

[www.volker-quaschning.de](http://www.volker-quaschning.de)



# Stromversorgung der Zukunft Die Rolle der Photovoltaik im Energiemix

Prof. Dr. **Volker Quaschning**

Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin



Symposium: Photovoltaik - Praxis, Technik und Visionen

21. Juli 2011

Arnstadt



Ziele einer nachhaltigen  
Energieversorgung



Die Bedeutung der Photovoltaik  
für Deutschland

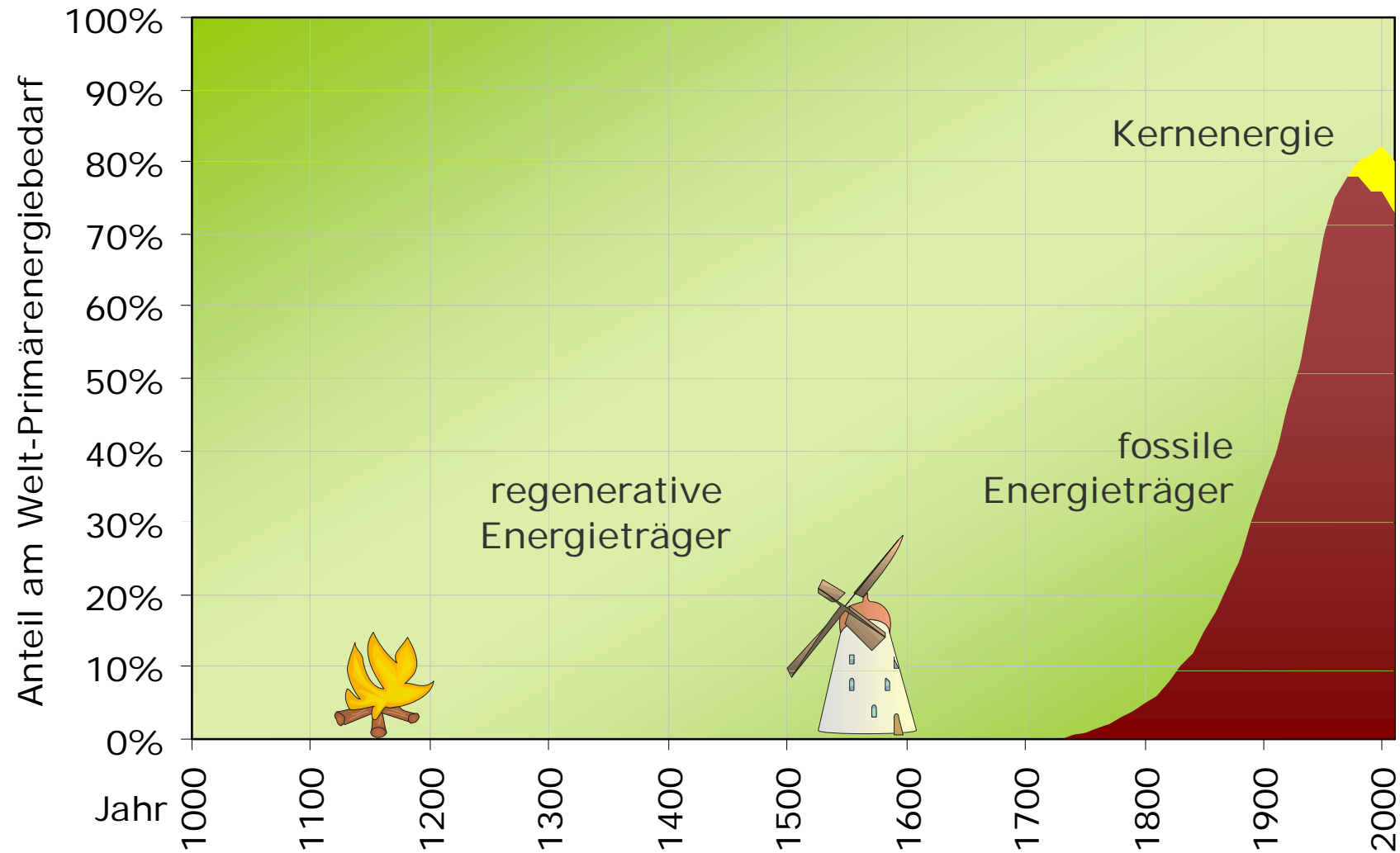


Bausteine einer nachhaltigen  
Stromversorgung

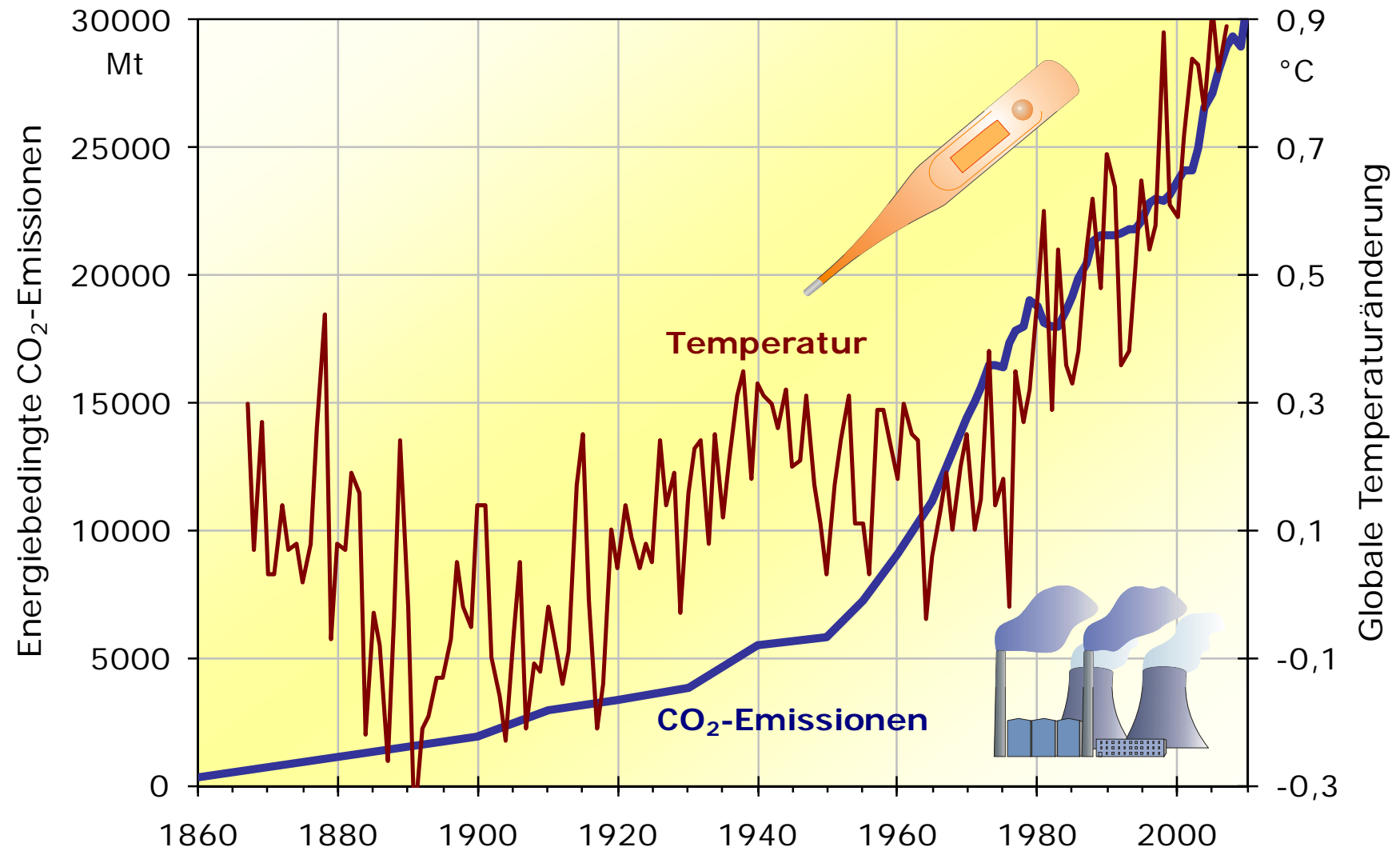
# Ziele einer nachhaltigen Energieversorgung



