

# 100 % Erneuerbare Energieversorgung in Deutschland

## (Wie) Geht das?

**Dr.-Ing. Peter Klafka**

Aachen  
PKlafka@gmx.Net



# **notwendige Geschwindigkeit des Wandels**



## IPCC

fasst weltweites Expertenwissen zusammen

CO<sub>2</sub>-Emissionen und wahrscheinliche Erwärmung  
mit **Stand Anfang 2018**

Wissensstand	1,5 °	2,0 °	Wahrscheinlichkeit
Anfang 2018	580 Gt	1.500 Gt	50 %
IPCC	420 Gt	1.100 Gt	66 %

Lesebeispiel: Weltemissionen  $\leq 420$  Gt CO<sub>2</sub>

➔ mit 66 % Wahrscheinlichkeit wird 1,5 ° nicht überschritten

 **falls keine Kipppunkte  
erreicht werden**

## „CO<sub>2</sub>-Budget“

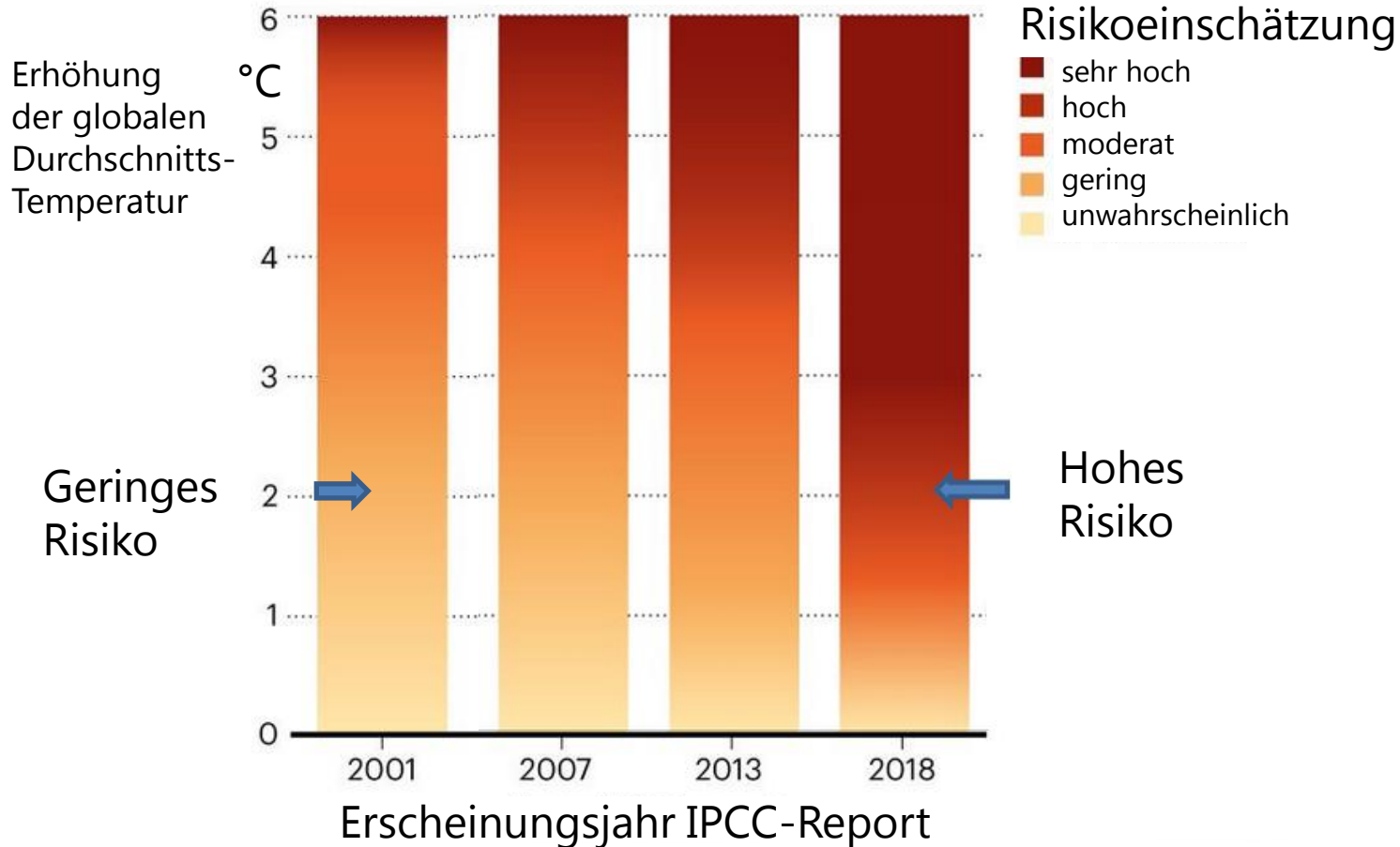
ist nur als maximal erlaubter Bremsweg zu verstehen,  
für ein stabiles Klima müssen wir zurück auf 280 bis 350 ppm (derzeit 420)



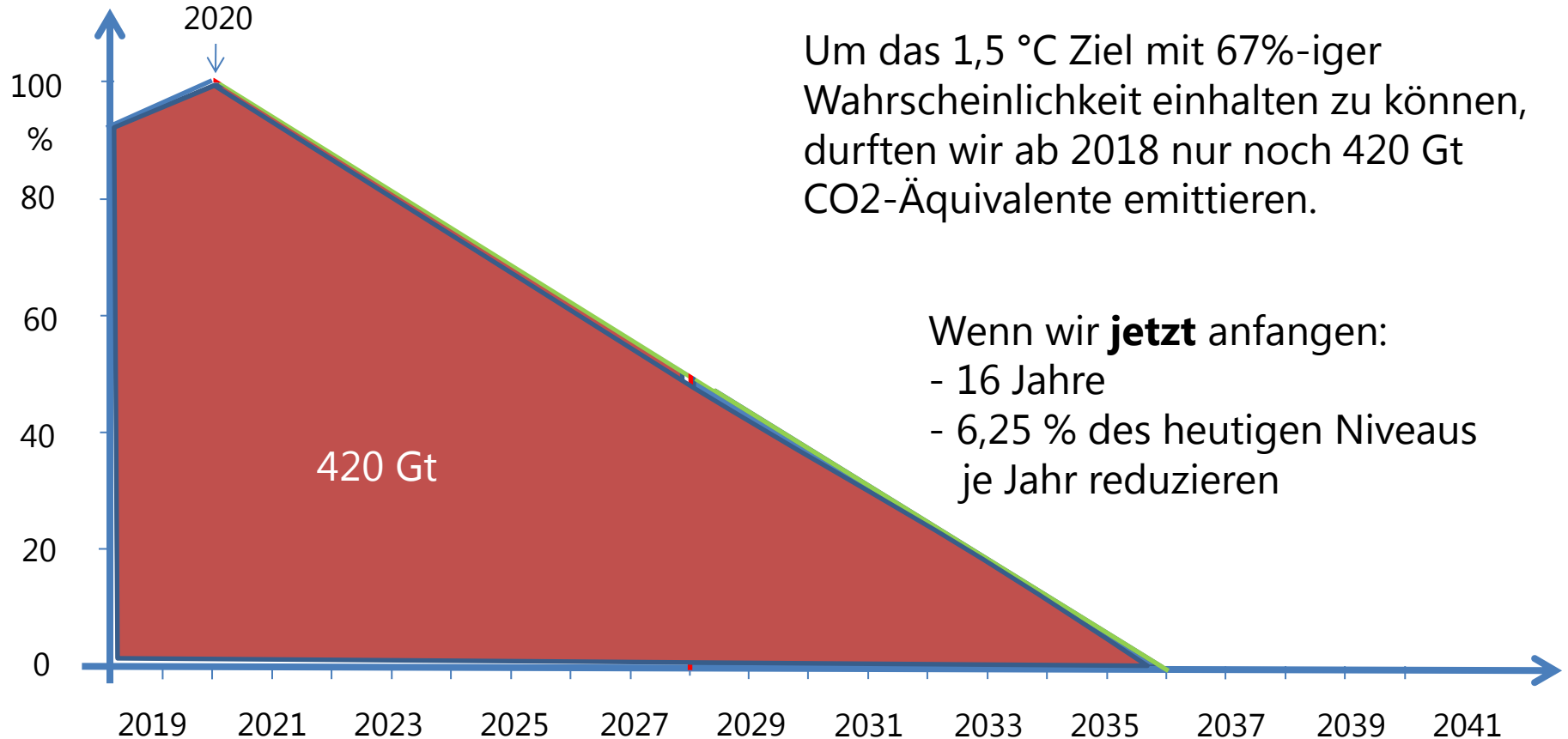


- A) Amazonas
- B) Arktisches Polareis
- C) Atlantische Zirkulation
- D) Boreale Wälder
- F) Korallen-Riffe
- G) Grönland-Eisbedeckung
- H) Permafrost
- I) Westantarktis
- J) Ostantarktis





