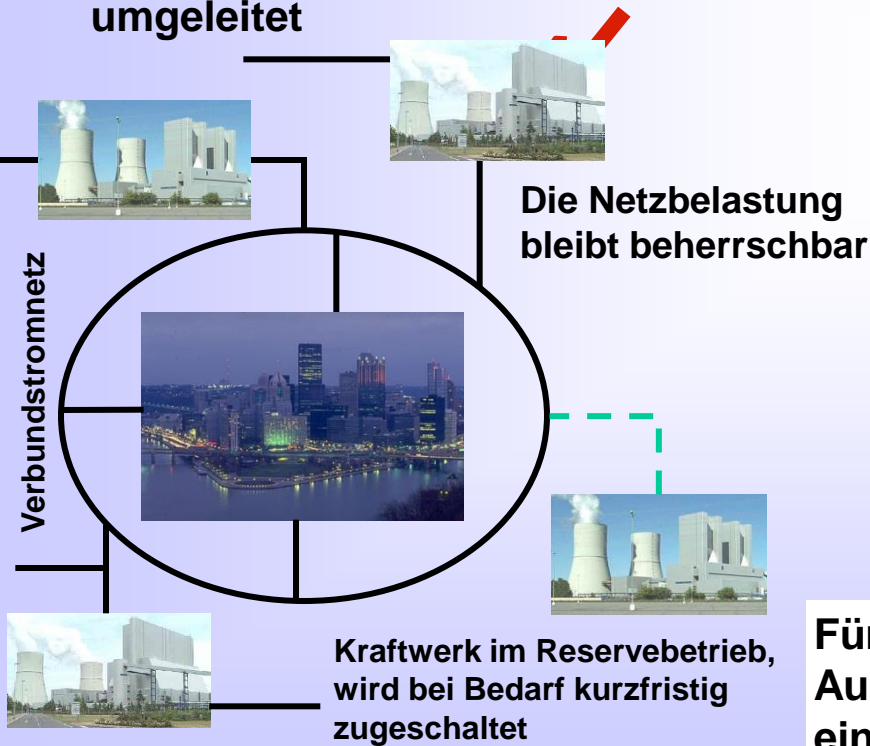
Der jeweils neue Umweltminister:

Angela Merkel:	1994 - 1998,
Jürgen Trittin:	1998 - 2005,
Sigmar Gabriel:	2005 - 2009,
Norbert Röttgen:	2009 - 2012,
Peter Altmaier:	2012 - 2013,
Barbara Hendricks:	2013 - 2017,
Svenja Schulze	ab März 2018

# Wie sicher ist unsere Stromversorgung noch ?

## Vergleich amerikanischer und deutscher Stromnetze:

- engmaschiges, nicht voll ausgelastetes Verbundnetz
- ausreichende Kraftwerkskapazität
- Strom wird im Störfall umgeleitet



Geboten ist eine Sicherheit der Stromerzeugung von 10.000 Jahre/Tag, das entspricht einen Erwartungswert für die Verfügbarkeit der Spitzen-Bedarfsleistung von:

$$E = 1 - 2,74 \times 10^{-7} = 0,999999726 \text{ oder } 99,9999726 \%$$

Zum Vergleich: Der Erwartungswert keine 6 richtige im Lotto zu haben ist mit 99,999992849 % ist in der gleichen Größenordnung.

AGORA hat mal geschrieben, dass 99 % ausreichend sei:

*Wenn die Lufthansa mit 99 % Sicherheit fliegen würde, ist jeder 100ste Flug der letzte, keiner würde mehr fliegen. Bei 10.000 Jahre/Tag ist so etwa der Millionste Flug der Letzte.*

Ein Berufspilot fliegt in 40 Berufsjahren so etwa 8000 mal. Am letzten Arbeitstag seines Berufslebens hat er also noch rd. 992.000 Flüge gut, bevor er mit großer Wahrscheinlichkeit abstürzen könnte und vielleicht auch würde.

Für die Endversorgung beträgt die mittlere Ausfallzeit rd. 16 Minuten pro Jahr. Das entspricht einem Erwartungswert von 0,9999695 oder 99,99695 % d.h. keine 5 Richtige im Lotto 6 aus 49

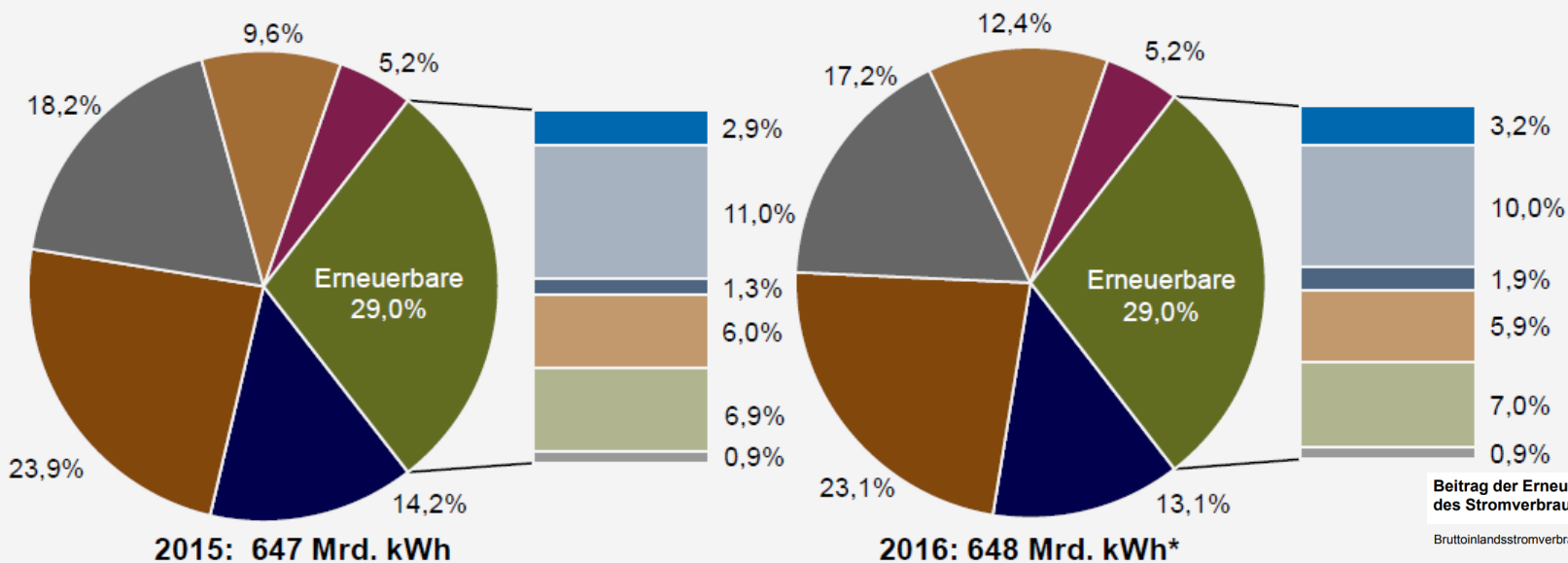
# Stromerzeugungsmix 2015 - 2017 der elektrischen Bruttostromerzeugung

## Bruttostromerzeugung



Energie. Wasser. Leben.

Bruttostromerzeugung in Deutschland – Vorjahresvergleich

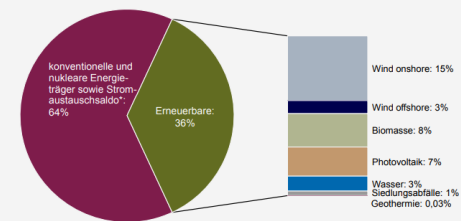


**648 TWh**  
**85 GW**  
**7.624 h**  
**2017:**  
**655 TWh**

### Beitrag der Erneuerbaren Energien zur Deckung des Stromverbrauchs in Deutschland



Bruttoinlandsstromverbrauch 2017: 599 Mrd. kWh



\* Quellen: AG Energiebilanzen, ZSW, BDEW; Stand: 10/2018

\* abzgl. Stromaustauschüberschuss

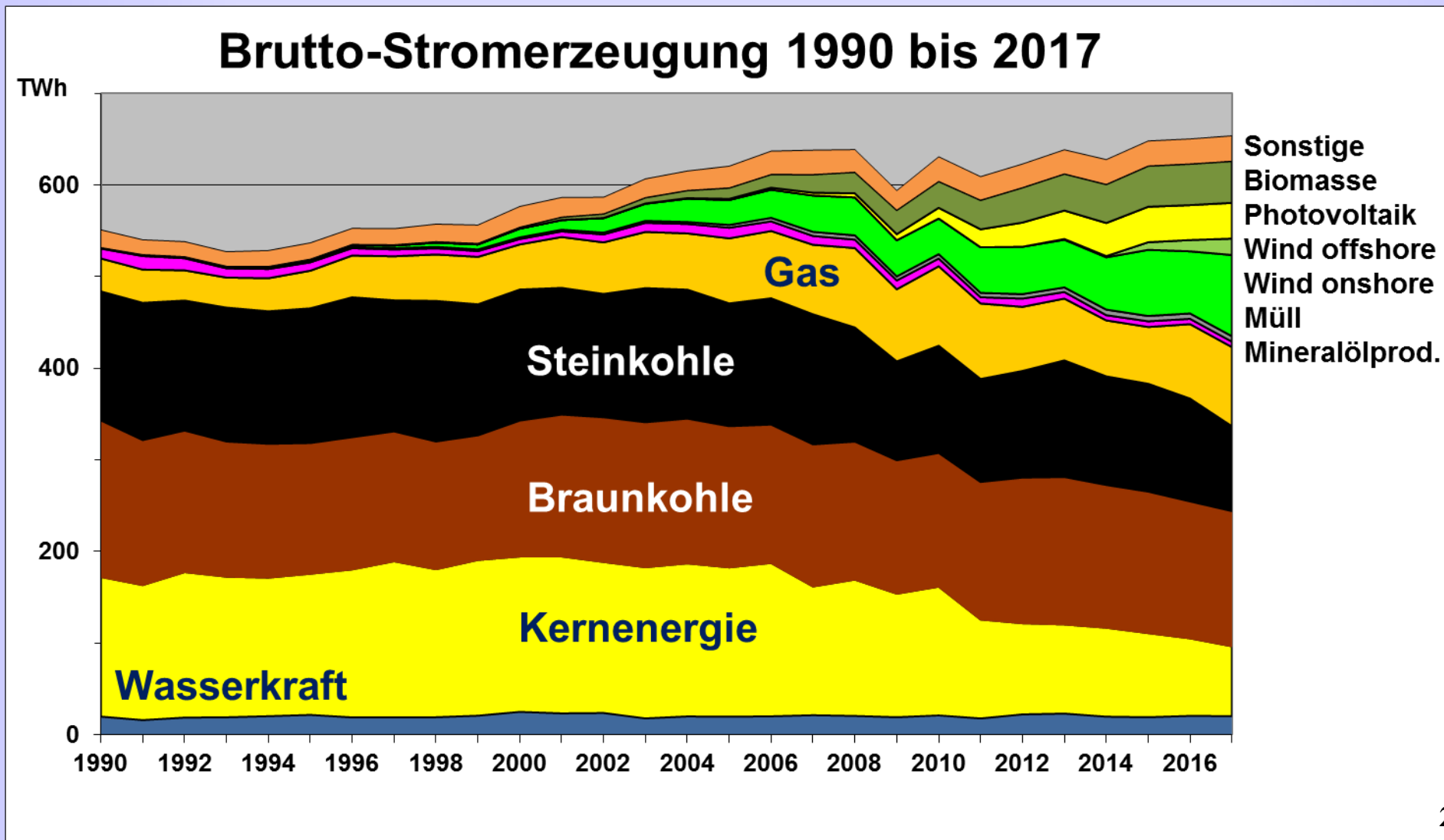
Quellen: BDEW-Schnellstatistikerhebung, Stat. Bundesamt, EEX, VGB, ZSW; Stand: 02/2017

**Installierte Windleistung: 44.750 MW, aus 26.474 Windenergieanlagen:  
1,7 MW/Anlage, 1.922 h Vollast!**



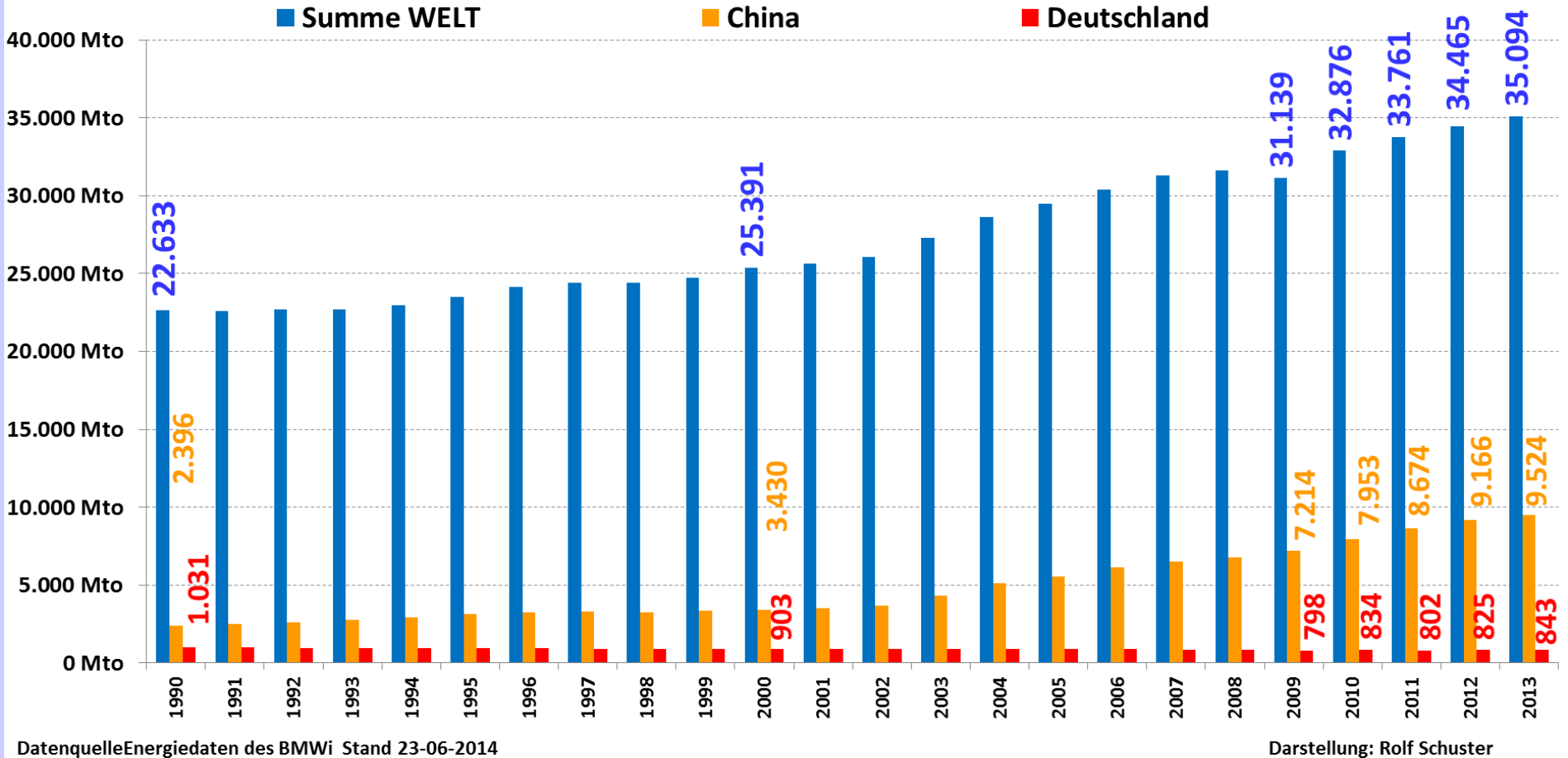
# Stromerzeugungsmix in Deutschland 1990 bis 2017

2017:  $P_{\max} = 86 \text{ GW}$ , Bruttoerzeugung 654,8 TWh  
Benutzungsdauer der Maximalleistung:  $T_m = 7.614 \text{ h}$



# Weltweite CO<sub>2</sub> Emission in Mio. t

## Vergleich der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen



**Vorbild sein ist gut, solange andere folgen  
aber die Welt retten oder ruinieren wir nicht!**

# Weltweite einwohnerbezogene CO<sub>2</sub> Emission in Tonnen CO<sub>2</sub>

## Kohlendioxid: Schädlich fürs Klima

CO <sub>2</sub> -Ausstoß je Einwohner in Tonnen im Jahr 2016	zum Vergleich 1990
Kanada	18,6 t / 20,0 t
Australien	17,2 / 16,2
Saudi-Arabien	16,0 / 10,3
USA	15,6 / 19,6
Südkorea	11,9 / 6,2
Russland	11,5 / 16,1
Japan	9,7 / 9,3
<b>Deutschland</b>	<b>9,5 / -25,2 % / 12,7</b>
China	7,5 / 2,0
EU	6,8 / 9,1
Großbritannien	5,6 / 10,1
Frankreich*	5,1 / 6,6
Welt	4,8 / 4,2
Indien	1,9 / 0,8

Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis zum Jahr 2020 um 40 %, bis 2030 um 55 %, bis 2040 um 70 % und bis 2050 um 80 bis 95 % zu reduzieren (jeweils bezogen auf das Basisjahr 1990).