# Entwicklung der Weltenergieversorgung



# CO<sub>2</sub>-Emissionen und Treibhauseffekt



# Langfristige Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Konzentration

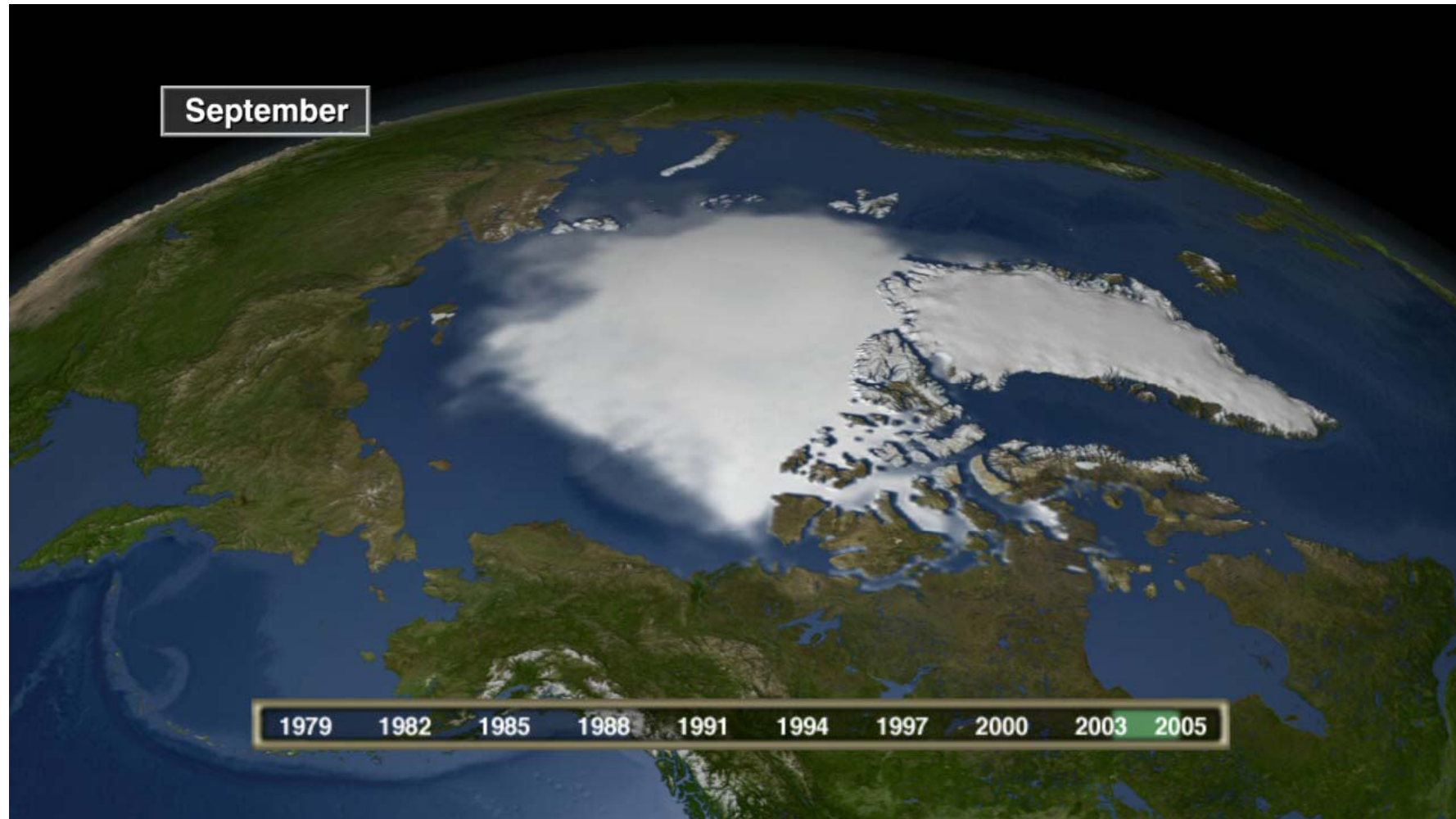


# Auswirkungen der globalen Erwärmung



Quelle: NASA

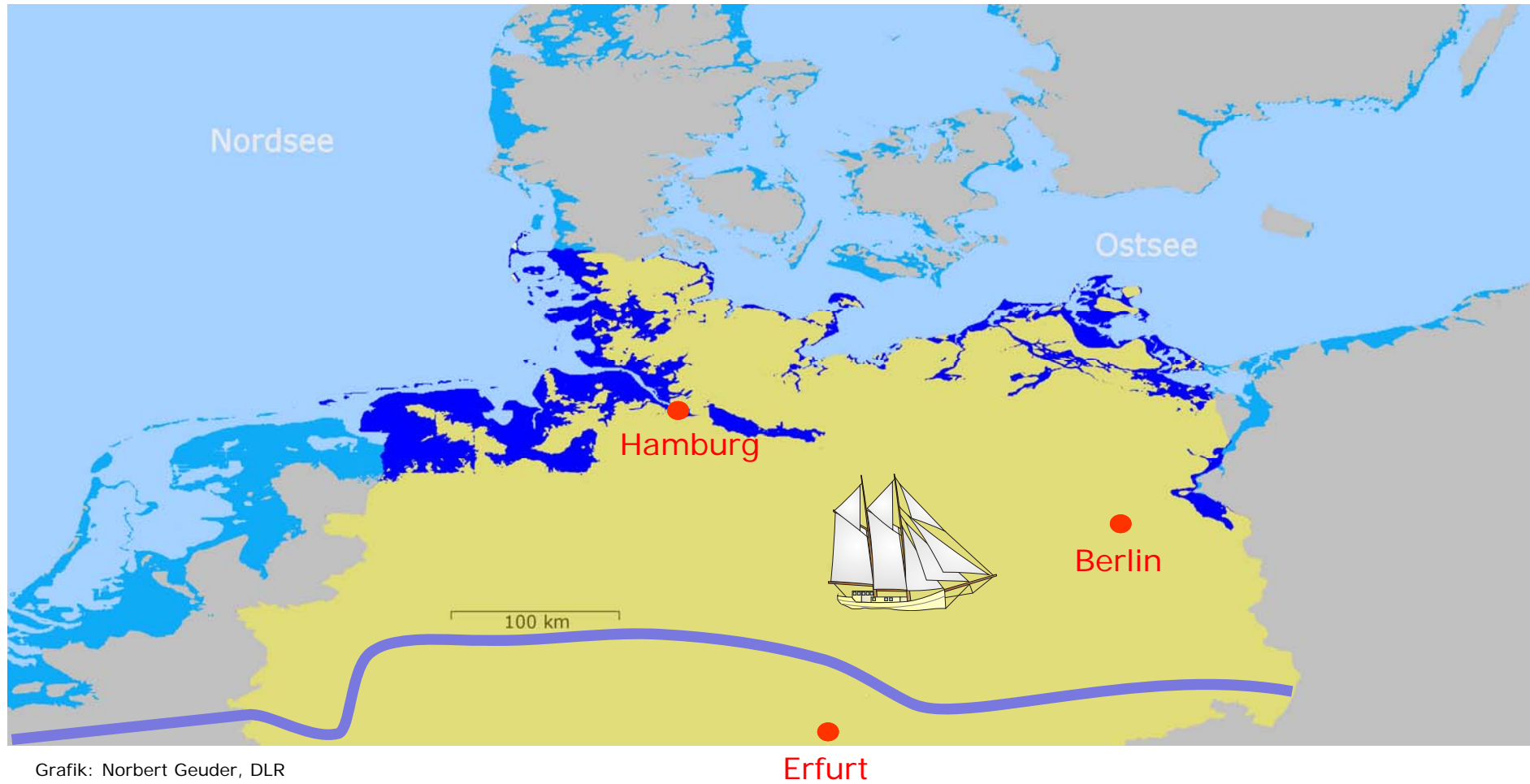
# Auswirkungen der globalen Erwärmung



Quelle: NASA



# Bedrohte Gebiete



Grafik: Norbert Geuder, DLR

# Klimaschutzforderungen an Industrienationen

Reduktion der  
CO<sub>2</sub>-Emissionen  
gegenüber 1990

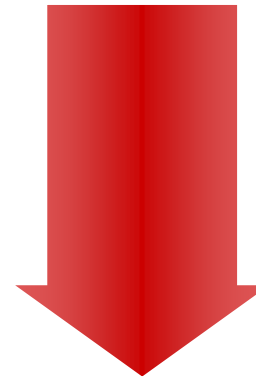


**bis 2005**



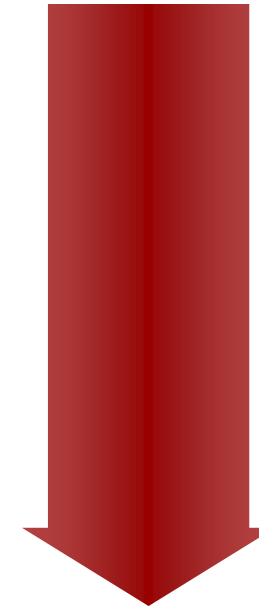
**-25 %**

**bis 2020**



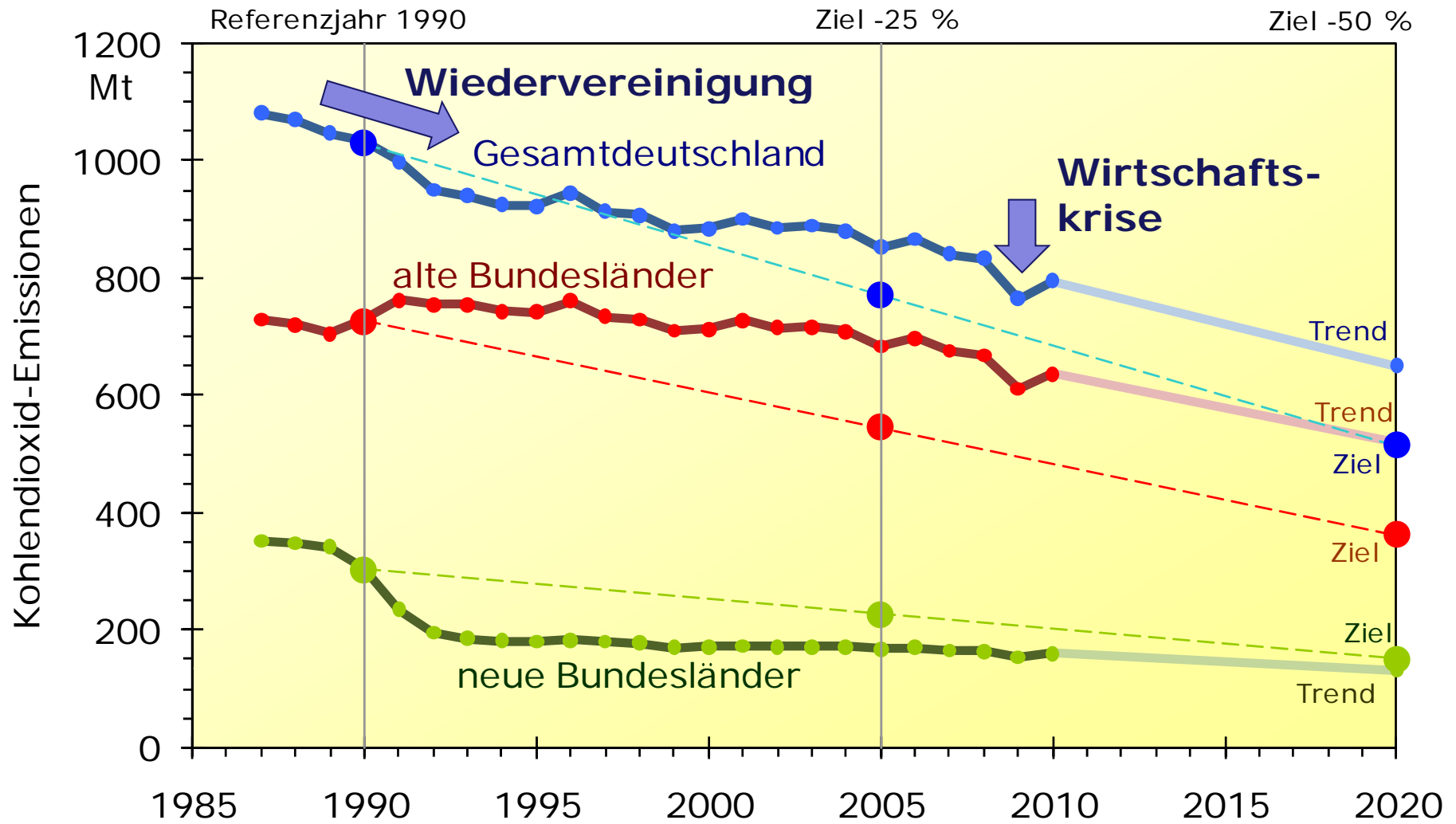
**-50 %**

**bis 2050**



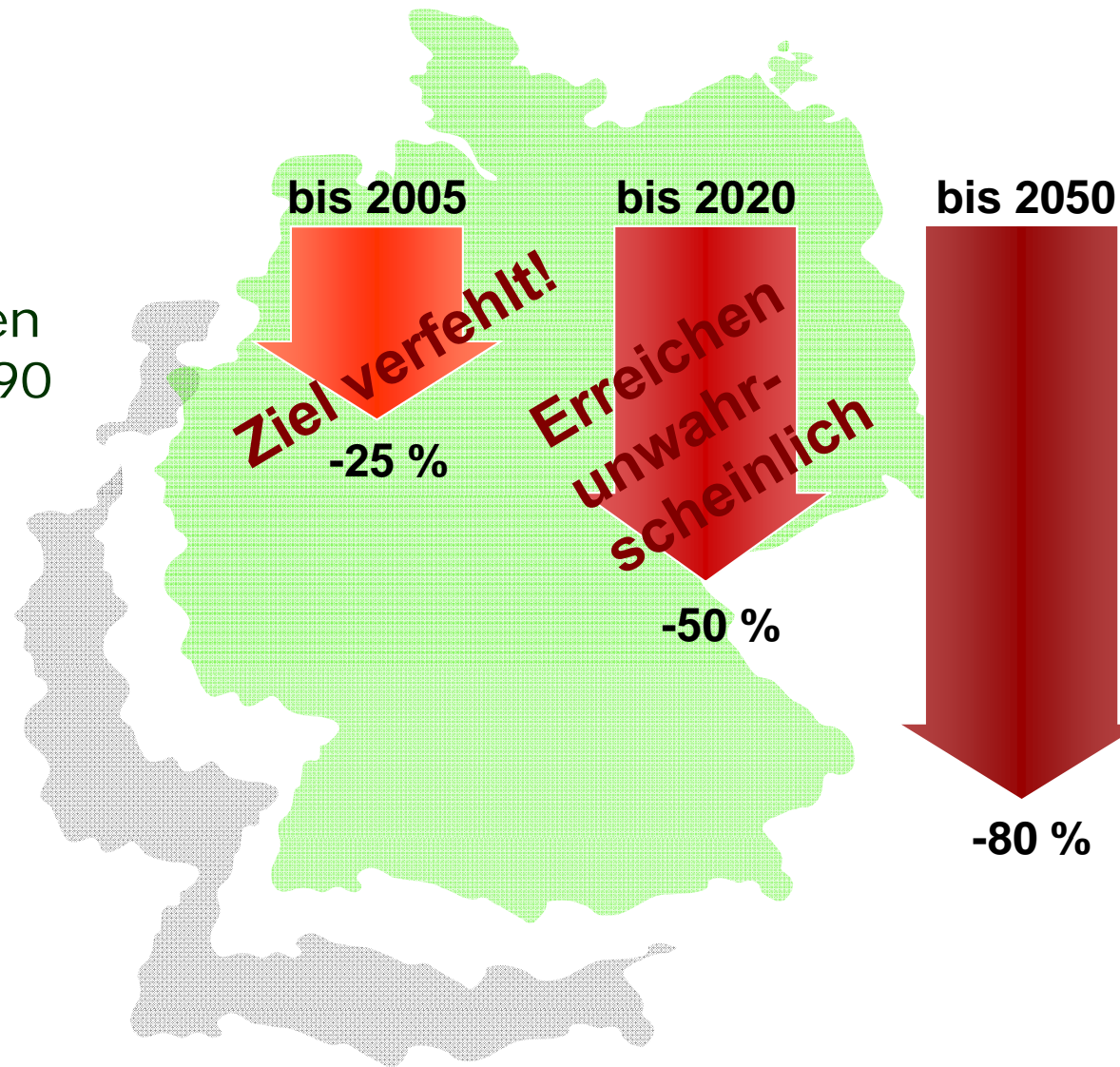
**-80 %**

# Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland



# Klimaschutz in Deutschland

Reduktion der  
CO<sub>2</sub>-Emissionen  
gegenüber 1990



# Optionen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion



*begrenzte Ressourcen  
Sicherheitsrisiken*

Kernenergie



*noch nicht verfügbar  
zu teuer*

„Kohlendioxidfreie“ fossile Kraftwerke



Energiesparen



Erneuerbare Energien

# Brückentechnologien?



# Sind Kernkraftwerke sicher und preiswert?

## Auszug aus Kfz-Versicherbedingungen

„Nicht versichert sind:

- Vorsätzlich herbeigeführte Schäden
- Schäden infolge von Alkohol- und Drogenkonsum
- Schäden durch Kernenergie“



## Auszug aus Gebäude-Versicherungsbedingungen

„Nicht versichert sind:

- Schäden durch Radioaktivität von Kernreaktoren“

Die gesetzlich festgelegte Deckungsvorsorge für Kernenergieunfälle beträgt 2,5 Mrd. €.