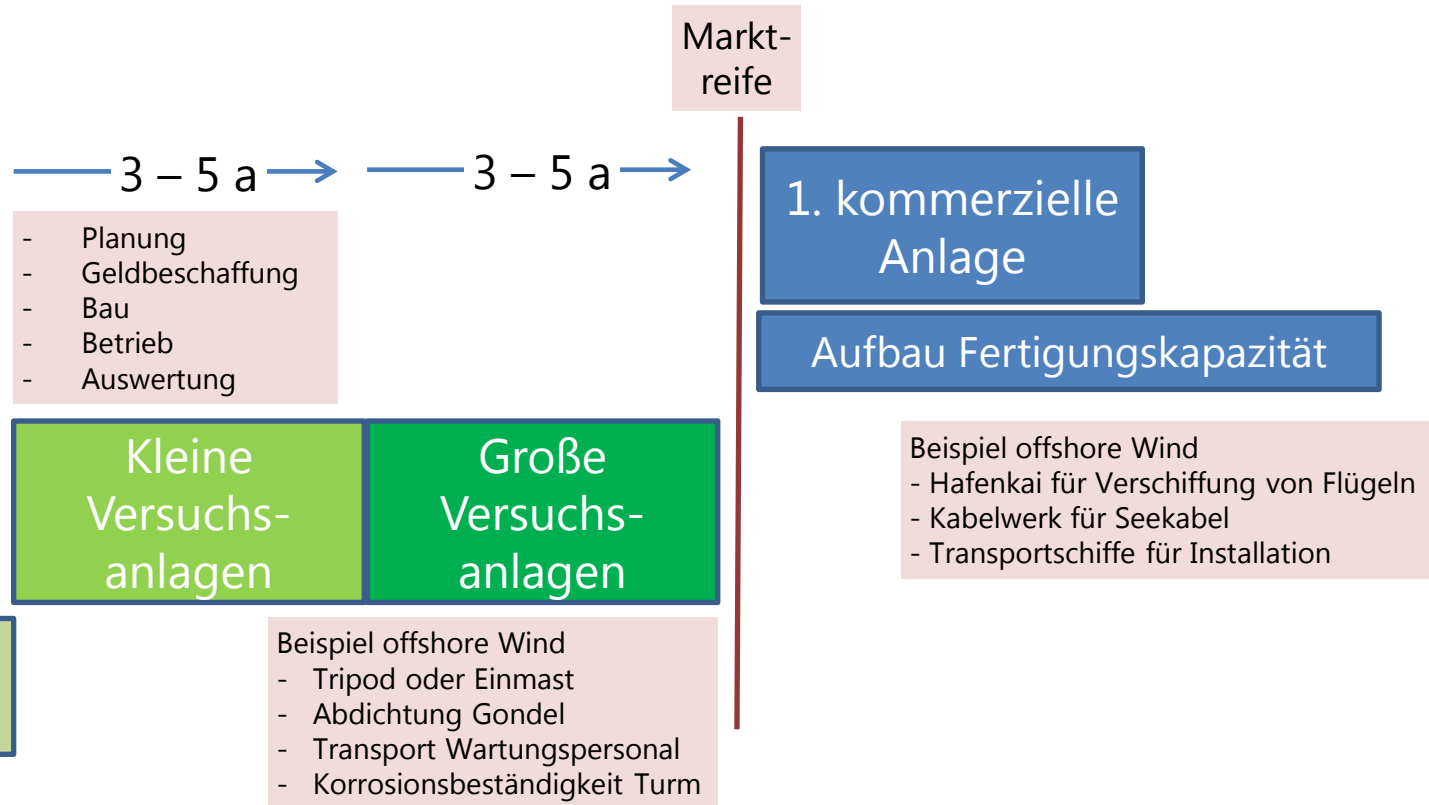






# **Geschwindigkeit technische Entwicklung von Neuerungen in der Energiewirtschaft**

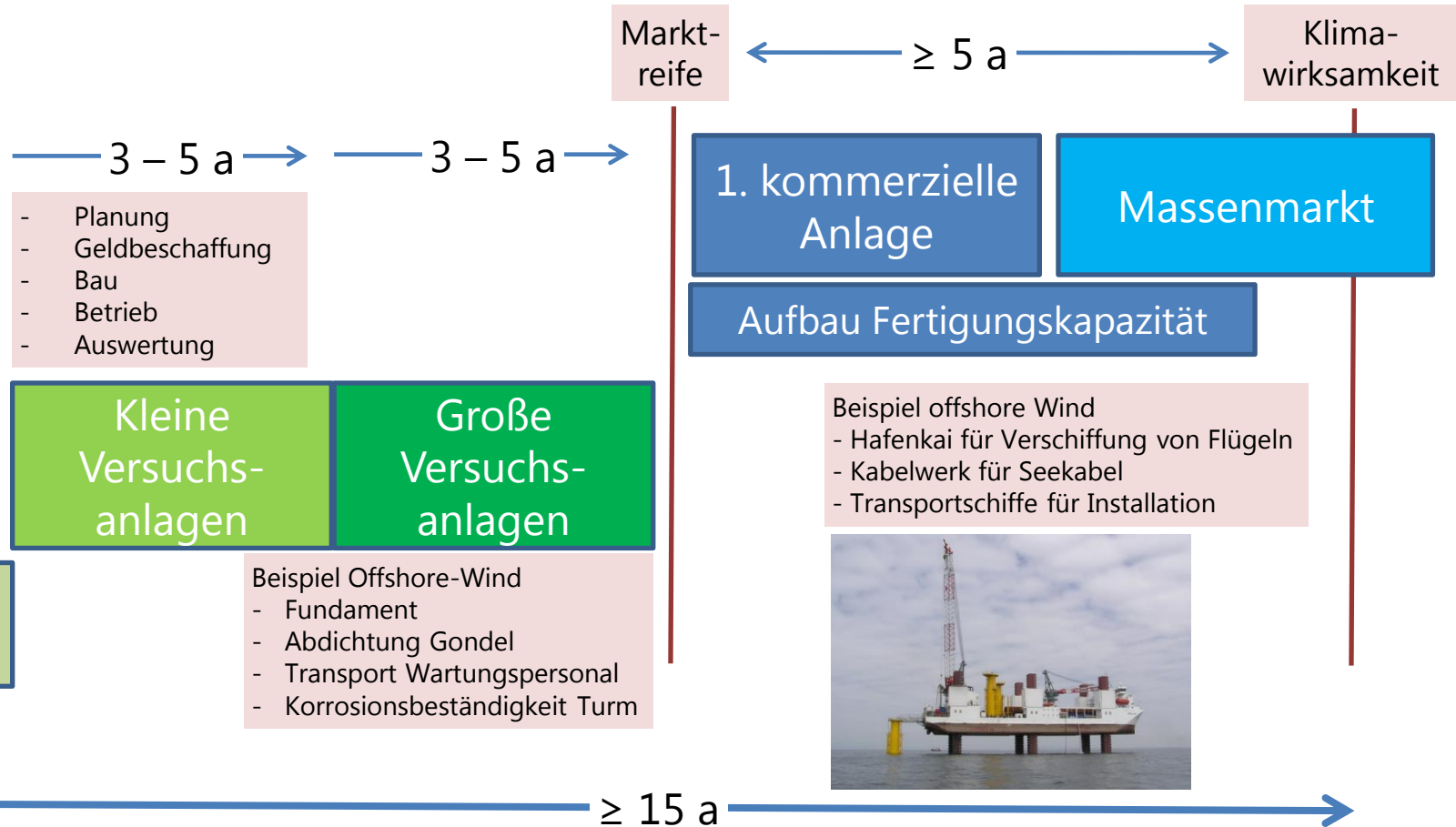














# **Nicht verfügbare Techniken**



**Kernfusion:** Marktreife erst in 30 Jahren angekündigt

**CCS:** nicht marktreif, Lagerstätten unklar, + 30 % Energiebedarf

**Wasserstoff-Import:** Transport ungeklärt, Großtechnik fehlt  
keine Länder mit 100 % regenerativer Stromversorgung

**Kernenergie:** lange Bauzeiten, fehlendes Know-How in Europa,  
**zu teuer**



# **Welche Technik für regenerative Energieversorgung verfügbar?**



Quelle	für	schnell verfügbar	Ausbau- potential	Kosten
Wasserkraft	S	✓	☹	€€
Biomasse	S / W / R	✓	☹	€€
Wind	S	✓	✓	€
Photovoltaik	S	✓	✓	€
Wellen	S	-	✓	€€€
Gezeiten	S	-	☹☹	€€€
Kernenergie	S / W	-	☹	€€€
(Wasserstoff)Import	S / W	-	✓	€€€
Geothermie	S / W	✓	S: ☹ W: ☹	W: €



# **Welche Energiemengen werden benötigt?**



Prognosen für Energiebedarf variieren in großer Spanne je nach Annahmen zu Einsparungen

Prognosen für 2030 sind höher als für 2050

Fast alle Prognosen sagen deutlichen Anstieg voraus Bedarf an elektrischer Energie

