

Windenergie - Viele Chancen?!

(Kommentierte Version)

Sigismund KOBE

Institut für Theoretische Physik, Technische Universität Dresden

sigismund.kobe@tu-dresden.de

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

Themenabend: Evangelische Tochtergemeinde Neusiedl am See, 20. Mai 2019



Foto: S. Kobe am 22.05.2019

Energie im Burgenland:

Vordergrund:

**Römische Palastanlage bei
Bruckneudorf (Carnuntum):
4. Jh. Fußbodenheizung**

Bildmitte (verdeckt):

**Ostautobahn A4
Wien-Budapest
20. Jh. Verkehrswege**

Hintergrund:

**Moderne Windenergieanlage
21. Jh. Elektroenergie**

***„Die Gesetze der Physik sind politisch
nicht in Frage zu stellen. Trotzdem wurde es getan.“
2013***

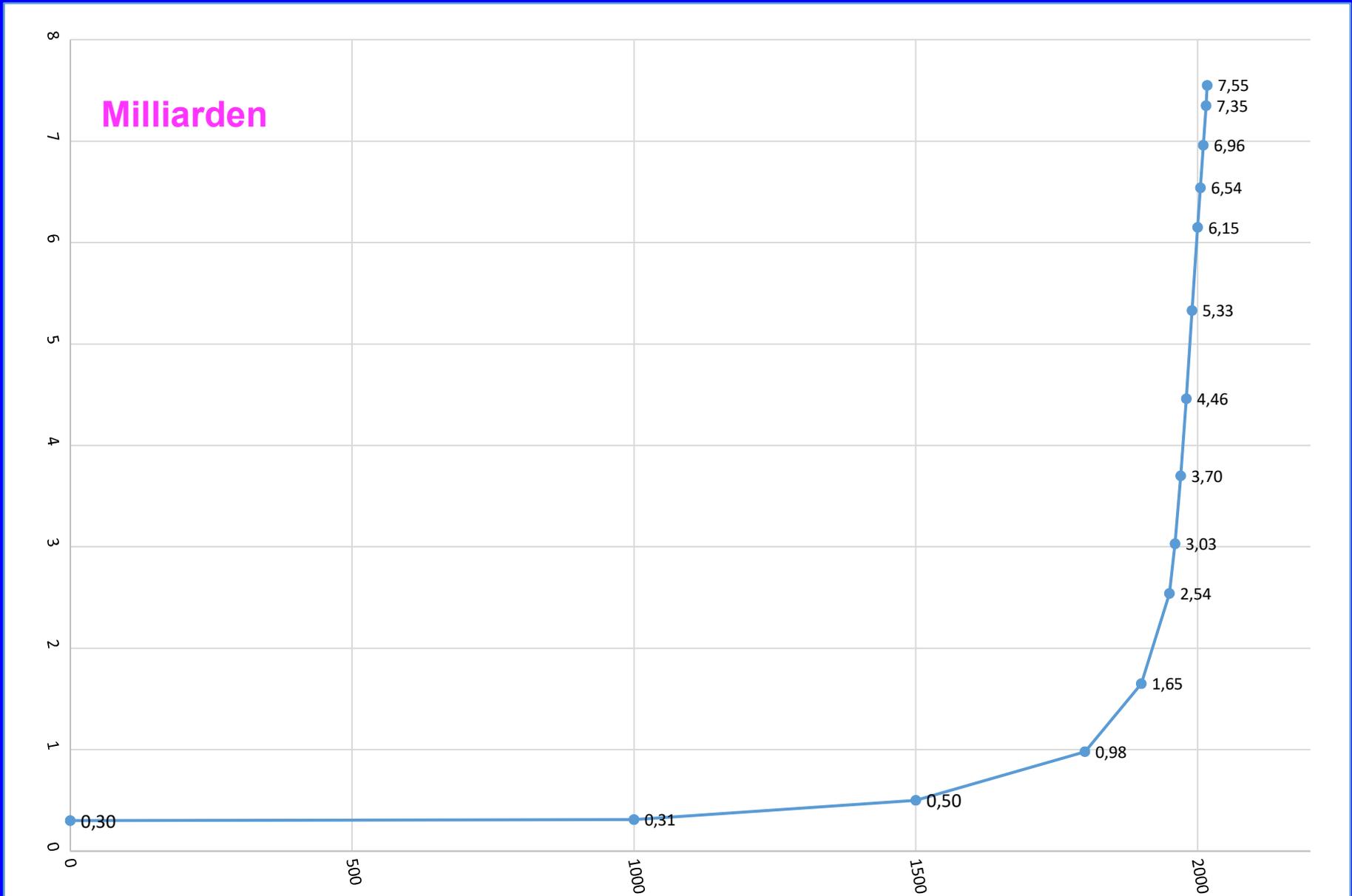
Steven CHU

Nobelpreisträger für Physik 1997

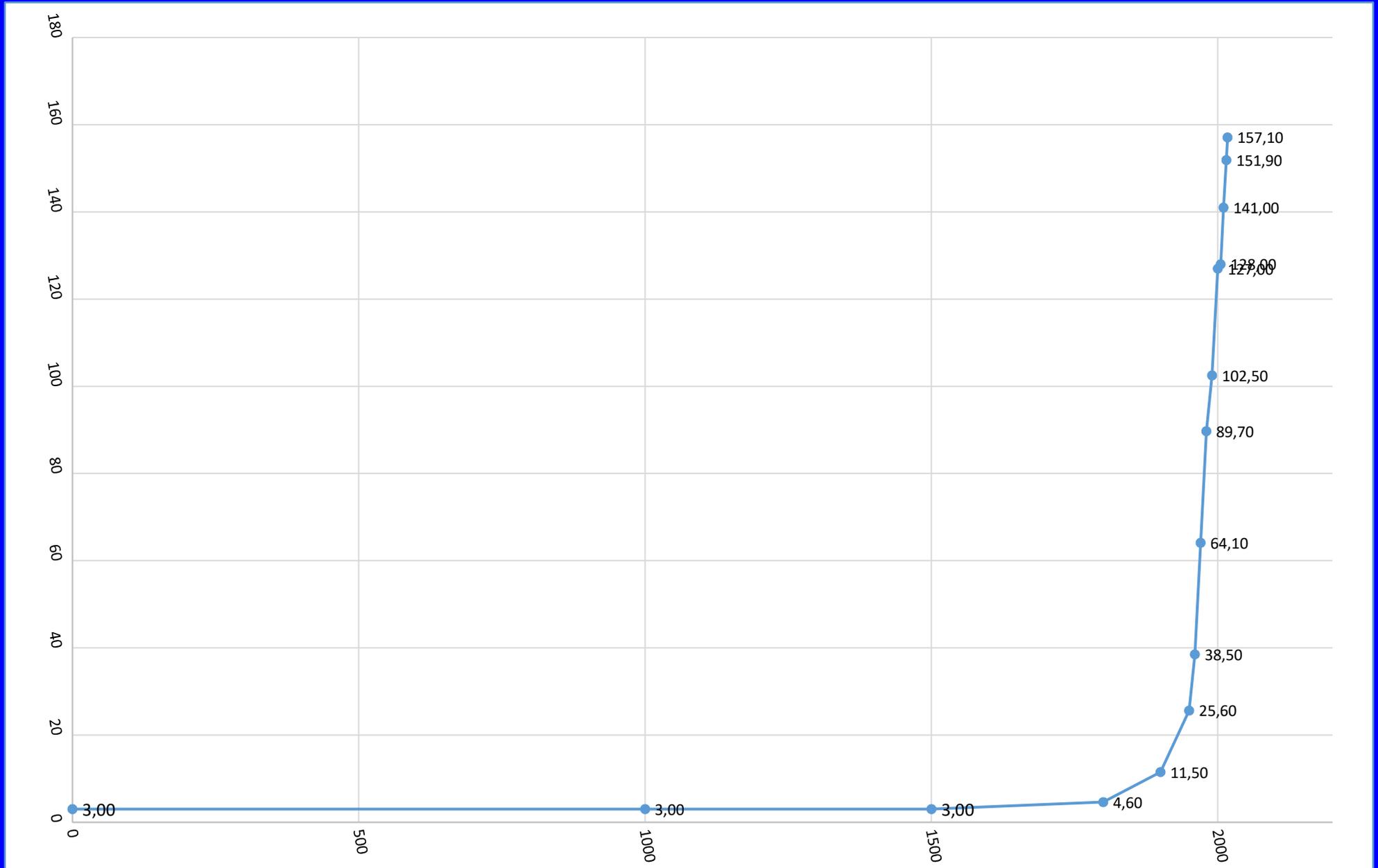
Prolog (1)

Menschen und Energie

Weltbevölkerung 0 - 2017



Primärenergie-Verbrauch zwischen 0 und 2017 (in 1000 TWh pro Jahr)



(Angaben vor 1800 sind geschätzt)

Anteile am Primärenergie-Verbrauch

bis 1800: fast 100 % „Erneuerbare“: Biomasse, Bioenergie (s. Arbeitsleistung und Transport mit Muskelkraft von Mensch und Tier), Wasserkraft, Wind, ...

2017 (die Angaben in Klammern beziehen sich auf Elektroenergie):

Öl	34 %	(3 %)
Kohle	28 %	(38 %)
Gas	23 %	(23 %)
Kernenergie	4,4 %	(10 %)
Wasserkraft	6,8 %	(16 %)
Andere Erneuerb.	3,6 %	(8 %)

„Andere Erneuerbare“ : Biomasse, Wind, Sonne, Geothermie, Bioabfälle etc.

Quelle: BP Statistical Review of World Energy 2018

Ein Beispiel aus dem 17. Jahrhundert:

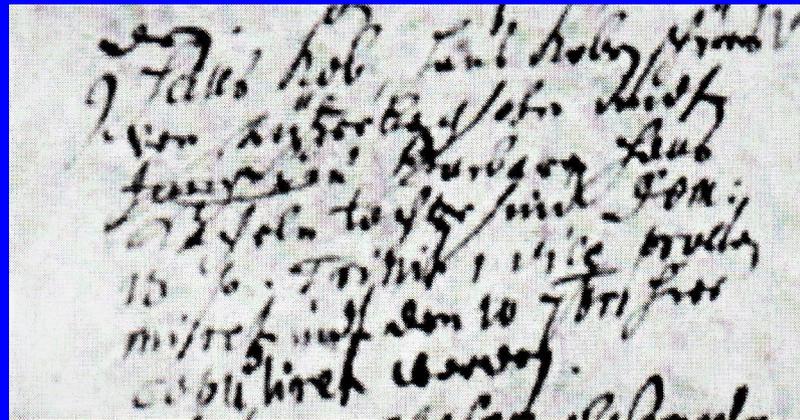
Die Vorfahren Kobe hatten einen energieintensiven Beruf im Glashandwerk:

Martin KOB (1586-1656), Schürer in Lauscha

Hans KOB (+1688), Schürer in Stützerbach

Hans KOBE (1657-1730), Schürer in Stützerbach, Ur(6)-Großvater

(Schürer waren für die Energie (Holzbeschaffung) der Glashütten zuständig.)



