

# Grenzen des Zubaus für erneuerbare Energie

**Sigismund KOBE**

**Institut für Theoretische Physik, Technische Universität Dresden**

<https://tu-dresden.de/mn/physik/itp/das-institut/beschaeftigte/kobe>

**AMBASSADOR Klub  
Dresden, 21. April 2022**

# PROLOG 1

**Empfehlungen von Olaf Kittel  
(SZ vom 16./17.04.2022):**

**1) Alle Texte kritisch prüfen**

**2) Keinesfalls ungeprüft Behauptungen  
übernehmen, auch wenn sie glaubwürdig  
erscheinen und gut ins eigene Meinungsbild  
passen**

**3) Falsche Tatsachenbehauptungen keinesfalls  
weiterverbreiten**

Freie Presse v. 20.03.2022, S. 1 und 3

„Im Mai sollen die beiden Anlagen  
[Mosel bei Zwickau, 2 WEA vom Typ V 160, 20 Mill. €]  
mit einer Gesamthöhe von 244 Metern und einer  
Leistung von insgesamt 11,2 Megawatt ans Netz gehen“...  
“Zusammen werden sie ... insgesamt 24 Millionen  
Kilowattstunden Strom im Jahr erzeugen – genug für 7000 Haushalte“.

Richtig ist:

Eingespeist werden im jährlichen Mittel: 2,7 Megawatt  
Schwankungen zwischen Null Megawatt (kein einziger Haushalt  
kann versorgt werden) und 11 Megawatt (wohin mit dem Überfluss-Strom?)

Gedankenexperiment:

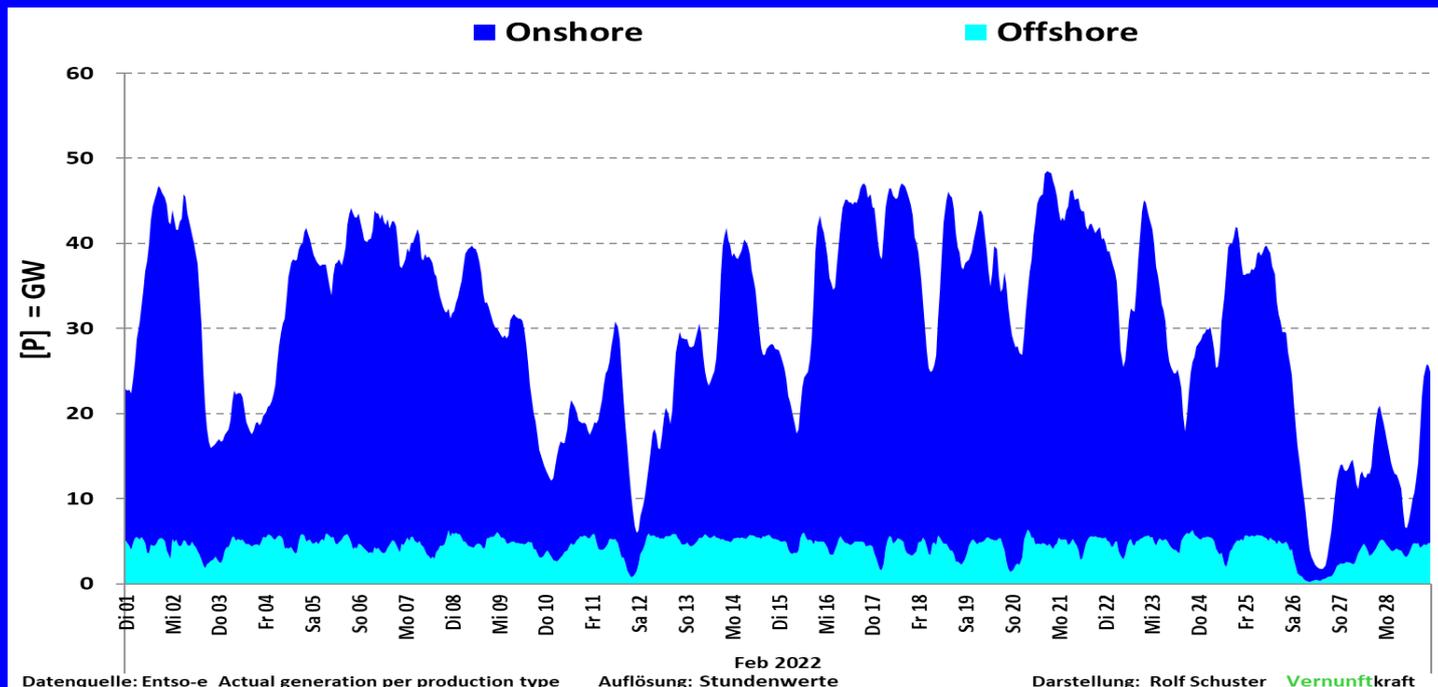
BigBattery (Lausitz) stünde zur Speicherung zur Verfügung (+ 25 Mill. €)  
(max. 20 h zum Ersatz der mittleren Leistung bei Flaute)

Kosten ohne Wartung, Entsorgung, Gewinn: ~ 10 ct/kWh

## SZ vom 25.02.2022: „Windige Wochen sorgen für Rekord“

Netzbetreiber Mitnetz speist in Januar + Februar  
2,3 Milliarden kWh ins Netz ein  
(„entspricht“ dem Jahresverbrauch von 600 000  
Dreipersonen-Haushalten).

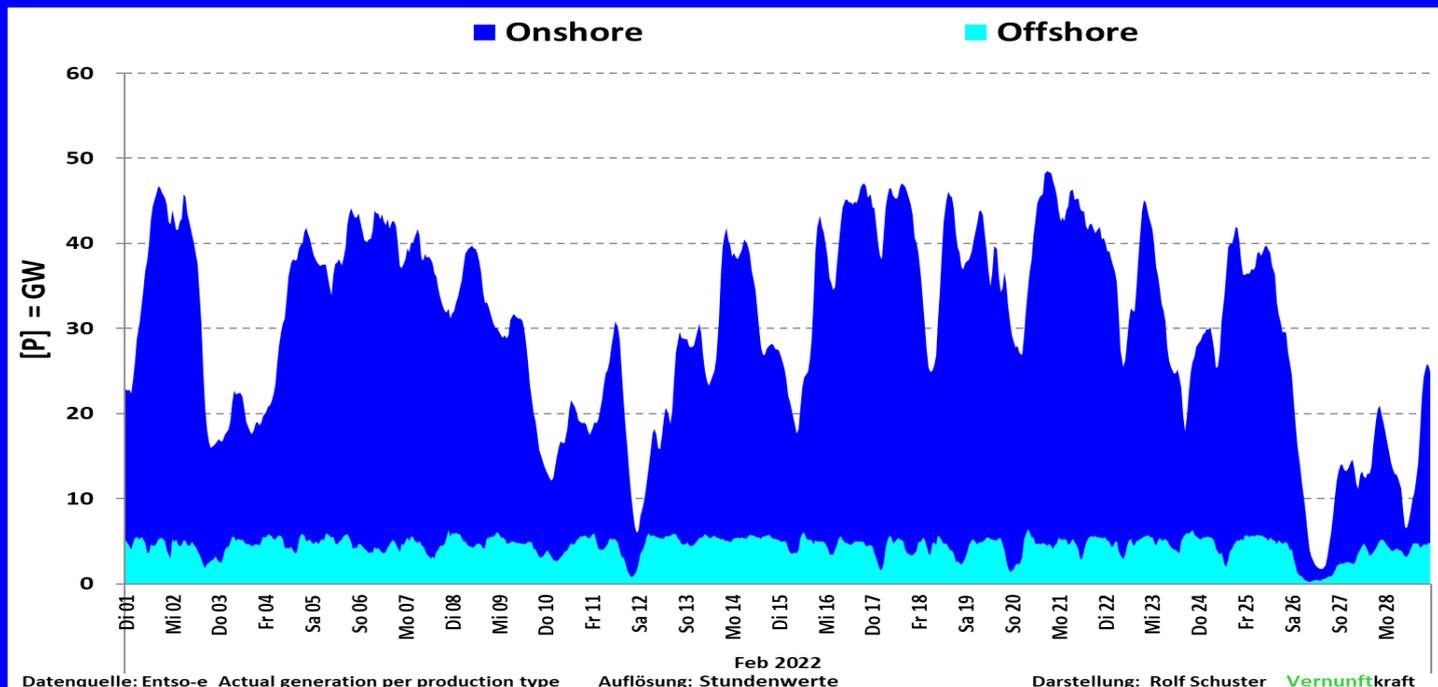
Der durchschnittliche Anteil von Windstrom am Strombedarf lag  
Im Januar bei 71 Prozent (im Februar bei 112 Prozent).