### CO<sub>2</sub> Emissionen in Deutschland, Welt in Mio.t:

1990:	1.003	21.572
2013:	795	33.248
2014:	748	33.472
2015:	754	33.508
2016:	760	voraussichtlich 2,2 %

Datenquelle: Energiedaten des BMWi  
Stand 31.01.2017

Deutschland  
760

CO<sub>2</sub>-Ausstoß gesamt  
in Megatonnen im Jahr 2016

Japan  
1239,6

Russland  
1661,9

Indien  
2533,6

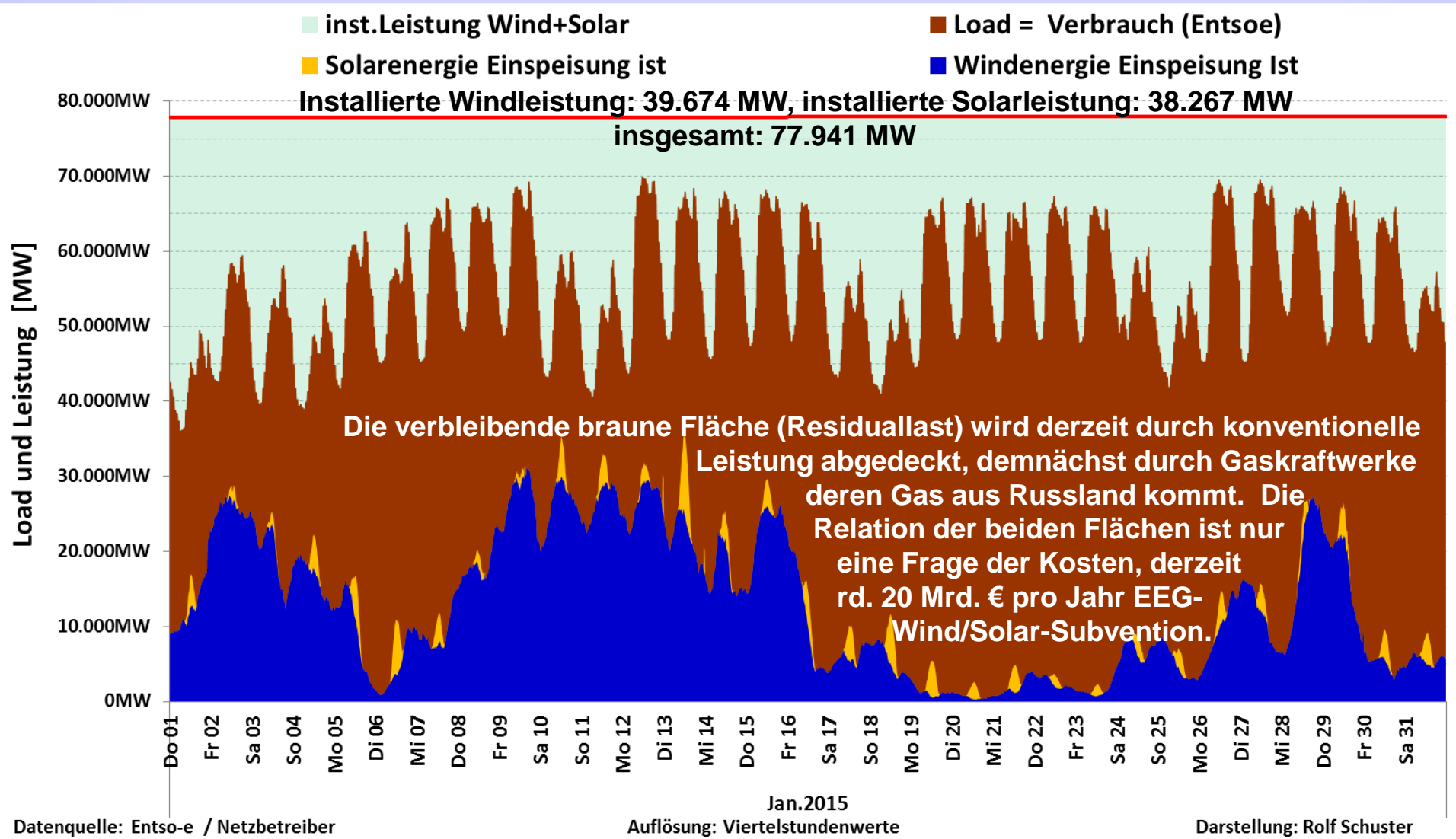
USA  
5011,7

China  
10 432,8 Mt

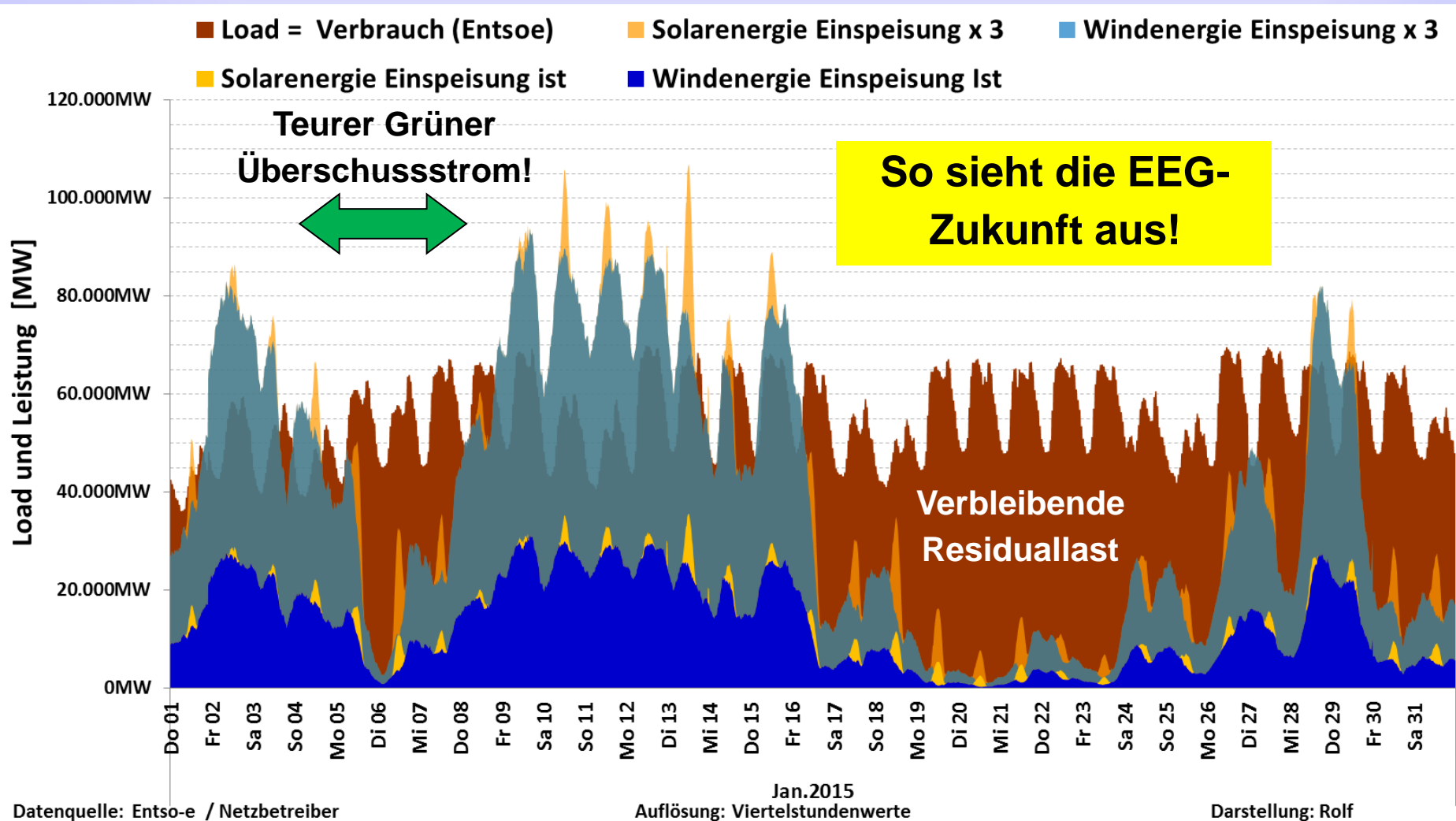
Grafik: dpa · \*inkl. Monaco, Quelle: Europäische Kommission

**Vorbild sein ist gut, solange andere folgen, aber die Welt retten oder ruinieren wir mit 2,2 % CO<sub>2</sub> - Anteil nicht!**

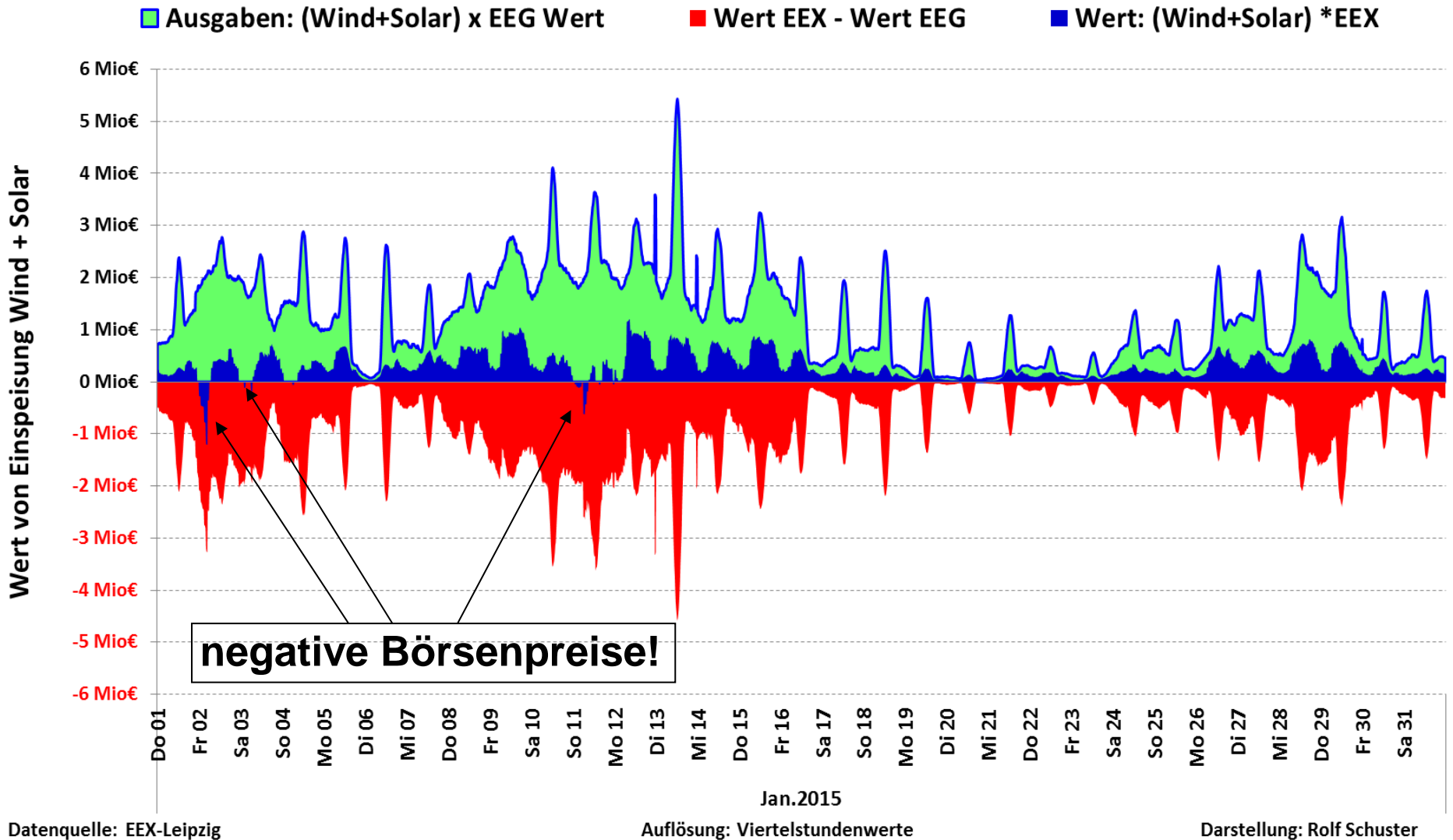
# Stromerzeugung in Deutschland im Januar 2015



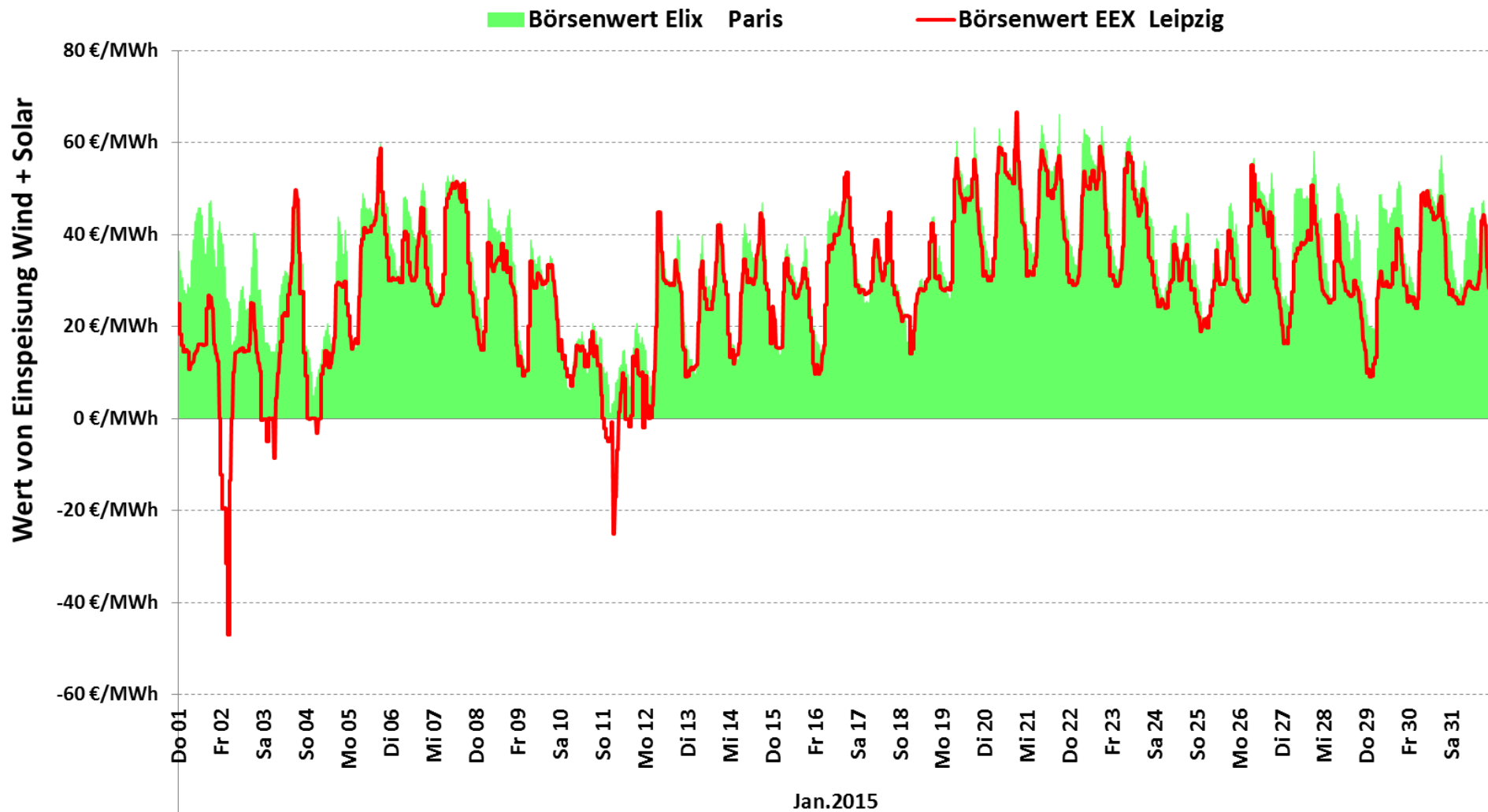
# Stromerzeugungsperspektive bei dreifachem Wind- und Solaranteil