In Industrieländern wie Deutschland müssen wir **2 bis 3 % pro Jahr** an fossilen Energieträgern durch Einsparungen und/oder regenerative Energien **ersetzen**. Die **Kernenergie** bietet hierfür **keine Alternative**.

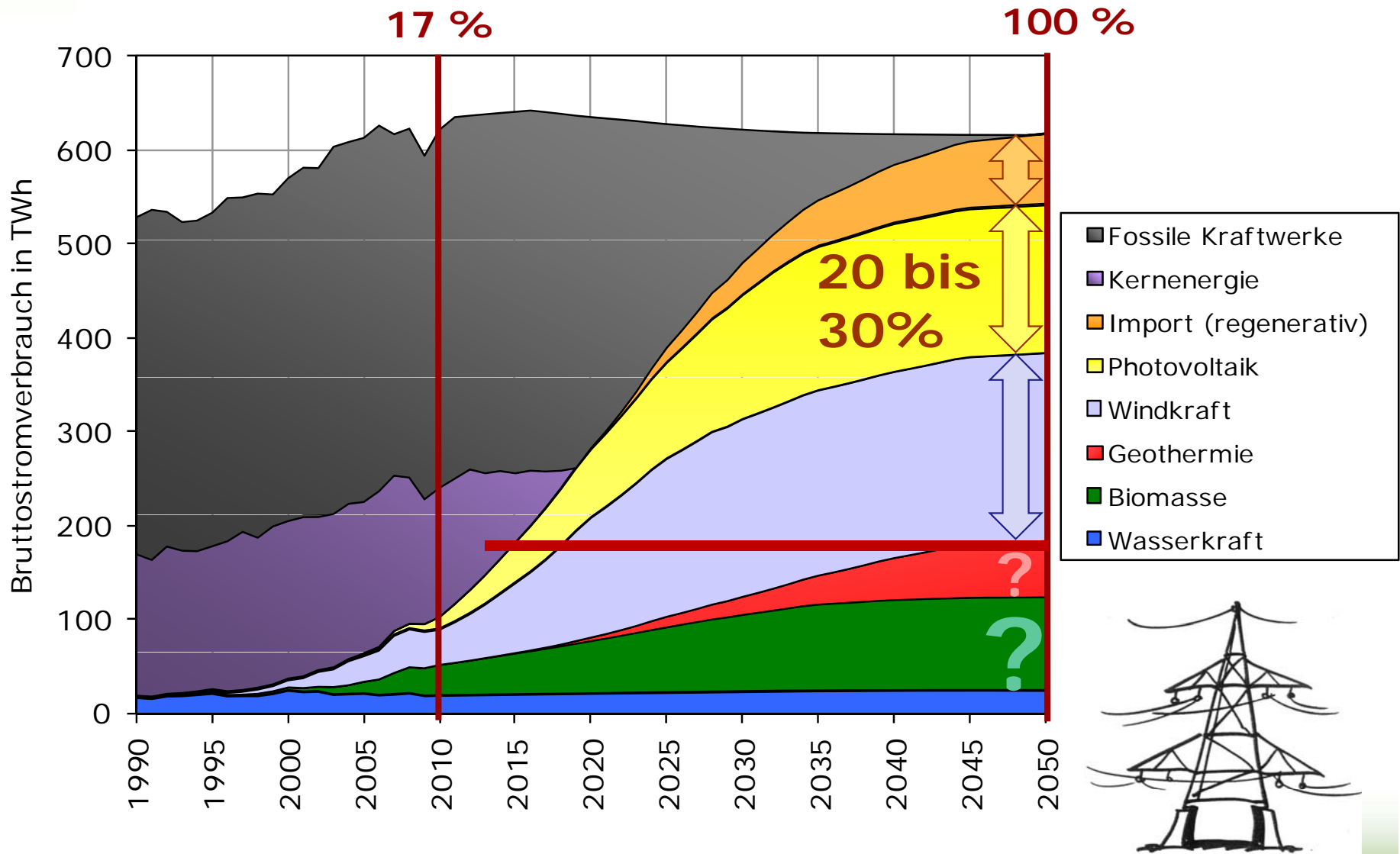


# Bedeutung der Photovoltaik für Deutschland



# Bruttostrombedarf in Deutschland

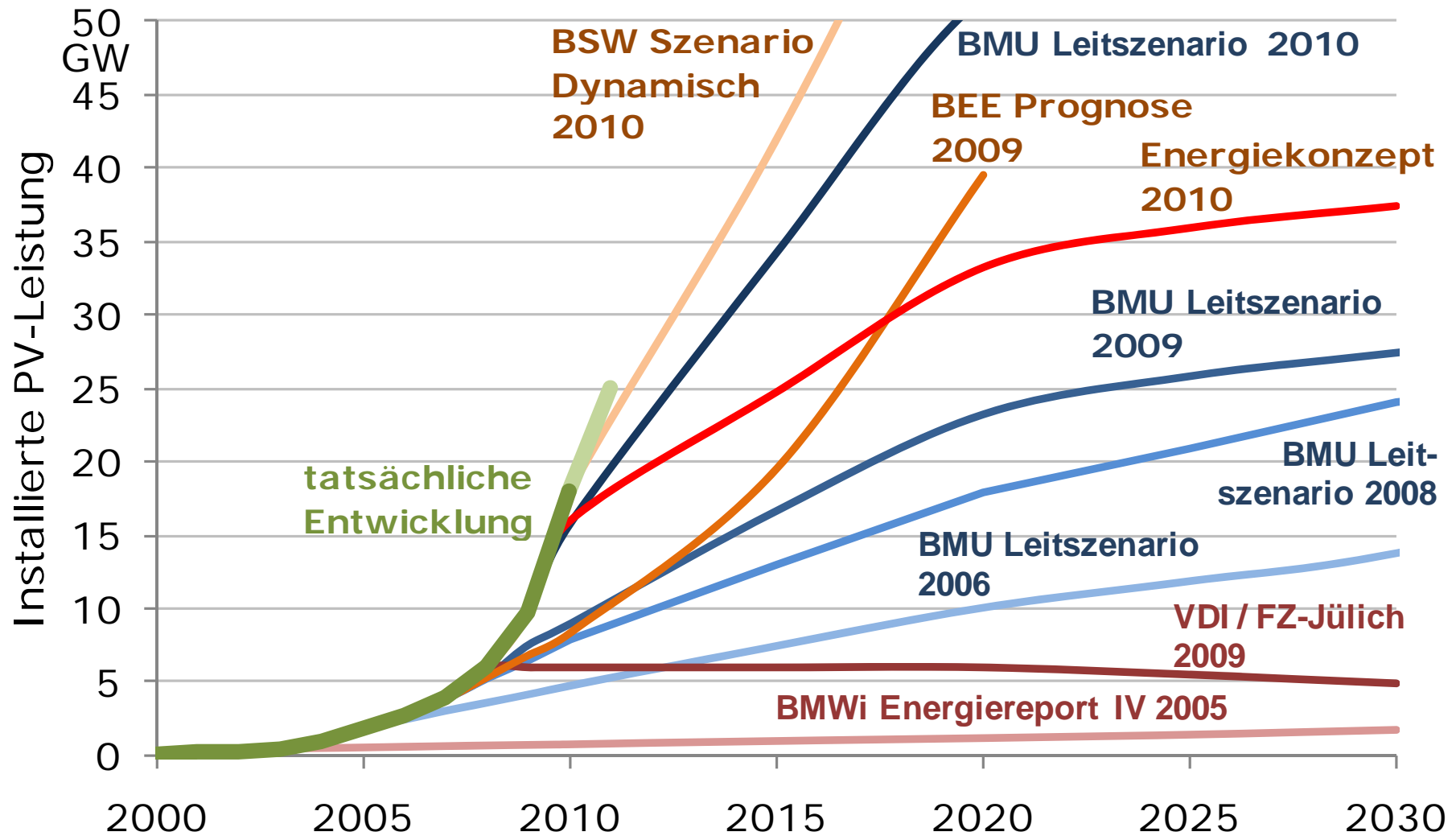
## HTW-Szenario: Klimaschutz und nachhaltige Entwicklung



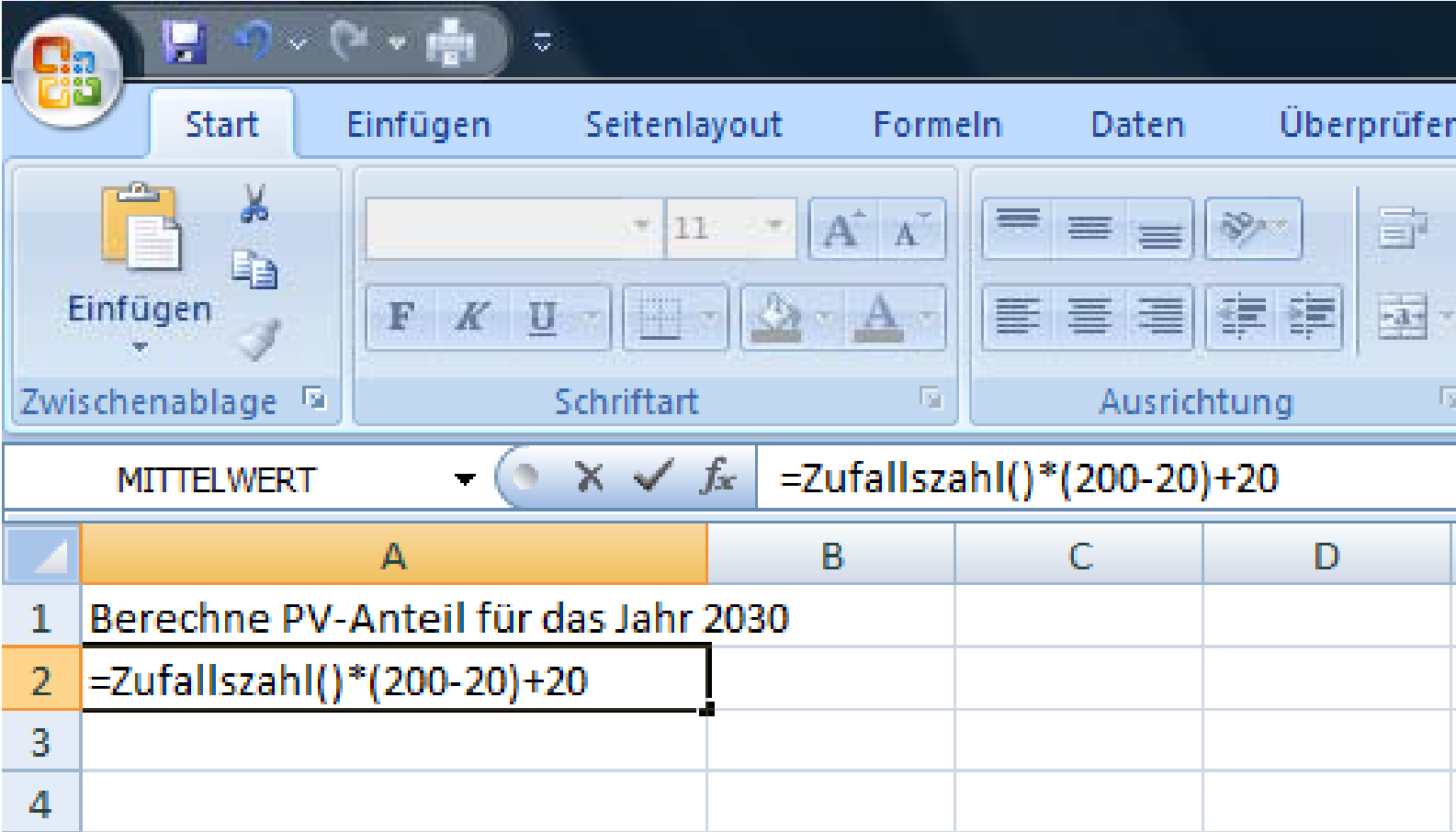
Für eine vollständig regenerative Elektrizitätsversorgung gibt es **3 Optionen**, die einen Großteil der Versorgung übernehmen können: **Windkraft, Import und Photovoltaik.**