## SZ vom 25.02.2022: „Windige Wochen sorgen für Rekord“

Netzbetreiber Mitnetz speist in Januar + Februar  
2,3 Milliarden kWh ins Netz ein  
(„entspricht“ dem Jahresverbrauch von 600 000  
Dreipersonen-Haushalten).

Der durchschnittliche Anteil von Windstrom am Strombedarf lag  
Im Januar bei 71 Prozent (im Februar bei 112 Prozent).



**Sächsisches Ministerium für Energie, Klima, Umwelt und Landwirtschaft:  
„Sonne und Wind stehen uns, unseren Kindern und Enkeln  
unbegrenzt zur Verfügung...Hinzu kommt: Strom aus Erneuerbaren  
kostet nur einen Bruchteil dessen, was die Stromerzeugung  
aus anderen Energieträgern kostet.“**



The screenshot shows a web browser window with the following elements:

- Browser Tabs:** E-Mail – sigismund.kobe@tu-dre, GMX Freemail - E-Mail made in, smekul sachsen - Suche, Energiewelt Sachsen – gemeinsa
- Address Bar:** <https://www.energie.sachsen.de/erneuerbare-energien.html>
- Page Header:** Energie, Übergeordnete Seiten
- Accessibility Tools:** Schriftgröße anpassen, Kontrast erhöhen, Animationen stoppen, Seite vorlesen
- Main Content:**
  - Section Header:** Energiewelt Sachsen – gemeinsam erneuern!
  - Image:** An illustration of four wind turbines of varying sizes, rendered in a light blue color.
  - Text:**

**4 Windräder**  
erzeugen pro Jahr so viel elektrische Energie  
wie eine Stadt mit 15.000 Einwohnerinnen und  
Einwohnern pro Jahr benötigt
- Progress Bar:** A video player progress bar is visible at the bottom of the content area.
- Taskbar:** Windows taskbar at the bottom showing search, system tray (8°C, 17.04.2022, 11:35), and various application icons.

## **Kommentar:**

**In der Presse und selbst auf den Webseiten der Sächsischen Landesregierung werden häufig „tendenzielle Halbwahrheiten“ verbreitet.**

**Ein solche ist z.B. der Vergleich der jahreskumuliert eingespeisten Strommenge von Wind und Sonne mit der Jahresbedarf von Haushalten („Haushaltsäquivalent“).**

**Dadurch wird vorgetäuscht, dass man mit dem weiteren Zubau von Windrädern immer mehr Haushalte versorgen könne.**

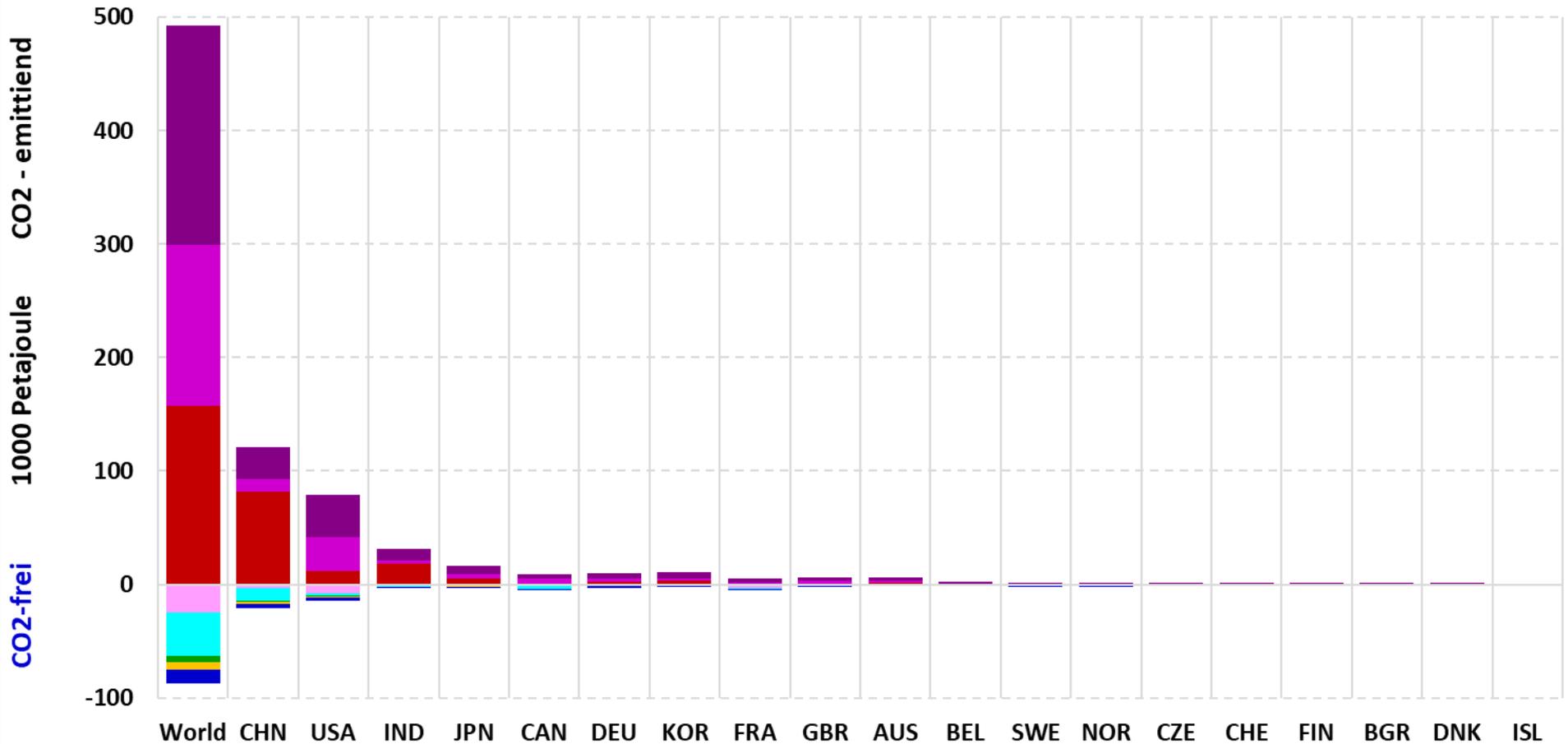
**Der entscheidende Zusatz wird einfach weggelassen:  
„ ...unter der Voraussetzung, dass ausreichend Speicherkapazität zum Ausgleich der stark schwankenden Erzeugungsleistung zur Verfügung steht.“**

