

Forschungszentrum  
Energie und Umwelt

## **EnInnov 2014**

13. Symposium Energieinnovationen  
12.-14. Februar 2014, TU Graz  
Session A1

# **Strategien zur dezentralen Energieversorgung mit PV bis 2050**

**Günther Brauner, TU Wien**



# Inhalt

- Nachhaltige Entwicklung in Europa
- Kurzfristszenarien: 2020
- Langfristszenarien: 2050
- Entwicklungsszenarien Deutschland und Österreich
- Langfristszenarien
  - PV-Potenziale und Ausbau
  - Anforderungen an die Netze
  - Anforderungen an die zentralen und dezentralen Speicher
  - Zentrale versus dezentrale Energiesysteme
  - Anforderungen an DSM
- Ausblick

# Kurzfristige Energiestrategie bis 2020

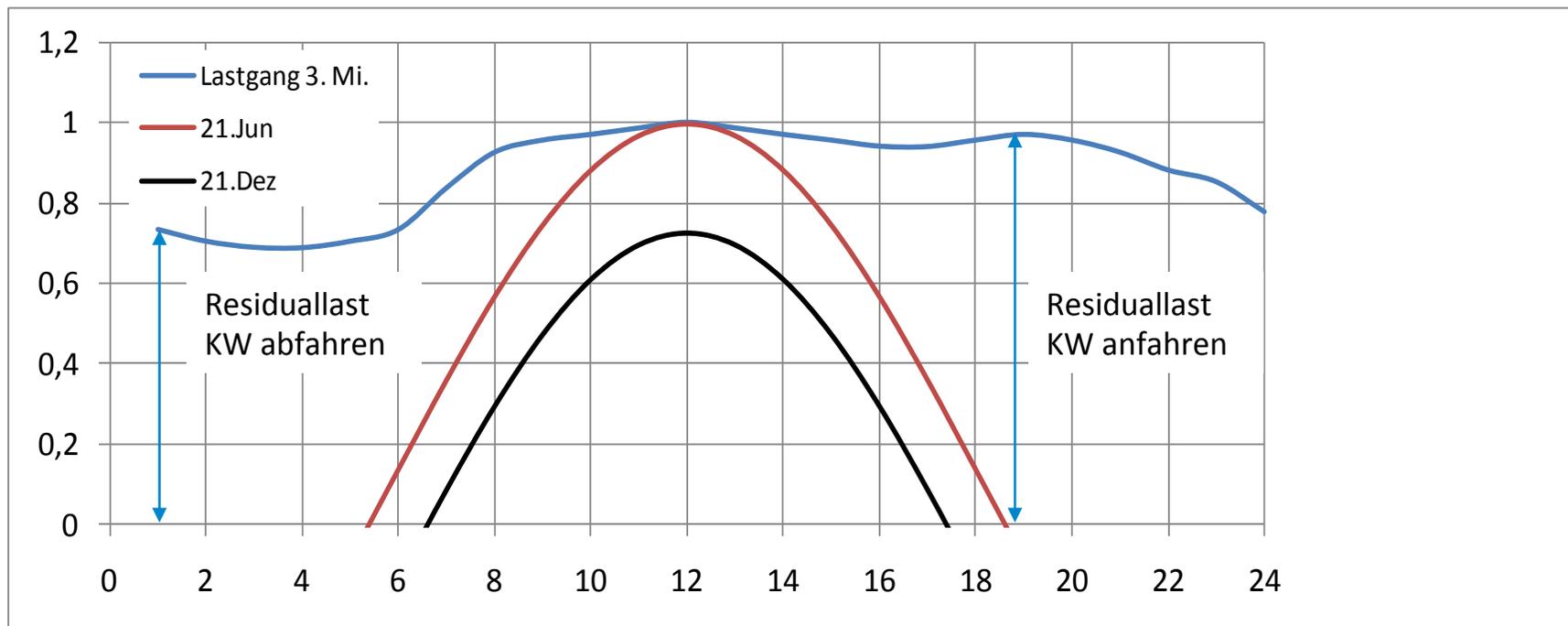
- EU-Ziel: „20 – 20 – 20 until 2020“
- Die Leistungen der EE aus Wind und PV erreichen gerade die Höchstlast der Netze
- Die Übertragungsnetze müssen für die Integration der Onshore-Windenergie ausgebaut werden
- Die Anbindung der Offshore-Windenergie erfordert HGÜ-Backbones, um von der Küste die Ballungszentren zu erreichen
- Die PV benötigt einen Ausbau der Verteilungsnetze, was kurzfristig kaum möglich ist.
- Regelbare Ortsnetztransformatoren und Begrenzung der PV-Einspeisungen sowie variables Verbraucherverhalten stellen die wesentlichen Maßnahmen bis 2020 dar.
- Ohne Ausbau der Speicher ist durch flexibel regelbare thermische Kraftwerke ein stabiler Netzbetrieb mit geringen Verlusten an nicht nutzbarer EE möglich.