Kirchenbuch Ilmenau , Trauung am 10.09.1678:

**9 Hans Kob, Hans Koben, Schürers
von Stützerbach Sohn und seine
Jungfrau Barbara Hans
Kacheln Tochter sind Dom:
10 p. Trinit. 1 vice procla-
miret undt den 10 7bri hier
copuliret worden.**

Grundumsatz (GU): 50...70 W

Energiebedarf:

Jäger und Sammler: 5 GU

Mensch der Agrargesellschaft: 20 GU

Weltbürger (im Mittel 1800): 15 GU

Weltbürger (im Mittel heute): 40 GU

Mensch der modernen Industriegesellschaft: 75 GU

Deutscher (im Mittel): 76,8 GU,

davon bezieht er 3 GU (4 %) aus Wind und Sonne

Österreicher (im Mittel): 77,4 GU

(zum Vergleich:

Sonneneinstrahlung auf Erde im Mittel → 330000 GU pro Person)

Prolog (2)

Energiedichte

Wieviel Energie ist in einem bestimmten Volumen gespeichert?

(1) Mechanische Energiedichte

$$mgh/V = \rho gh \text{ (potentielle)}$$

$$\text{Bsp. Wasser: } 1000 \times 10 \times 100 \text{ Ws/m}^3 = 0,3 \text{ kWh/m}^3$$

$$mv^2/2V = \rho v^2/2 \text{ (kinetische)}$$

$$\text{Bsp. Luft, } v=4 \text{ m/s: } 1 \times 4 \times 4 / 2 \text{ Ws/m}^3 = 0,002 \text{ kWh/m}^3$$

pro Sekunde kann (max.) die Energie von 4 Würfeln (-> v) auf das Windrad übertragen werden, damit ist die Energie pro Fläche und Zeit proportional zur dritten Potenz der Geschwindigkeit

(2) Chemische Energiedichte

Bsp.

Benzin 8000 kWh/m³

Wasserstoff (fl.) 2800 kWh/m³

TNT 2000 kWh/m³

Li-Akku 500 kWh/m³

Blei-Akku 70 kWh/m³

Methan 10 kWh/m³

(3) Nukleare Energiedichte

Bsp. Uran-Kernreaktor 400 000 000 000 kWh/m³

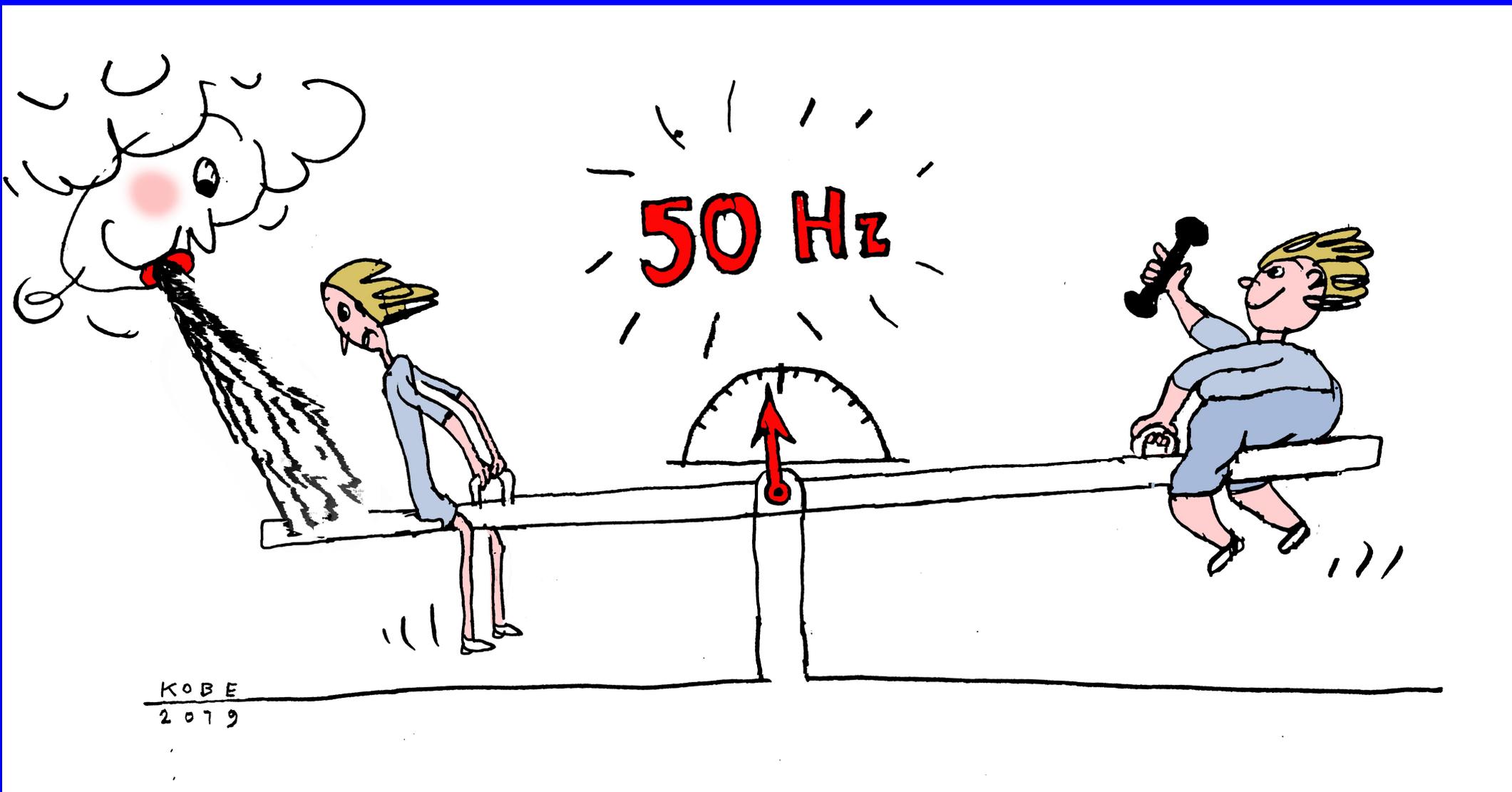
Energiedichten stehen im Verhältnis zueinander

gemäß

(1) : (2) : (3) = 1 : 1000 : 1 Milliarde

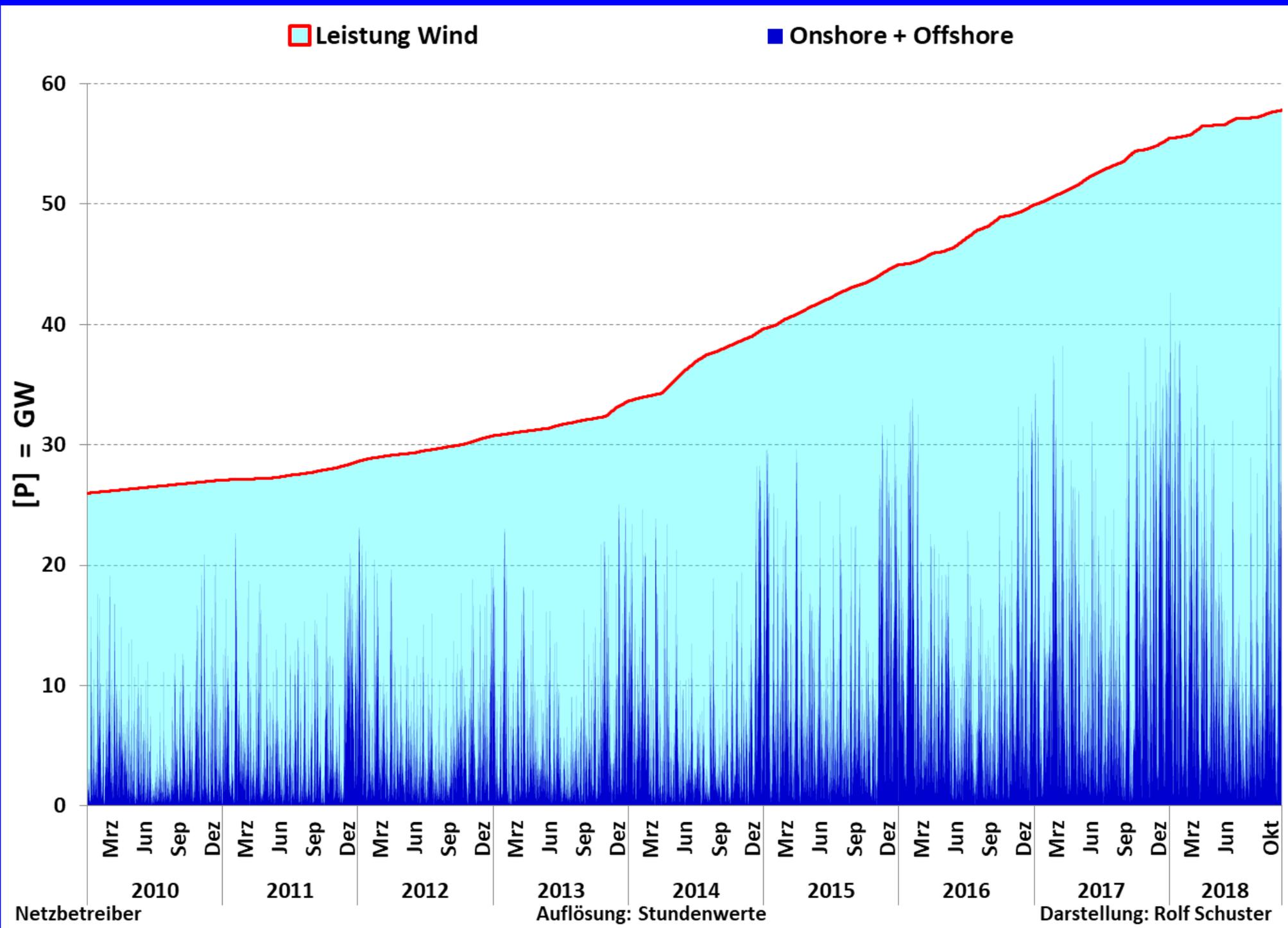
Prolog (3)