**Es handelt sich m.E. um den Versuch einer Täuschung.**

# FAKTEN

## BP Statistical Review Primärenergieverbrauch 2019

Coal Gas Oil Nuklear Hydro Bio/Geo Solar Wind



Datenquelle: BP Statistical Review 2020

Darstellung: Rolf Schuster Vernunftkraft

**Kommentar: Unterhalb der Null-Linie ist die CO2-freie Erzeugung aufgetragen.**

## Primärenergieverbrauch (Strom+Wärme+Verkehr) 2020

Welt	155 000 TWh	100 %
China	40 300 TWh	26 %
Europa	21 300 TWh	14 %
D	3 300 TWh	2 %

## Erzeugung von Elektroenergie

Welt	26 800 TWh	100 % (17 % der Primärenergie)
China	7 780 TWh	30 %
Europa	3 870 TWh	14 %
D	572 TWh	2 %

## Erzeugung von Elektroenergie durch Kohle-KW

Welt	9 400 TWh	100 % (35 % der Elektroenergie-Erzeugung)
China	4 900 TWh	52 % !!!
Europa	575 TWh	6 %
D	135 TWh	1,4 %

## Erzeugung von Elektroenergie durch Windenergieanlagen WEA

Welt	1 590 TWh	100 % (6 % der Elektroenergie)
China	467 TWh	30 %
Europa	510 TWh	32 %
D	131 TWh	8 %

## Erzeugung von Elektroenergie durch Photovoltaik PV

Welt	856 TWh	100 % (3 % der Elektroenergie)
China	136 TWh	16 %
Europa	179 TWh	21 %
D	51 TWh	6 %

## Anteil von WEA und PV am Primärenergieverbrauch der Welt

Welt	2 446 TWh	decken 1,6 % des weltweiten Verbrauchs
China	603 TWh	0,4 %
Europa	689 TWh	0,4 %
D	182 TWh	0,1 % (oder 5,5 % des deutschen V..)