# Erzeugungssituation bis 2020 in DE

EE-Leistung erreicht Lastspitze, < 1 % der EE muss abgeregelt werden.

Thermische Kraftwerke können Ausgleichsenergie bereitstellen.

Pumpspeicher zur Optimierung der Nutzung und der Gradienten möglich.



# Langfristige Strategie bis 2050

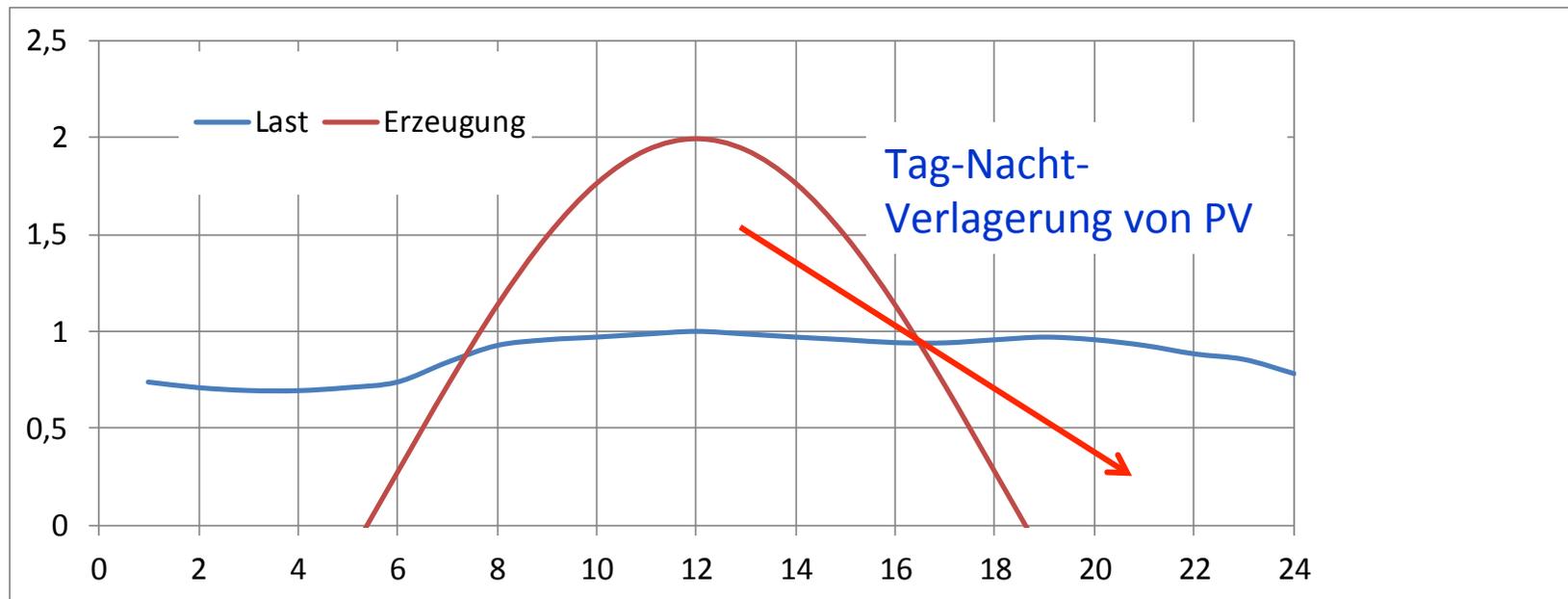
- Die EE aus Wind und PV überschreitet in erheblichem Ausmaß die Spitzenlasten der Netze in Europa
- Der Ausbau der Übertragungsnetze bis hin zu einem transnationalen Supergrid wird erforderlich
- Speicherkapazitäten müssen in erheblichem Umfang ausgebaut werden:
  - Pumpspeicherausbau: Jahresspeicher in Pumpspeicher umbauen
  - Dezentrale stationäre Batteriespeicher in Gebäuden
  - Elektromobilität mit Ladungssteuerung entsprechend dem Dargebot der EE
  - Flexible Verbraucher mit DSM/DSI
  - Smart Meter für Verbrauchssteuerung und Stromhandel
- PV muss regional gleichmäßig entwickelt werden, um das Dargebot mit dem Bedarf zu verbinden und den Infrastrukturausbau zu mindern
- Dezentrale intelligente Energiesysteme ergänzen die zentralen Systeme