# Werte der Stromeinspeisungen im Januar 2015



# Börsenwerte der Stromeinspeisung im Januar 2015



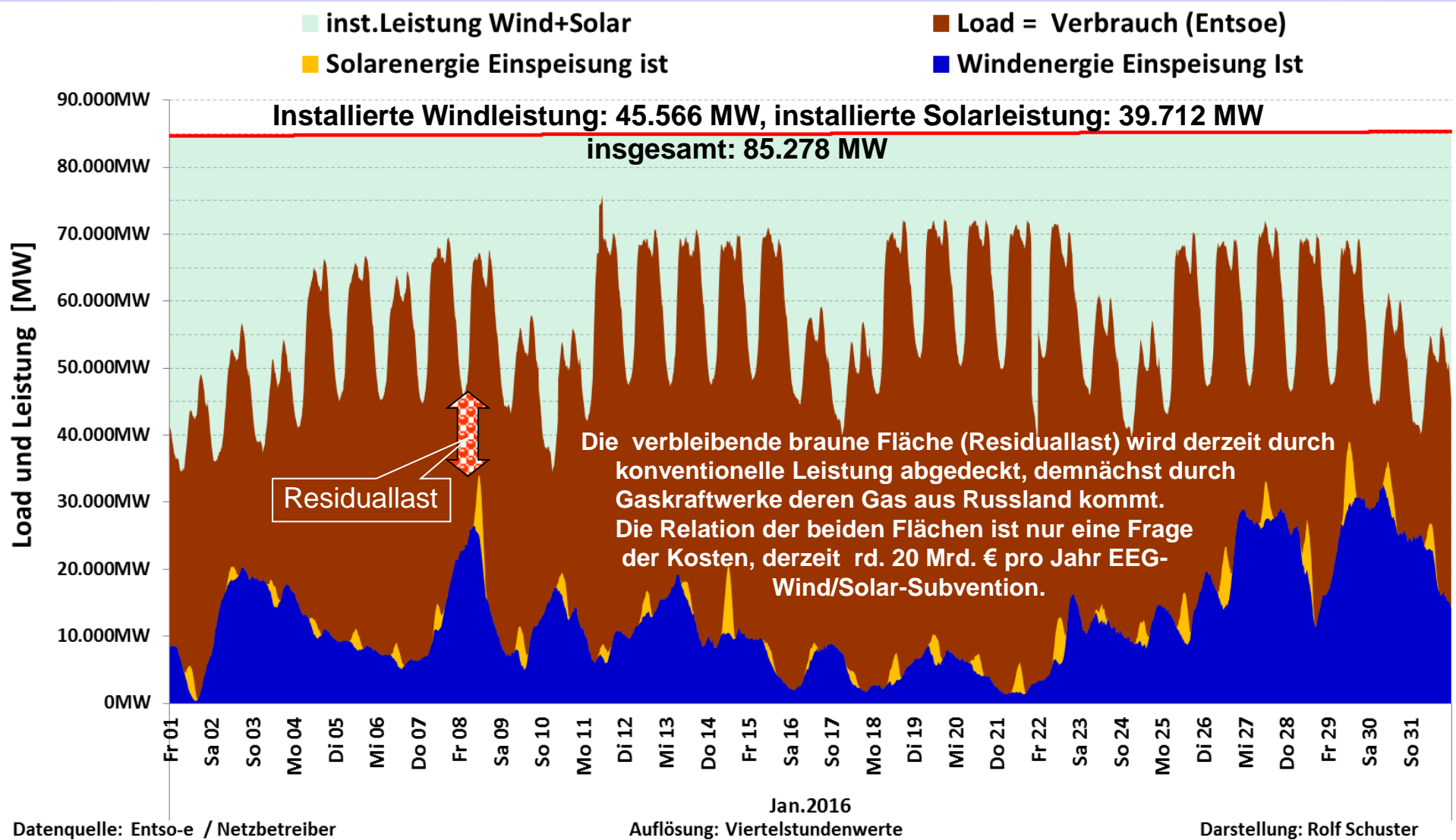
Datenquelle: EEX-Leipzig / Elix-Paris

Auflösung: Stundenwerte

Darstellung: Rolf Schuster

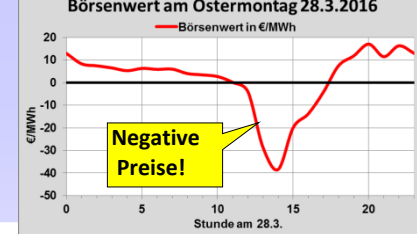
Jahr	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Zeiten negativer Strompreise	12	15	56	64	64	115

# Stromerzeugung in Deutschland im Januar 2016



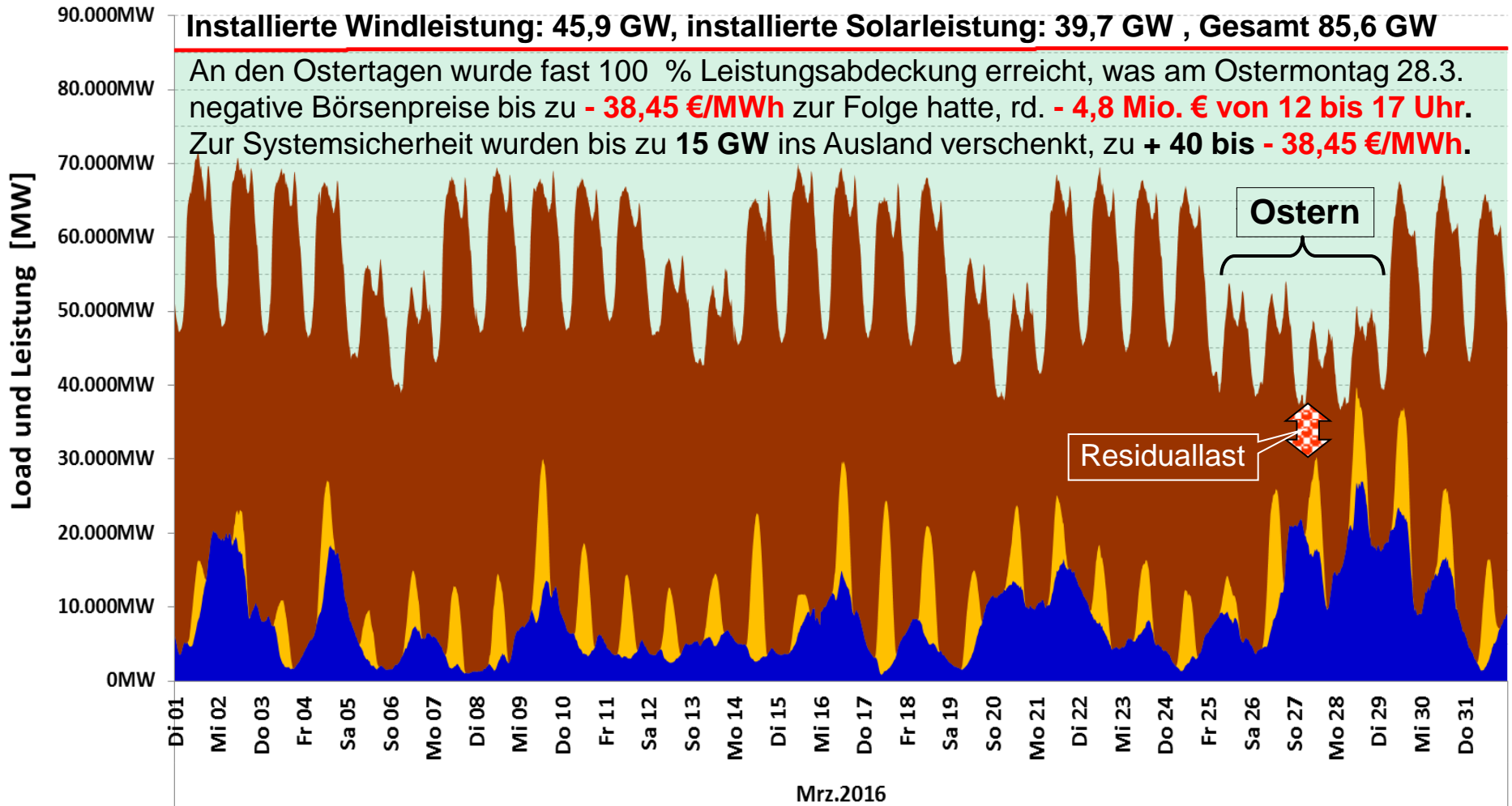


# Stromerzeugung in Deutschland im März 2016



inst.Leistung Wind+Solar  
Solarenergie Einspeisung ist

Load = Verbrauch (Entsoe)  
Windenergie Einspeisung Ist

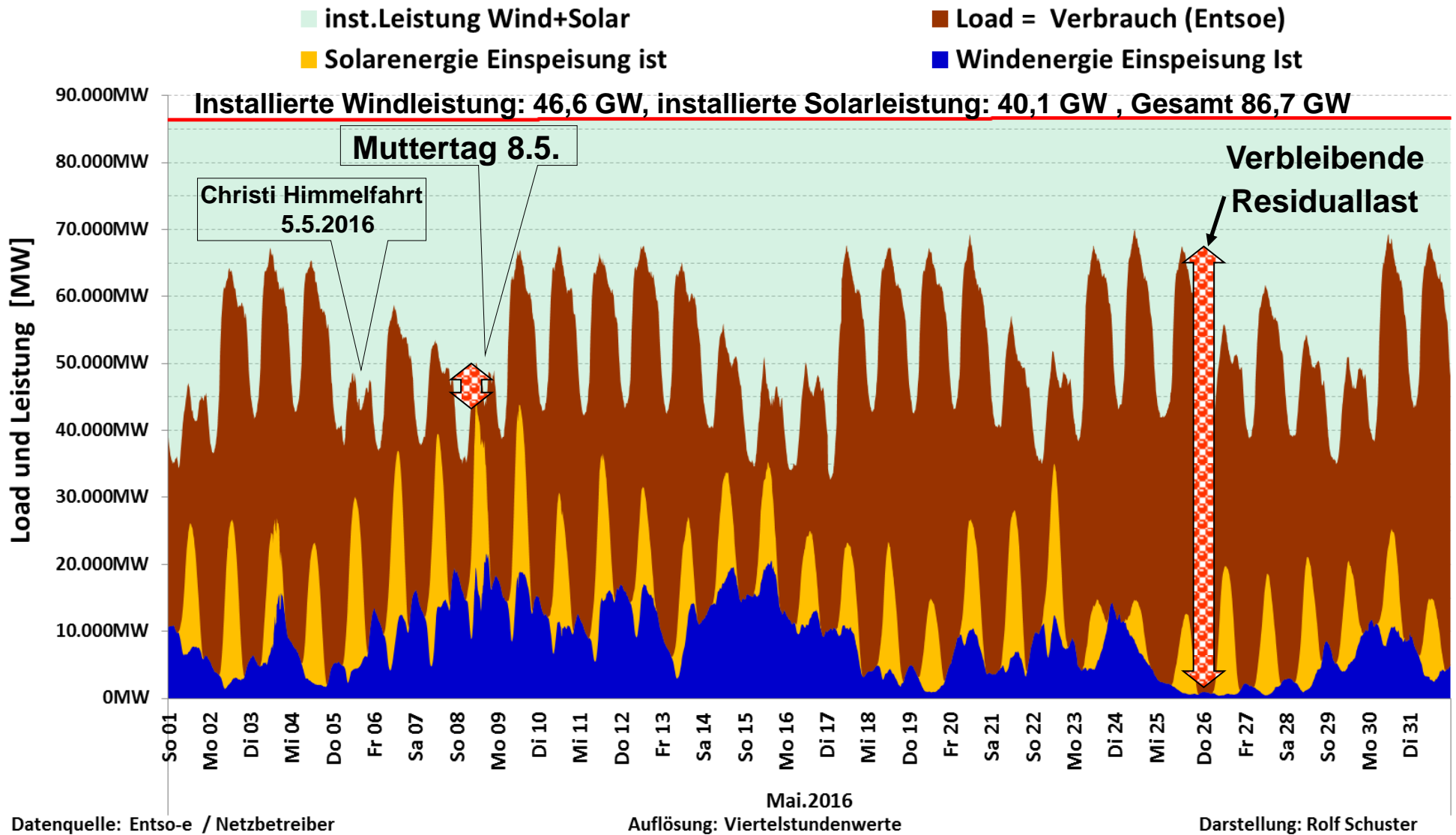


Datenquelle: Entso-e / Netzbetreiber

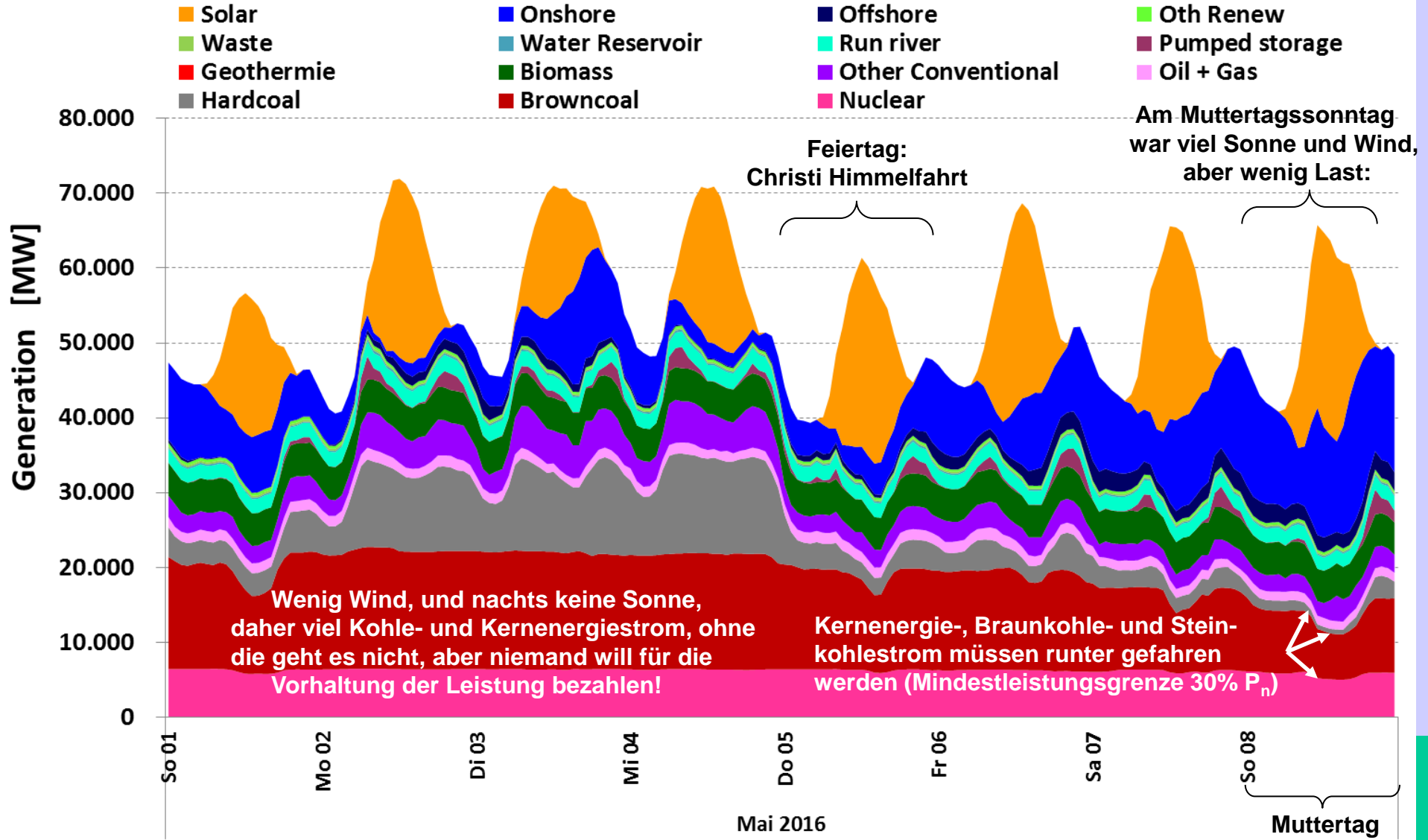
Auflösung: Viertelstundenwerte

Darstellung: Rolf Schuster

# Stromerzeugung in Deutschland im Mai 2016



# Stromerzeugung in Deutschland am Muttertag den 8.5.2016



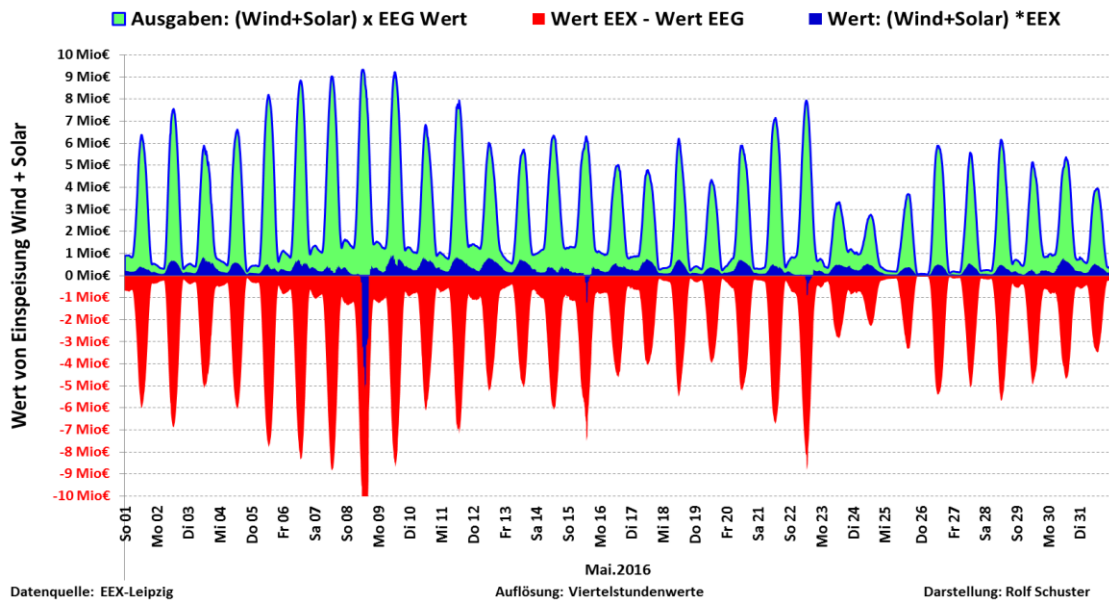
Datasource: Entso-e Actual generation per production type

resolution: hourly

Presentation: Rolf Schuster

Von 10 bis 17 Uhr wurden 352 GWh Strom verschenkt und noch 21,3 Millionen Euro hinzu gegeben, damit die Beschenkten auch bereit waren, das Stromgeschenk anzunehmen. Das im Rahmen des EEG, zu Lasten aller Stromverbraucher! Dieser Strom wurde zu rd. 70 Mio. € eingekauft, so das die Belastung aller Stromverbraucher 91,3 Mio. € ausmachte.