**Klimaneutralität ... 100 % Erneuerbare ...**

**“... liegt im überragenden öffentlichen Interesse  
und dient der öffentlichen Sicherheit“ .... Friedensenergie ....**

**Blick auf Europa**

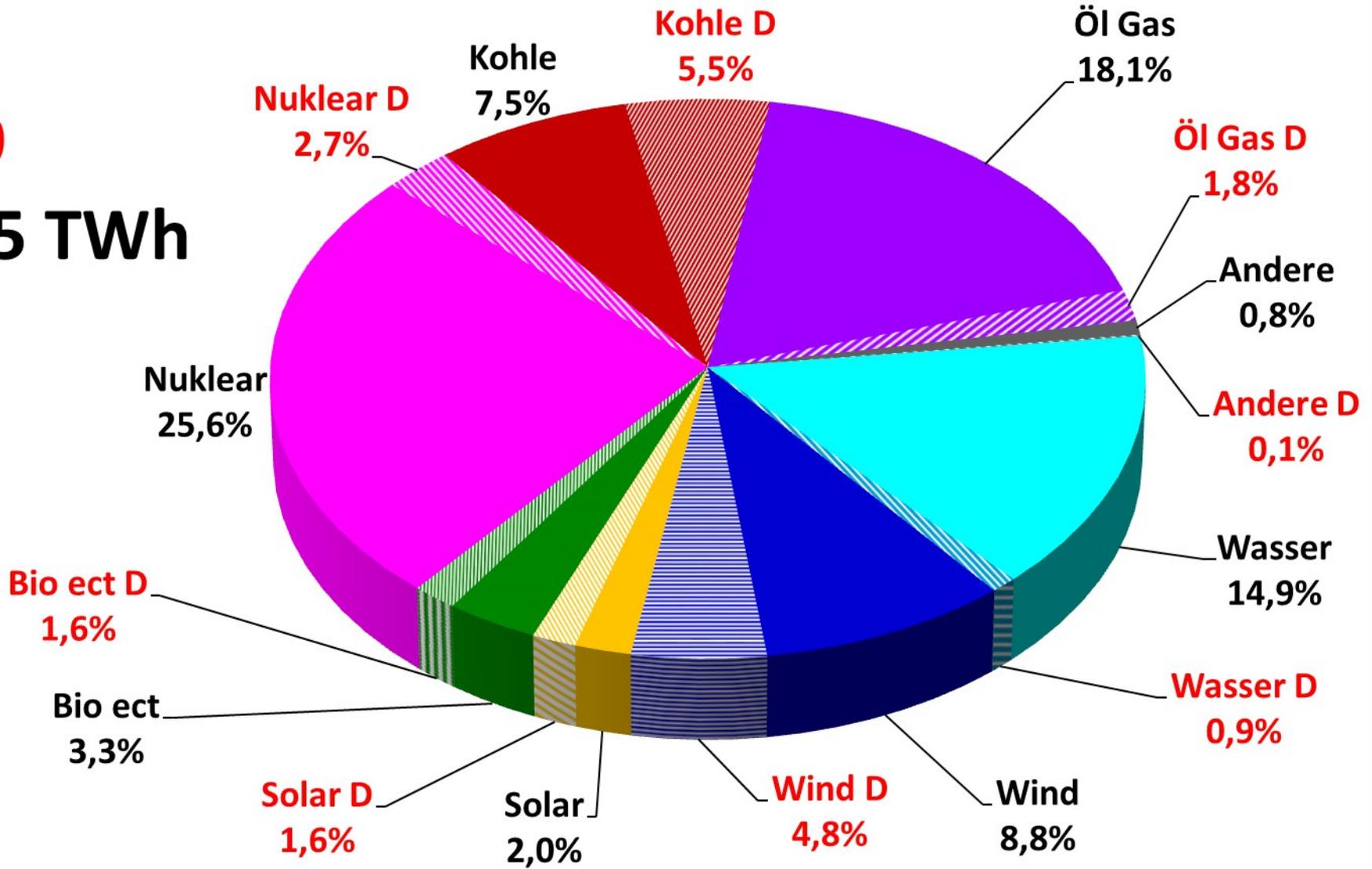
**„Green Deal“**

# Nur Elektroenergie in 16 europäischen Ländern:

Produktion A BE CH CZ DK **D** ES FI F GB HU IT NL NO PL SE

**2019**

**2.675 TWh**

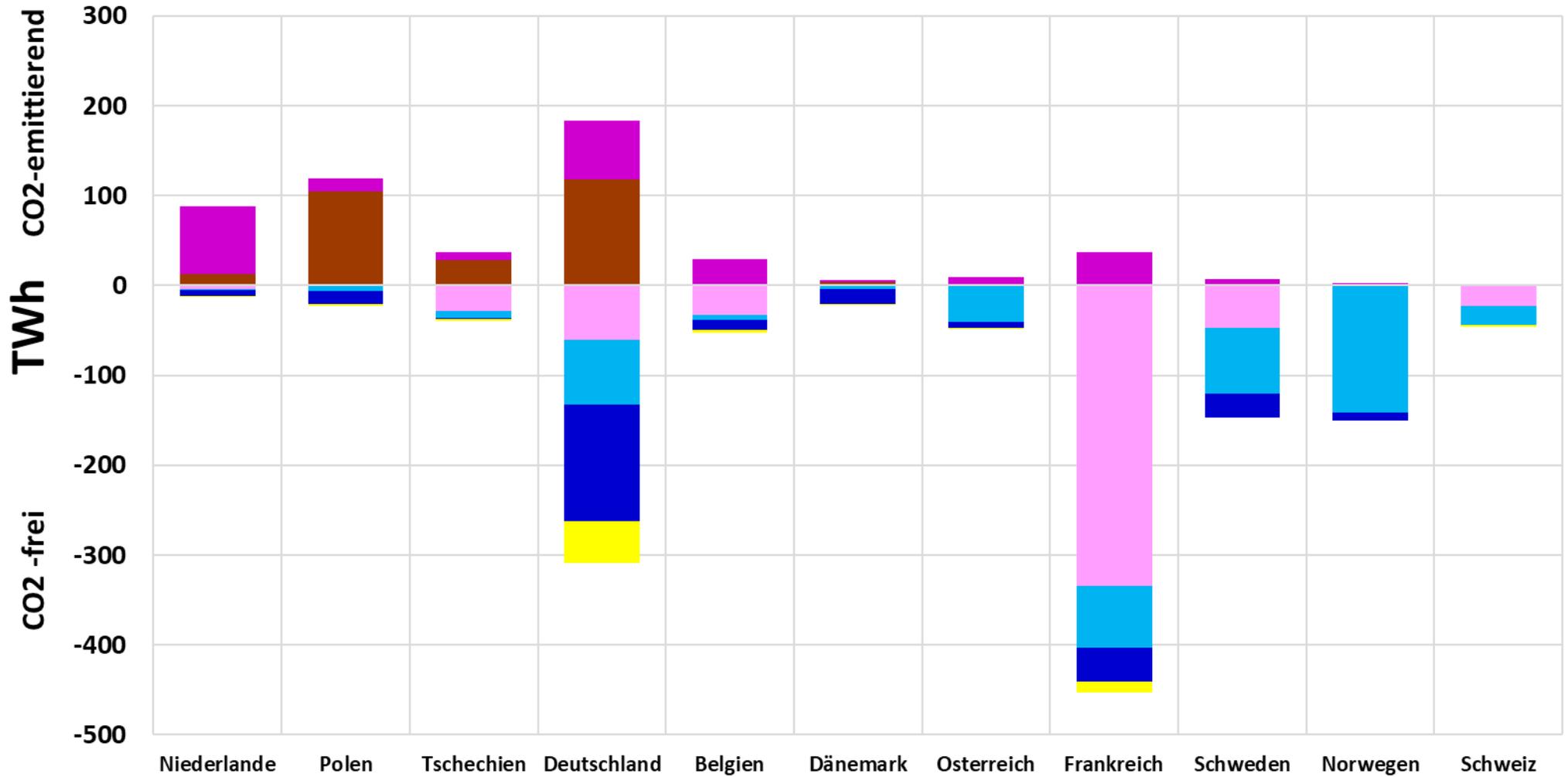


Datasource: Entso-e Actual generation per production type

Presentation: Rolf Schuster

# Energiemix der elektrischen Energieerzeugung (Generation) für Deutschland und den Nachbarländer 2020

■ Kohle 
 ■ Öl/Gas 
 ■ Nuklear 
 ■ Hydro/Bio 
 ■ Wind 
 ■ Solar

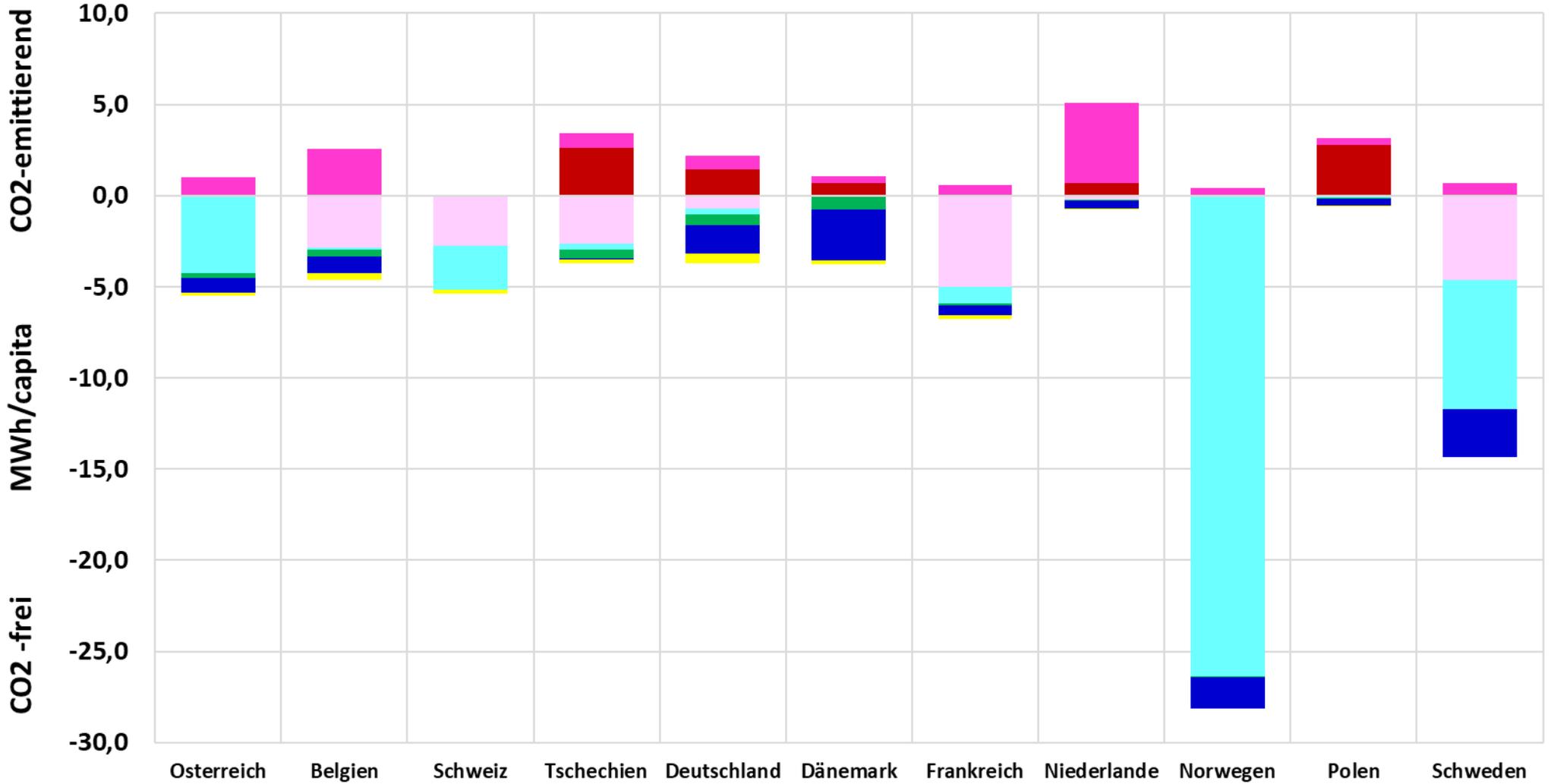


Datenquelle: Entso-e Actual generation per production type

Darstellung: Rolf Schuster Vernunftkraft

# Energiemix der elektrischen Energieerzeugung (Generation) für Deutschland und den Nachbarländer 2020

■ Nuclear 
 ■ Coal 
 ■ Oil\_Gas 
 ■ Hydro 
 ■ Bio 
 ■ Wind 
 ■ Solar



Datenquelle: Entso-e Actual generation per production type

Darstellung: Rolf Schuster Vernunftkraft

# GRENZEN

# 1) Begrenzung des Zubaus durch Flächenbedarf

„Mit dem Wind-an-Land-Gesetz werden wir zwei Prozent der Landesfläche für Windenergie reservieren“. Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz, 11. Januar 2022.