Das Gleichgewicht

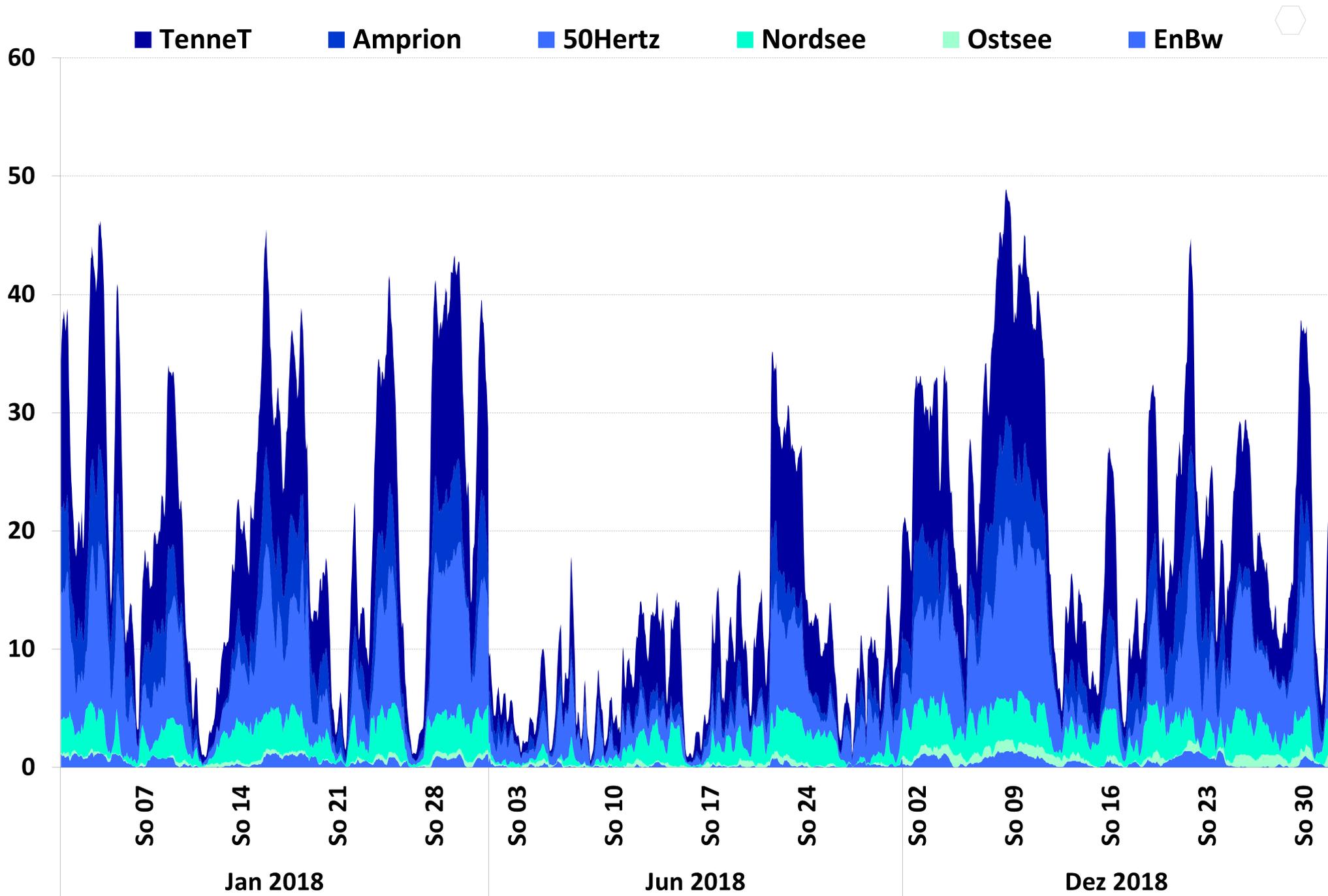


Erzeugung und Verbrauch müssen sekundengenau im Gleichgewicht sein.
Die Einhaltung einer stabilen Netzfrequenz von 50 Hz muss gesichert werden.

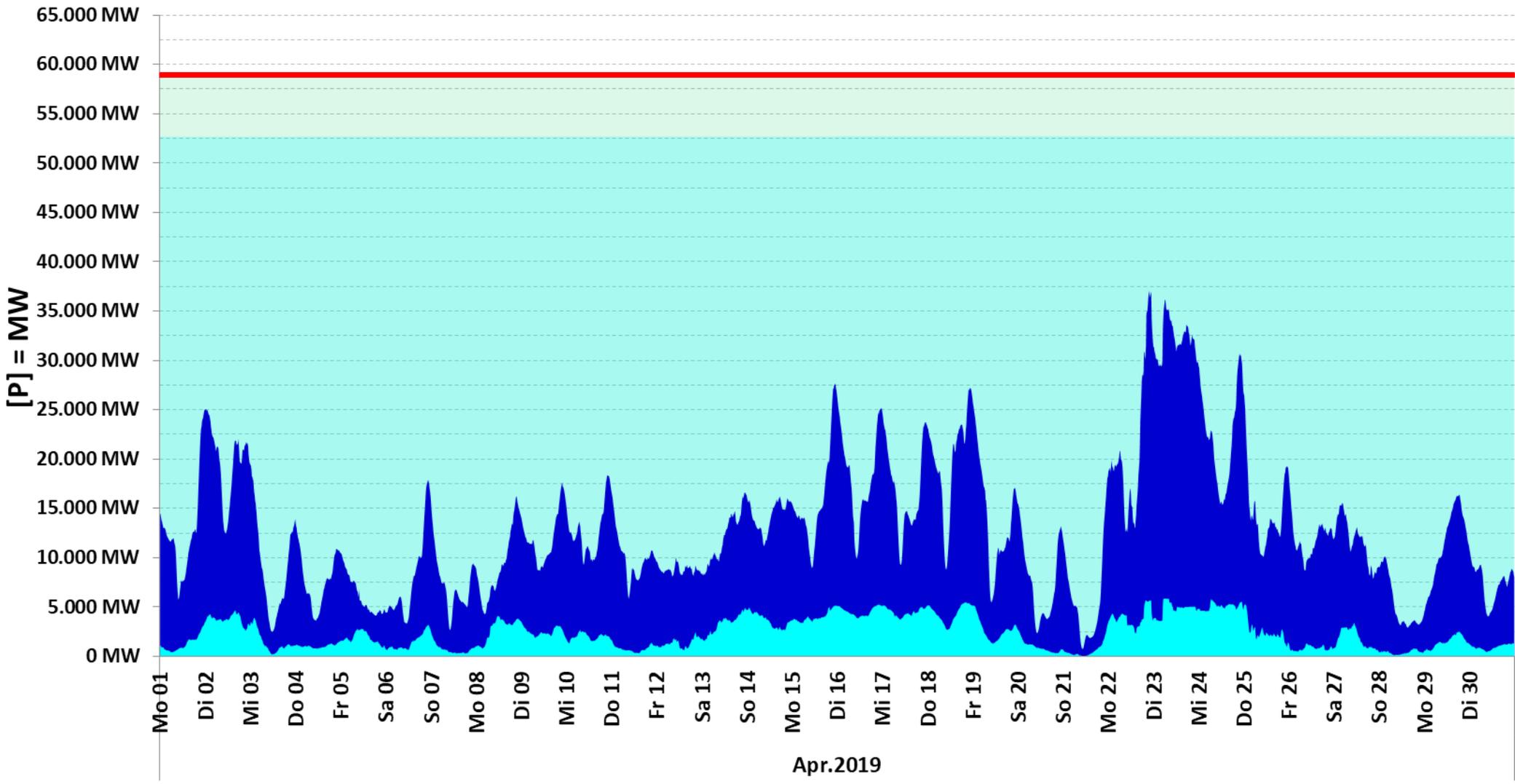
**Der zeitliche Verlauf der
Einspeiseleistung
aller Windenergieanlagen in
Deutschland**



Leistungseinspeisung aller Windenergie-Anlagen in Deutschland



■ Nennleistung Offshore ■ Nennleistung Onshore ■ Einspeisung Onshore ■ Einspeisung Offshore