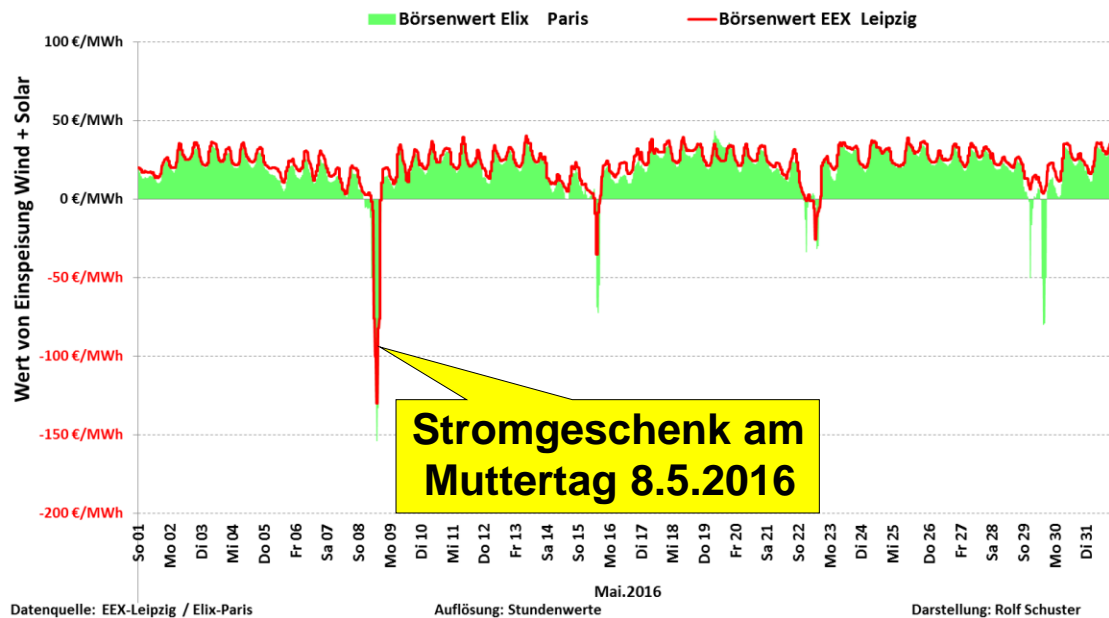
# Stromgeschenk zu Lasten aller am Muttertag den 8.5.2016



Negative Börsenpreise entstehen zwangsläufig dann, wenn bei starkem Wind- und Solarstromaufkommen die Mindestlast der unverzichtbaren konventionellen Kraftwerke unterschritten wird und diese dann zum Abschalten gezwungen sind.

**Dann ist das teure Stromgeschenk von 21,3 Mio.€ im Börsenhandel für 352 GWh das kleinere Übel !**

**Dieser Strom wurde zu rd. 16 Ct/kWh von den EEG-Anlagebetreibern eingekauft, zu rd. 70 Mio. €, das macht rd. 91 Mio. € zu Lasten aller Stromverbraucher!**



**Stromgeschenk am Muttertag 8.5.2016**

Seit 2011 hat sich die Zahl der Tage, an denen die Börsenstrompreise ins Minus drehten, mehr als verfünffacht:

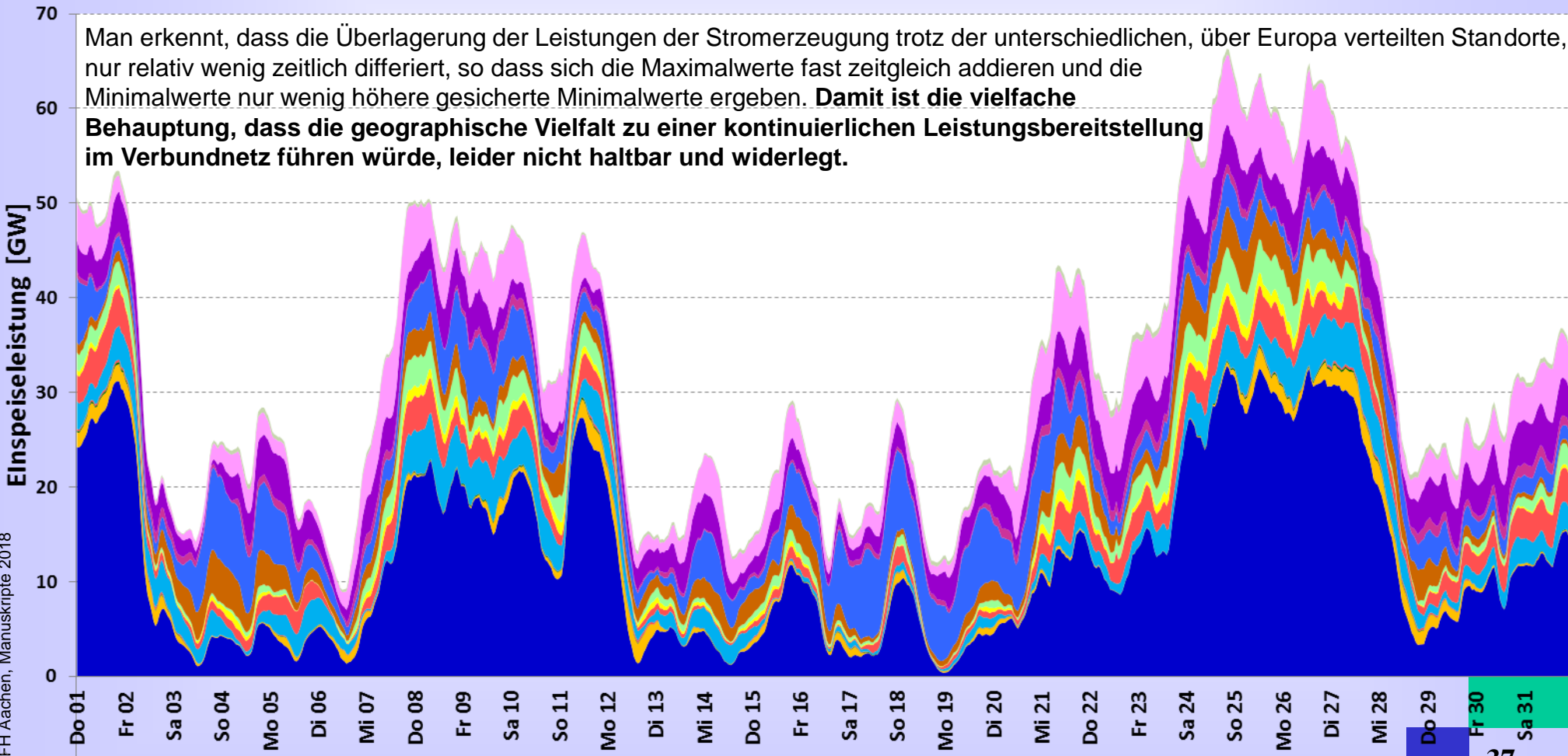
2011:	6 Tage,
2012:	15 Tage,
2013:	17 Tage,
2014:	13 Tage,
2015:	25 Tage,
2016:	30 Tage.



# Stromerzeugungsmix in Europa im Dezember 2016

Leistungseinspeisung aller Windenergie-Anlagen in 15 Euro-Staaten.  
„Der Wind weht nicht immer irgendwo“

■ No ■ GB ■ SE ■ FI ■ ES ■ F ■ NI ■ BE ■ DK ■ PL ■ HU ■ CZ ■ A ■ CH ■ D



Dr. Alt/FH Aachen, Manuskripte 2018

Datenquelle: Entso-e

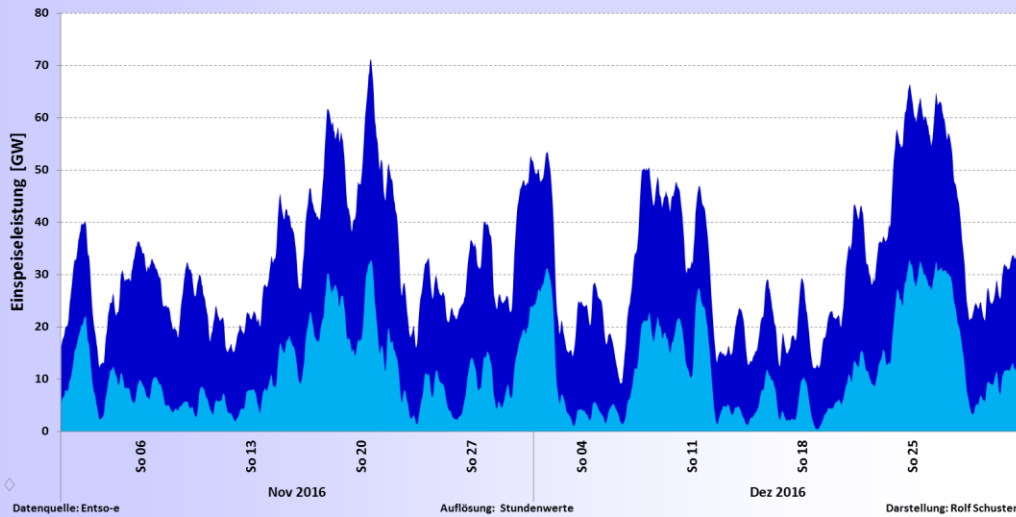
Dez 2016  
Auflösung: Stundenwerte

Darstellung: Rolf Schuster

# Windenergieanlagen Europa und Deutschland

Leistungseinspeisung aller Windenergie-Anlagen in 15 Euro-Staaten.  
„Der Wind weht **nicht** immer irgendwo“

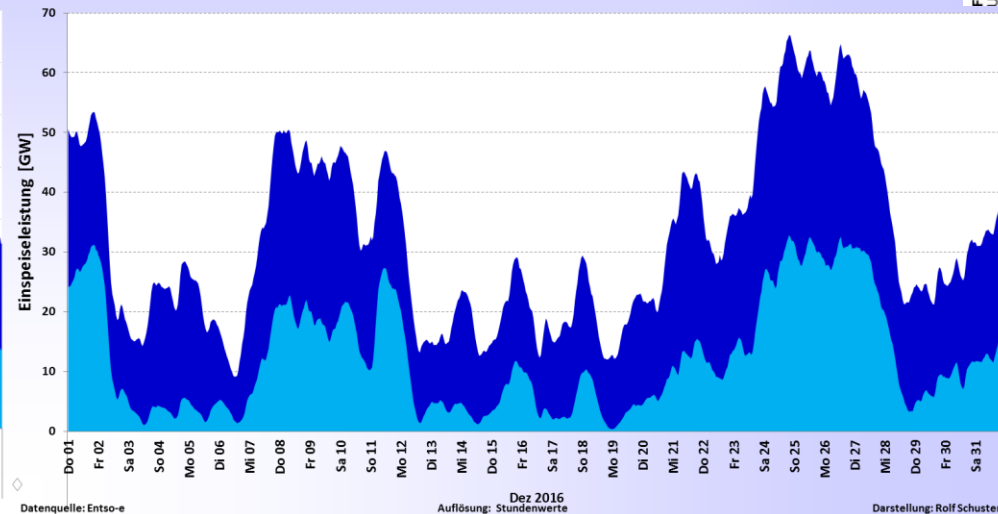
■ Wind 15 Länder ■ D



Datenquelle: Entso-e Auflösung: Stundenwerte Darstellung: Rolf Schuster

Leistungseinspeisung aller Windenergie-Anlagen in 15 Euro-Staaten.  
„Der Wind weht **nicht** immer irgendwo“

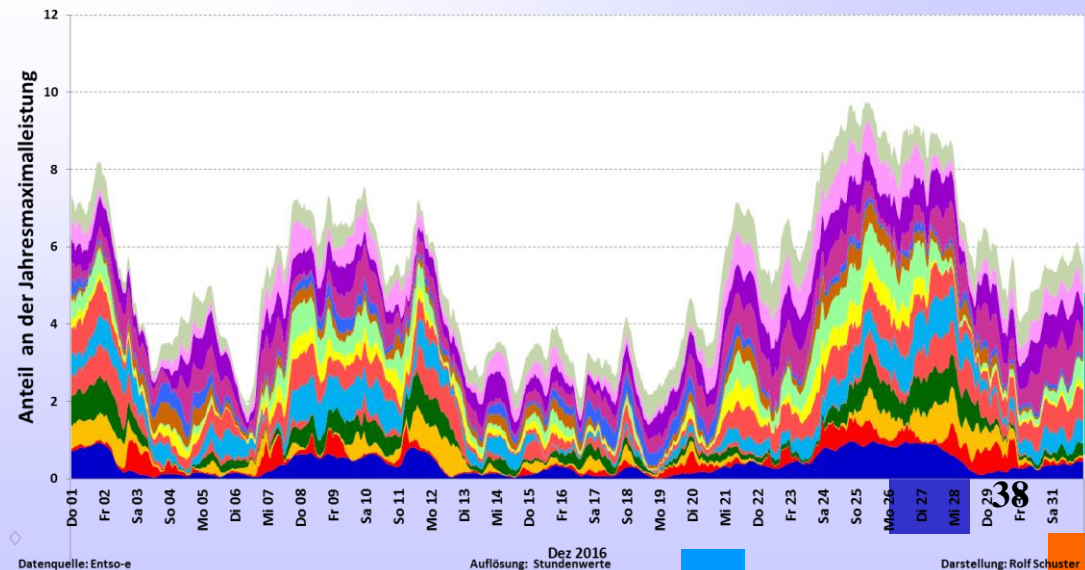
■ Wind 15 Länder ■ D



Datenquelle: Entso-e Auflösung: Stundenwerte Darstellung: Rolf Schuster

Leistungseinspeisung aller Windenergie-Anlagen in 15 Euro-Staaten.  
„Der Wind weht **nicht** immer irgendwo“

■ NO ■ GB ■ SE ■ Fi ■ ES ■ F ■ NL ■ B ■ Dk ■ PL ■ HU ■ Cz ■ A ■ CH ■ D



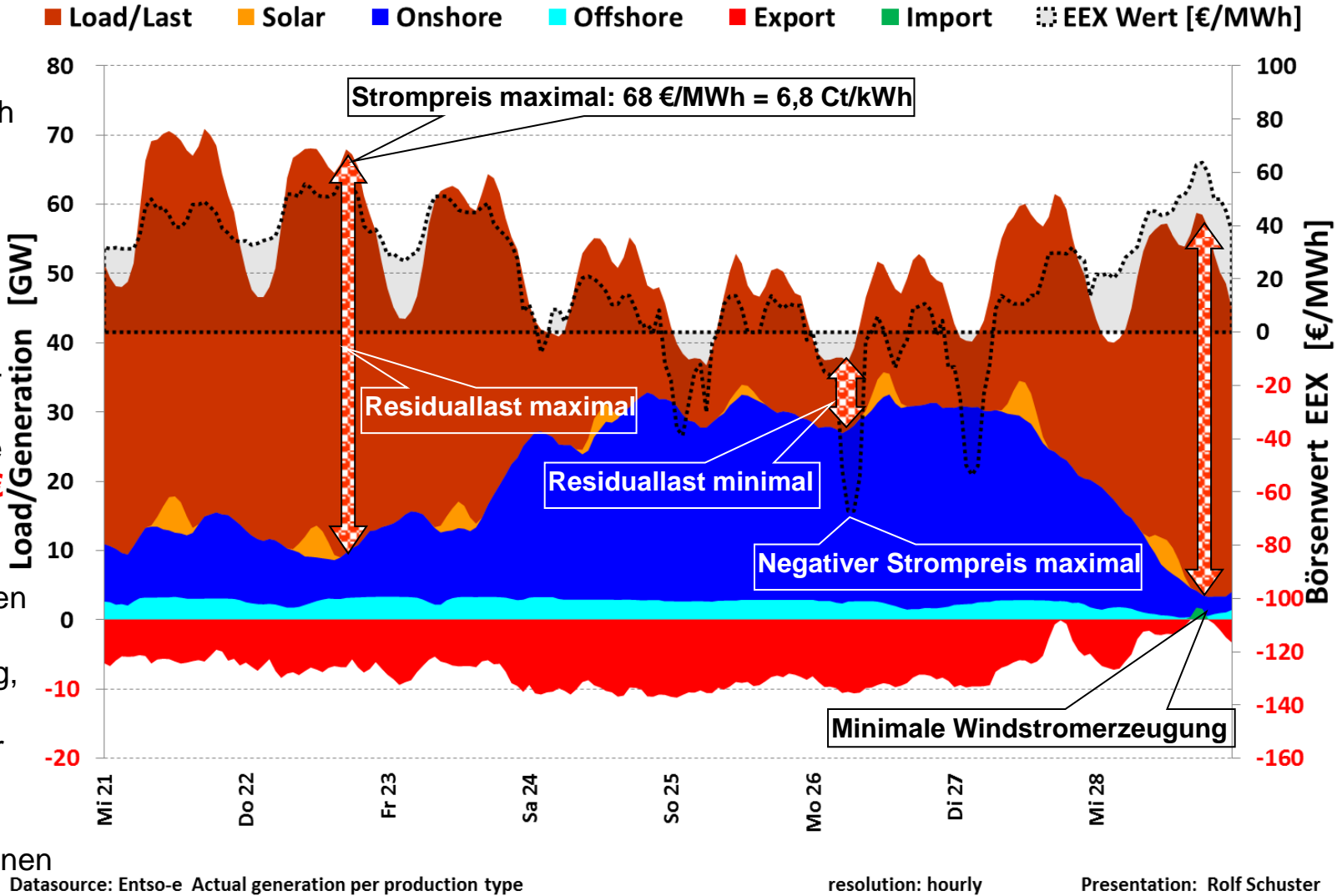
Datenquelle: Entso-e Auflösung: Stundenwerte Darstellung: Rolf Schuster

Man erkennt, dass die Überlagerung der Leistungen der Stromerzeugung trotz der unterschiedlichen, über Europa verteilten Standorte, nur relativ wenig zeitlich differiert, so dass sich die Maximalwerte fast zeitgleich addieren und die Minimalwerte nur wenig höhere gesicherte Minimalwerte ergeben.