Möchte man nicht übermäßig von Importen abhängig sein oder extreme Offshore-Windkraftstandorte erschließen, **muss die Photovoltaik 20 bis 30 % decken.**

# Ausbauszenarien für die Photovoltaik



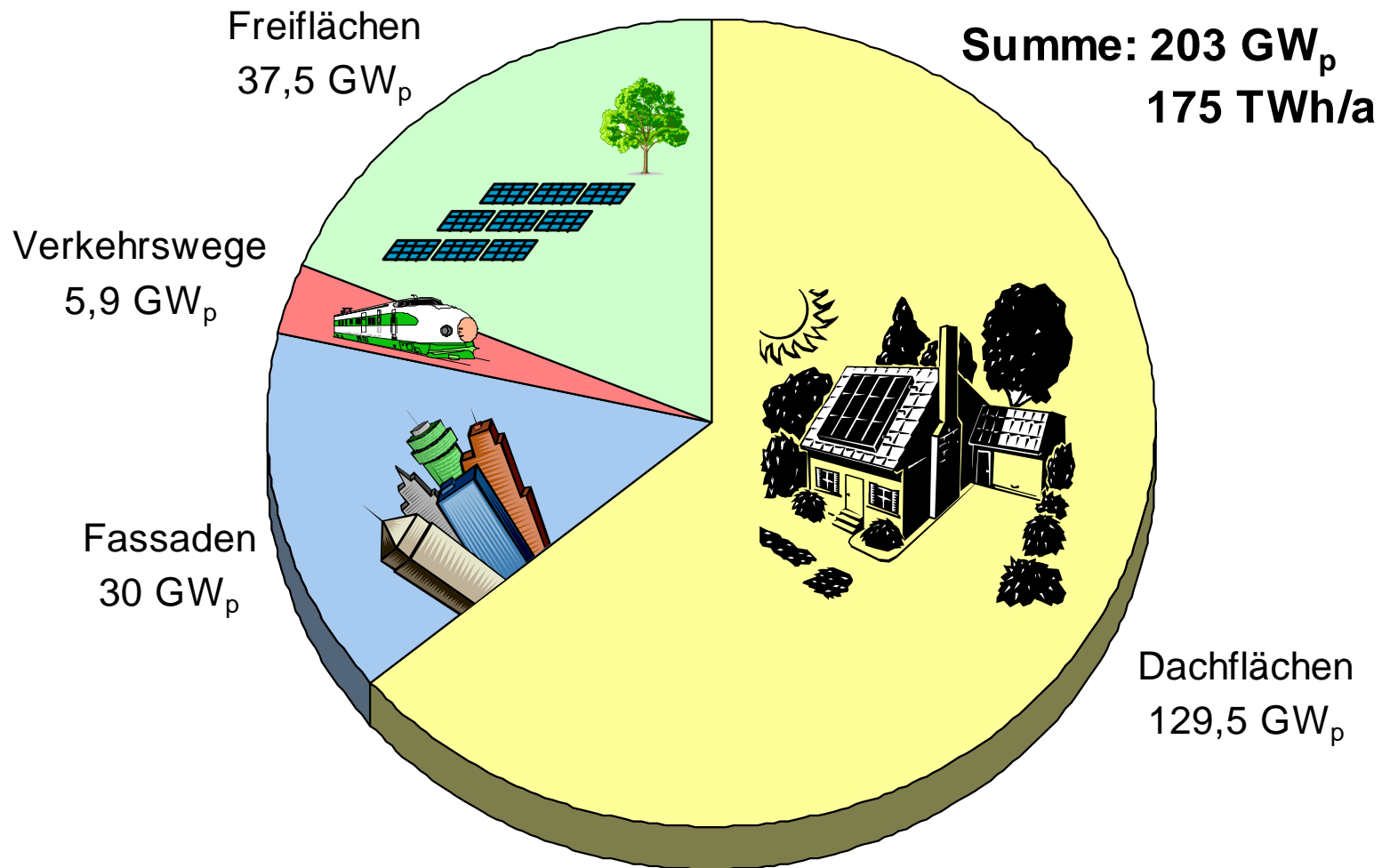
# EXCEL-Code zur Bestimmung des PV-Ausbaus



The screenshot shows the Microsoft Excel interface. The ribbon is set to 'Formeln' (Formulas). The formula bar displays the formula  $=\text{Zufallszahl}()*(200-20)+20$ . The active cell is A2, which contains the same formula. The spreadsheet grid shows the following content:

	A	B	C	D
1	Berechne PV-Anteil für das Jahr 2030			
2	$=\text{Zufallszahl}()*(200-20)+20$			
3				
4				

# Potenziale der Photovoltaik in Deutschland

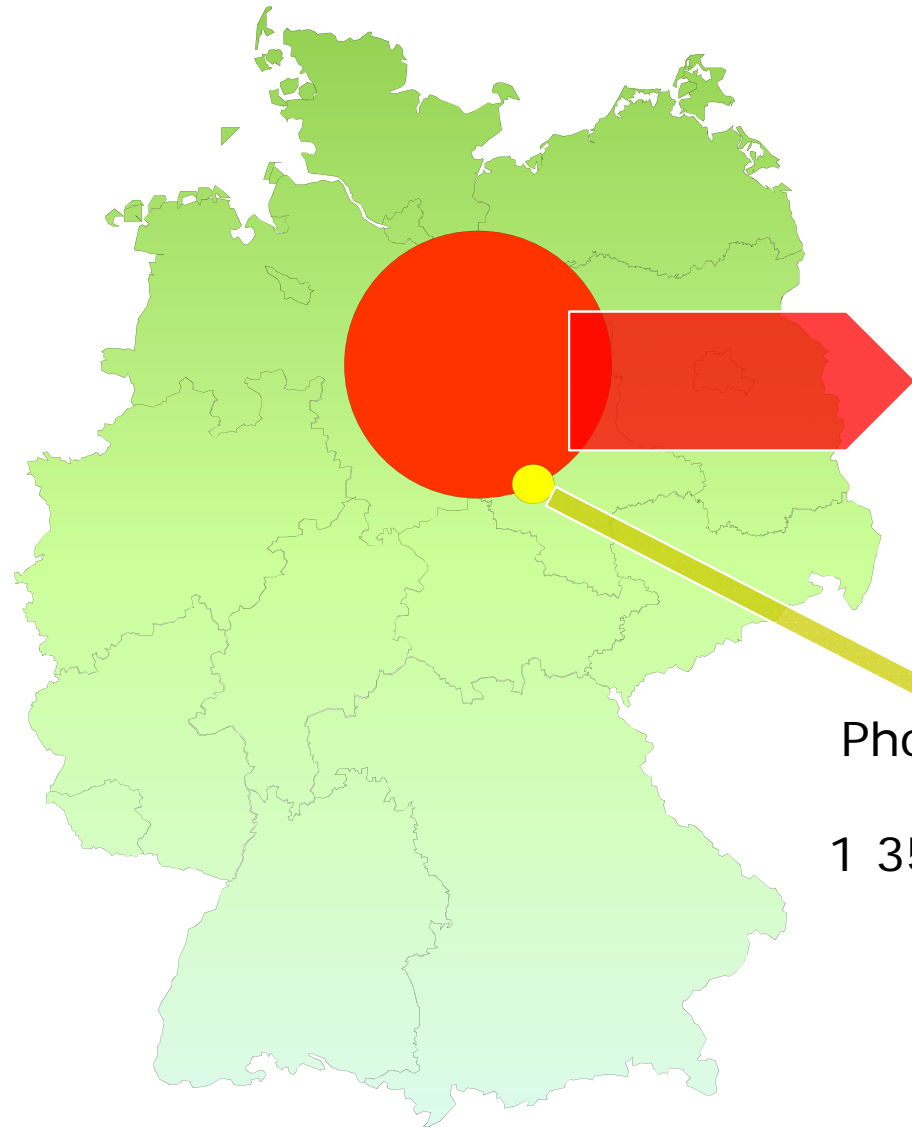


7 GW entspricht 1 % Solarstromanteil.

203 GW entsprechen 29 %.

# Flächenbedarf für 203 GW Photovoltaik

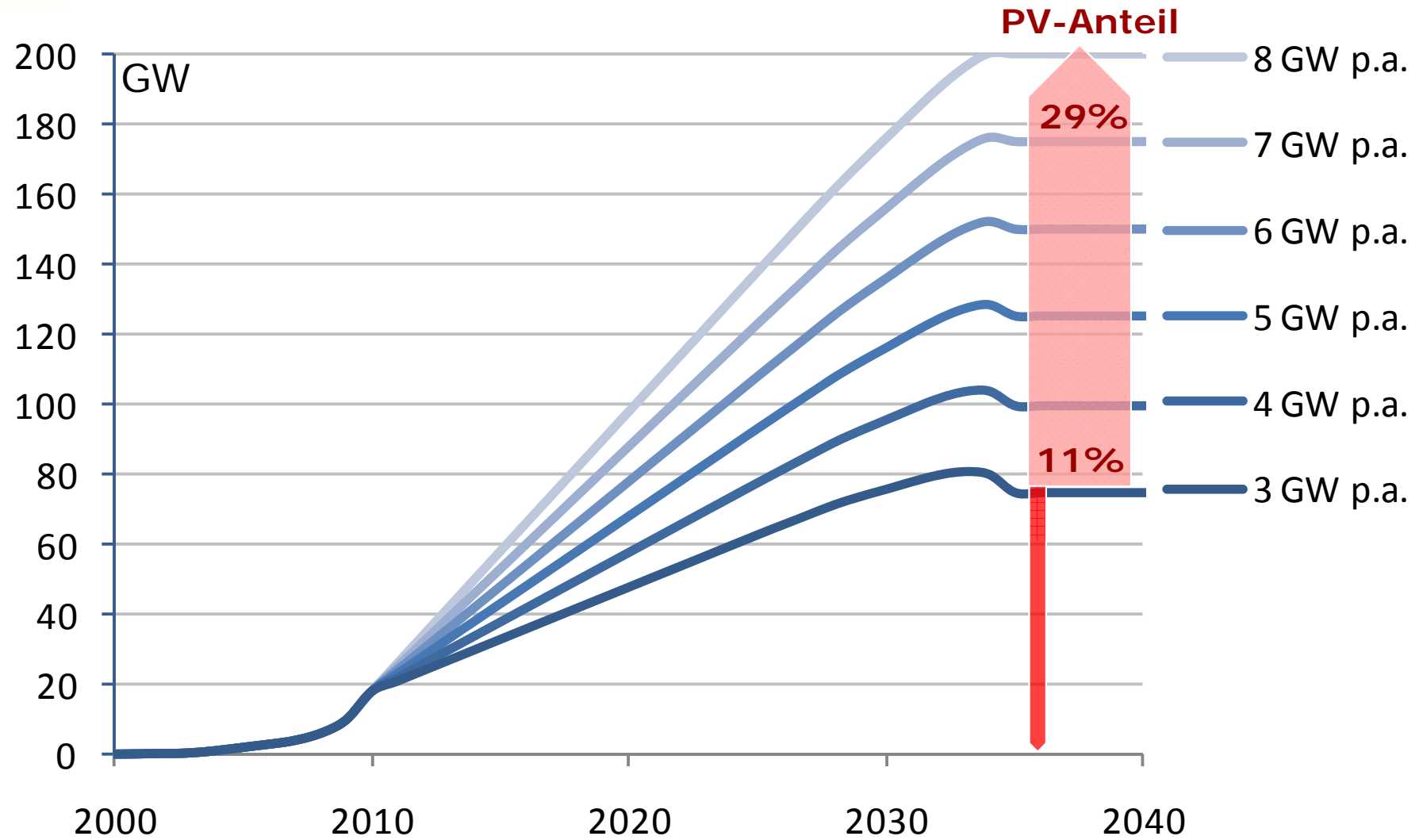
Deutschland  
357 148 km<sup>2</sup>



Siedlungs- und  
Verkehrsfläche  
46 800 km<sup>2</sup> (13 %)