Apr. 2019

Datenquelle: Entso-e / Netzbetreiber

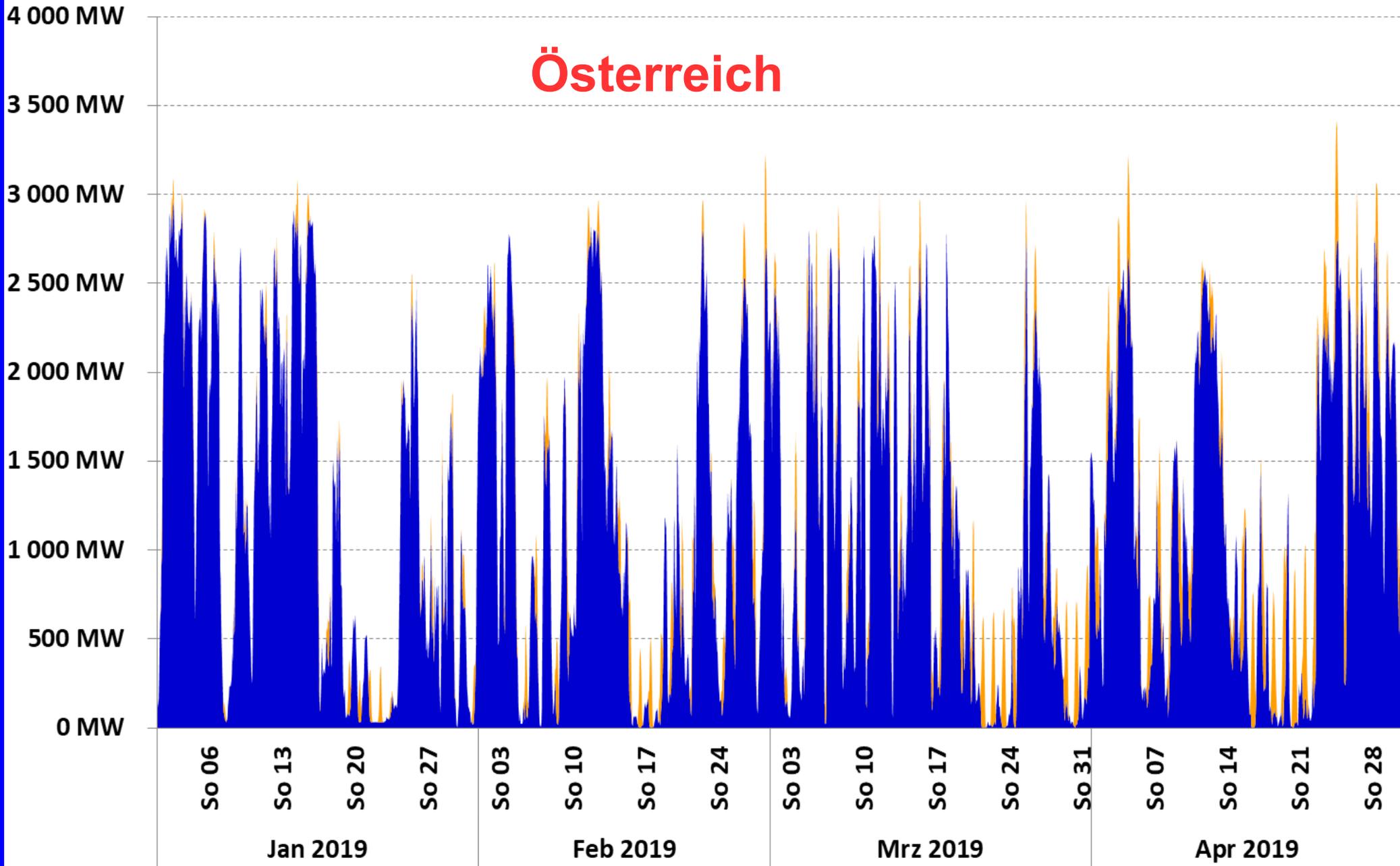
Auflösung: Viertelstundenwerte

Darstellung: Rolf Schuster

■ Solar AT

■ Wind

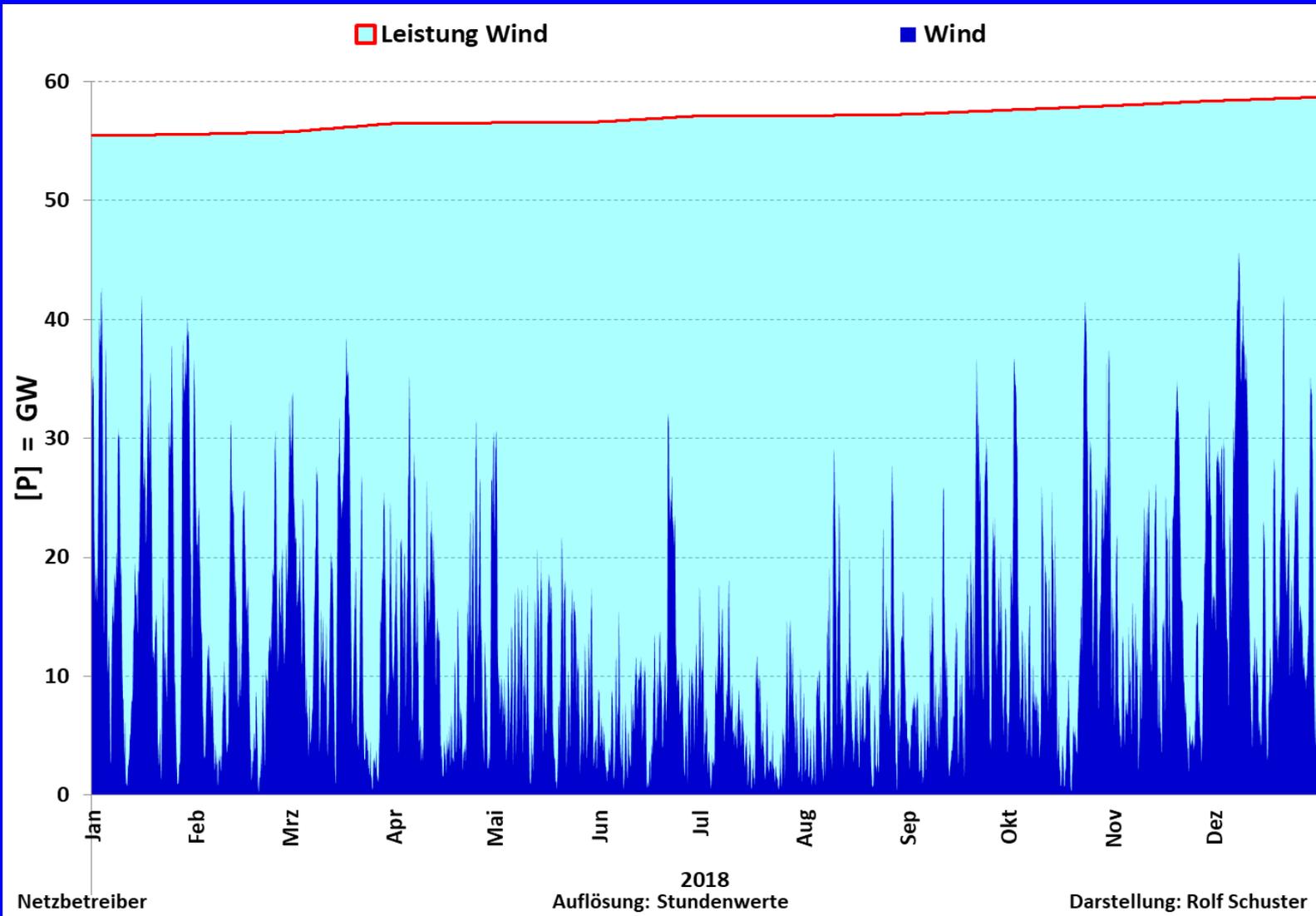
Österreich



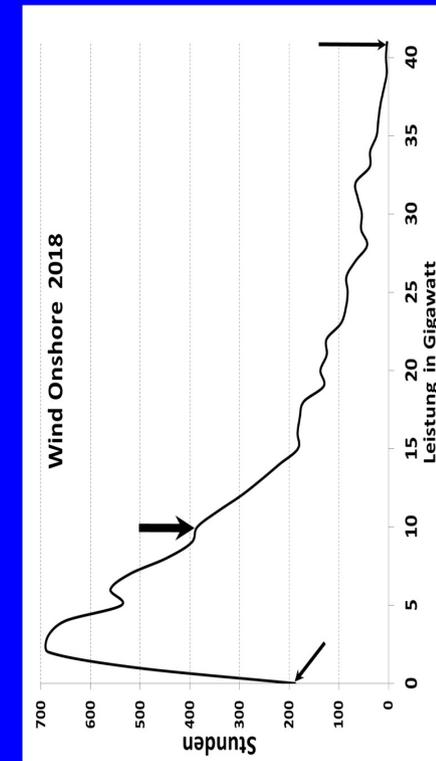
**Die Energie Burgenland betreibt
derzeit 225 Windenergieanlagen mit
einer Leistung von 522 MW.
Damit können 250.000 Haushalte mit
Energie versorgt werden.**



FAKE: Nicht durchgängig !!!



Anzahl der Stunden
des Jahres mit einer
bestimmten Leistung



Wind Onshore 2018

Anzahl der Stunden eines Jahres
in Abhängigkeit von der Einspeiseleistung
(gemessen im Raster von 1 Gigawatt)