Elektrische Energie 2030:	750 – 950 TWh
---------------------------	---------------

Zusätzlich gegenüber heute:

Mobilitätssektor:	ca. 100 TWh
-------------------	-------------

Wasserstoffherzeugung:	ca. 100 TWh
------------------------	-------------

Wärmepumpen:	ca. 100 TWh
--------------	-------------

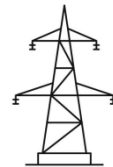
(überwiegend im Winter)



# Importe



Transport elektrischer Energie ist erprobt



durch Netzkapazitäten Umfang stark begrenzt

Leitungsneubau: Kosten, Akzeptanz

hoch fraglich

Ohne Transit: potentielle benachbarte Lieferländer:

Dänemark (offshore Wind), absehbar

Frankreich (Wind), Polen (Wind)

Realisierung nicht absehbar

Transit durch / Import aus Ländern  
mit noch fossiler Strom-Erzeugung

Positive Klimawirkung fraglich

Umfang gering



1.500 km, 5 GW

Als Kabel: 25 Mrd. Euro

→ 4 c/kWh

Als Freileitung: 4.500 Masten

Windanlagen: 3.500



# **Benötigte regenerative Erzeugung elektrischer Energie**



Elektrische Energie 2030: 750 – 950 TWh

		Heute
Windkraftwerke:	ca. 150 – 180 GW	60 GW
Photovoltaik:	ca. 250 – 350 GW	55 GW

➔ Elektrischer Bedarf zu 95 % regenerativ gedeckt

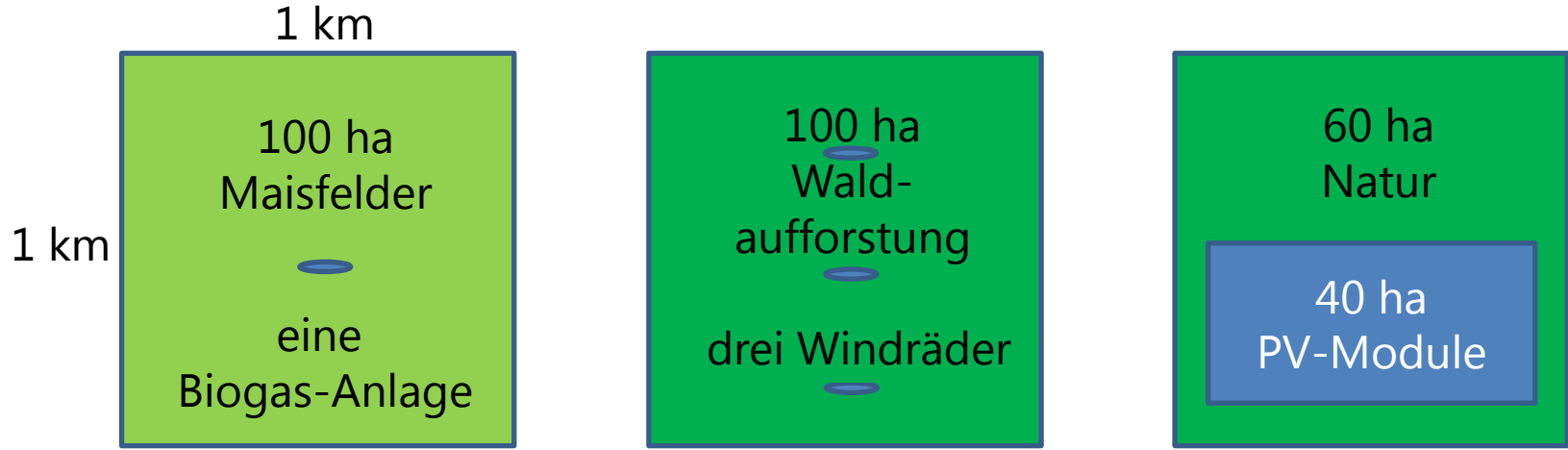
- + heutiger Bedarf
- + 50 % PKWs E-Mobilität
- + 25 % des heutigen Raumwärmebedarf
- + Teile des H<sub>2</sub>-Bedarf der Chemischen Industrie

1 GW Wind erzeugt ca. so viel Energie wie 3 GW Photovoltaik



**Ausreichende Flächen  
vorhanden?**





El. Energie

2 Mio. kWh

40 Mio. kWh

70 Mio. kWh

Preis

14 c/kWh

5 c/kWh

5 c/kWh

Ausreichend Flächen vorhanden  
wenn Energiepflanzenanbau teilweise durch PV ersetzt wird