**Damit ist die vielfache Behauptung, dass die geographische Vielfalt zu einer kontinuierlichen Leistungsbereitstellung im Verbundnetz führen würde, leider nicht haltbar und widerlegt.**

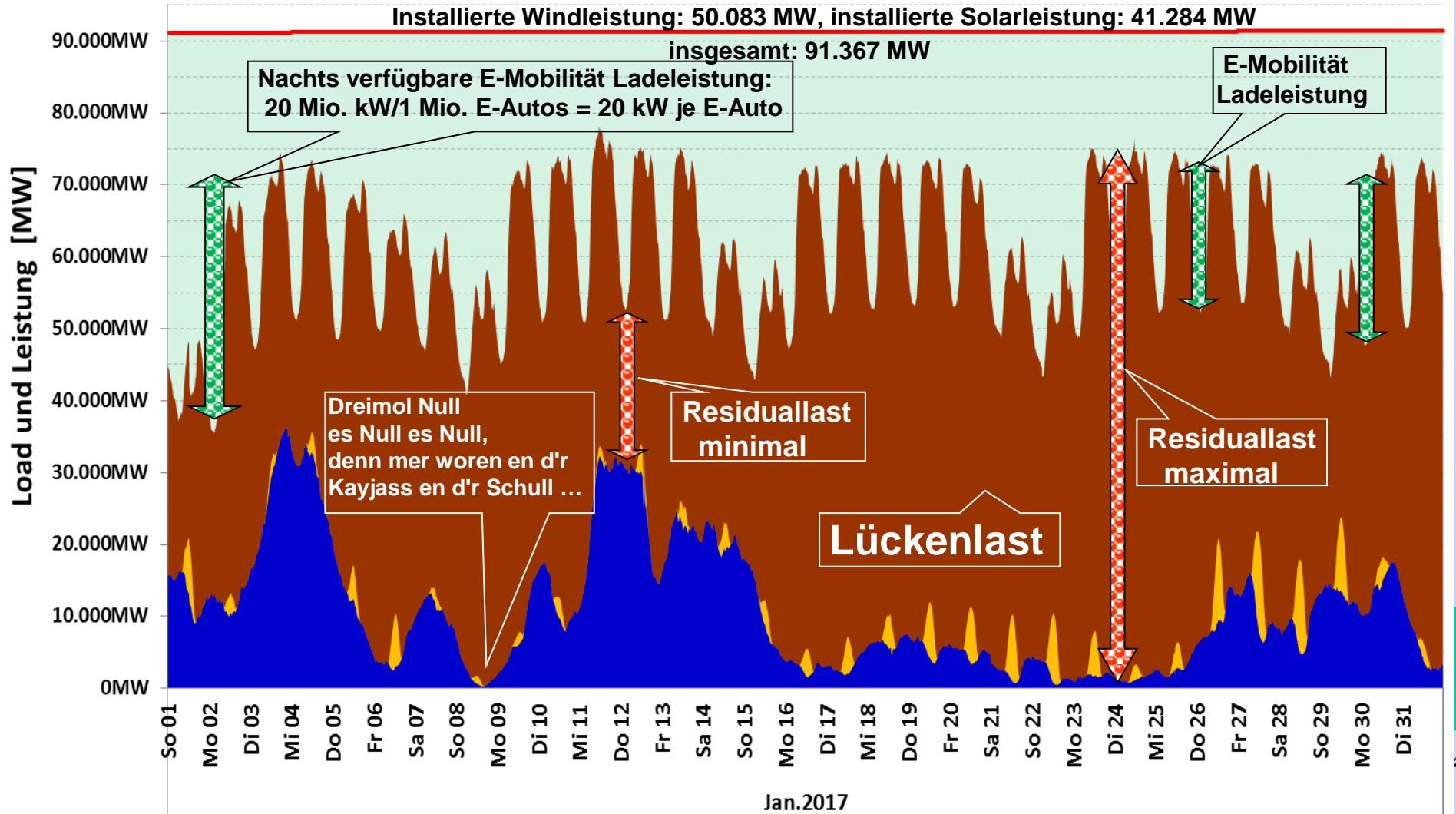
# Leistungsganglinien zu Weihnachten 2016

Vom 24.12. 0.00 Uhr bis 26.12. 24.00 Uhr wurden 2.521.533 MWh Strom an der Strombörse verkauft. Davon 1.517.907 MWh bei positive Preise zu 13.335.249 € und 1.003.626 MWh - das ist der Jahresstromverbrauch für rd. 250 Tsd. Haushalte-bei negative Preise zu **19.907.398 €**. Diese rd. **20 Mio. €** finden alle Stromverbraucher im nächsten Jahr als EEG-Abgabe auf ihre Stromrechnung, zusätzlich den Vergütungskosten für den entsprechenden EEG-Stromanteil. Diese rd. 1.004 Millionen kWh wurden ja im gesetzlichen Rahmen des EEG zwangsweise von den vielen Wind- und Solarstromproduzenten den Anlagebetreibern mit rd. 0,15 €/kWh vergütet, was rd. 150 Millionen Euro ausmacht, also insgesamt **rd. 170 Mio. € EEG - Belastung.**



# Stromerzeugung in Deutschland im Januar 2017 und freie Leistung für E - Mobilität: Bei 40 Mio. E-Autos: 0,5 kW je E-Auto

- inst.Leistung Wind+Solar
- Solarenergie Einspeisung ist
- Load = Verbrauch (Entsoe)
- Windenergie Einspeisung Ist



Datenquelle: Entso-e / Netzbetreiber

Auflösung: Viertelstundenwerte

Darstellung: Rolf Schuster



# Wie war`s am Tag des Orkans Herwart am 28./29.10.2017?

Höchster Börsenpreis  
im Jahr 2017:

Am 24. 01. 07:00 Uhr  
163,52 €/MWh.

Höchster Börsenpreis  
im Oktober 2017:

18. 10. um 19:00 Uhr  
83,02 €/MWh

Niedrigster  
Börsenpreis  
im Jahr 2017:

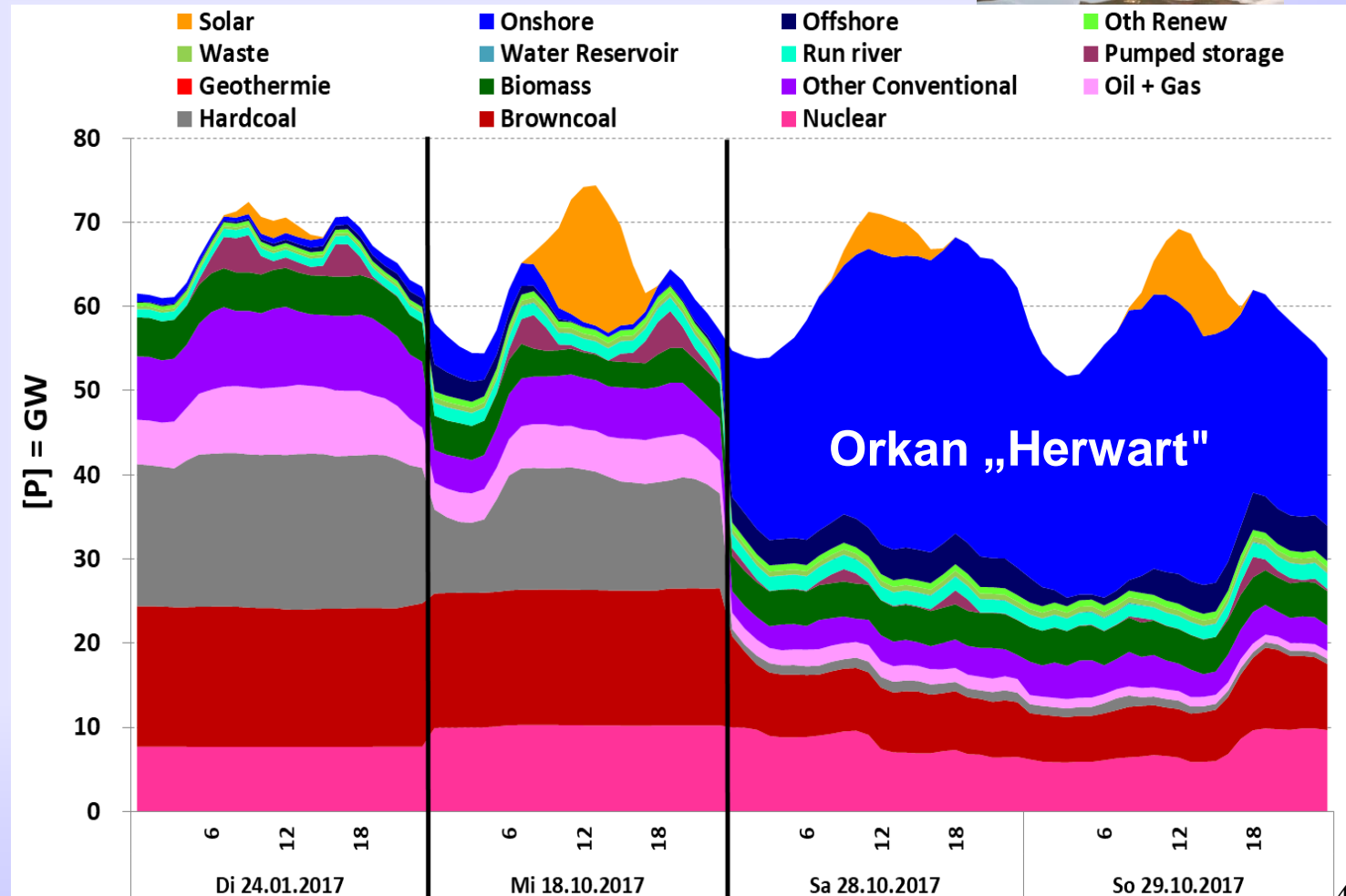
29. 10. 05:00 Uhr  
**-83,04 €/MWh**

Die Summe der Strom-  
geschenke negativer  
Börsenpreise  
vom 28.- 29.10.2017  
beträgt:

**-69.199.543,05 €**

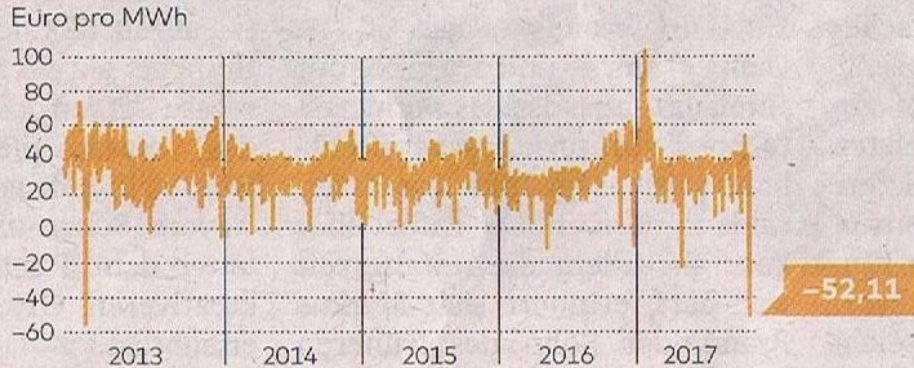
Zu Gunsten weniger,  
auf Kosten aller  
Stromverbraucher!

Orkan „Herwart“ setzt in Hamburg  
den Fischmarkt unter Wasser:



# “Herwart“ hat in Deutschland für extreme Turbulenzen gesorgt

## Sturm drückt Strompreis am Spotmarkt ins Minus

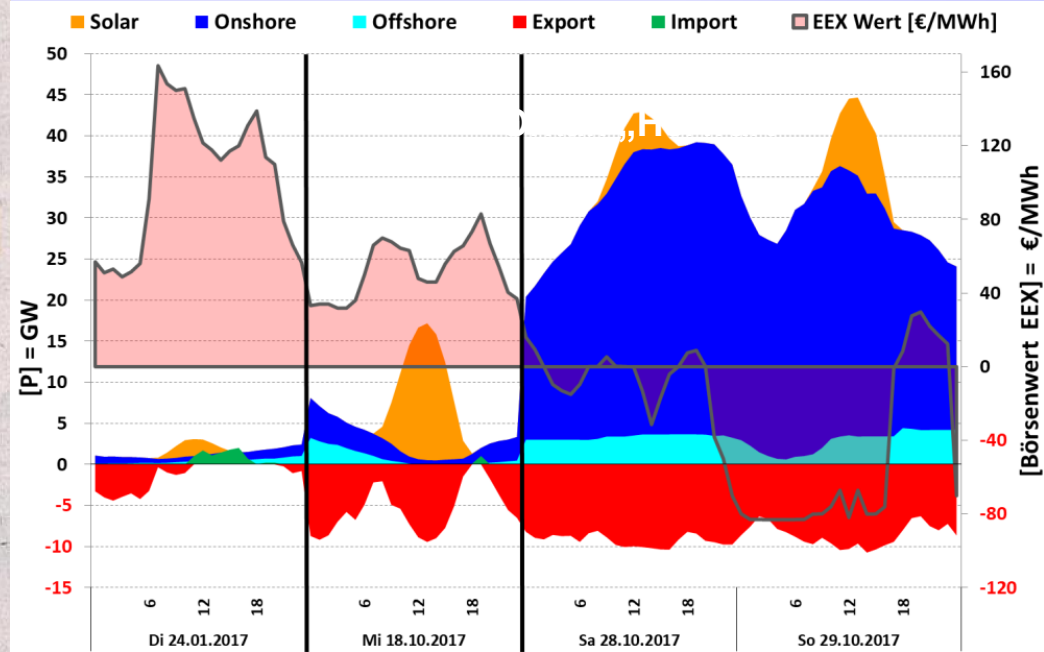


WELT

# DIE WELT

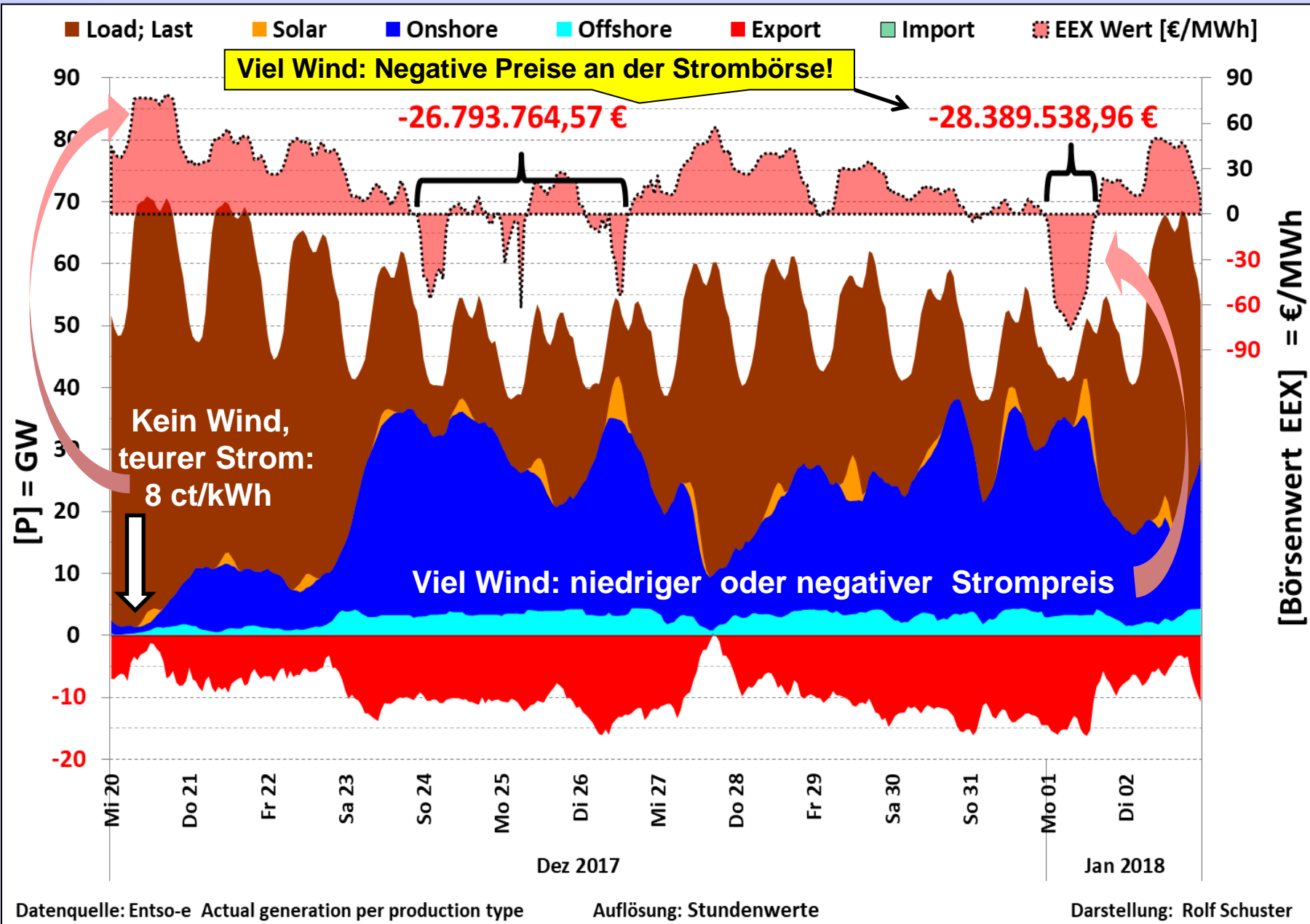
# Wahnsinn Energiewende

Wegen des starken Windes fielen die Strompreise ins Negative. Die Bürger haben allerdings nichts davon. Für sie wird es sogar teurer