Status quo: 0,8 % → 30 000 WEA onshore → 105 TWh (2020)

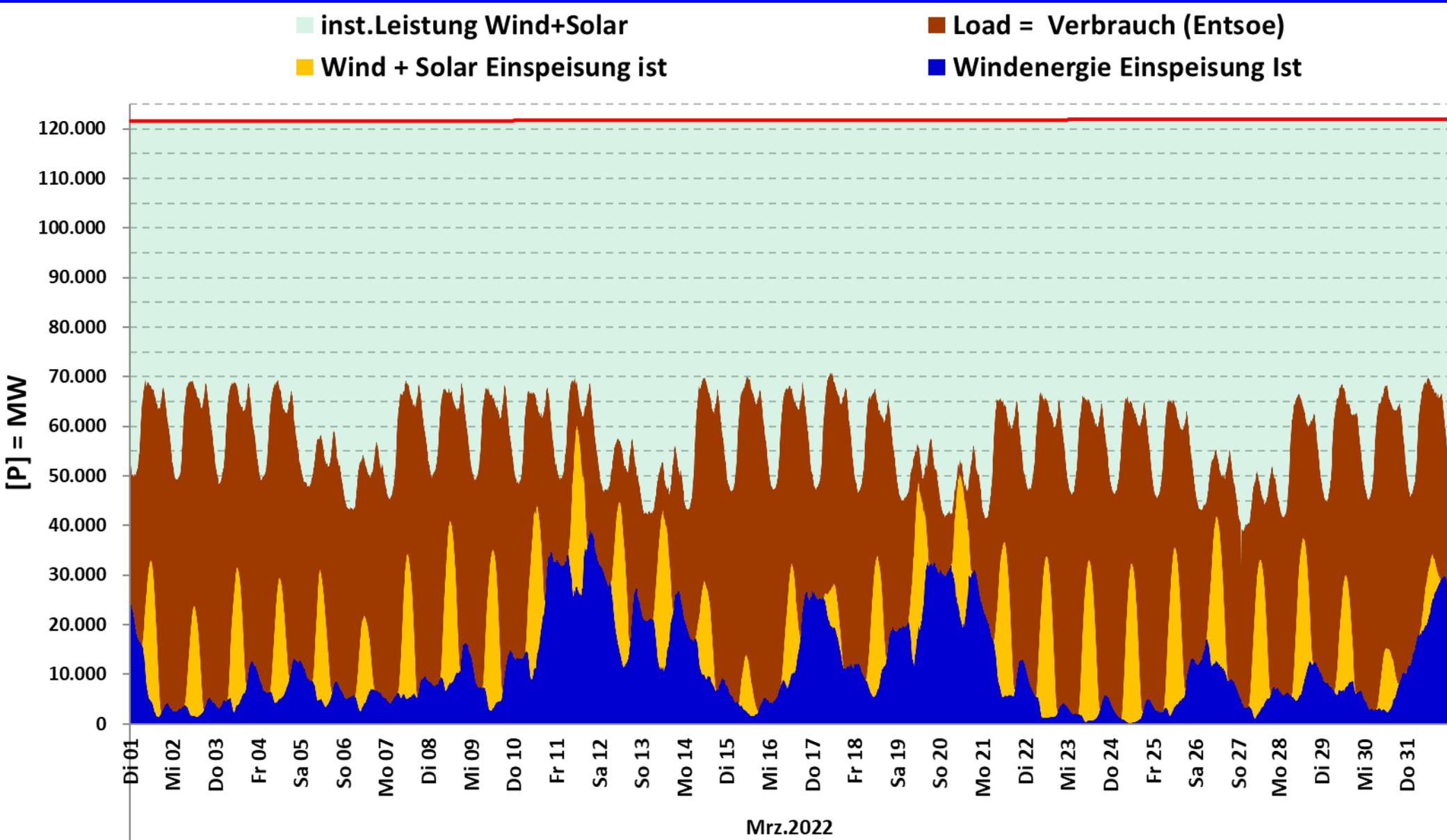
Ziel: 2,0 % → 75 000 WEA onshore → 260 TWh

Problem: Mittlere Leistung dieser 75 000 WEA = 30 GW

Schwankungen um diesen Mittelwert sind enorm:

**0,1 GW ..... 120 GW**

Vergleich: Der Bedarf (die Netzlast) schwankt zwischen 50 ...80 GW



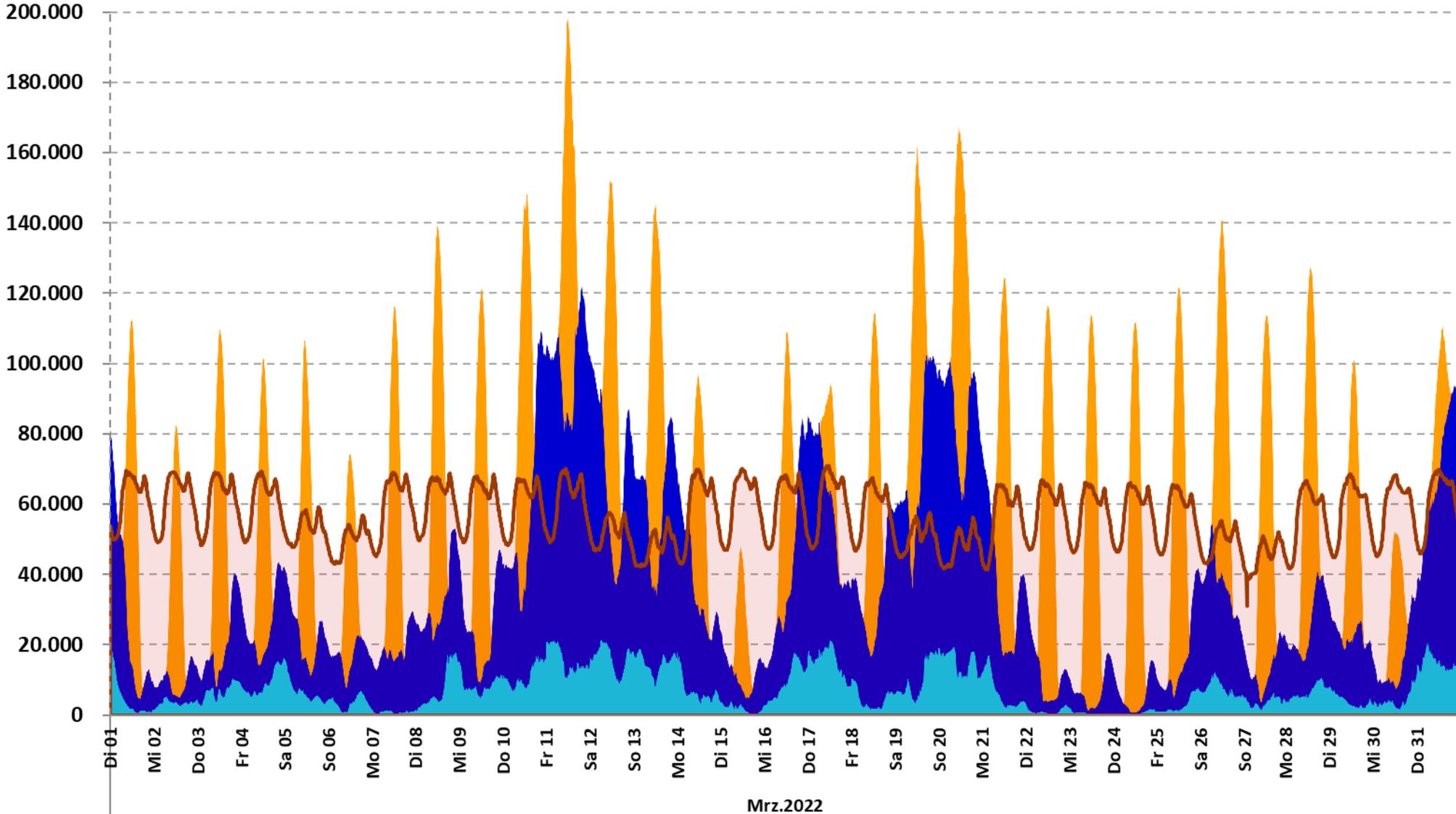
Datenquelle: Entso-e / Netzbetreiber

Auflösung: Viertelstundenwerte

Darstellung: Rolf Schuster Vernunftkraft

# „März 2030“

**Solar Habeck 200GW**    **Onshore Habeck 170GW**    **Offshore Habeck 30GW**    **Verbrauch**



Datenquelle: Entso-e / Netzbetreiber

Auflösung: Viertelstundenwerte

Darstellung: Rolf Schuster

Vernunftkraft

**Kommentar: Annahme „geiche Last wie 2022“ → Unter- und Überdeckung**



## **Kommentar:**

**Dargestellt ist ein Zoom der Situation um den 19.03.2022 bei Verdopplung der installierten Leistung:**

**Am Freitag nachmittag (19.03.) Beginn der „Überdeckung“, die bis Montag anhält.**

**Südlink (4 GW) könnte für regionalen Ausgleich sorgen (Fläche rot).**

**Pumpspeicherwerke (7 GW) sind nach wenigen Stunden gefüllt (grün).**

**Alle Batterien (2022: 0,4 GW) tragen kaum zur Speicherung bei;  
2030: Speicherkapazität unbekannt,  
maximal Akkus aller E-Autos, bei bidirektionaler Ladung s. folgende Folie.**

**„Grüner Wasserstoff“ (Power-to-Gas): 2022 gering, 2030 ??? (Prinzip: Hoffnung)**

**„Demand Side Management“ ?**

**Abschätzung: „Wochenende wird zum normalen Wochentag“**

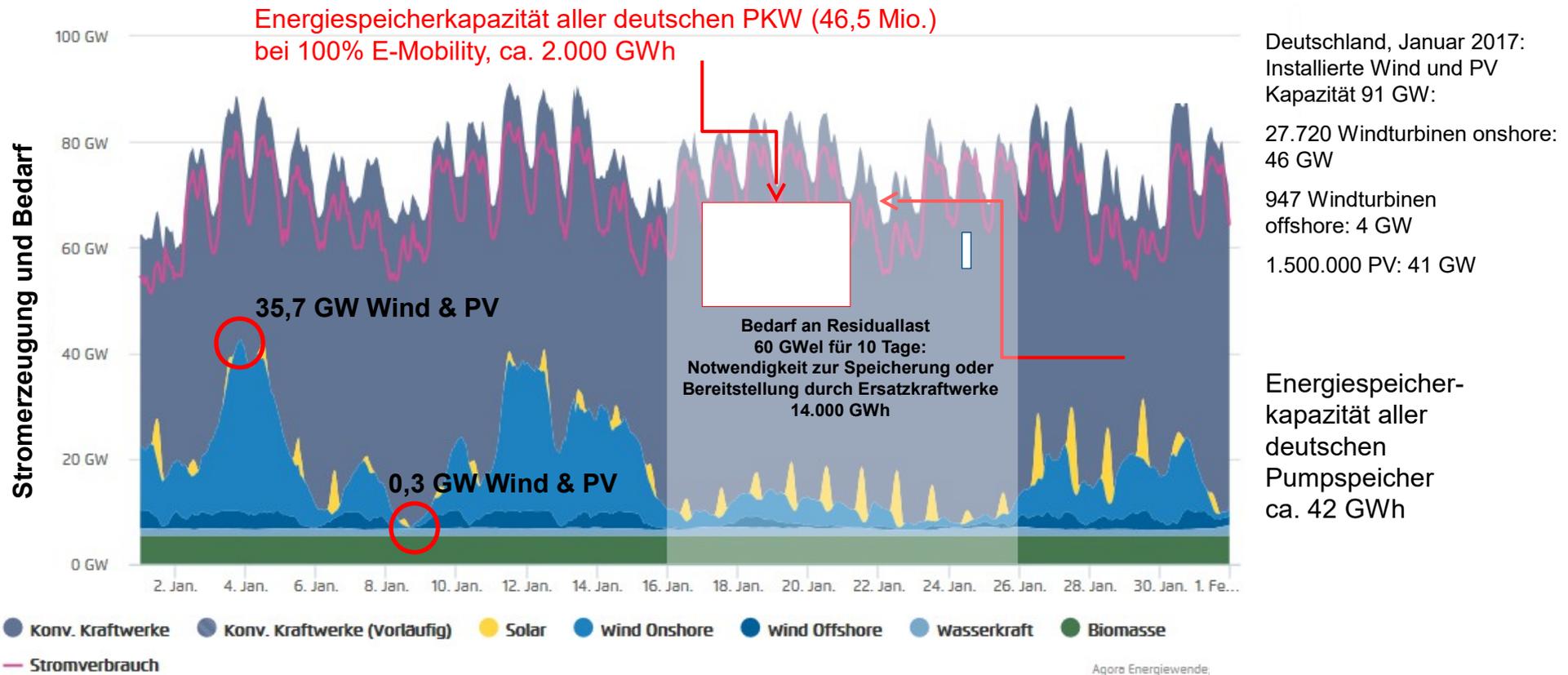
**→ Lastkurve wird angehoben bis zum Normalverlauf in der Woche**