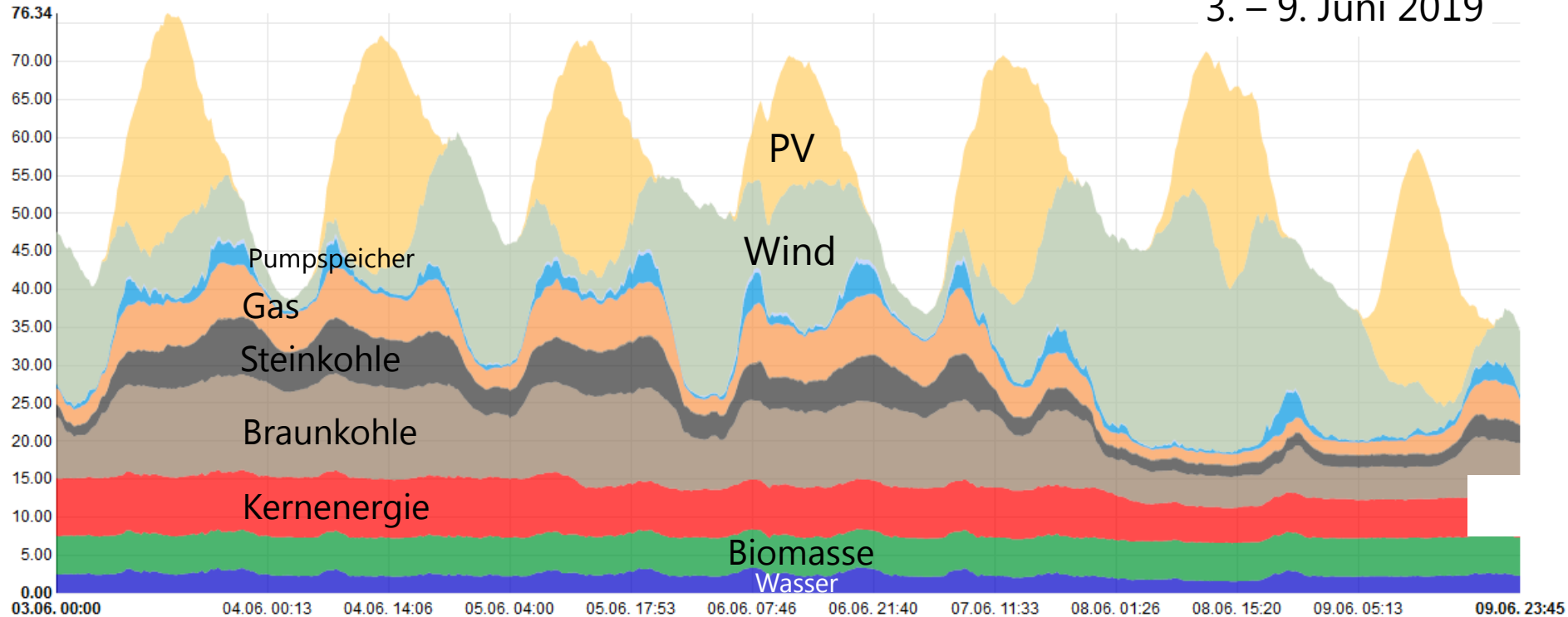


# Stromerzeugung

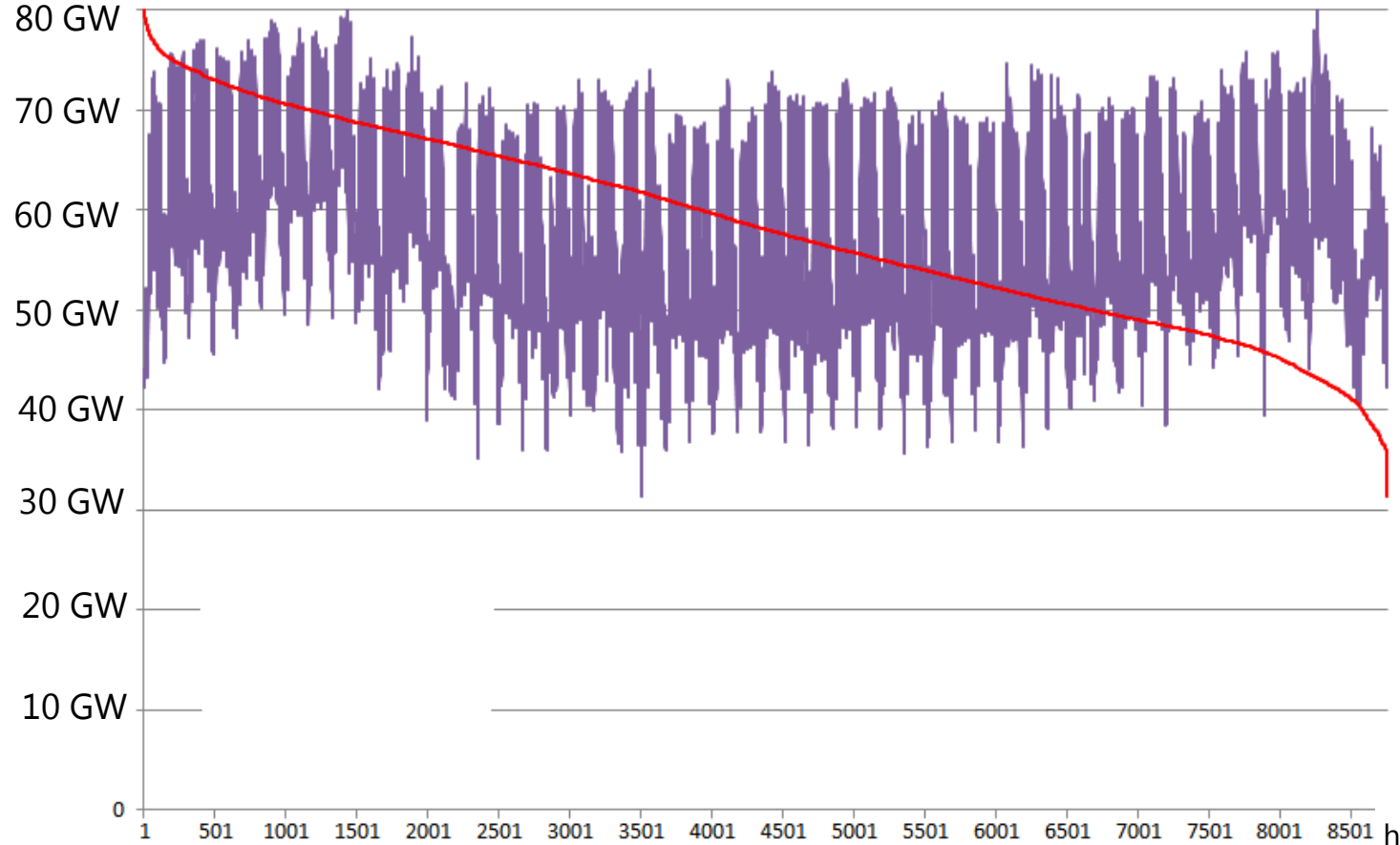


GW

3. – 9. Juni 2019

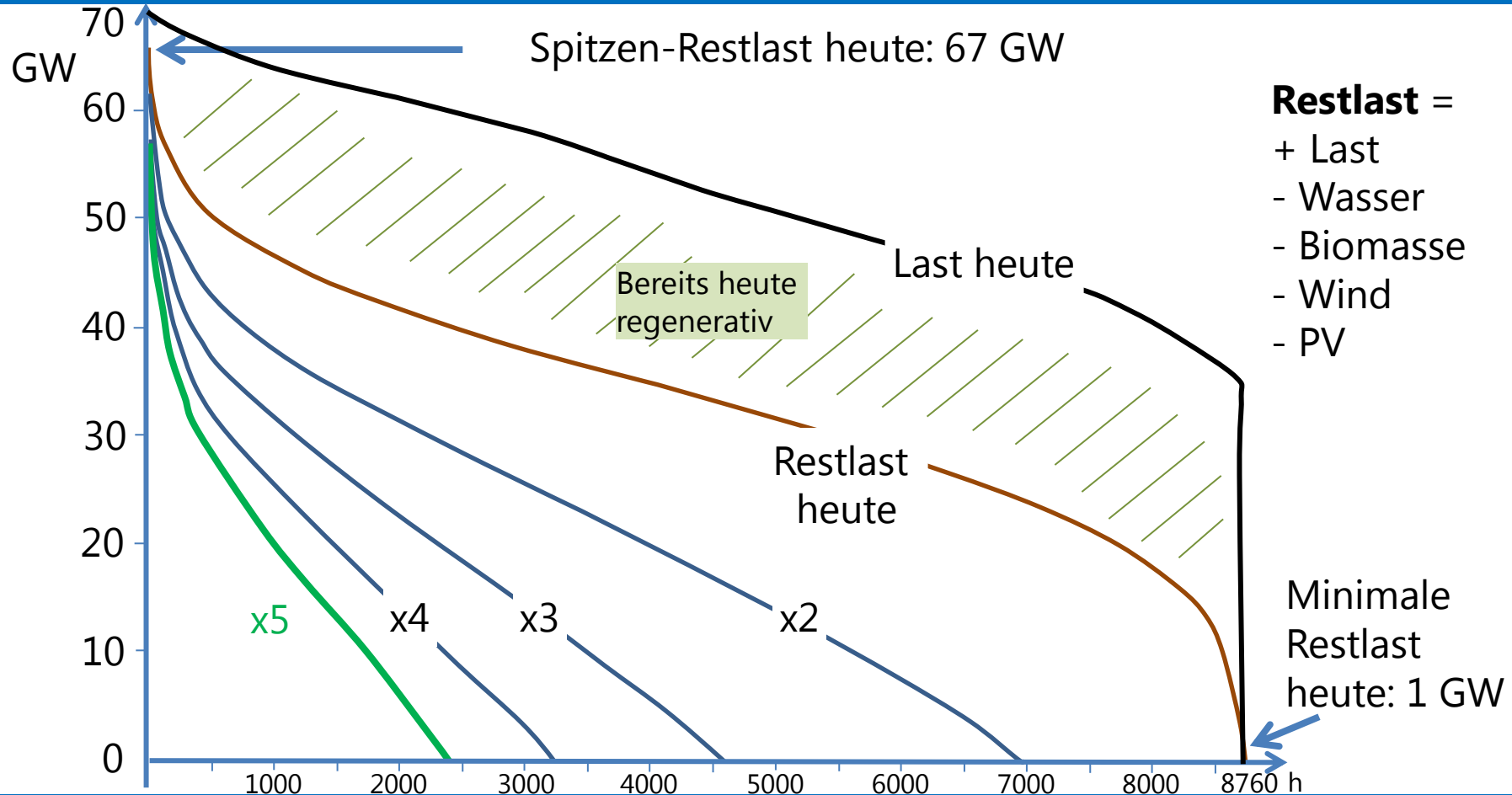




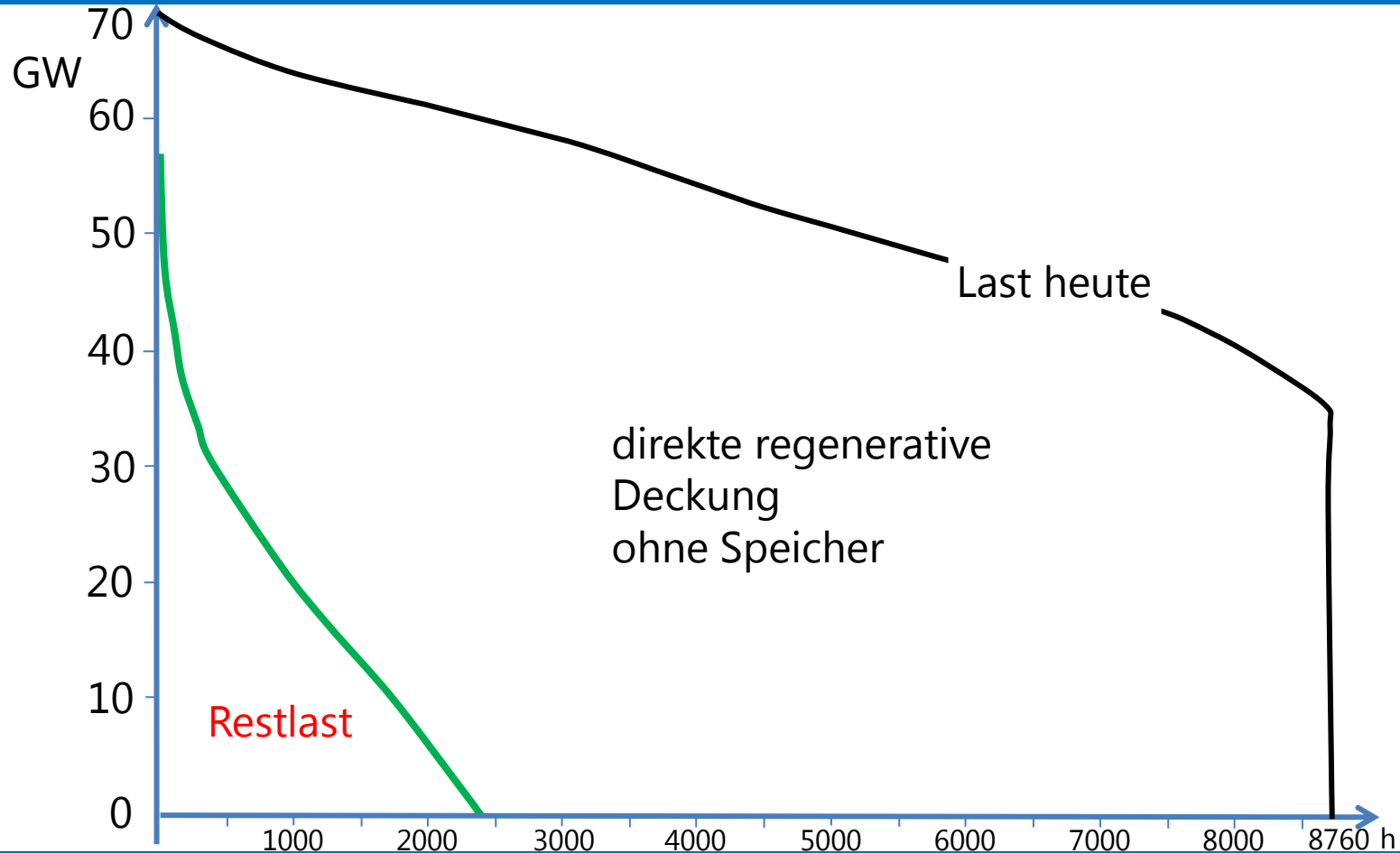


- Rote Linie:  
Dauerlinie:  
sortierte Last der  
Höhe nach  
absteigend
- Nur zur  
Ergebnis-  
Darstellung
- Berechnungen  
alle im  
Stundenraster in  
korrekter  
zeitlicher  
Reihenfolge  
(wichtig für  
Speicher)