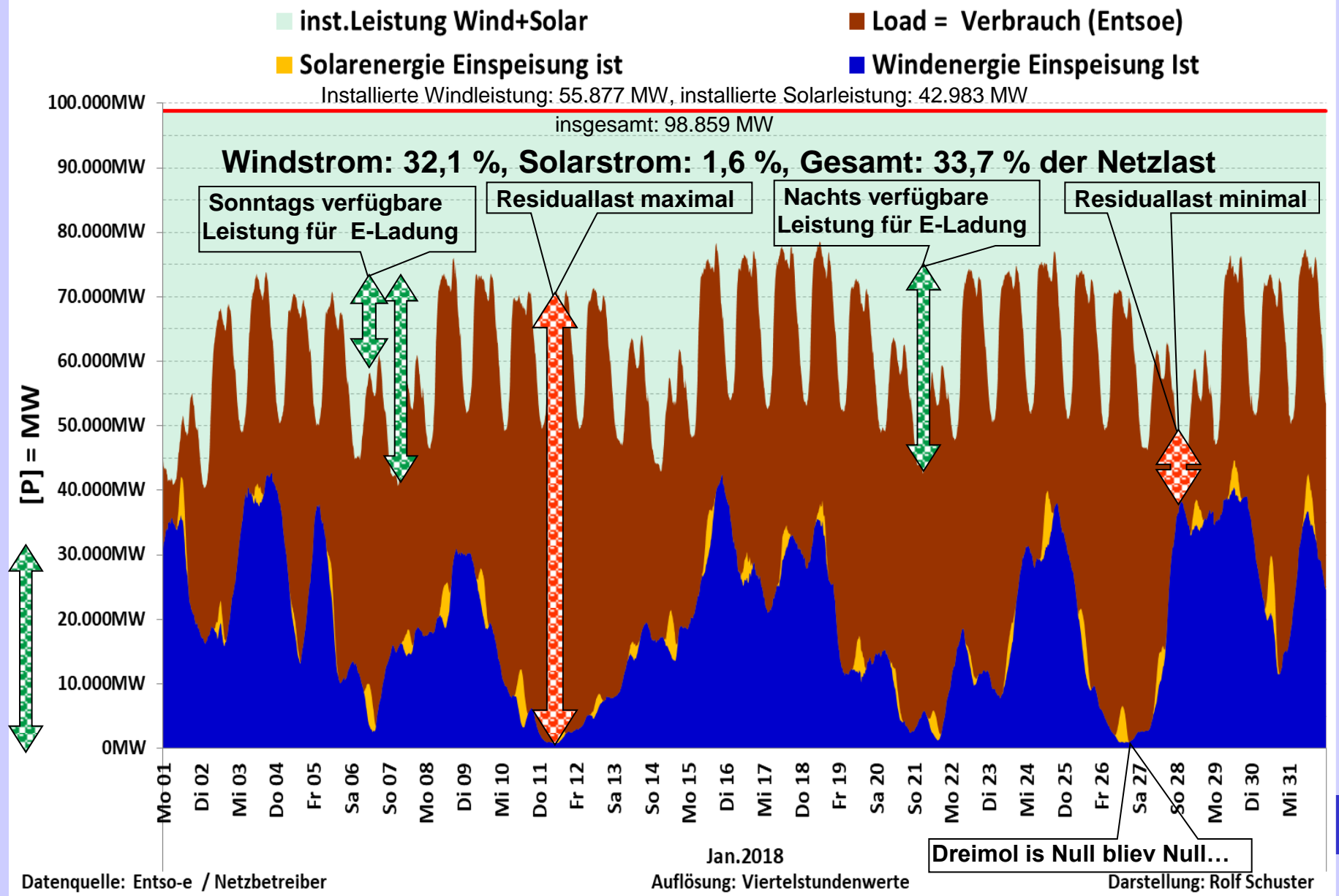


Der Historiker und Politikwissenschaftler Arnulf Barning äußerte im FOCUS 2/2013, S. 32:  
**„Die öffentliche Verlogenheit hat ein Ausmaß erreicht, das die Behandlung realer Probleme unmöglich macht.“.**  
**Wer nichts weiß, muss viel glauben!**

# Leistungsganglinien zu Weihnachten 2017



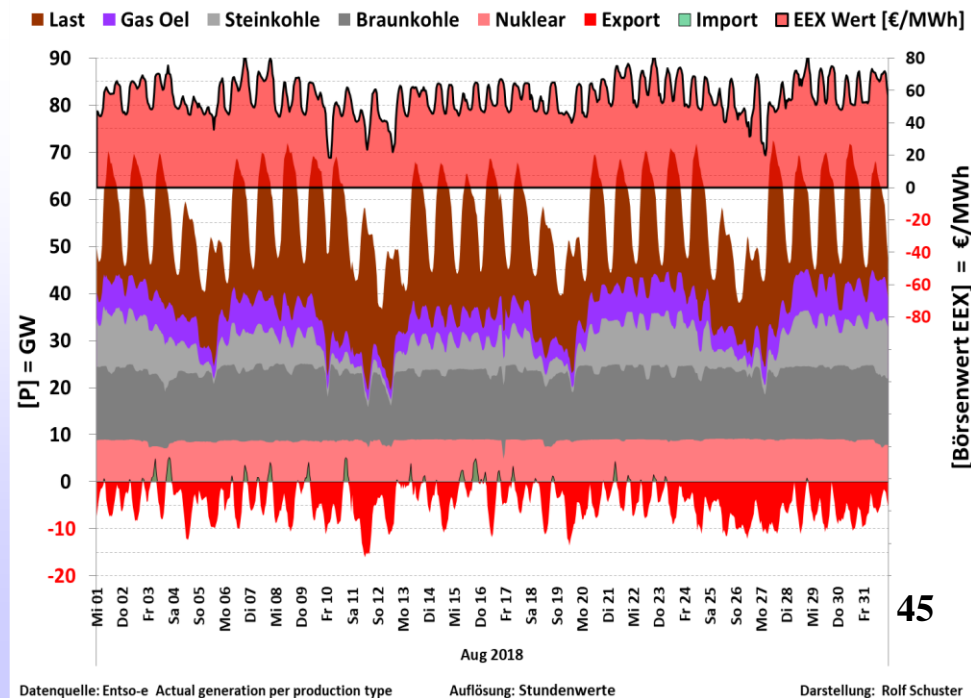
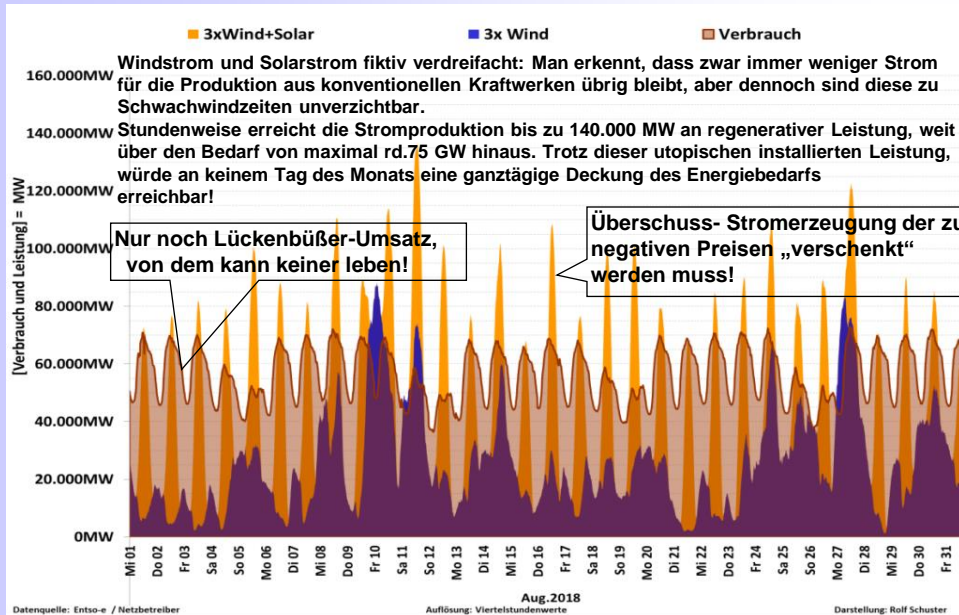
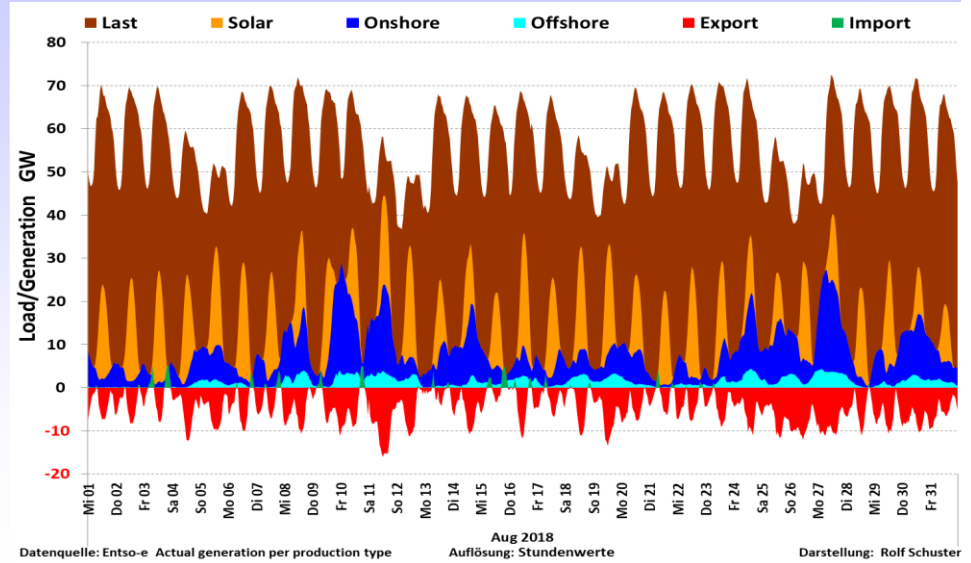
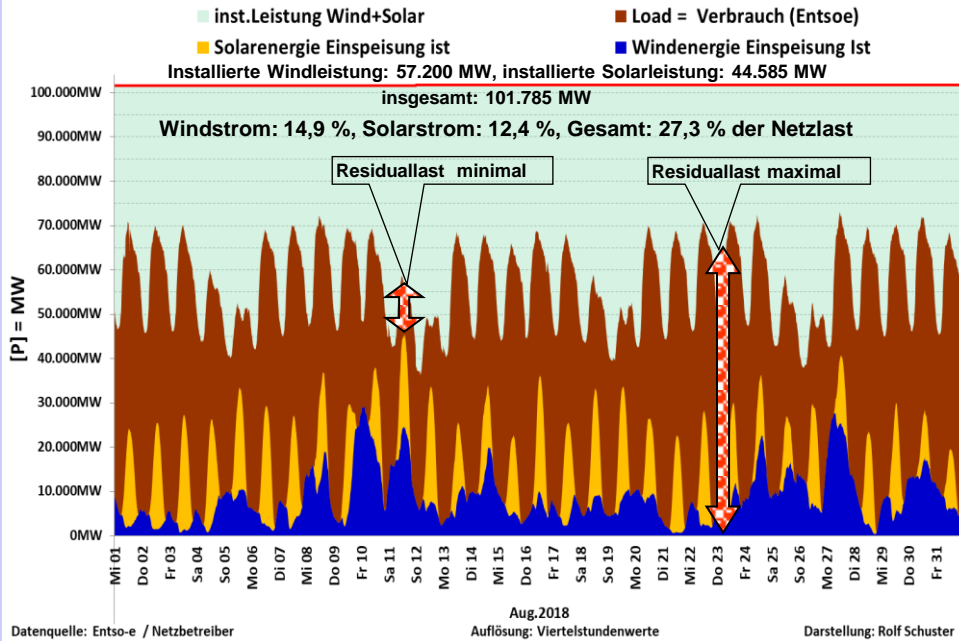
# Stromerzeugung in Deutschland im Januar 2018 und freie Leistung für E - Mobilität: Bei 10 Mio. E-Autos: rd. 2 kW je E-Auto



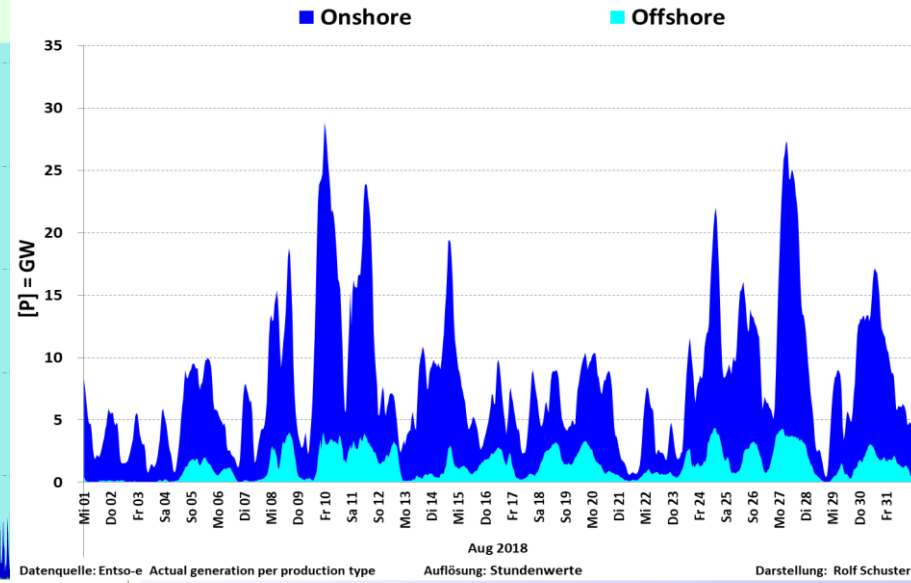
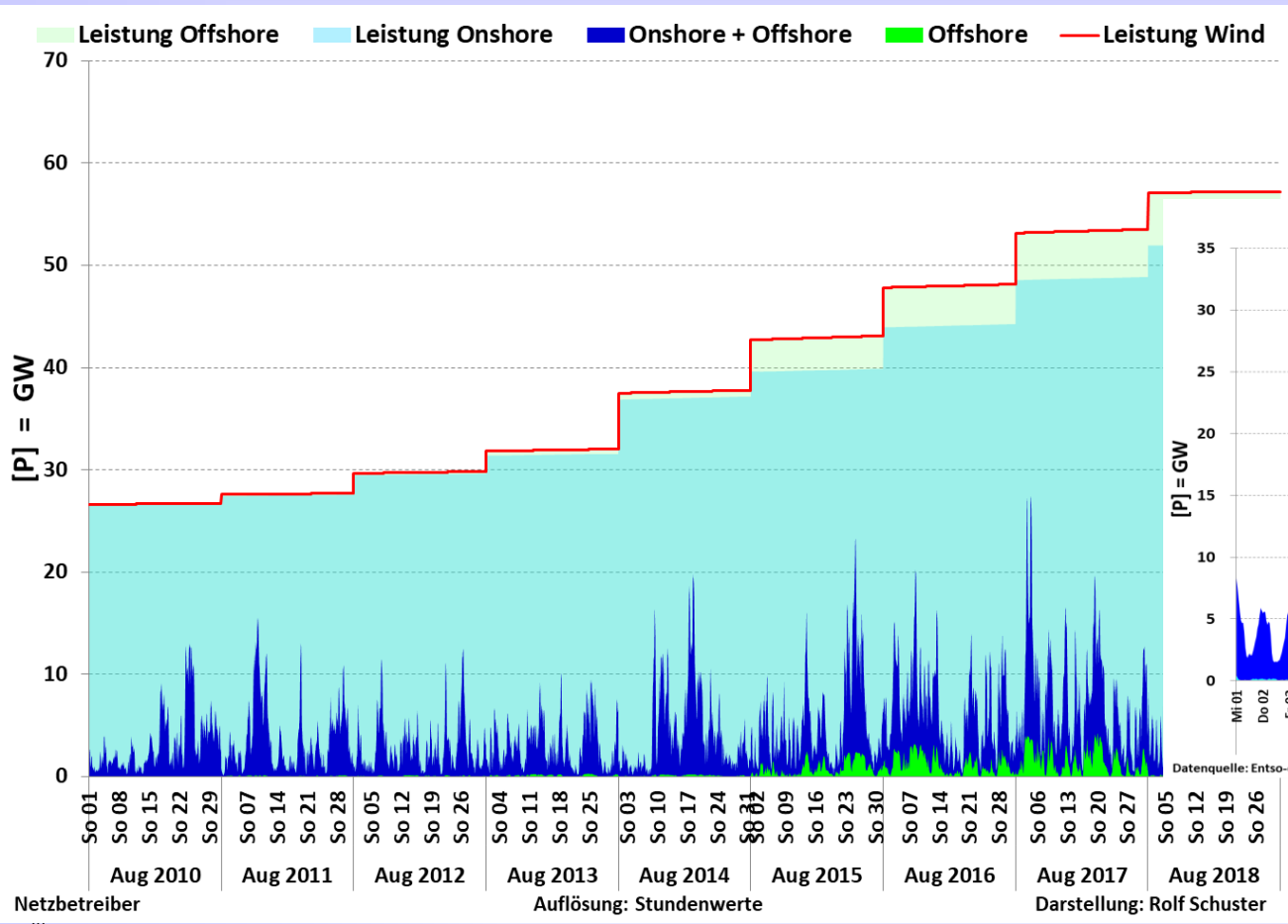
Dr. Alt FH Aachen, Manuskripte 2018