Stunden

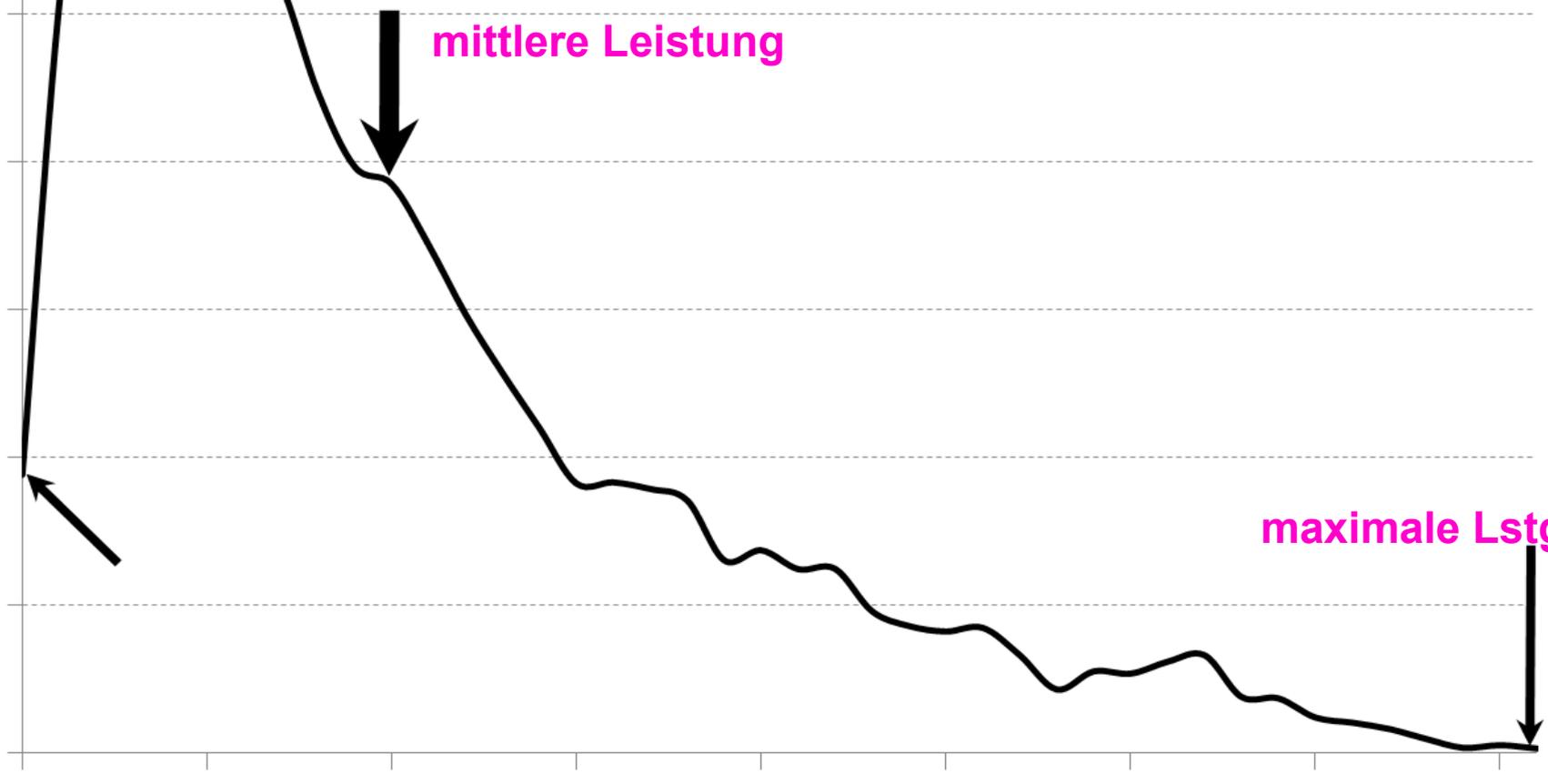
700
600
500
400
300
200
100
0

0 5 10 15 20 25 30 35 40

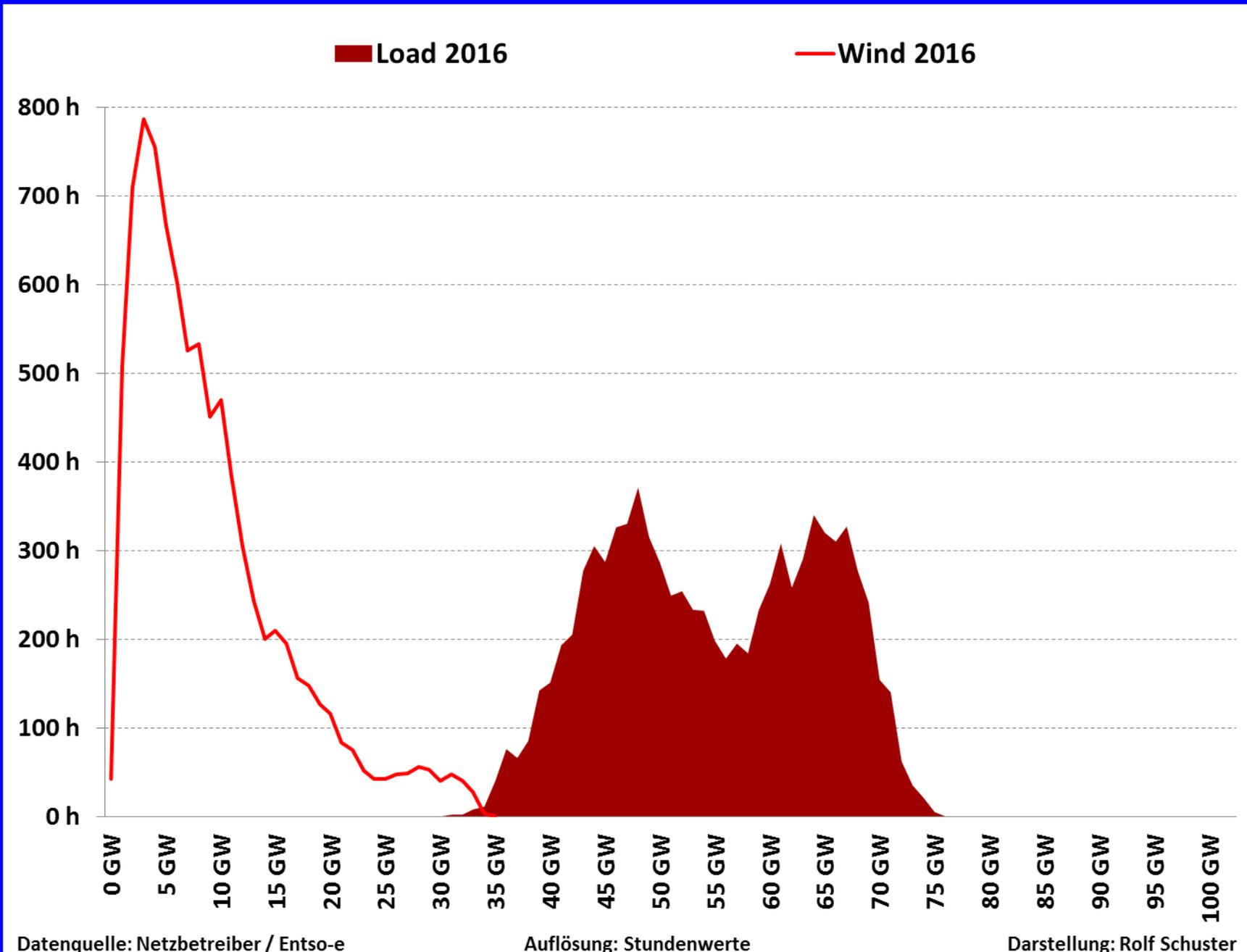
Leistung in Gigawatt

mittlere Leistung

maximale Lstg.