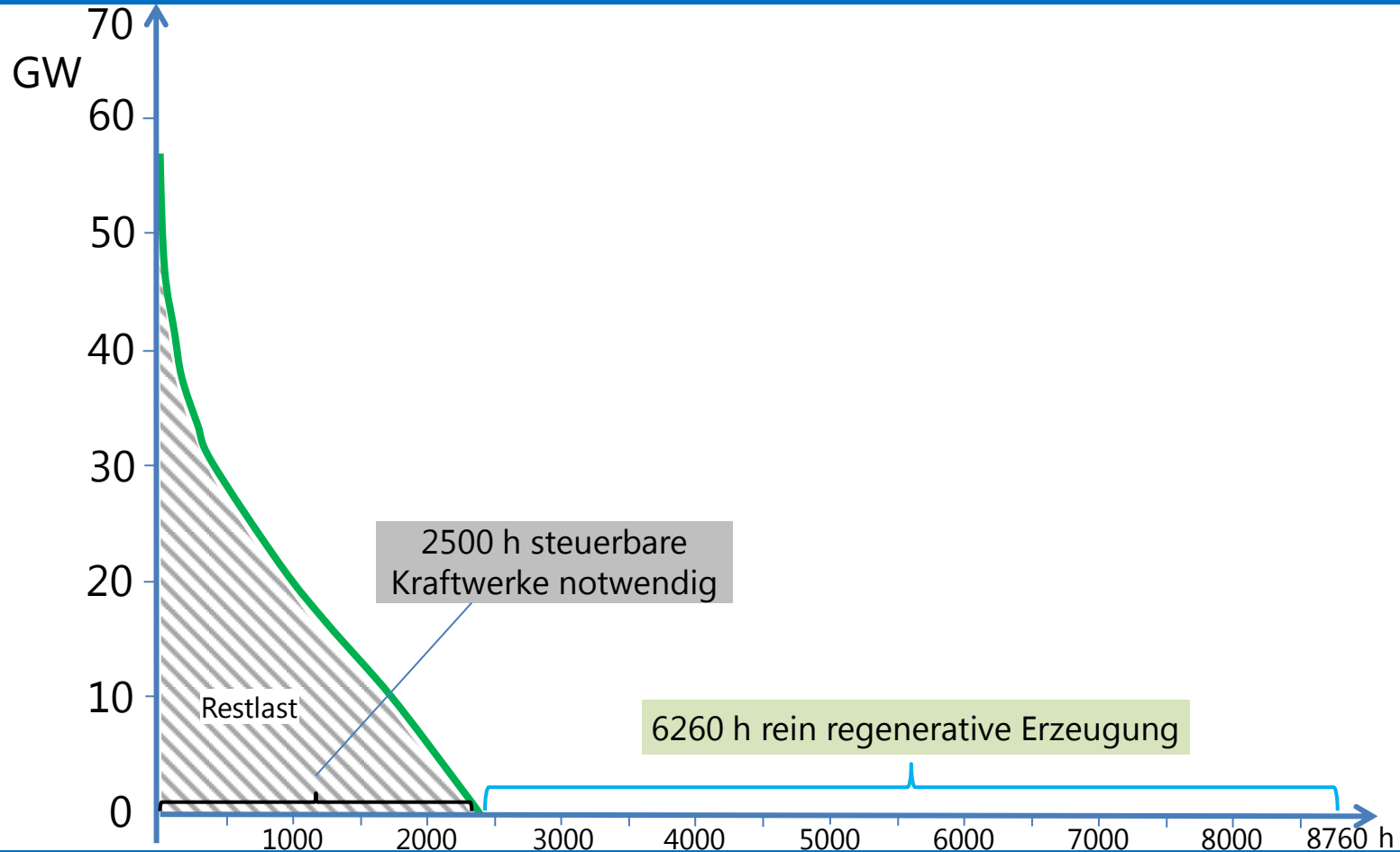




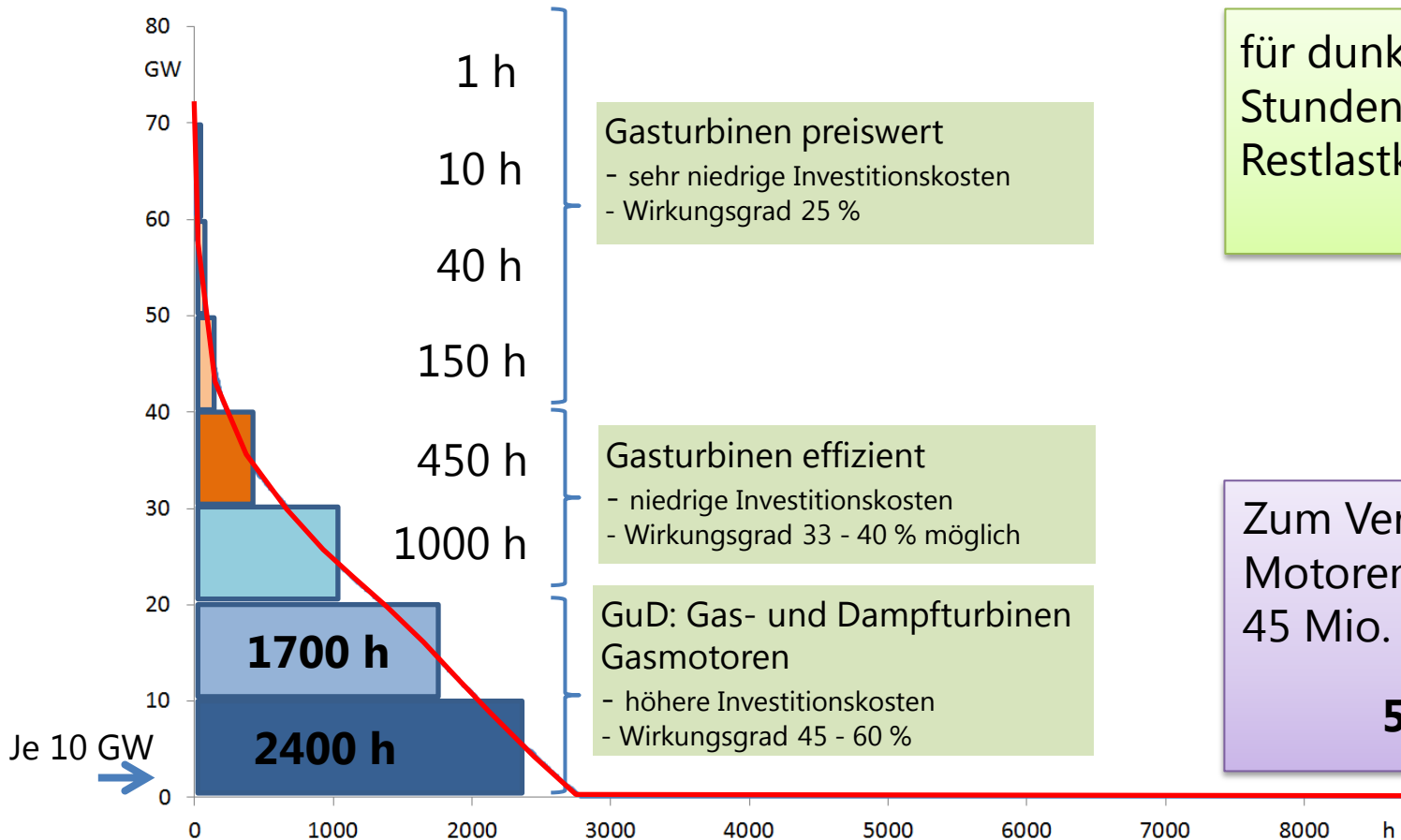








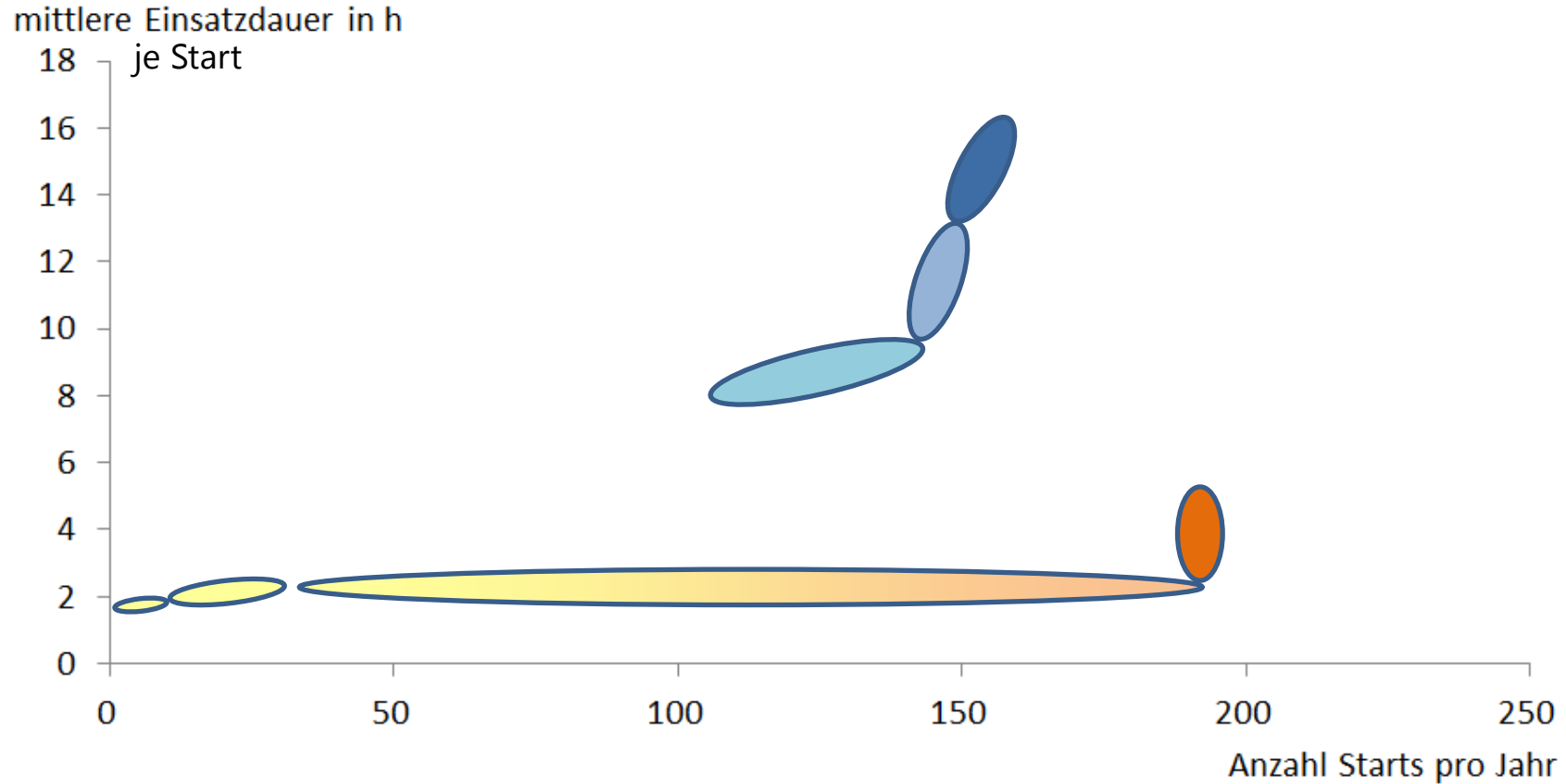




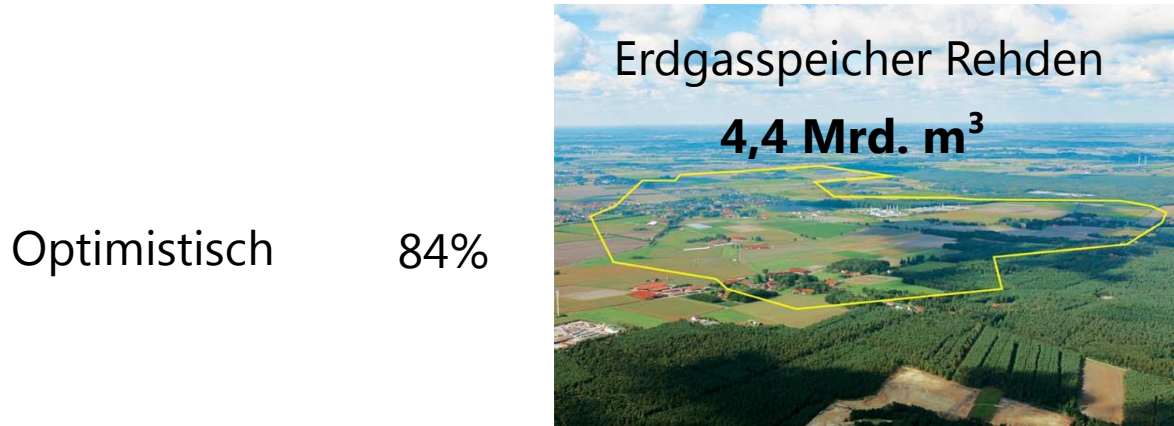
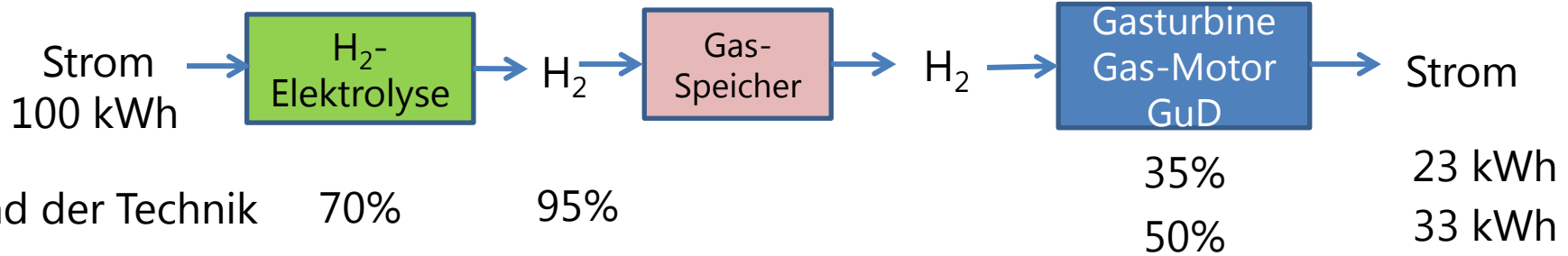
für dunkle windarme  
Stunden notwendige  
Restlastkraftwerke:  
**80 GW**