# Stromerzeugung in Deutschland im August 2018

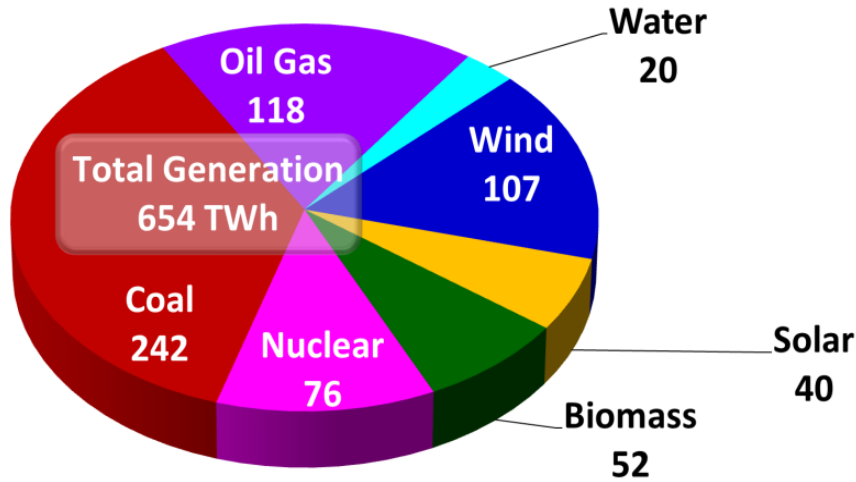


# Wind-Stromerzeugung in Deutschland im August 2018



# Stromerzeugungsmix in Deutschland und in der Welt

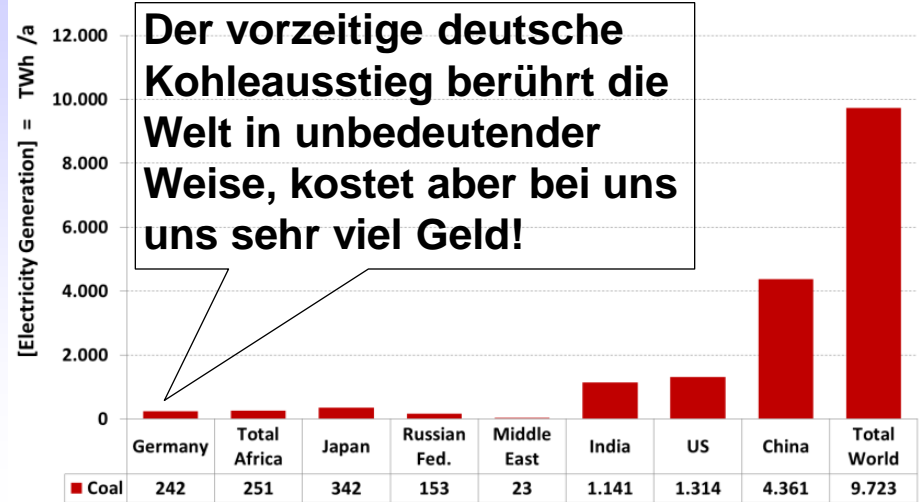
Share of electricity Germany TWh/a 2017



Datenquelle: BP Statistical Review of World Energy June 2018

Darstellung: Rolf Schuster

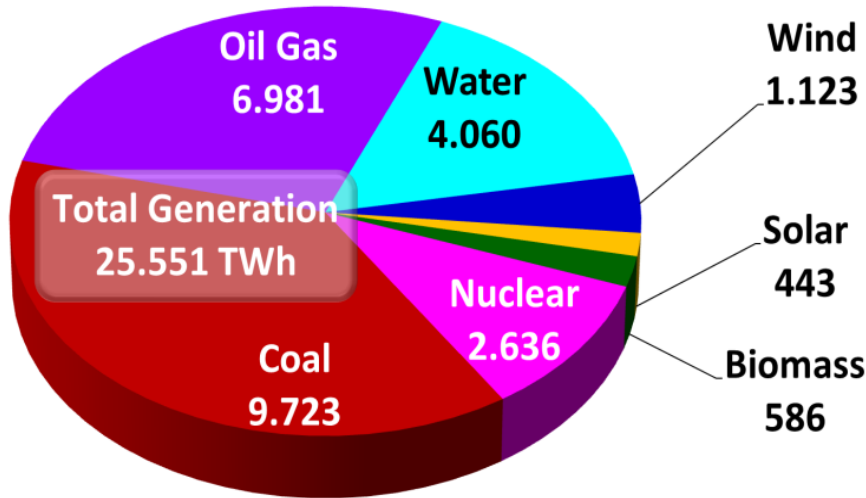
Electricity Generation Coal 2017



Datenquelle: BP Statistical Review of World Energy June 2018

Darstellung: Rolf Schuster

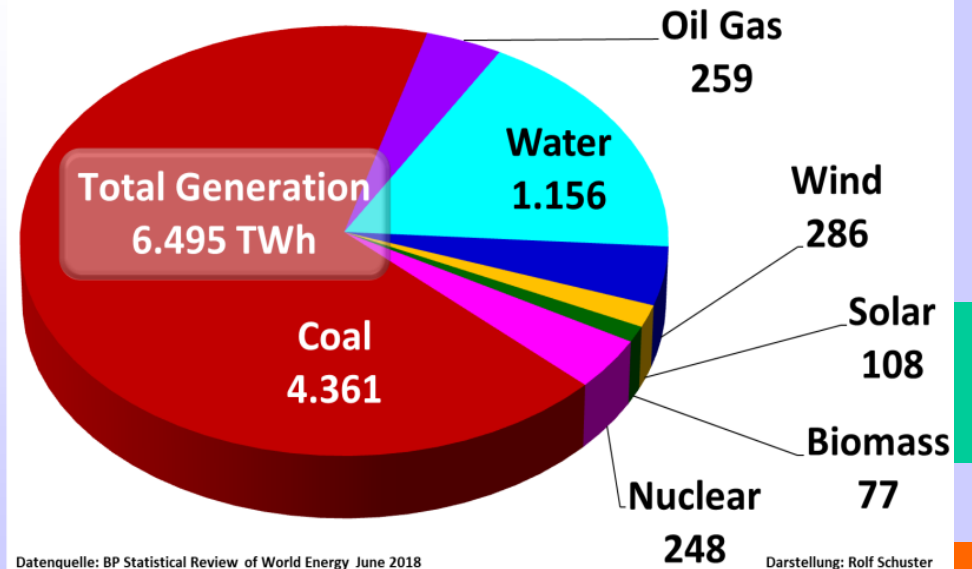
Share of electricity World TWh/a 2017



Datenquelle: BP Statistical Review of World Energy June 2018

Darstellung: Rolf Schuster

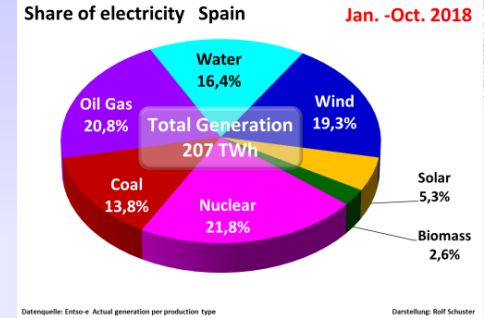
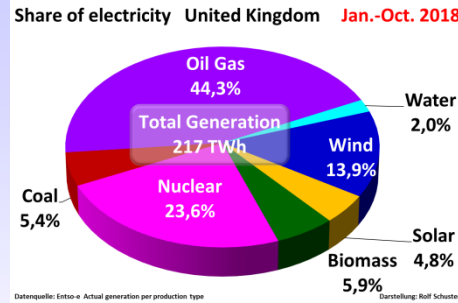
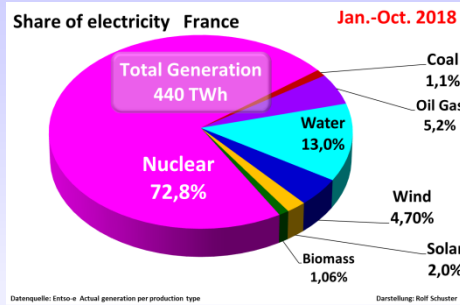
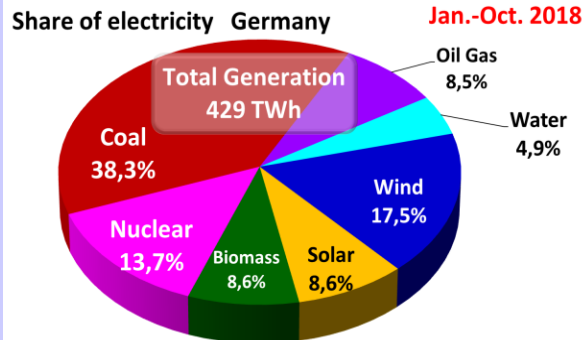
Share of electricity China TWh/a 2017



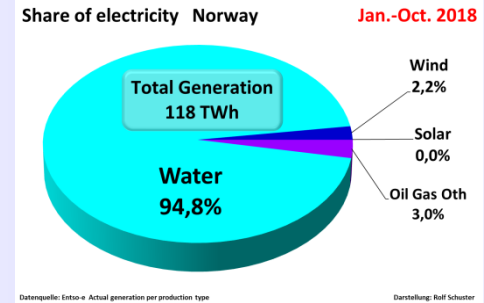
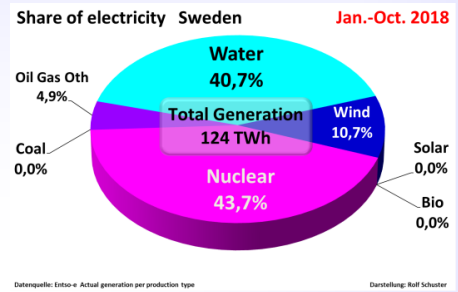
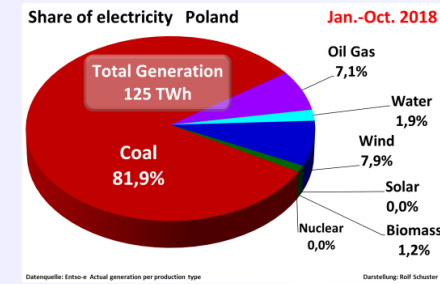
Datenquelle: BP Statistical Review of World Energy June 2018

Darstellung: Rolf Schuster

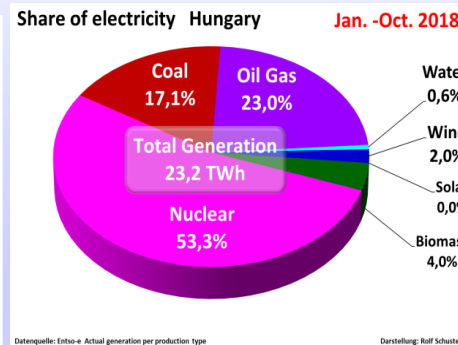
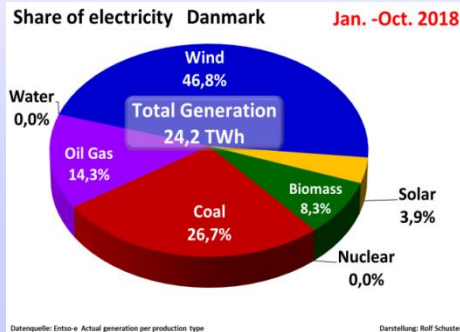
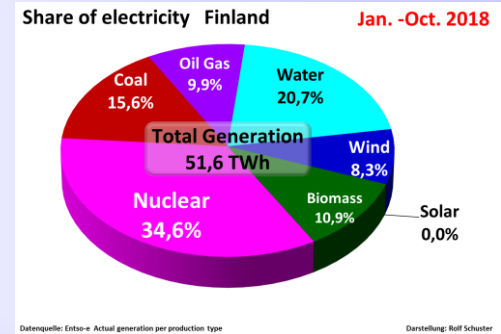
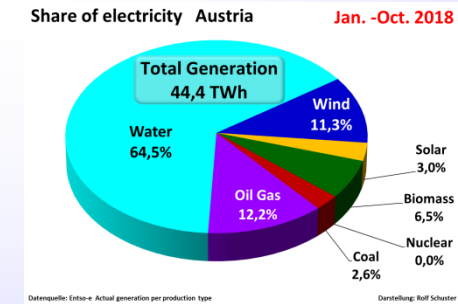
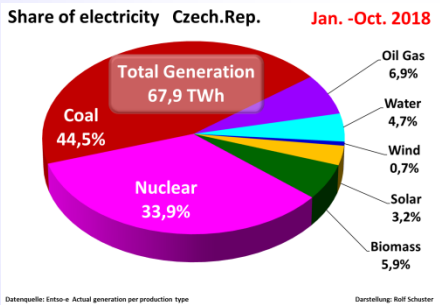
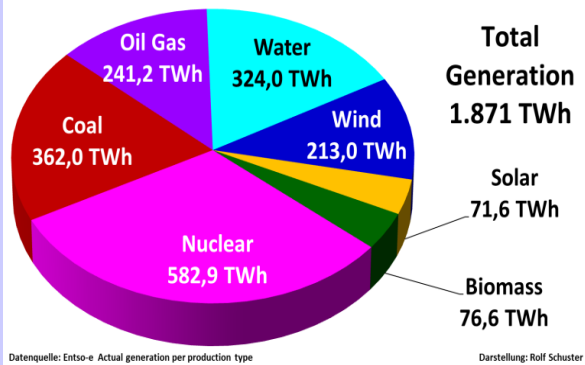
# Stromerzeugungsmix in Deutschland und in Europa



Datenquelle: Entso-e Actual generation per production type  
Darstellung: Rolf Schuster