**Austausch mit den Nachbarländern?**

**Kuppelleistung derzeit 20 GW, Ausbau auf 40 GW;**

**Werden die Nachbarn bereit sein? Kapazität und Kosten ?**

# Herausforderungen für Netzstabilität und Versorgungssicherheit

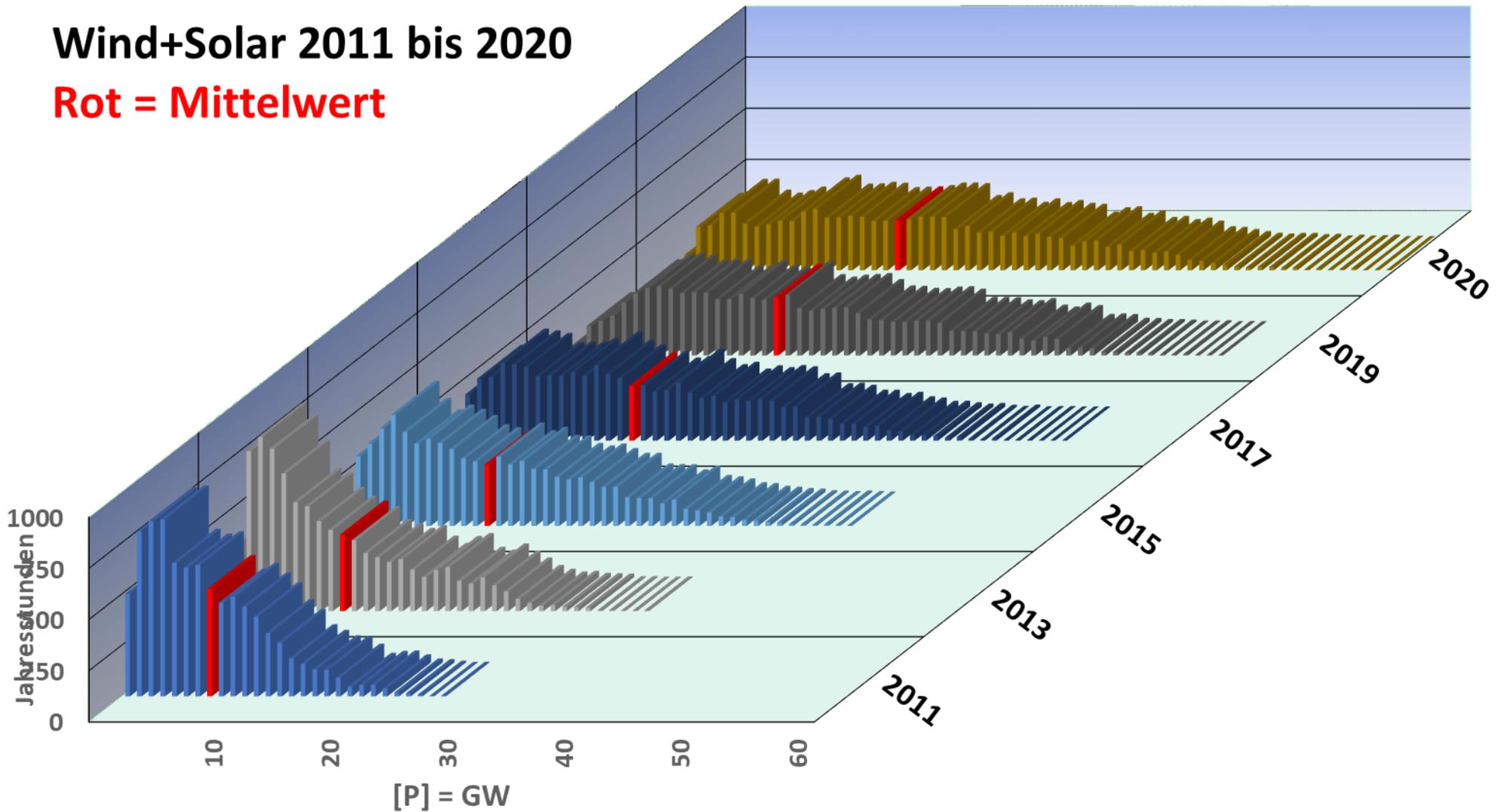


- Konventionelle Kraftwerke werden noch für Jahrzehnte benötigt, bevor ausreichende Energiespeicherkapazität vorhanden ist.
- CCU kann helfen, CO2 Emissionen zu senken und Energie über lange Zeiträume zu speichern.

**Dank an K. STAHL, RWE Essen**

# Wind+Solar 2011 bis 2020

Rot = Mittelwert



Datenquelle: Netzbetreiber

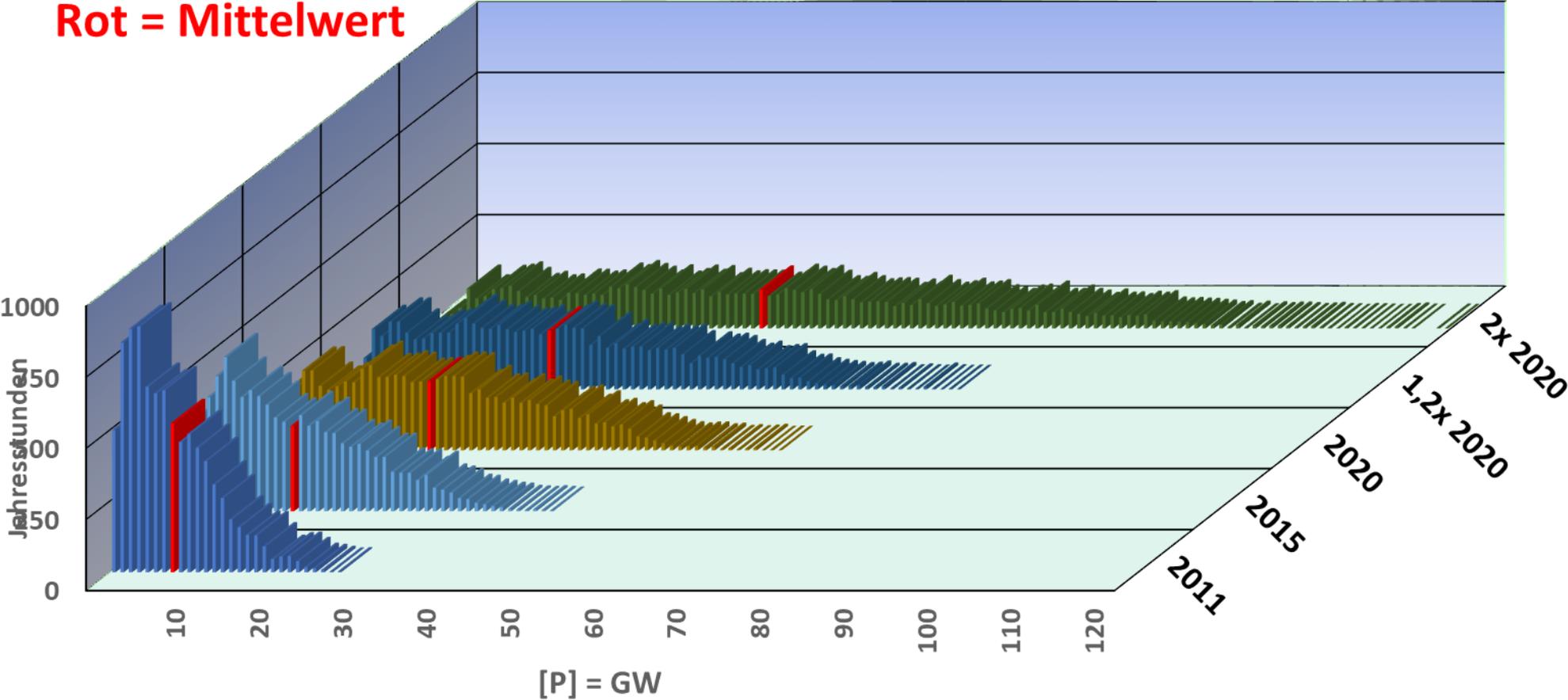
Darstellung: Rolf Schuster **Vernunftkraft**

Die Schwankungsbreite der Verteilung wächst mit dem Mittelwert der Einspeisung!