Zum Vergleich:  
Motorenleistung PKW:  
45 Mio. PKW, 110 kW  
**5000 GW**





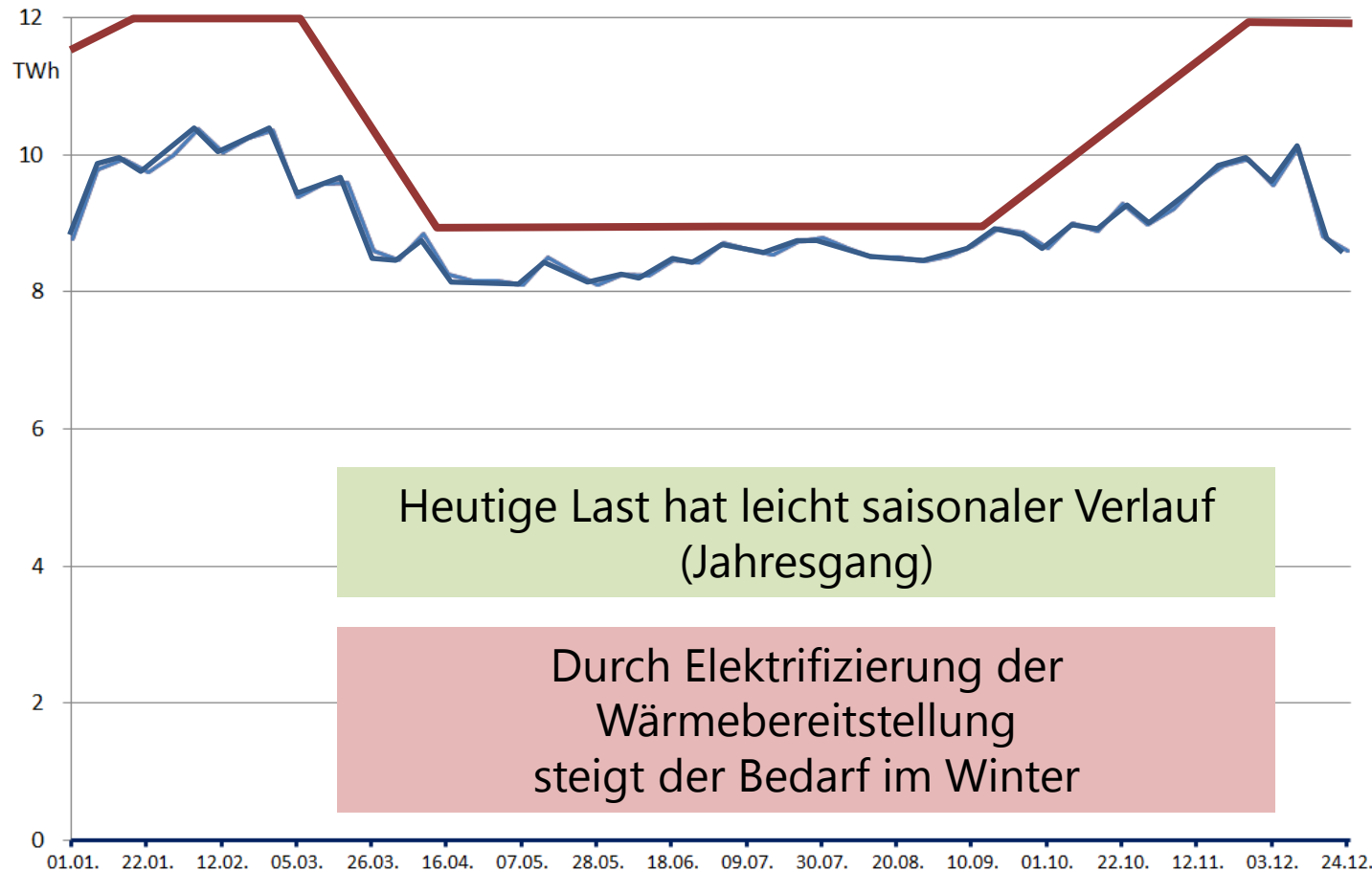




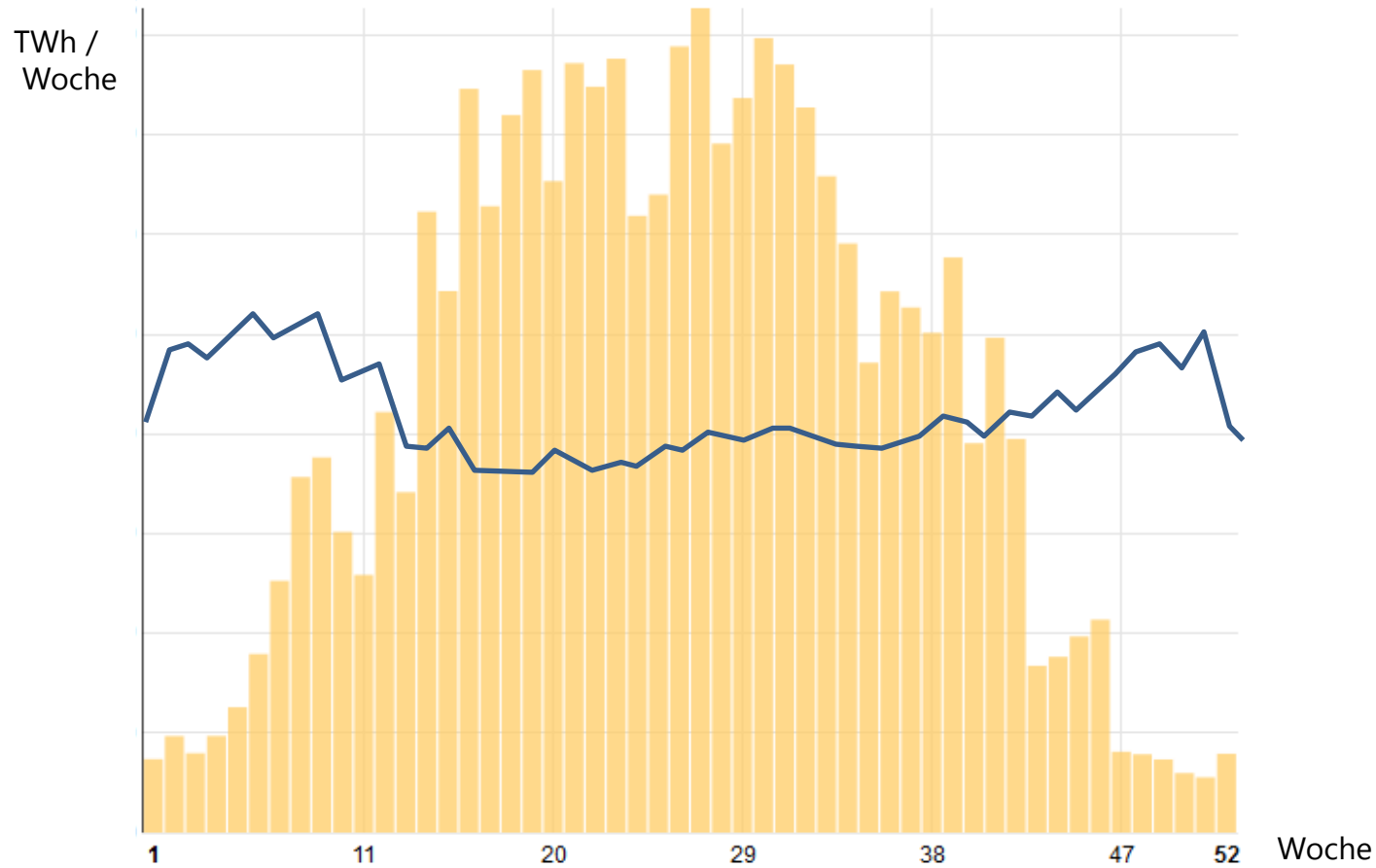


# **Jahresgang Sonne, Wind, Last**

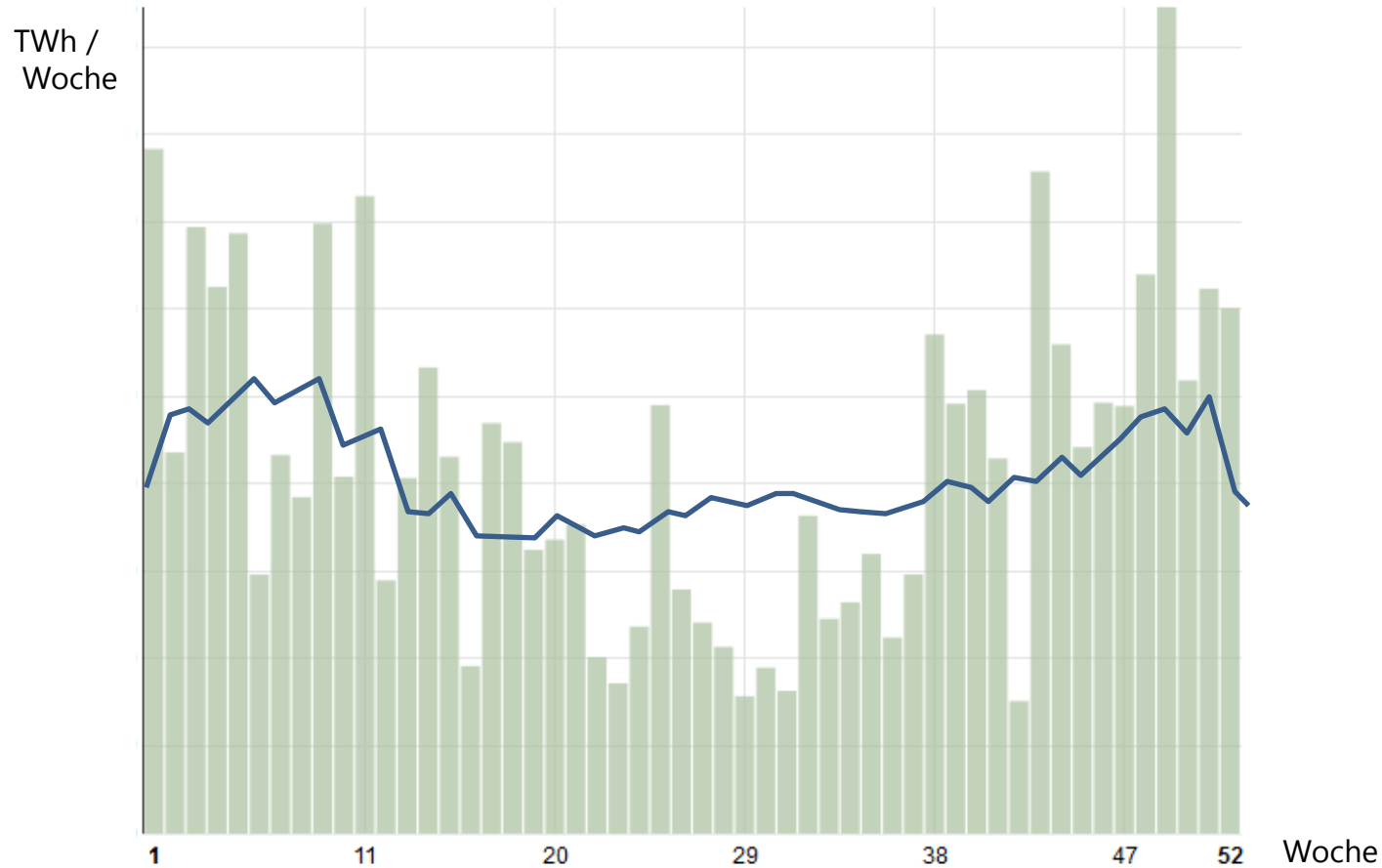




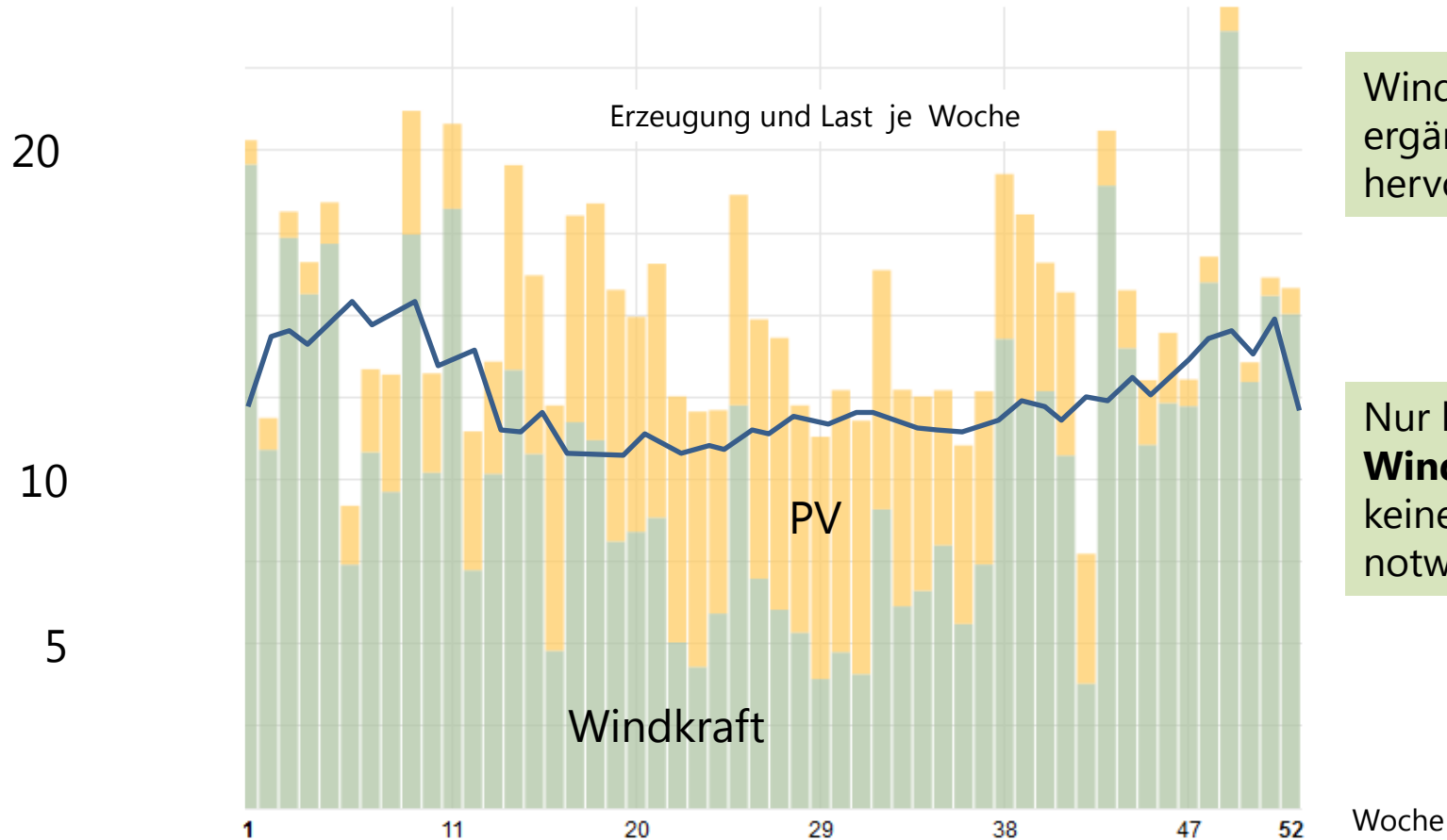