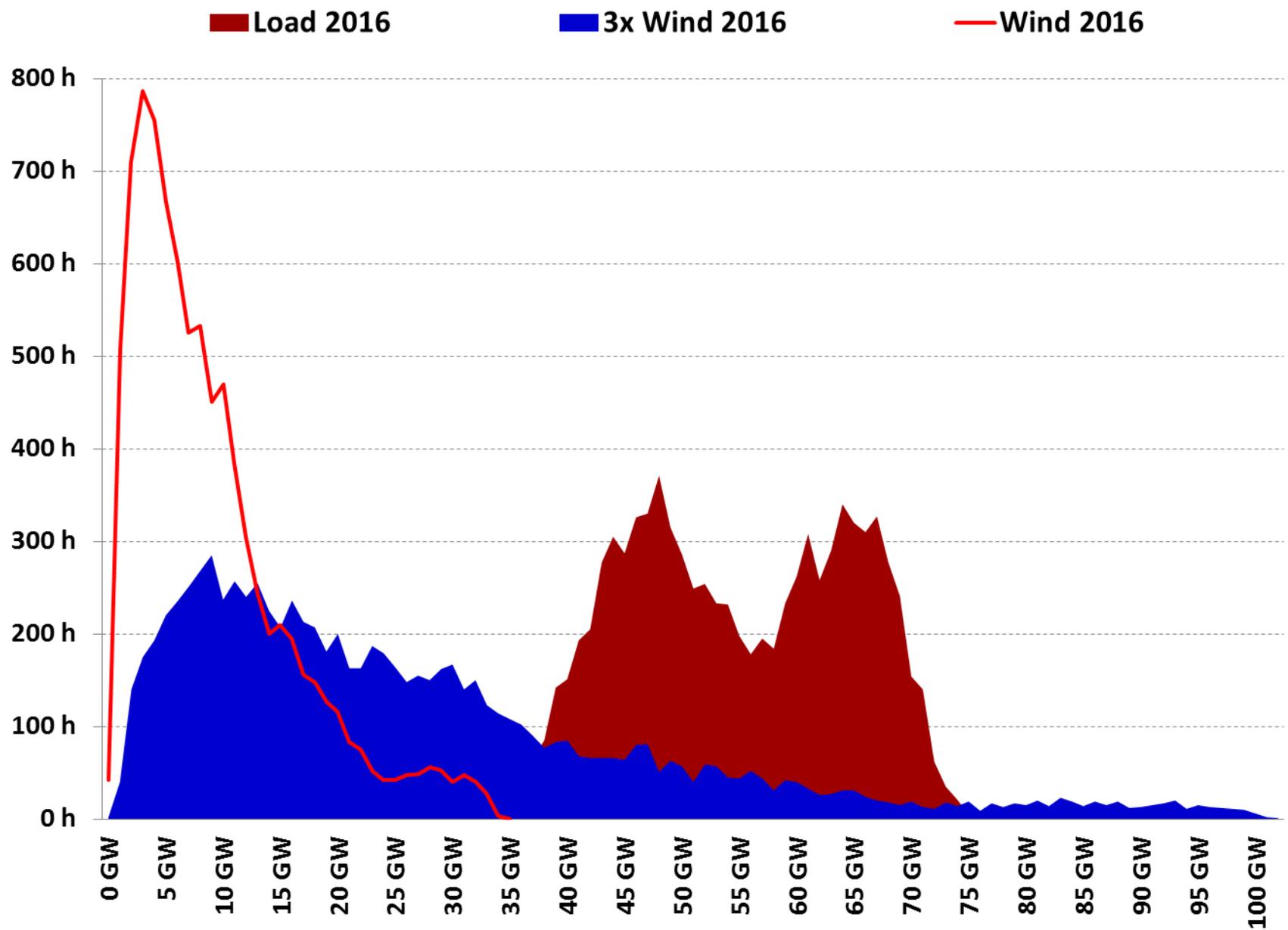
1 GW = 1 Mio. kW = 11364 x 88 kW



Datenquelle: Netzbetreiber / Entso-e

Auflösung: Stundenwerte

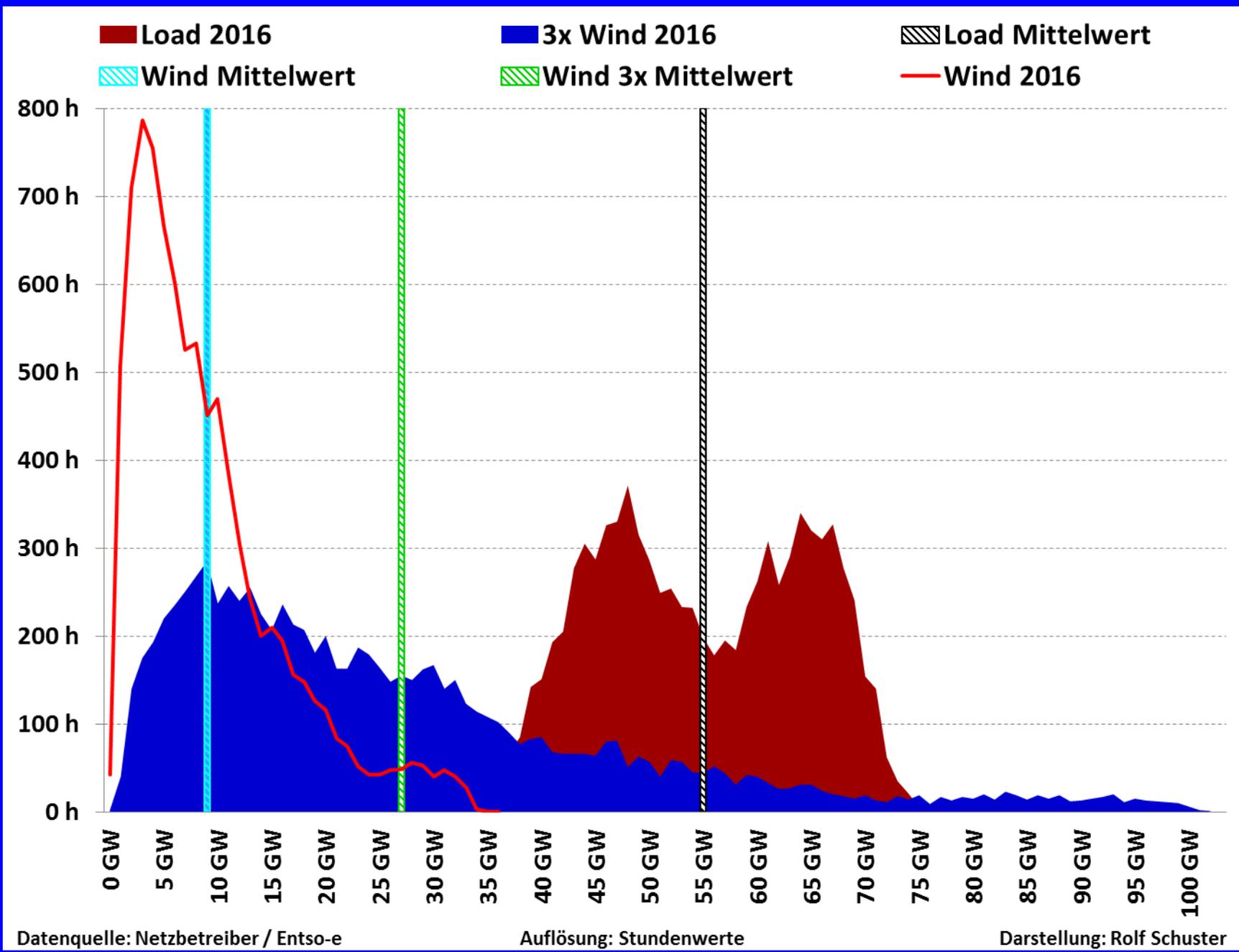
Darstellung: Rolf Schuster



Datenquelle: Netzbetreiber / Entso-e

Auflösung: Stundenwerte

Darstellung: Rolf Schuster



Datenquelle: Netzbetreiber / Entso-e

Auflösung: Stundenwerte

Darstellung: Rolf Schuster

Im Mittel war der Dorfteich

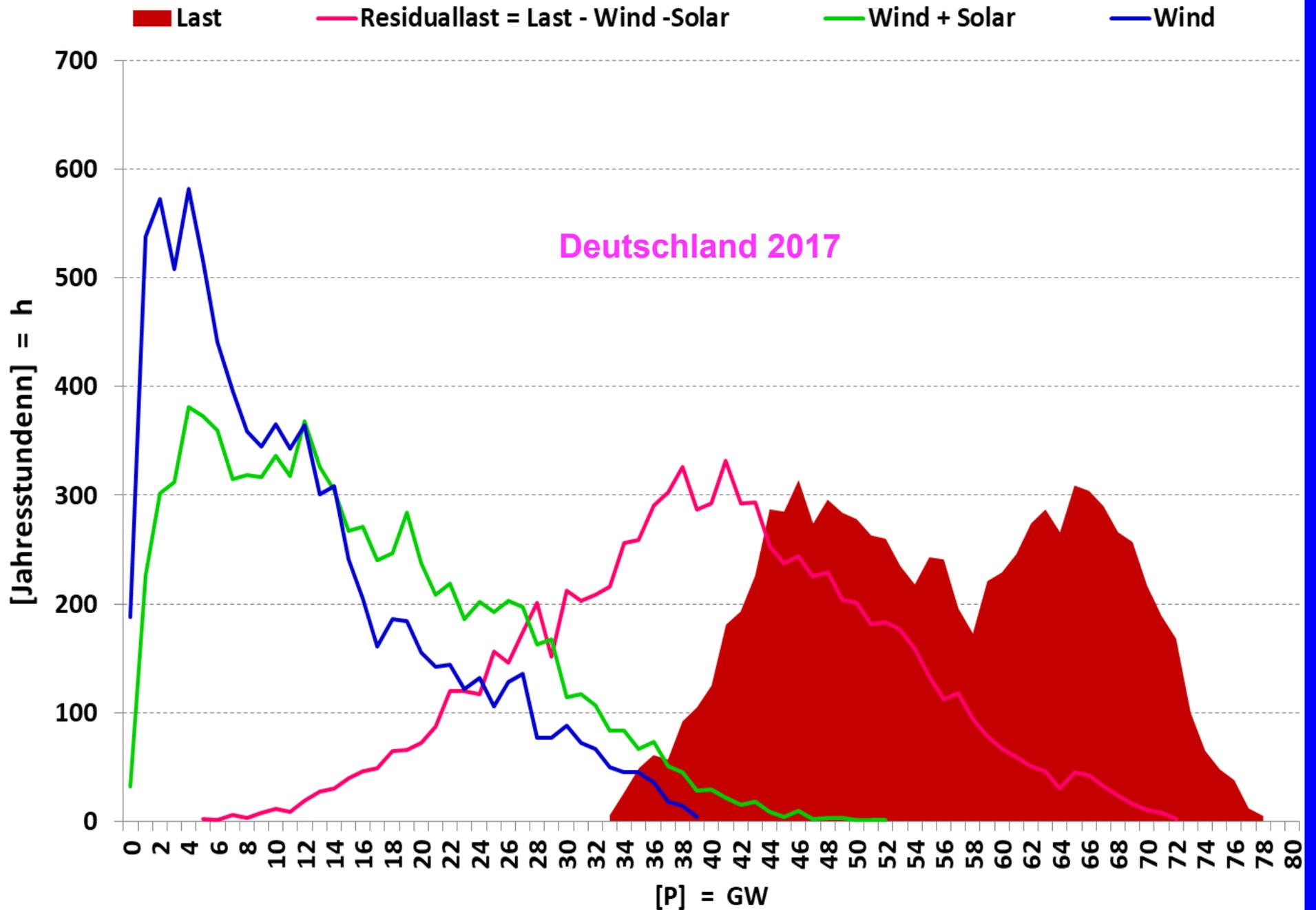
1 Meter tief,

trotzdem



Residuallast

Wieviel Strom aus konventionellen Quellen muss zusätzlich zum WEA- und PV-Strom eingespeist werden, um die momentane Last zu decken?