Share of electricity: F D GB SP PL SE NO CZ FI AT DK HU Jan.-Oct. 2018





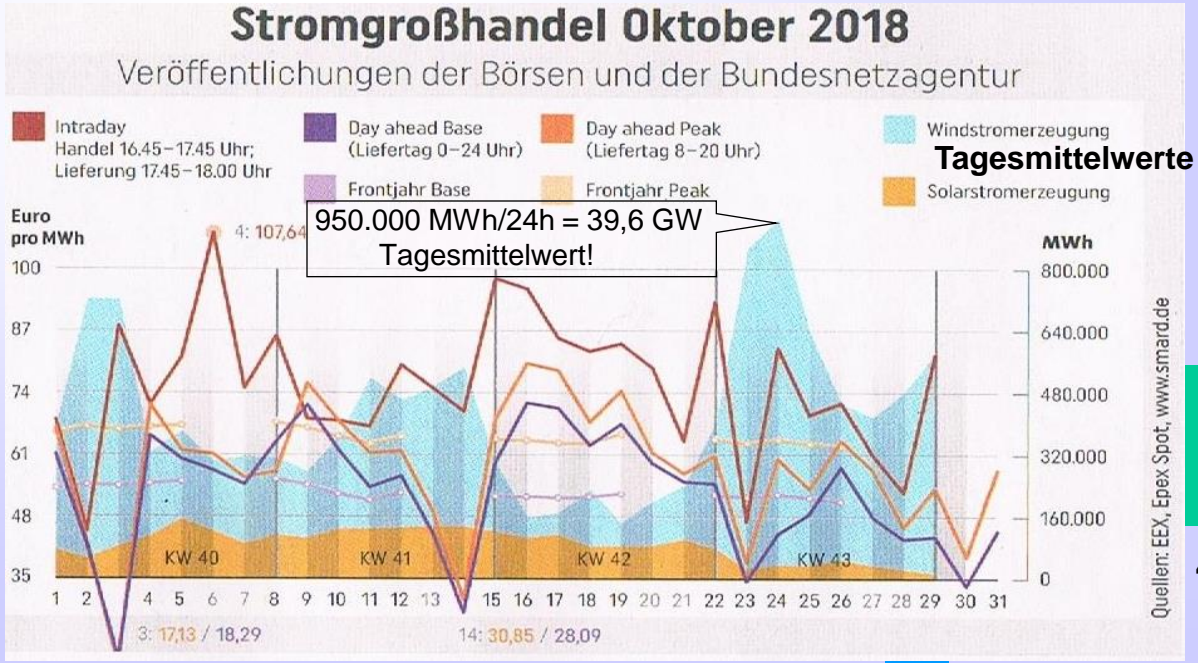
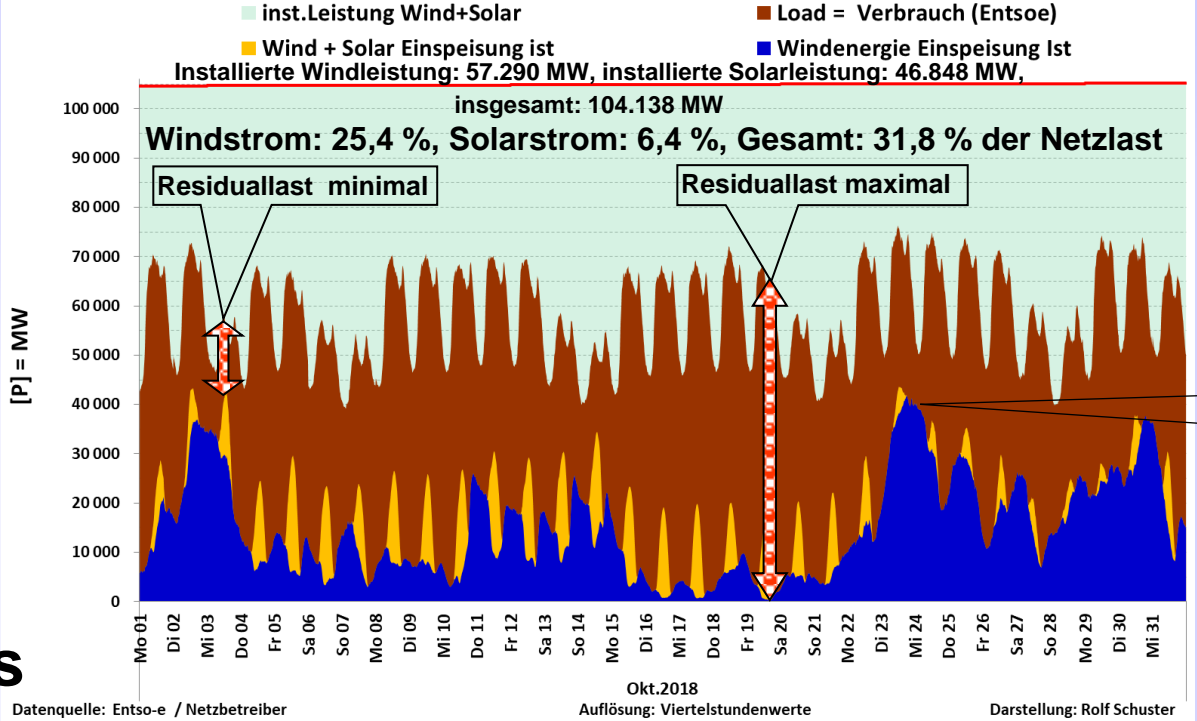
# Wie man das 100 % Ziel der Energiewende erreichen kann?

Alle Leistungen als 1/4 h - Mittelwerte

Alle Leistungen als 24 h – Mittelwerte dann scheint die Sonne auch nachts!

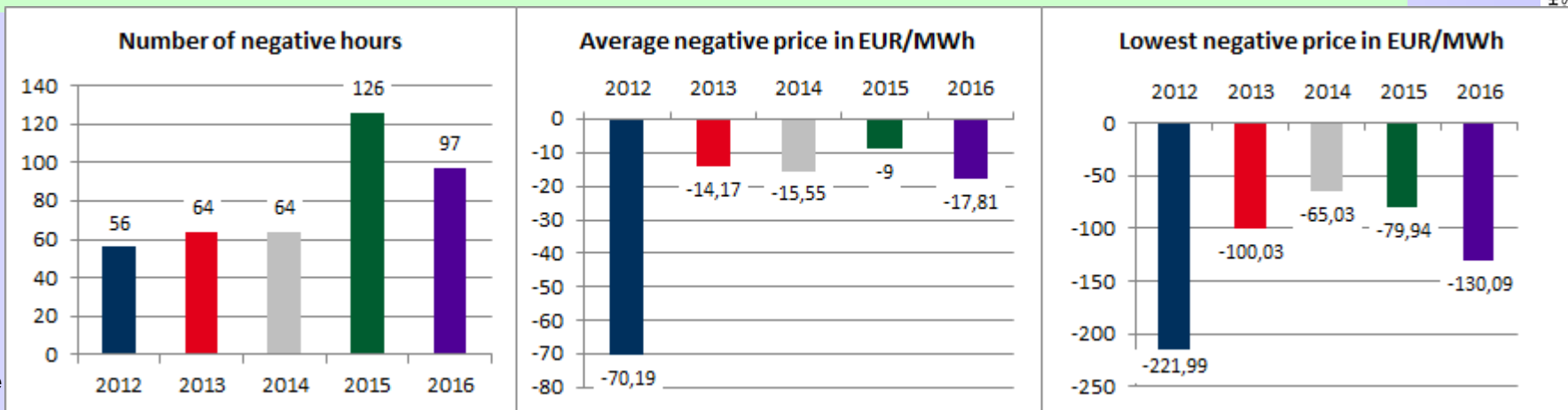
Jetzt braucht man nur noch entsprechend viele Anlagen zu bauen, das sieht sogar meine Mutter ein. Die Wahrheit sagt man ihr dann, wenn sie die Stromrechnungen bezahlt hat!

Quelle: ZfK, November 2018 und AGORA





Quelle:  
Die Entwicklung  
negativer Strom-  
preise in  
Deutschland  
19. 1.2017 / Simon  
Göß / CEENews:  
Erneuerbare  
Energien, Europa,  
Preise, Strommarkt.  
Ursprung:  
Agora Energiewende



IWR - Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien vom 05.12.2016, 10:15 Uhr:

**Strommengen beim Redispatch und Einspeisemanagement jeweils verdreifacht.**

**Die Eingriffe auf den Strommarkt haben ebenfalls zugenommen:**

**Die Redispatch-Gesamtmenge hat sich gegenüber dem Jahr 2014 mehr als verdreifacht und beträgt im Jahr 2015 rund 16 Mrd. kWh. Die veranschlagten Kosten für Redispatch 2015 wurden von den Übertragungsnetzbetreibern mit rund 412 Mio. Euro angegeben.**

**In Stunden hat sich die Eingriffshäufigkeit bzw. Dauer der Redispatch-Maßnahmen 2015 auf 15.800 Stunden nahezu verdoppelt (2014: rund 8.500 Stunden).**

**Beim Einspeisemanagement, also der Abregelung von Anlagen im Bereich erneuerbare Energien, hat sich die Menge der Ausfallarbeit von 1,6 Mrd. kWh im Jahr 2014 auf 4,7 Mrd. kWh ebenfalls fast verdreifacht.**

**Die Summe der im Jahr 2015 ausgezahlten Entschädigungen beträgt laut Monitoringbericht rund 315 Mio. Euro (2014: 83 Mio. Euro).**

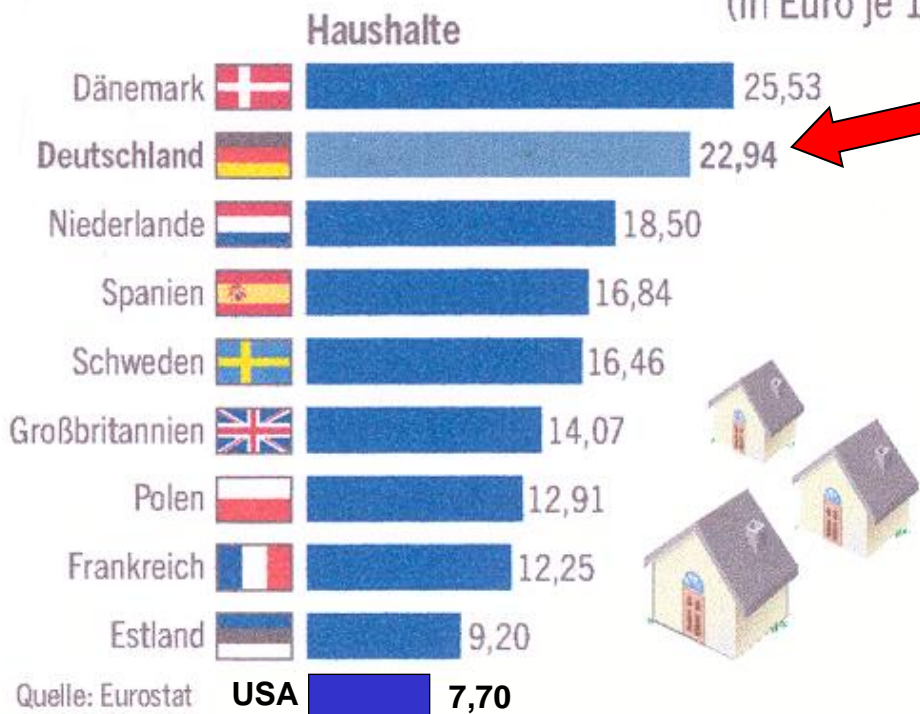
**Die geschätzten Entschädigungsansprüche für das Jahr 2015, die jedoch noch nicht vollständig ausgezahlt sind, belaufen sich auf 478 Mio. Euro. Dies sei in erster Linie auf die starke Zunahme der Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen im Jahr 2015 zurückzuführen, heißt es im Monitoring-Bericht.**

# Strompreise für Haushalte und Industrie in Europa 2010

Wie lange können wir uns diese Spitzenstellung leisten?

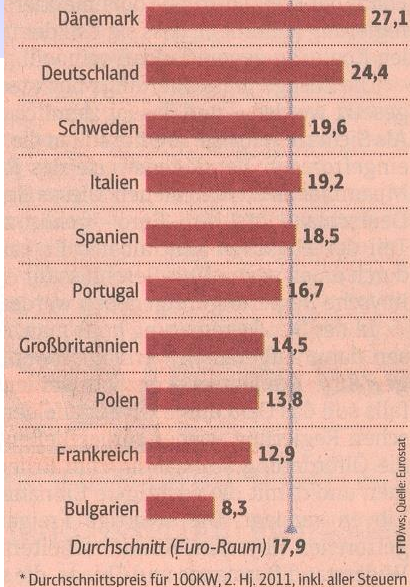
## TEURE HEIMAT

Strompreise für Haushalte und Industrie in Europa  
(in Euro je 100 kWh)



### Große Unterschiede

Strompreise für Haushalte in ausgewählten europäischen Ländern in €\*



Quelle:  
FTD 26.7.2011  
Korrektur:  
richtig ist: €/100 kWh



Wirtschafts  
Woche

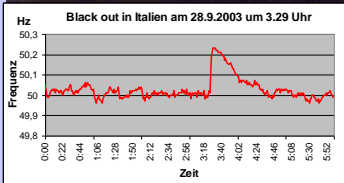
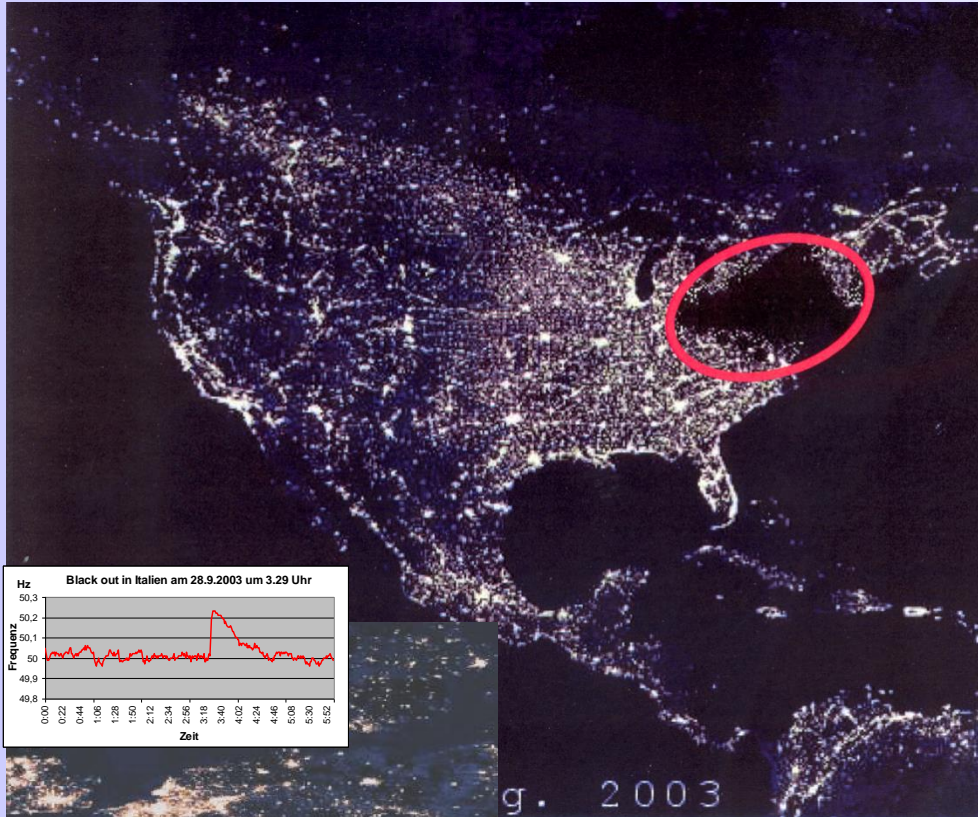
Anmerkung: 1 €/100 kWh = 1 Ct/kWh = 10 €/MWh

# Eine sichere Stromversorgung ist die Basis unseres Lebens

## When the lights went out

Teilausfall im Nordosten der USA  
am 14. August 2003 um 23.15 Uhr:  
Geschätzter Schaden: 6 Mrd. US \$

Die Sonne als unerschöpfliche Energiequelle ist leider  
nachts immer, aber öfters auch tagsüber abwesend.



Italien am 28.9.2003  
ab 3.29 Uhr:  
„dunkel“

## Europa in der Nacht



**Auf der ISS im Weltraum und auf der Scott-Base am Südpol ist man ganzjährig auf eine sichere Stromversorgung lebensnotwendig angewiesen!**

**Worin besteht der Unterschied zu uns im Haus?**

**Tochter Ursula`s Ankunft auf der Scott-Base am Südpol am 3.10. 2015  
by US Navy, Air Force: Pegasus**



**Es fehlt der  
Stromzähler und es  
wird keine  
Stromrechnung  
versandt!**



# Experiment Energiewende analysieren und optimieren

Jahr:	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Zeiten negativer Strompreise:	12	15	56	64	64	126	97	146

## Fazit:

Die Zielsetzungen der Energiewende sind auf vernünftige, d.h. energiewirtschaftlich für die Stromverbraucher vertretbare Zielwerte unter Beibehaltung der gewohnt sicheren Stromversorgung neu zu definieren.

Dies bedeutet, keinen weiteren Ausbau der Wind- und Solaranlagen anzustreben und für die vorhandenen Anlagen ein Marktmodell für die Stromabgabe und Stromvergütung einzuführen, in dem sowohl die Leistungsvorhaltung als auch die elektrische Arbeit kostennah und dem Verursacherprinzip abgebildet werden.

Das energiewirtschaftliche Dreieck mit den Attributen:  
Wirtschaftlichkeit, Zuverlässigkeit und Ökologie,  
sollte wieder hinsichtlich bezahlbarer Strompreise ausbalanciert werden.  
Der Strom muss für alle bezahlbar bleiben, ohne unter dem Deckmantel  
„smart-city“ und „smart-meter“ die bisherige Solidargemeinschaft aller  
Strombezieher zu verlassen, um mehr Luxusgut zu werden.

**Vielen Dank für Ihr Interesse**