Photovoltaikfläche  
für 200 GW  
1 357 km<sup>2</sup> (0,4 %)

# Einfluss der Höhe des jährlichen Zubaus





# Zentrale regenerative Energieversorgung



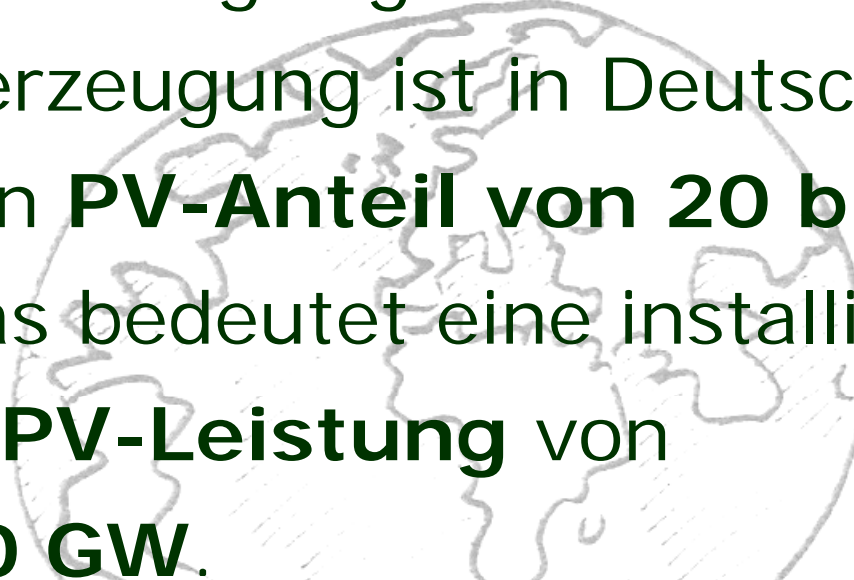
- Fortgesetztes Versorgungsoligopol
- Starker Leitungsausbau erforderlich
- Energiewende zeitlich nicht umsetzbar

# Dezentrale regenerative Energieversorgung



- ⊕ Mehr Konkurrenz und Kosteneffizienz
- ⊕ Weniger Leitungsausbau aber mehr dezentrale Speicher erforderlich
- ⊕ Energiewende nahezu beliebig schnell umsetzbar

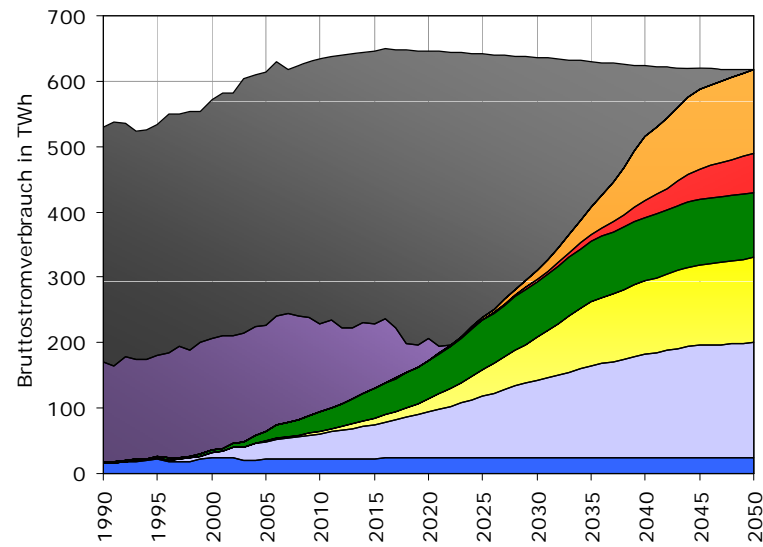
Für eine vollständig regenerative Elektrizitätserzeugung ist in Deutschland langfristig ein **PV-Anteil von 20 bis 30 % sinnvoll**. Das bedeutet eine installierte **dezentrale PV-Leistung von 150 bis 200 GW**.



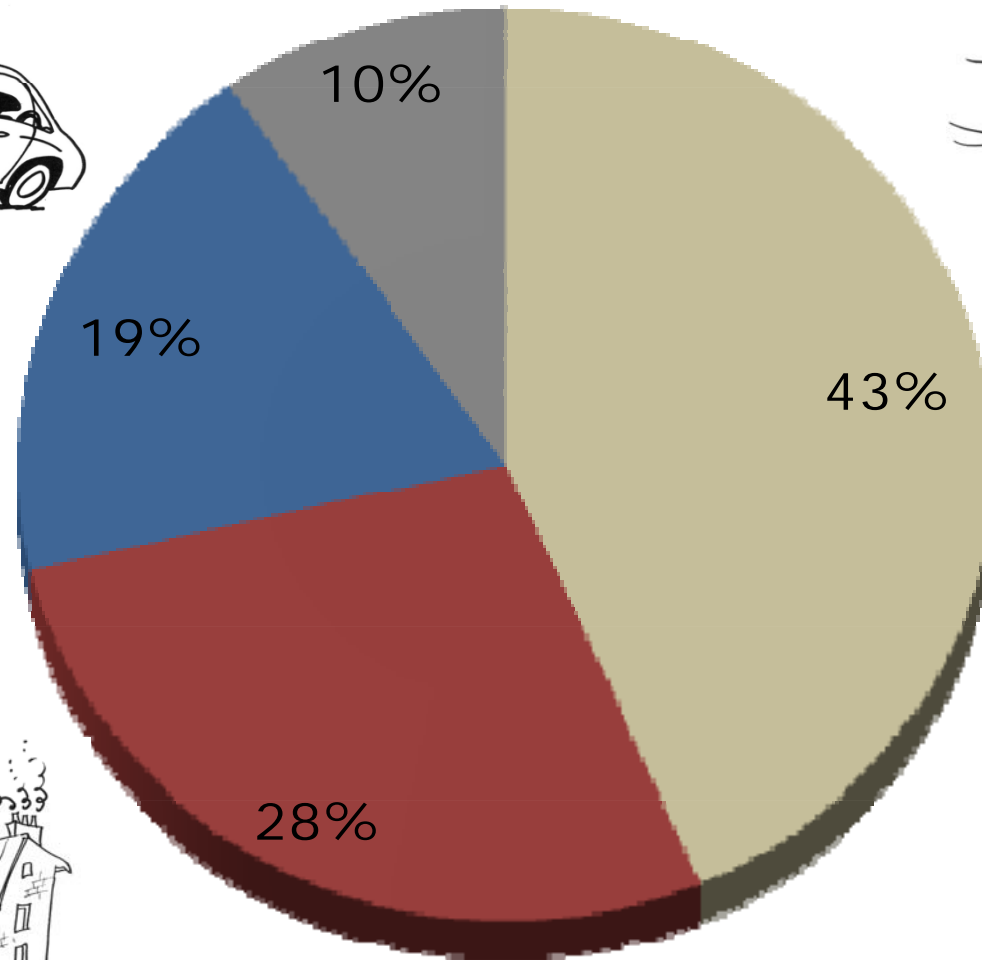
Der dafür nötige **jährliche Zubau** an PV-Leistung beträgt **6 bis 8 GW**.

Werden die PV-Anlagen gleichmäßig in der Nähe der großen Verbrauchszentren errichtet, lassen sich erhebliche **Leitungsneubauten vermeiden**. Die **EEG-Vergütung sollte** hierzu dringend **regional angepasst werden**.

# Bausteine einer nachhaltigen Stromversorgung



# Kohlendioxidemissionen nach Sektoren



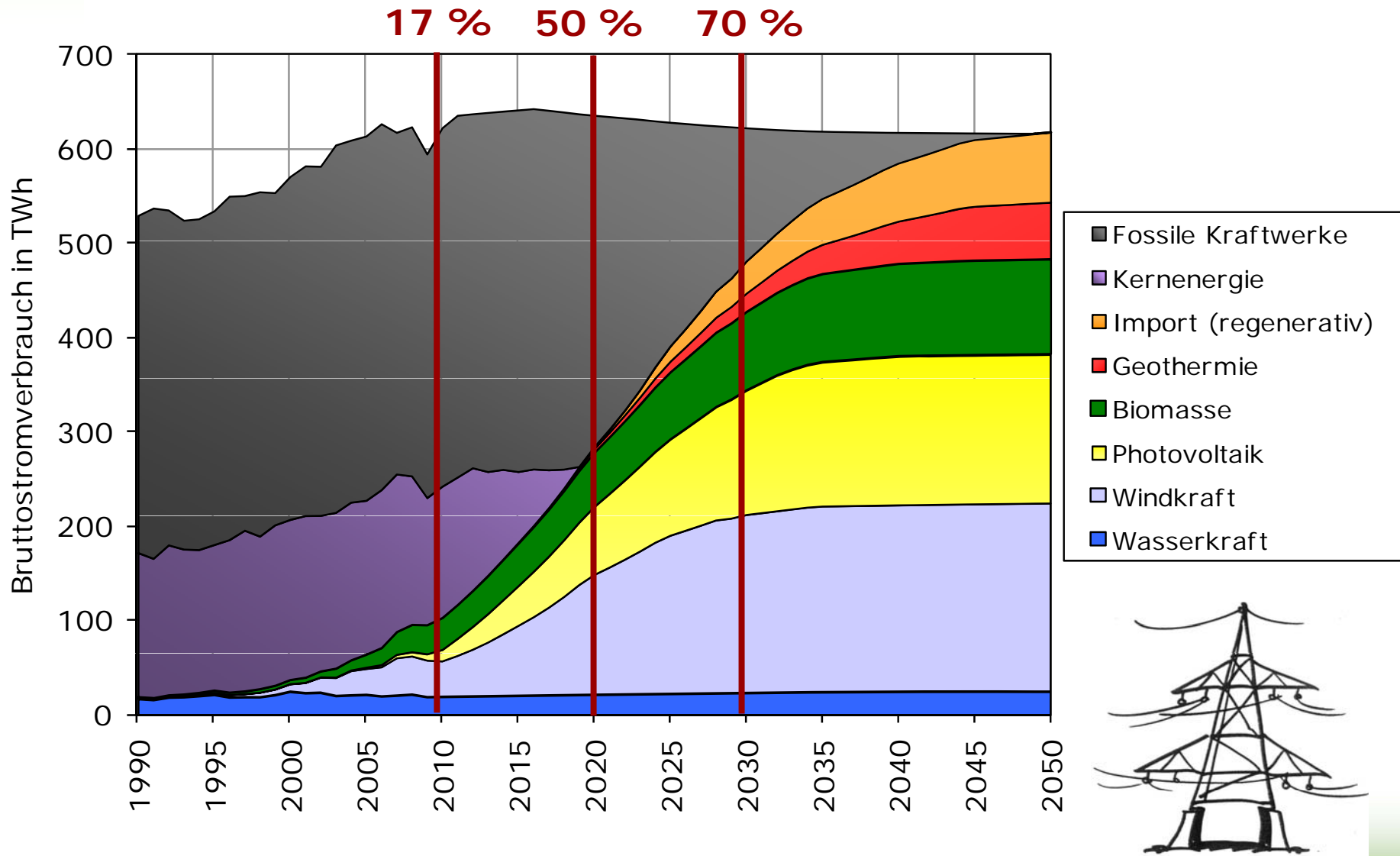
- Energiewirtschaft
- Wärmesektor
- Transportsektor
- Industrieprozesse