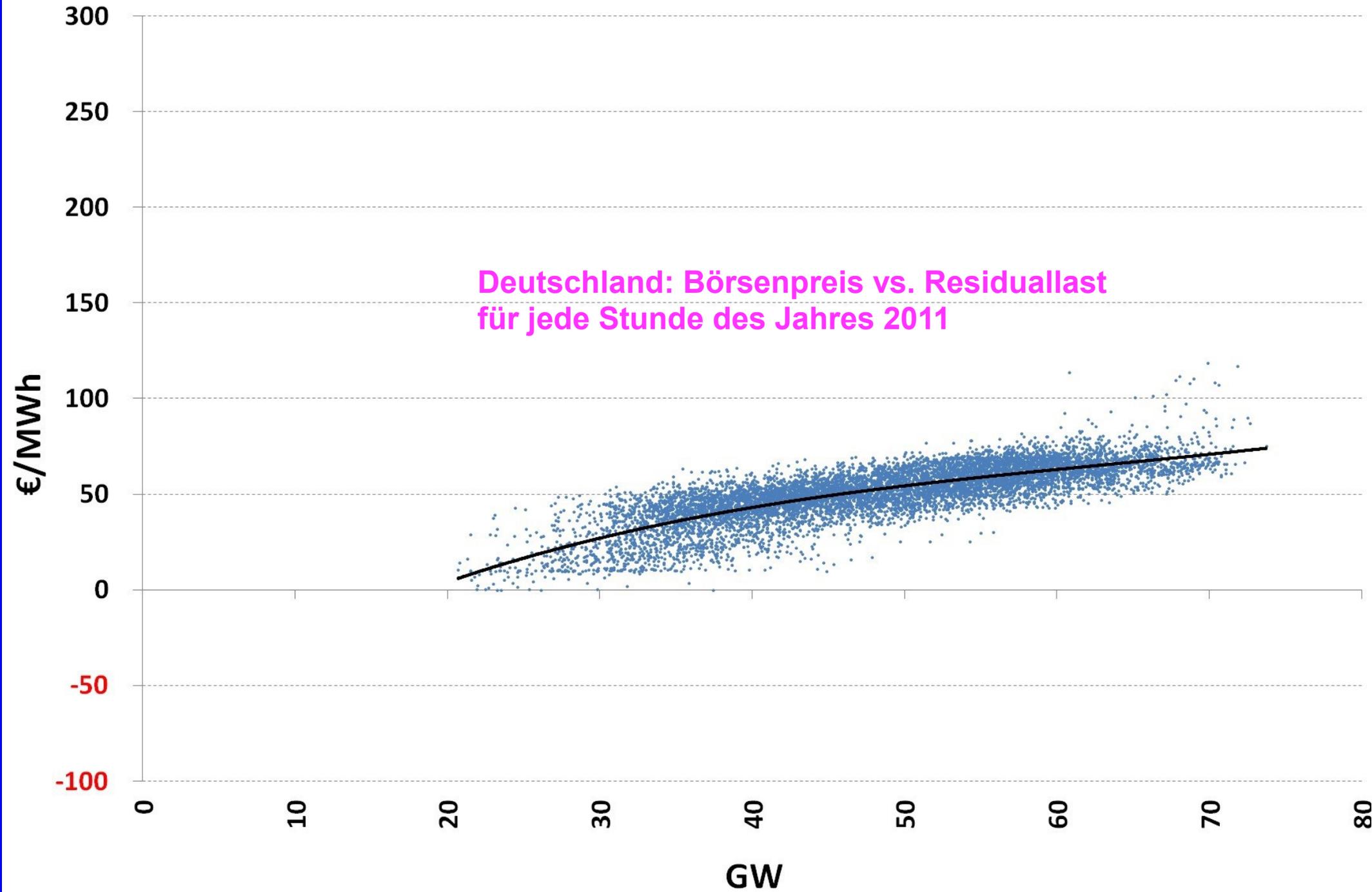
Datenquelle: Netzbetreiber / Entso e

Auflösung: Stundenwerte

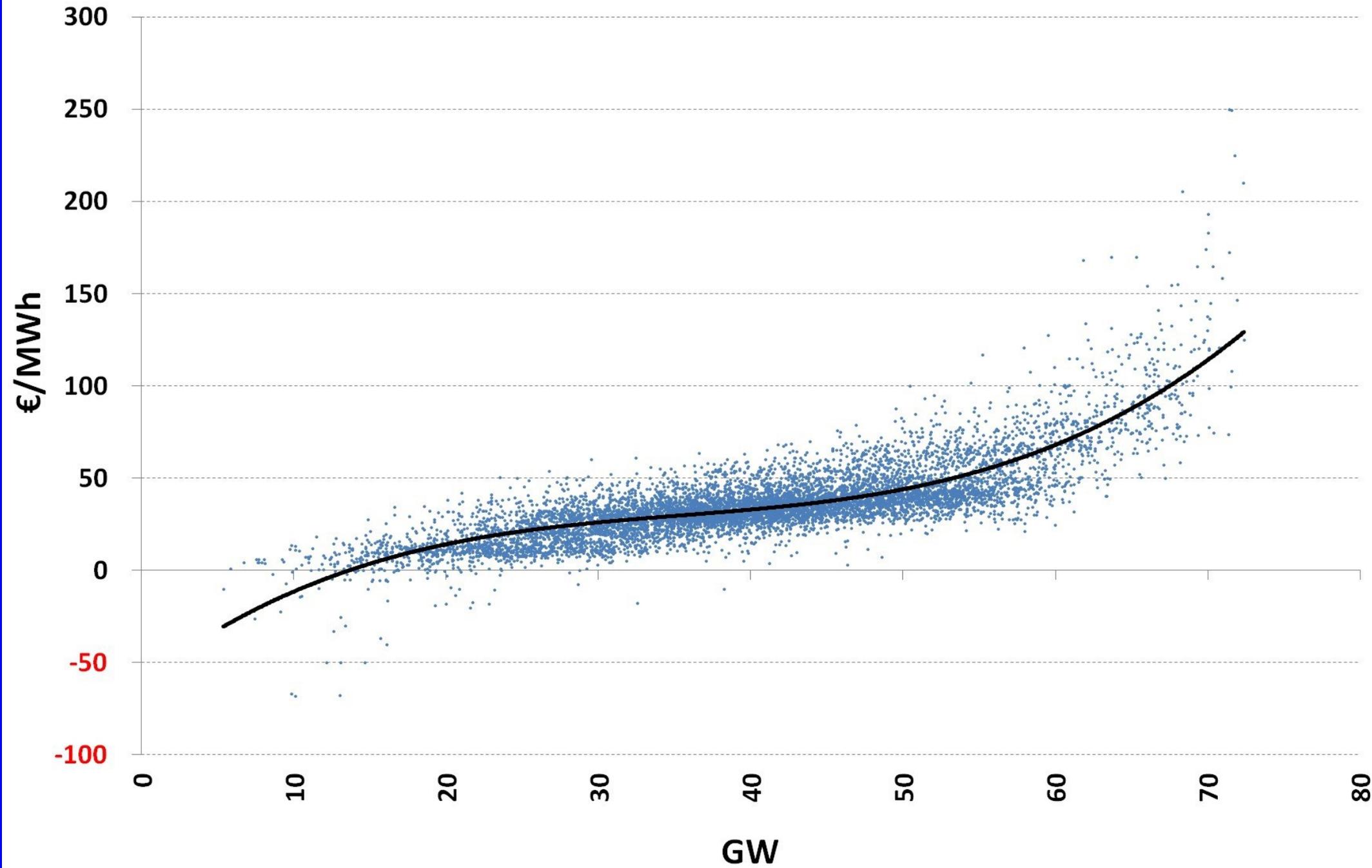
Darstellung: Rolf Schuster

2011

Deutschland: Börsenpreis vs. Residuallast
für jede Stunde des Jahres 2011

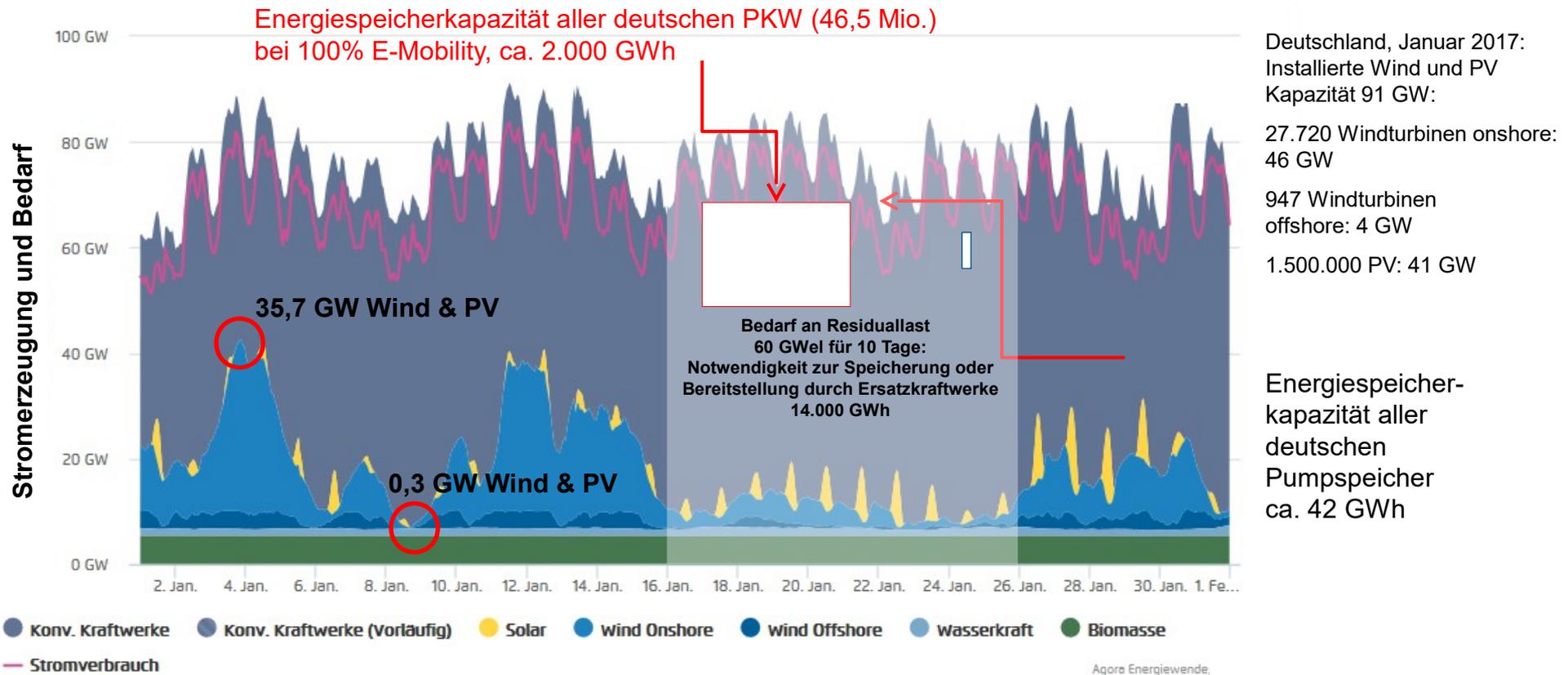


2017



Speicher ?

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

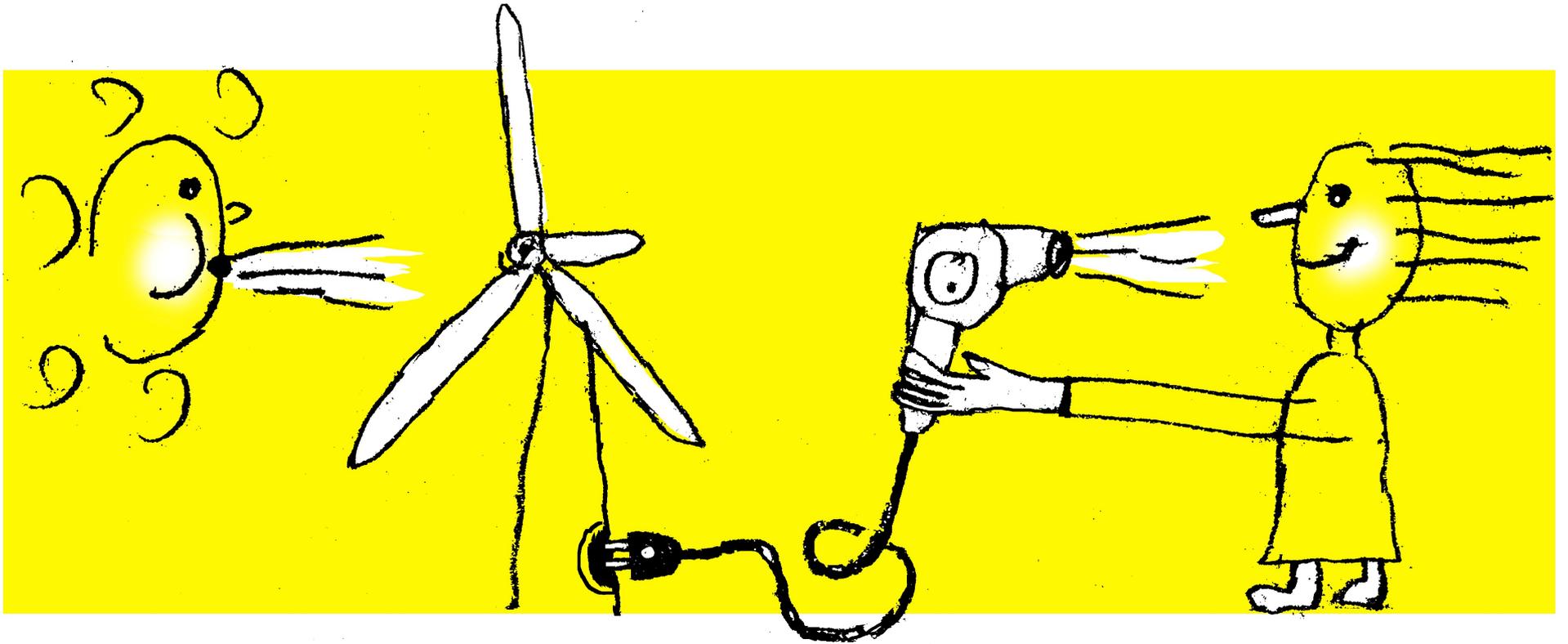
Fazit:

(1) Für ein hochindustrialisiertes Land in Mitteleuropa gilt:

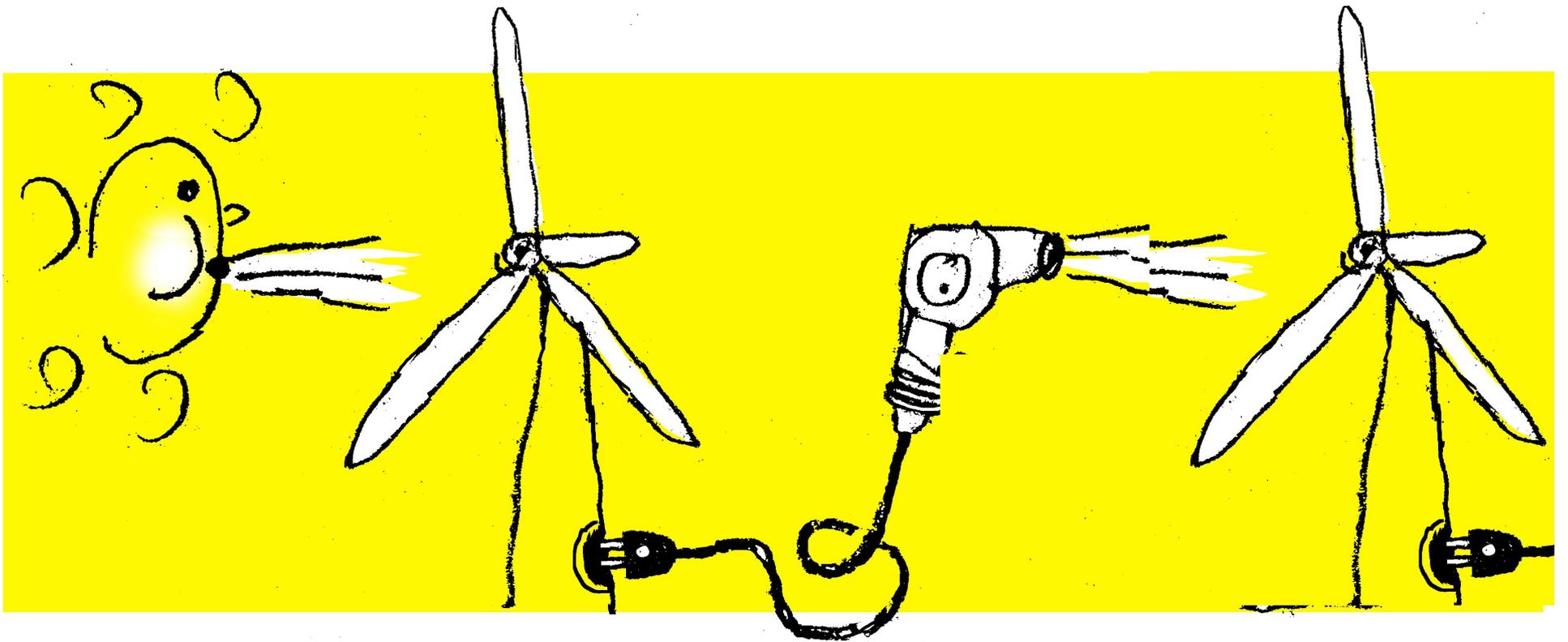
Wegen zu geringer Energiedichte kann der Bedarf an Elektroenergie nicht durch Windenergieanlagen im Land oder auf See gedeckt werden.