+ Prognose für 2024 und 2030 bei weiterem Zubau

# Wind+Solar 2011 bis 2020

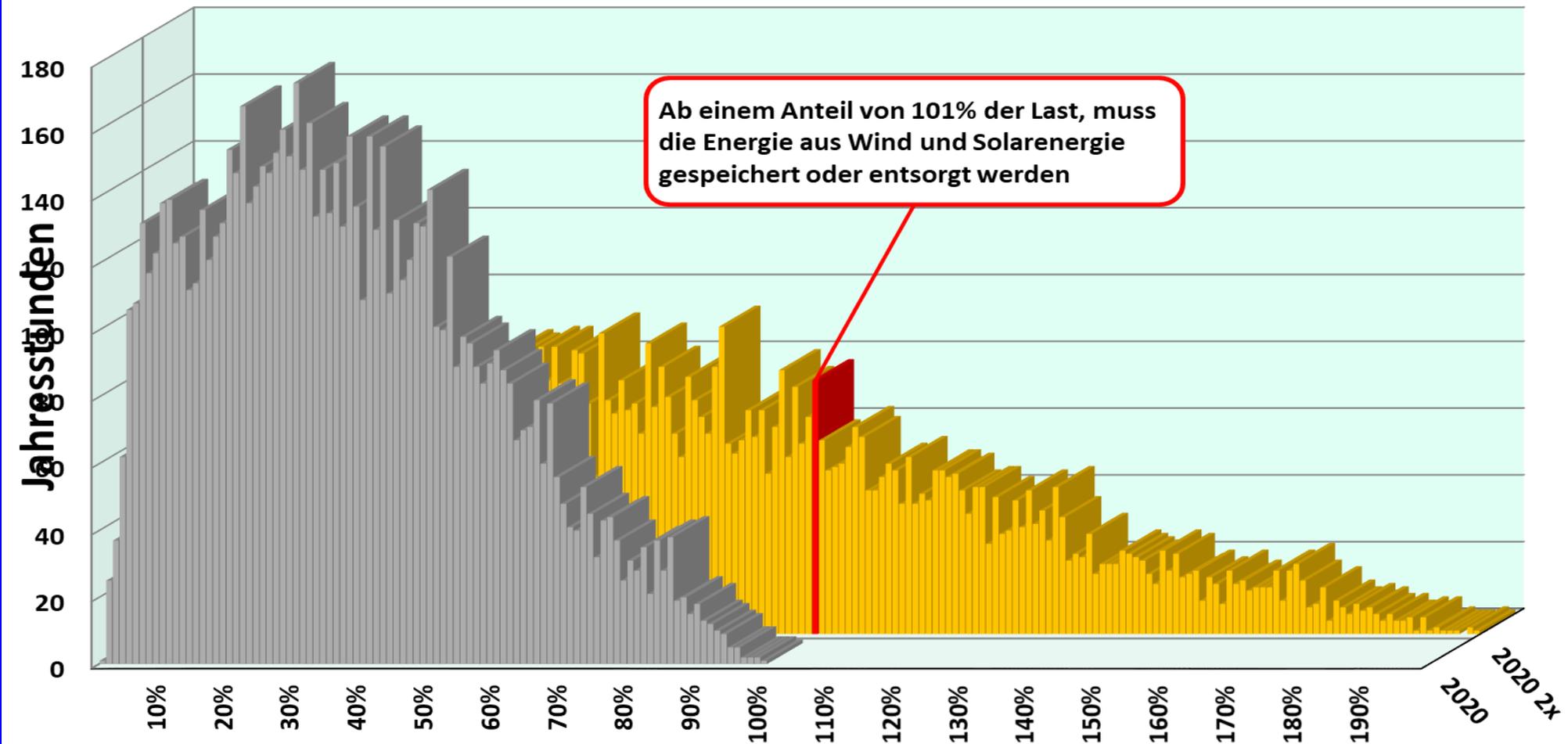
Rot = Mittelwert



Datenquelle: Netzbetreiber

Darstellung: Rolf Schuster Vernunftkraft

# Anteil von Wind und Solarenergie am Verbrauch (Last)



Ab einem Anteil von 101% der Last, muss die Energie aus Wind und Solarenergie gespeichert oder entsorgt werden

Datenquelle: Netzbetreiber

Darstellung: Rolf Schuster Vernunftkraft

Bei einer Verdopplung der volatilen Einspeisung (Ziel 2030) müsste fast zu der Hälfte der Stunden eines Jahres Überschussstrom gespeichert werden, der dann zu anderen Zeiten des Jahres zum Ausgleich der Unterdeckung verwendet werden kann. Der Speicherbedarf pro Stunde (!) schwankt zwischen 1 GWh und ca. 60 GWh (Abschätzung für den jährlichen Speicherbedarf: 30 GWh x 2000 = 60 000 GWh)

# „Mein Kraftwerk“ (EE, autark)



**$P = 91 \text{ W}_{\text{peak}}$**   
**0,6 qm (PV-Fläche)**  
**62 €**



**Laderegler, Wechselrichter**  
**Pb-Akku, Messelektronik**  
**315 € + Li-Akku 158 €**

**Ertrag seit 09.09.2021: 14 kWh (4,20 €), 6 kg CO<sub>2</sub>-Emission vermieden**  
**November 2021 – Februar 2022: geringe Einspeisung, Rekord 0,3 kWh pro Tag**

# Zusammenfassung:

**Der Ausbau von volatilen erneuerbaren Energien ist physikalisch begrenzt durch die Notwendigkeit, Strom in das öffentliche Netz einzuspeisen.**

**Diese Grenze wird bestimmt durch die Verfügbarkeit von Speichern.**

**Es gibt einen optimalen Anteil von EE am jahresgemittelten Strommix.**

**Dieser liegt wegen fehlender Speicher in Deutschland derzeit bei ca. 45 % EE.**

**Der optimale Ausbau ist nahezu erreicht, in einigen Bundesländern (z. B. Schleswig-Holstein) schon überschritten.**

**Der Speicherbedarf wurde bisher unterschätzt.**

# Grenzen des Zubaus?

Der Schlüssel für den Erfolg der Energiewende ist nicht ein Zubau von Windenergie- und Photovoltaikanlagen mit dem Ziel, immer mehr „grünen Strom“ zu produzieren.

Grenzen werden bestimmt durch:

## 1) Einspeisung in das öffentliche Netz

Dafür ist eine sekundengenaue Anpassung von Erzeugung und Verbrauch erforderlich.

## 2) Möglichkeiten der Speicherung

Eine direkte Speicherung (ohne Umleitung über das Netz) z.B. durch Elektrolyse ist erforderlich, falls die Voraussetzungen für 1) nicht erfüllt sind.

# Herzlichen Dank an:

**Herrn Rolf SCHUSTER für Mitarbeit und Grafiken**

**S. Kobe, R. Schuster:**

**Zusammenhang zwischen Residuallast und Börsenpreis  
beim Zubau volatiler erneuerbarer Energiequellen**

**Energiewirtschaftliche Tagesfragen 68 [2018] Heft 7/8, S. 76-77**

**Dr. Detlef Ahlborn**