Grafiken: Michael Hüter

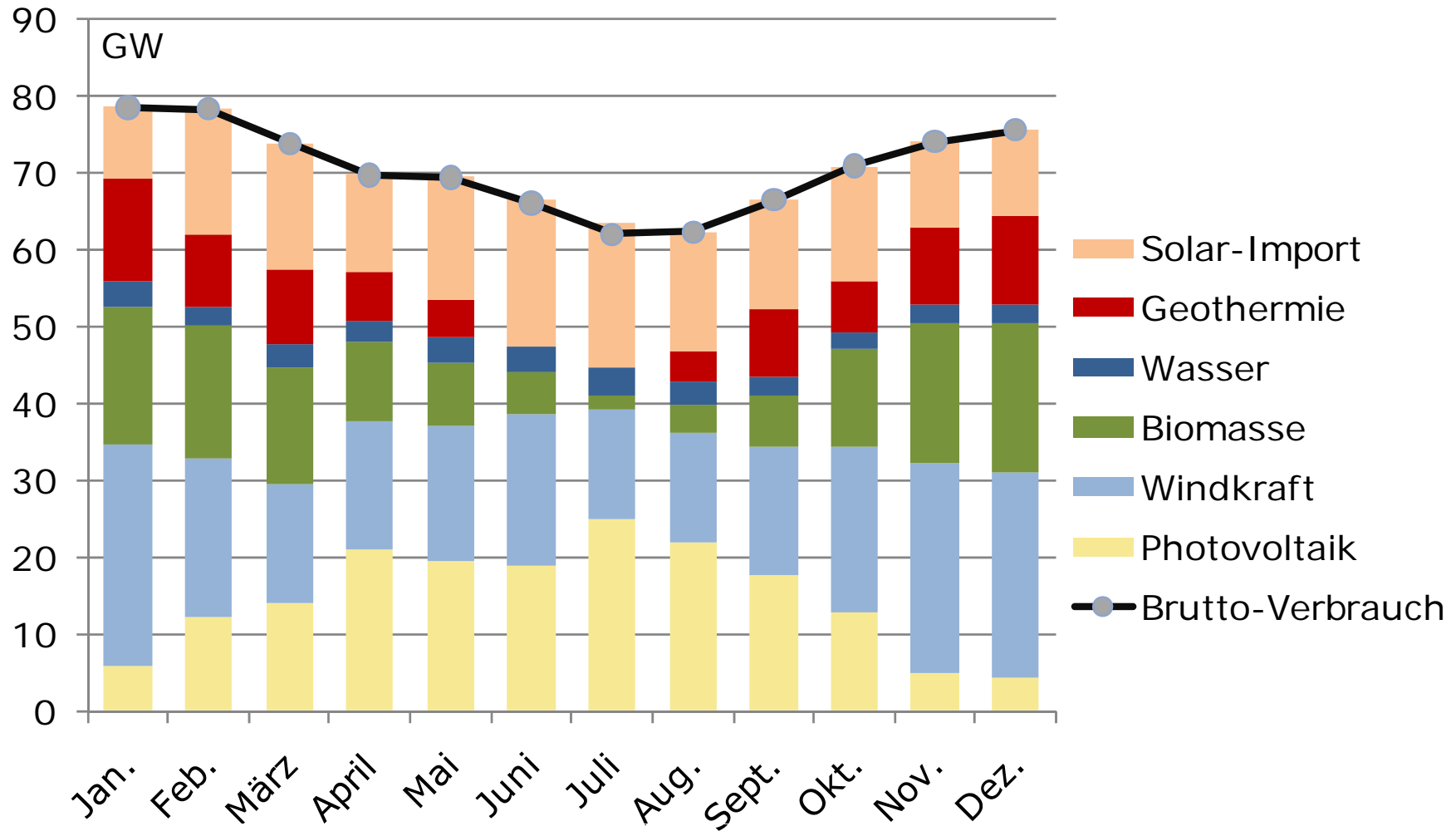
# Bruttostrombedarf in Deutschland

Szenario: Klimaschutz und nachhaltige Entwicklung



# Leistung eines regenerativen Kraftwerksparks

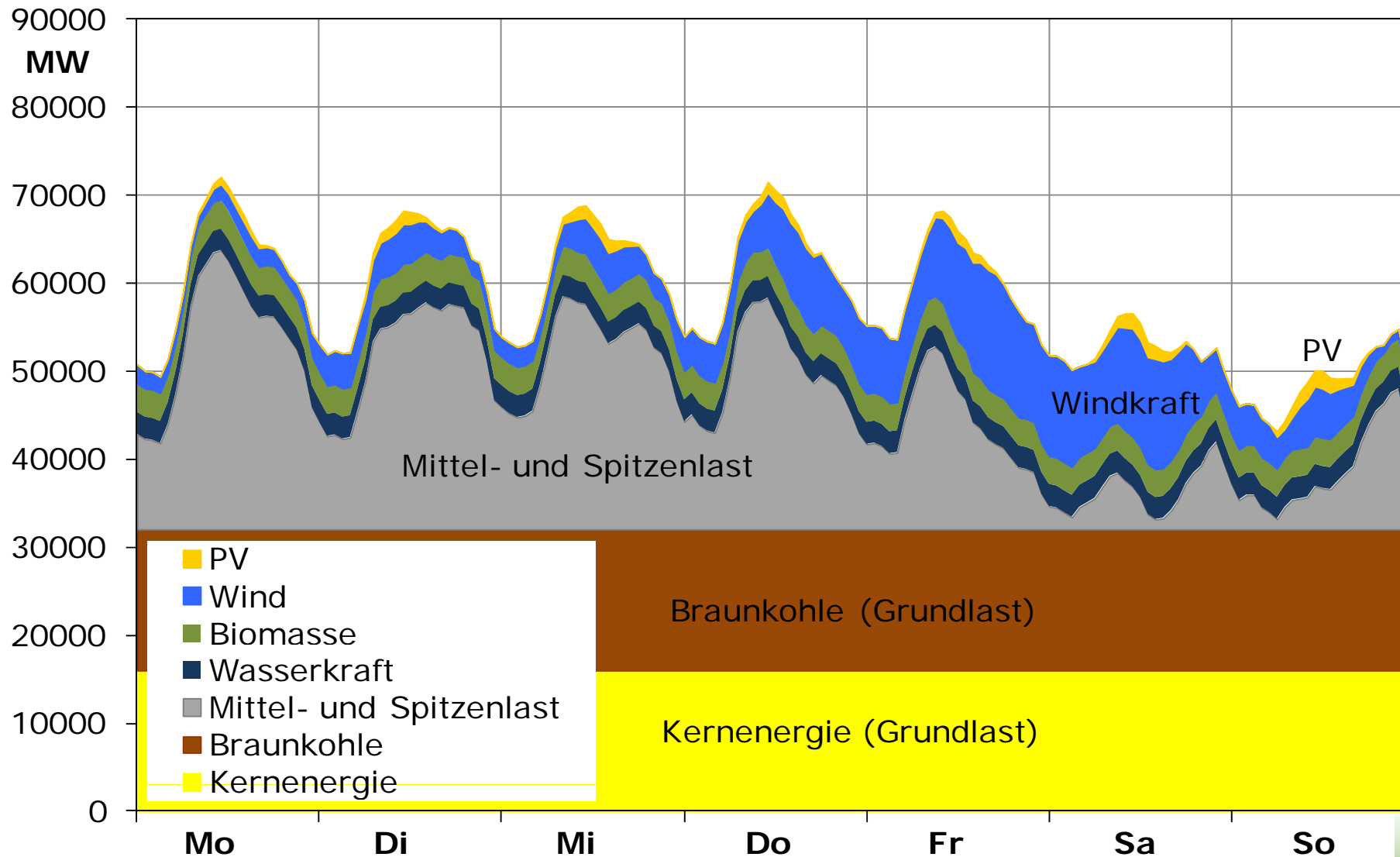
Monatsmittlere Leistungsabgabe sowie Verbrauch





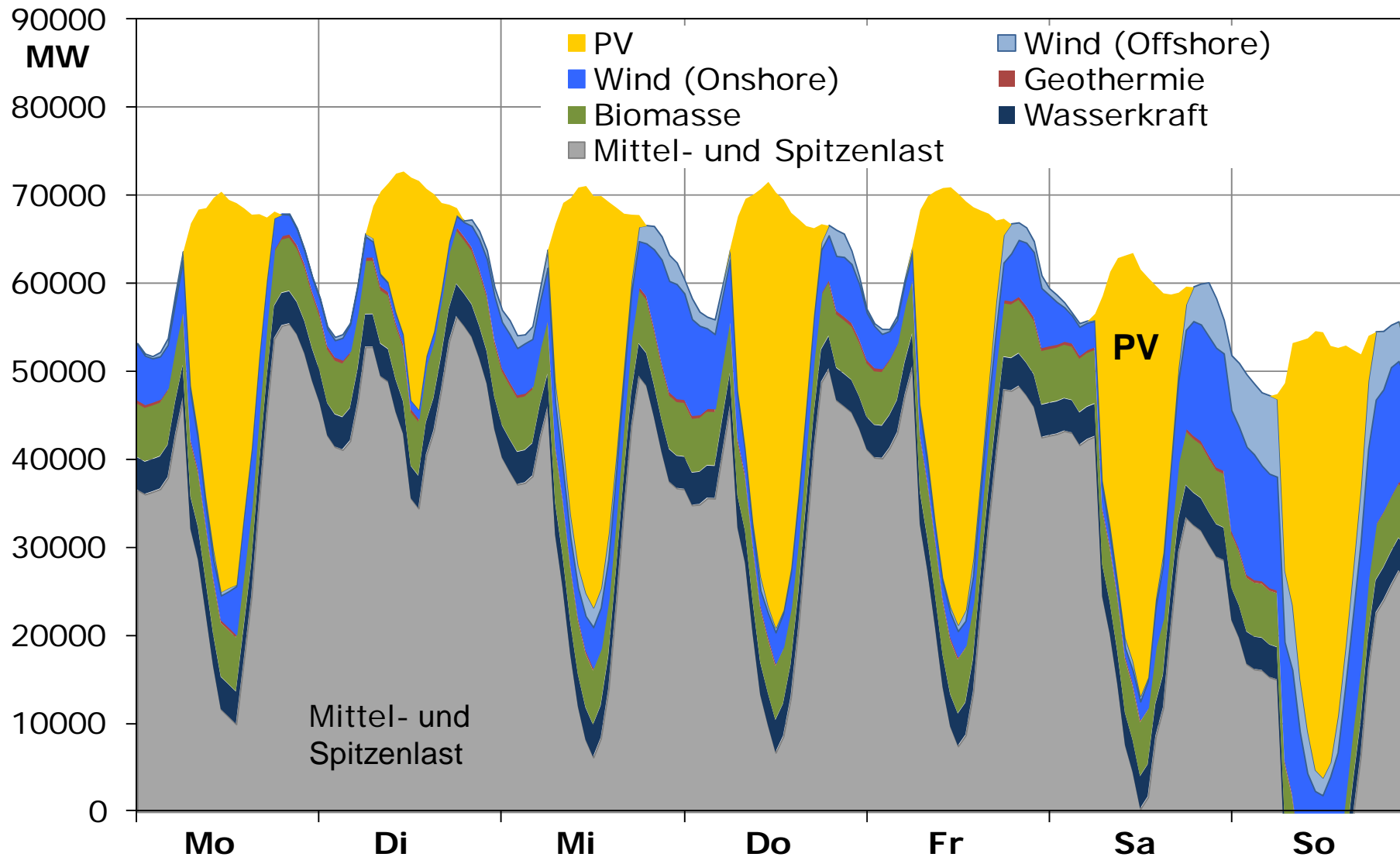
# Verlauf der Stromversorgung, aktueller Bedarf

Woche im Frühjahr 2008



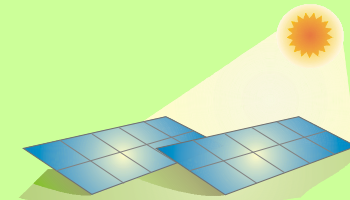
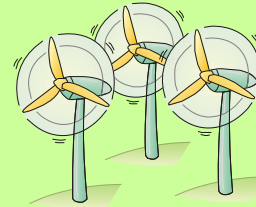
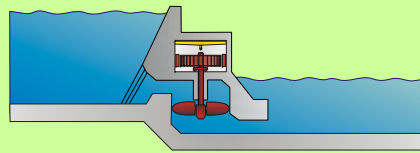
# „Zahngrafik“ – 70 GW-PV im Netzverbund

Mögliche Erzeugung einer Woche im Frühjahr 2020

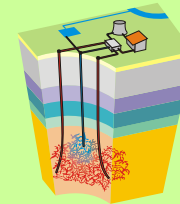
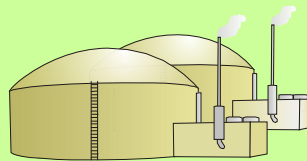