Die zur Lösung des Problems der volatilen Erzeugung notwendigen Speicher stehen derzeit nicht zur Verfügung.

(2) Wird (1) akzeptiert, ergeben sich intelligente Lösungen, wie Windstrom sinnvoll in das Energiesystem integriert werden kann.



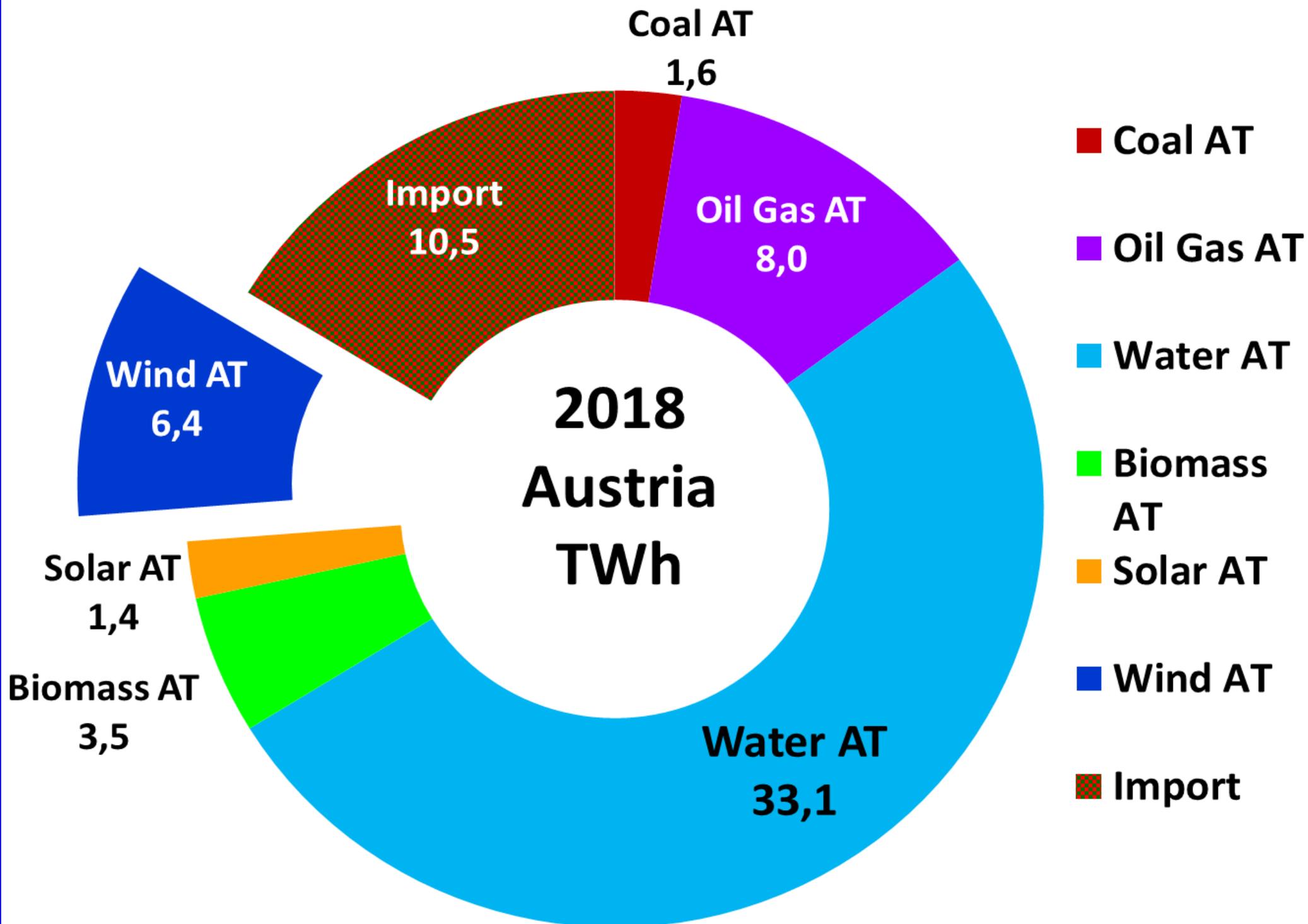
Erneuerbare Energie?



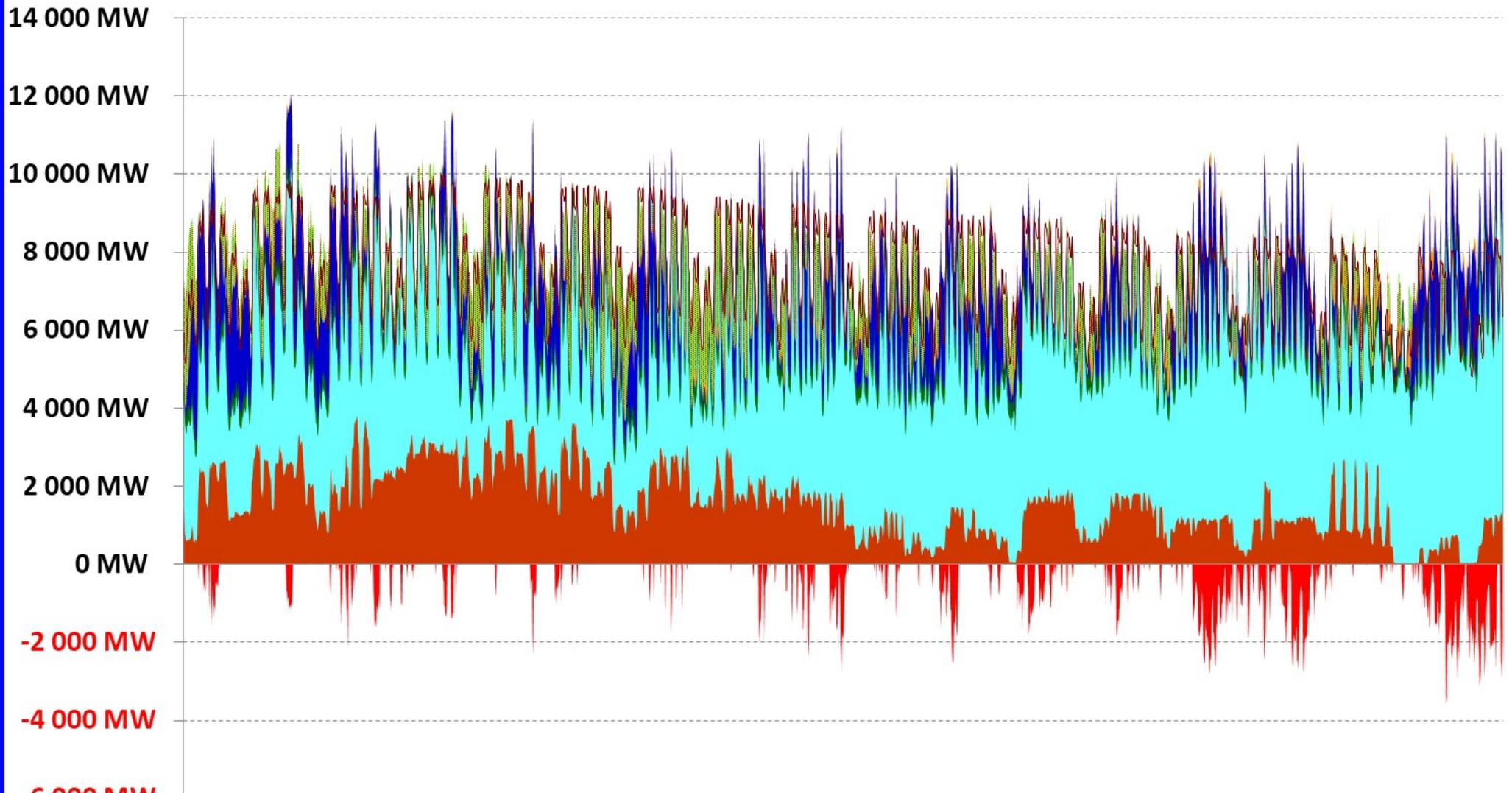
Erneuerbare Energie?

Vorbild:

Österreich



■ Import AT
 ■ Export AT
 ■ Solar AT
 ■ Wind AT
 ■ Oth.Renew
 ■ Water
 ■ Coal Gas AT
 — Load AT



So 06 So 13 So 20 So 27 So 03 So 10 So 17 So 24 So 03 So 10 So 17 So 24 So 31 So 07 So 14 So 21 So 28

Jan 2019 Feb 2019 Mrz 2019 Apr 2019

Datenquelle: Entso-e Actual generation per production type

Load

Darstellung: Rolf Schuster

Epilog:

„1 : 1000 : 1 000 000 000“

„Das Ende der Reichlichkeit“ (T. HOOF):

Die Zeiten der großen Bereicherung an chemischer Energie aus fossiler Quellen neigen sich dem Ende zu.

Alternativen ?

"Die erneuerbare Energie hat nur einen einzigen Feind: Die Unwissenheit über die fantastischen Möglichkeiten, die sie uns bietet."

Hans KRONBERGER (1951-2018), österreichischer Publizist

"Die Energiewende hat nur einen einzigen Feind: Die Unwissenheit über die physikalischen Gesetze, die ihr zugrunde liegen."

Sigismund KOBE (2013)

Dank:

Rolf SCHUSTER (wiss. Grafiken)

Rolf SCHUMANN

Martin BRABAND

Ronald KOBE (künstlerische Grafiken)

Heidmarien KOBE