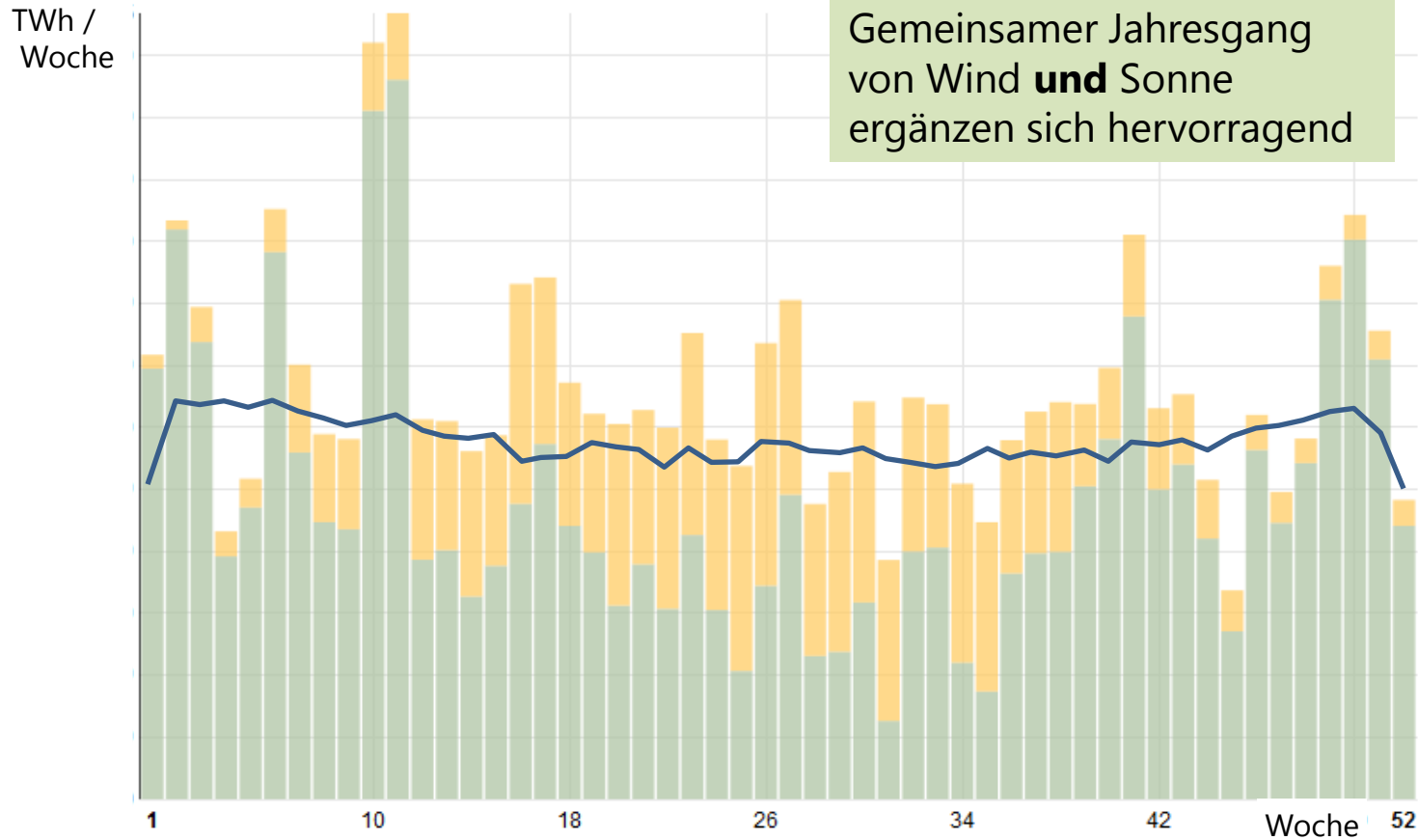




Wind **und** Sonne  
ergänzen sich  
hervorragend

Nur bei Ausbau von  
**Wind und Sonne** sind  
keine Saisonspeicher  
notwendig







**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

Dr.-Ing. Peter Klafka

Fragen gerne an: [PKlafka@gmx.net](mailto:PKlafka@gmx.net)