# Bausteine einer künftigen Stromversorgung

Fluktuierende  
regenerative  
Erzeugung



Regelbare  
regenerative  
Erzeugung



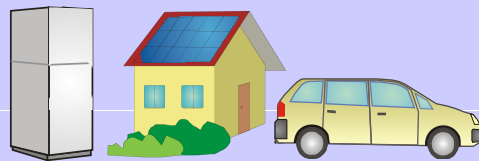
Verbraucher



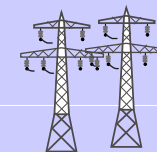
Zentrale  
Steuerung



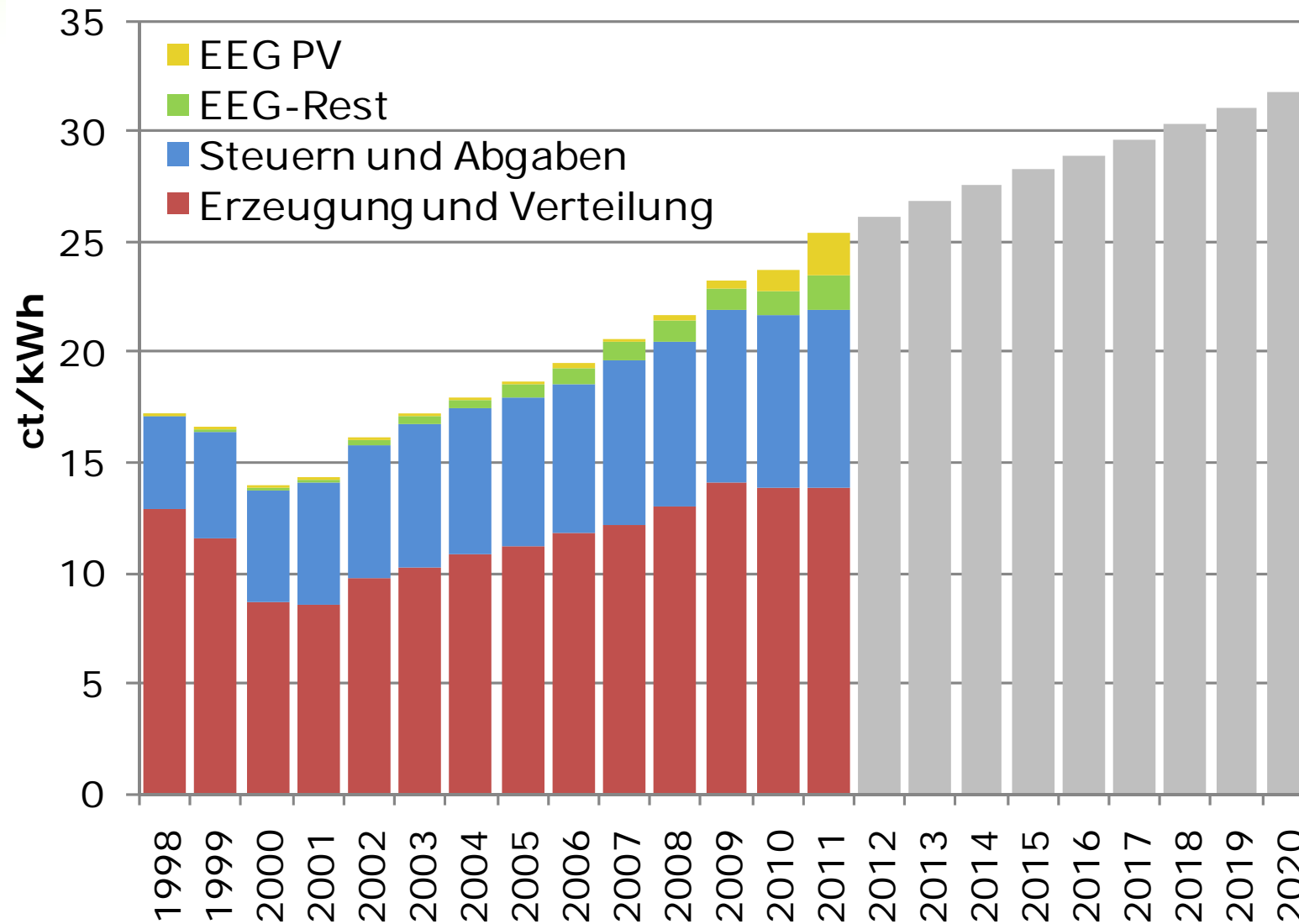
Innovative  
Speicher



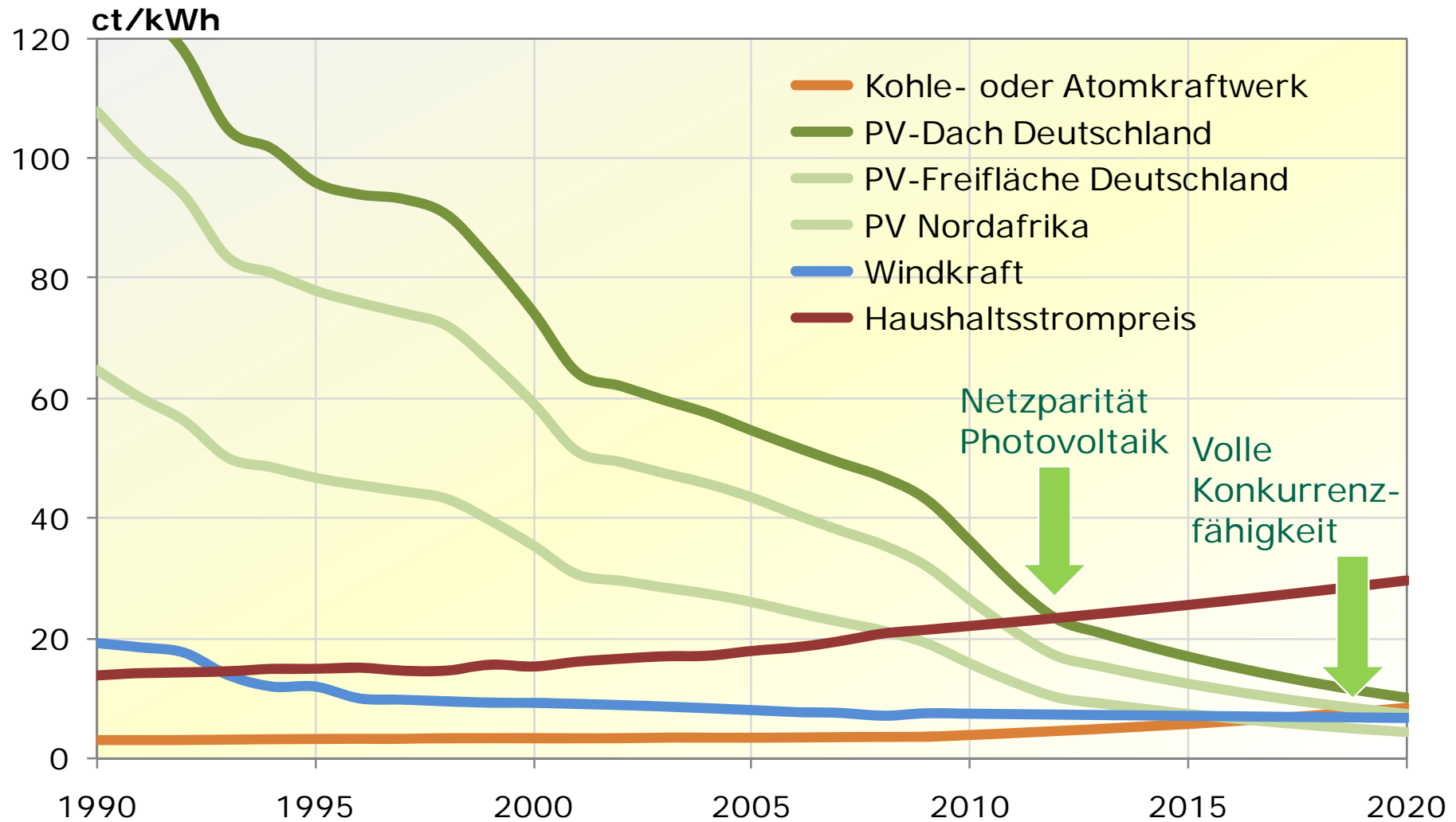
Überregionaler  
Ausgleich



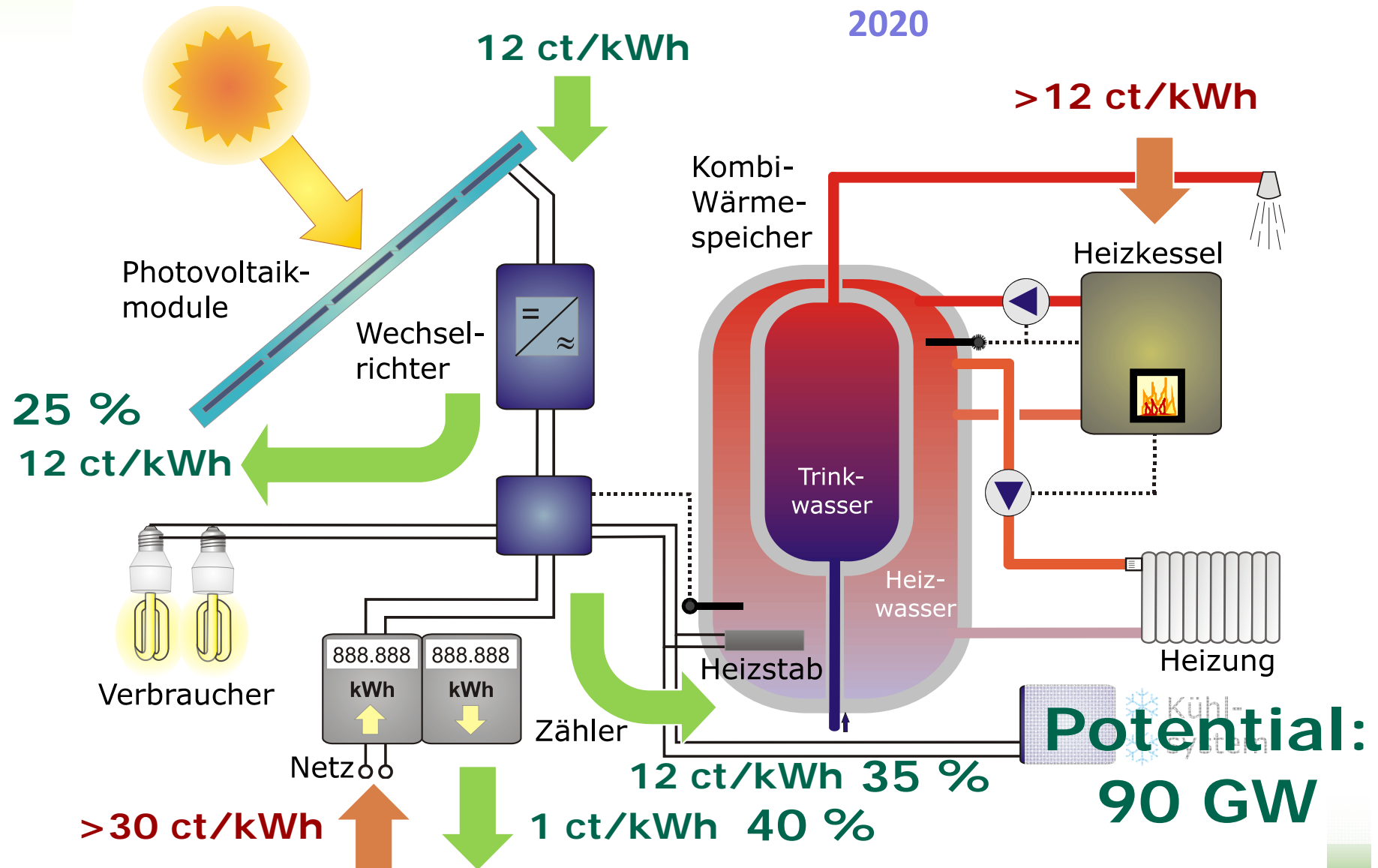
# Künftige Entwicklung der Haushaltsstrompreise



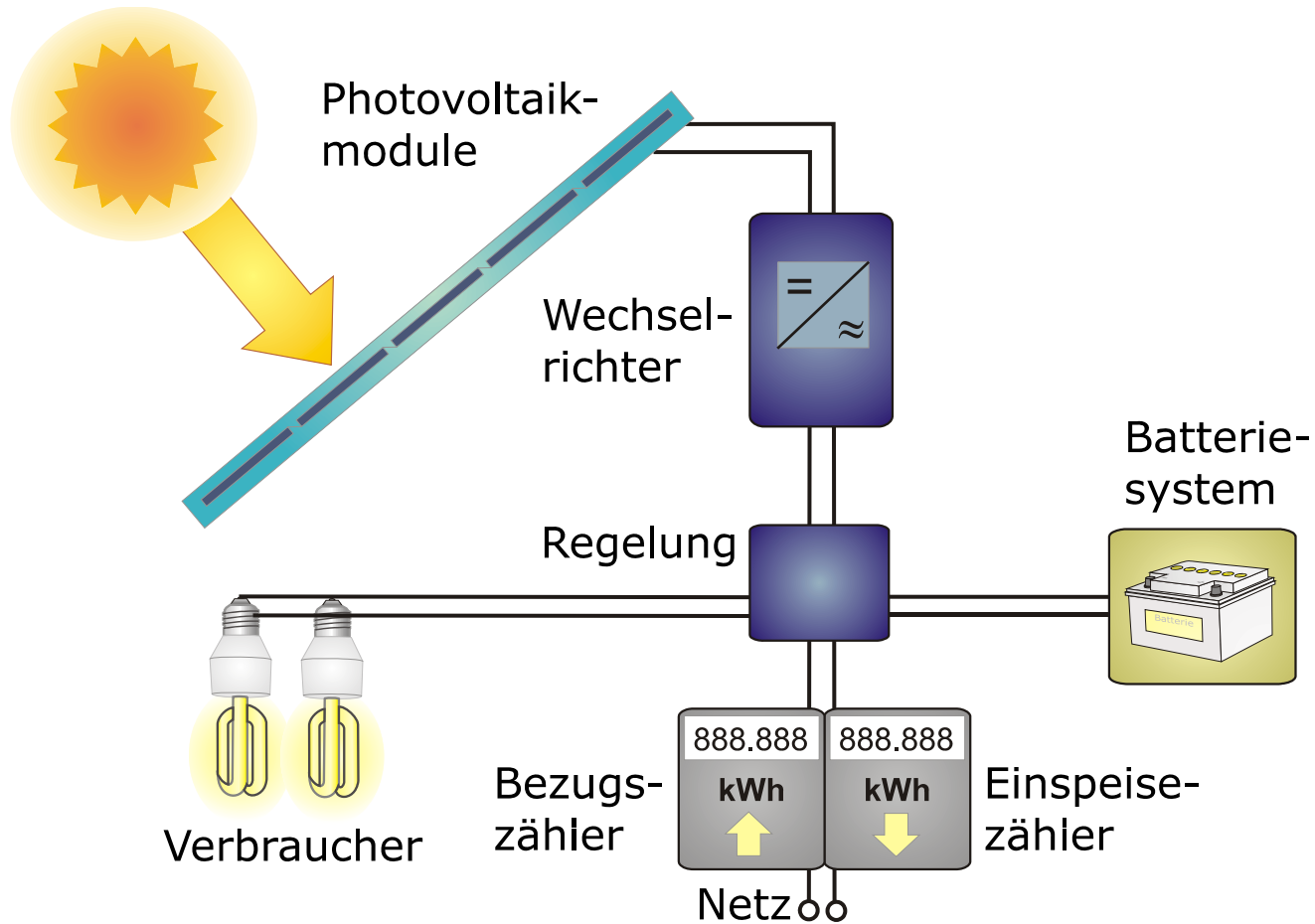
# Entwicklung der Strompreise



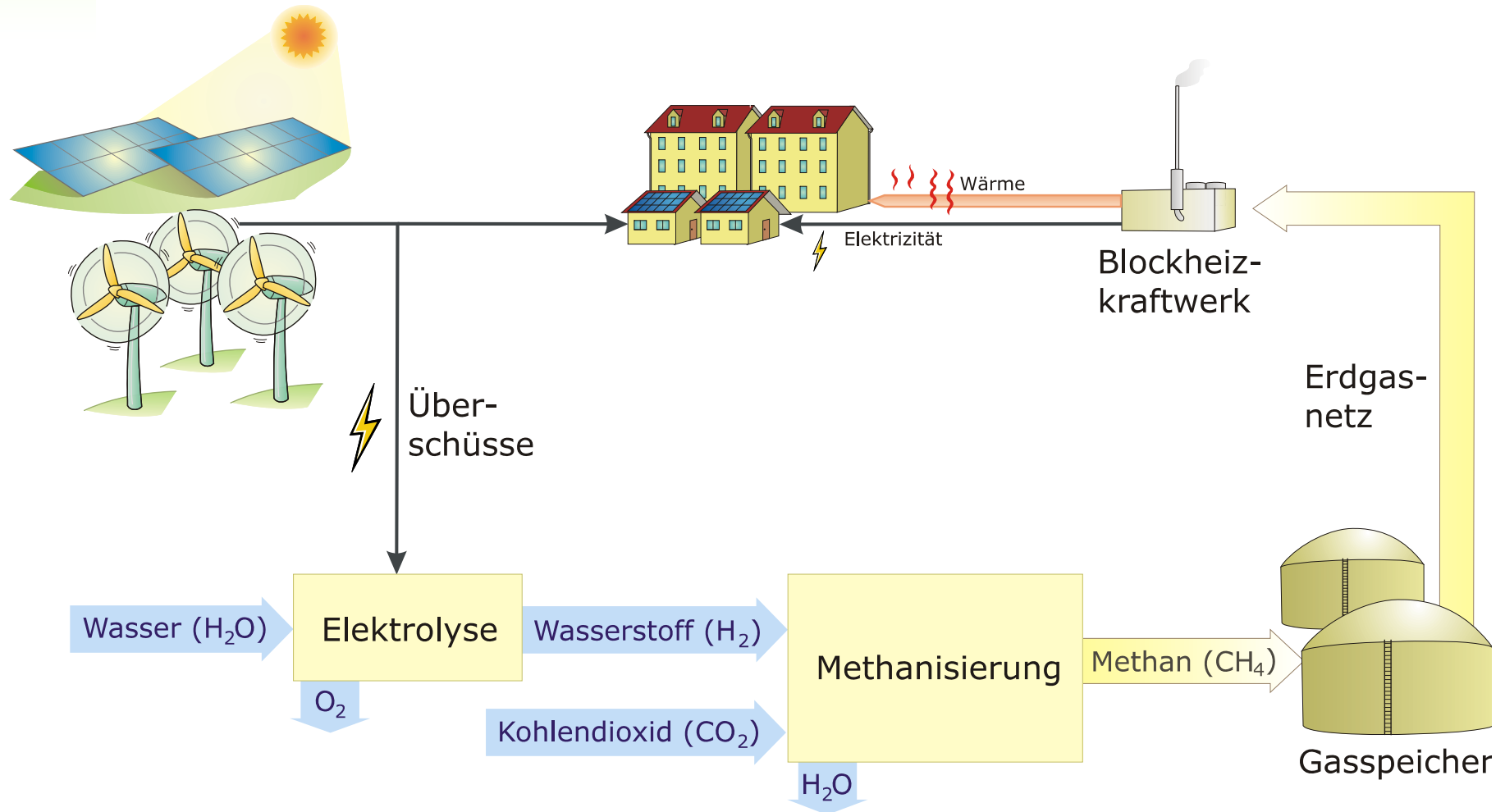
# Photovoltaische Heizungsunterstützung



# Netzgekoppeltes Batteriesystem



# Methanisierung als Speicheroption





Eine nachhaltige und ökonomische Energieversorgung, die **vollständig** auf der Nutzung regenerativer Energien basiert, ist möglich. **Neue Netze und Speicher** sind dazu dringend erforderlich.

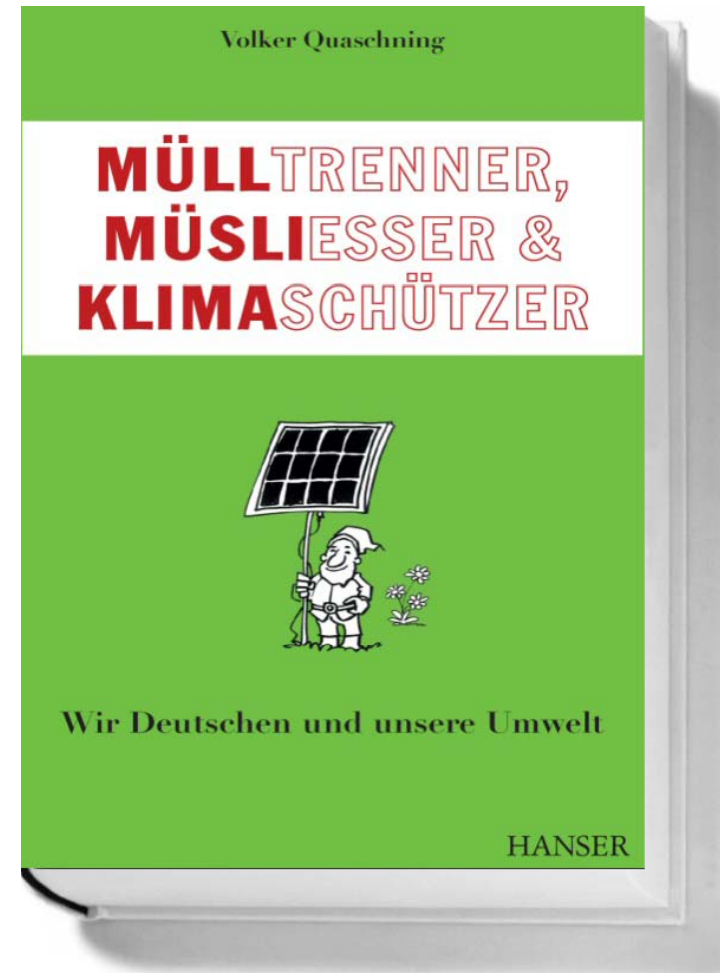
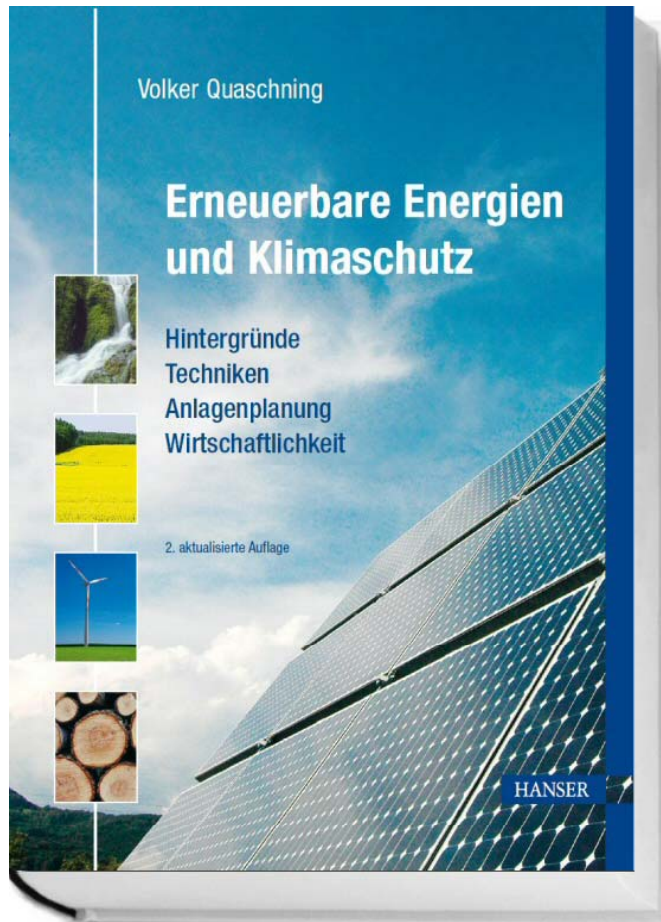
Verschiedene **innovative Speicherkonzepte** können den nötigen Kurzzeitspeicherbedarf einer regenerativen Energieversorgung decken.

Alle **Szenarien und Analysen der letzten Jahre** zum Ausbau der PV sind **weitgehend wertlos**.

Die **PV sollte** bereits 2035 **bis zu 30%** des deutschen Strombedarfs **decken**, um den Kernenergieausstieg bei gleichzeitigem Klimaschutz überhaupt zu ermöglichen.

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Zum Weiterlesen...



[www.volker-quaschnig.de](http://www.volker-quaschnig.de)