# Erzeugungssituation nach 2020

EE-Leistungen liegen deutlich über der Lastspitze.

Thermische Kraftwerke können teilw. Ausgleichsenergie bereitstellen.

Pumpspeicher zum Energieausgleich dringend erforderlich.



# EE-Langfriststrategie Österreich 2050

(Vollständiger Ausbau der Lauf-Wasserkraft bis 2020)

(Laufwasserpotenzial mit WRRL: 8.010MW, 41.804 GWh/a / TU Wien)

NREAP: National Renewable Energy Action Plan (20-20-20 until 2020)

Erzeugungstechnologie	2005 NREAP - AT		2020 NREAP - AT		2050 Potenzial TU Wien	
	Leistung MW	Arbeit GWh/a	Leistung MW	Arbeit GWh/a	Leistung MW	Arbeit GWh/a
Wasserkraft Laufwasser und Speicher	7.907	31.125	8.997	42.112	8.100	42.000
Pumpspeicher	3.929	2.738	4.285	2.732		10.000
Windenergie	694	1.343	2.578	4.811	4.000	8.000
Photovoltaik	22	21	322	306	23.000 <sup>2</sup>	31.000 <sup>2</sup>
Biomasse	976	2.823	1.281	5.147	nicht untersucht	
Geothermie	1	2	1	2	nicht untersucht	
Gesamt	9.600 <sup>1</sup>	41.314 <sup>1</sup>	13.179	52.377		91.000 <sup>3</sup>

1) ohne Pumpspeicher 2) 20% PV-Wirkungsgrad vorausgesetzt 3) mit Pumpspeichern, ohne Bio & Geoth.

# Veränderte Betrachtung der Pumpspeicher

## *bisherige Betrachtung:*

Pumpspeicher verwenden fossile Energie

Daher wird die abgegebene Energie nicht als regenerativ gezählt.

## *zukünftige Betrachtung:*

Im Energiesystem treten Perioden mit hohen EE-Überschüssen auf.

Diese Energie kann teilweise nicht zeitgerecht genutzt werden.

Durch Pumpspeicher kann diese preiswerte Überschussenergie zeitlich verlagert und damit einer Nutzung zugeführt werden.

Diese zählt dann auch zur regenerativen Erzeugung.

# EE-Langfriststrategie Deutschland 2050

70-80% Eigenerzeugung aus EE, 20-30% Import aus EU

(Spitzenlast 80 GW, Jahreselektrizität 600 TWh/a)

Erzeugungstechnologie	2005		2020 VDE-AT40		2050 BMU 2012 Langfristszenario	
	Leistung GW	Arbeit TWh/a	Leistung GW	Arbeit TWh/a	Leistung GW	Arbeit TWh/a
Wasserkraft	4,33	19,6	5	21	5,2 – 5,3	25
Windenergie	18,4	27,2	58	127	115–140	260
Photovoltaik	1,98	1,3	60	48	82 – 86	63,8
Biomasse	3,12	14,0	7	47	10,4	59,2
Geothermie	0	0	0	0	5 – 9	19,2
Gesamt	27,85	62,1	130	243	218-251	427,4

# EE bringt leistungsorientierte Energie

Stilllegung eines KKW von 1.500 MW (8.000 h/a) erfordert für  
Gleiche Jahresenergie:

6.000 MW Windenergie:

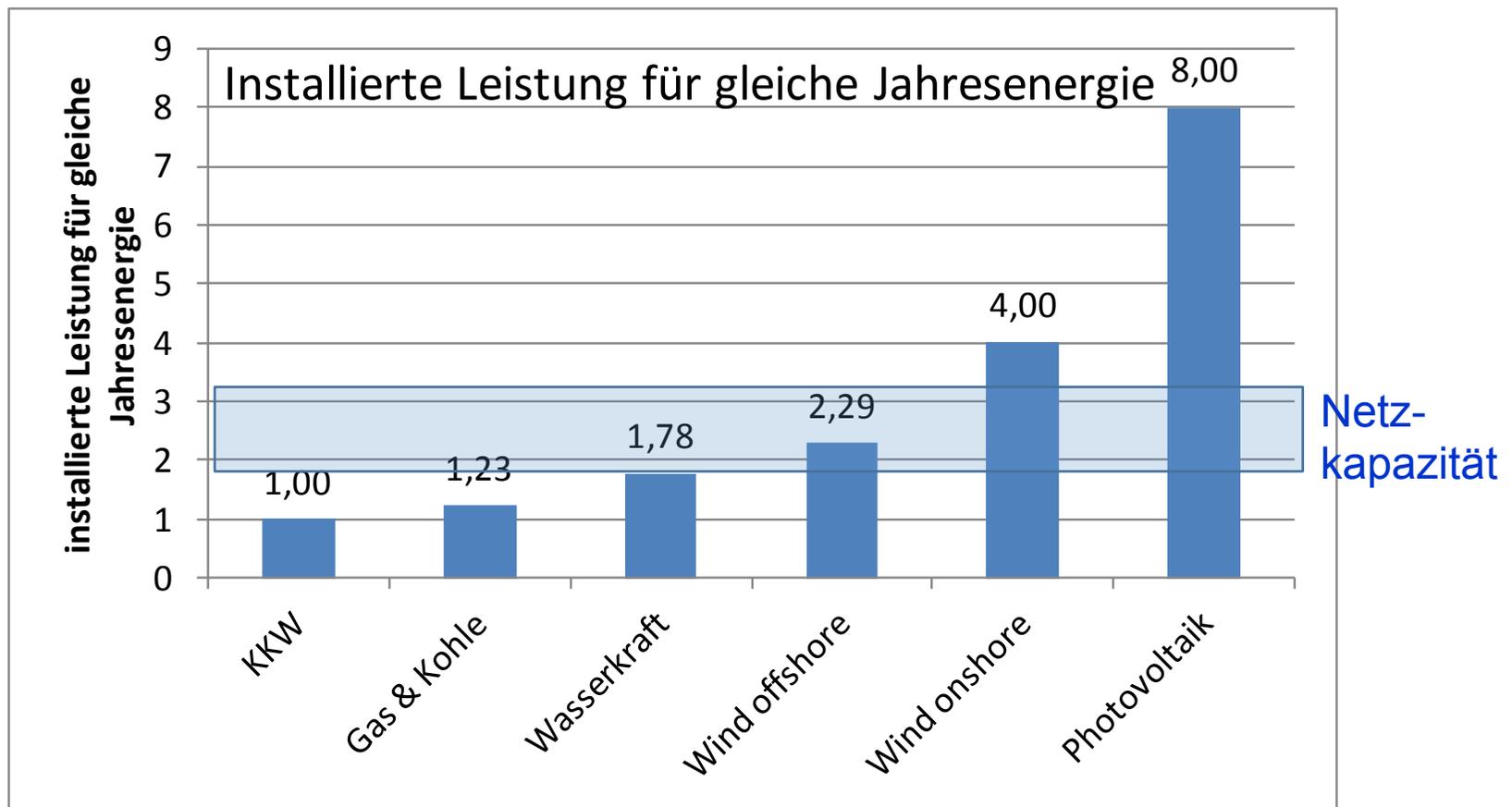
2.000 Windgeneratoren je 3 MW (2.000 h/a)

12.000 MW Photovoltaik

2,4 Mio. PV-Anlagen je 5 kW

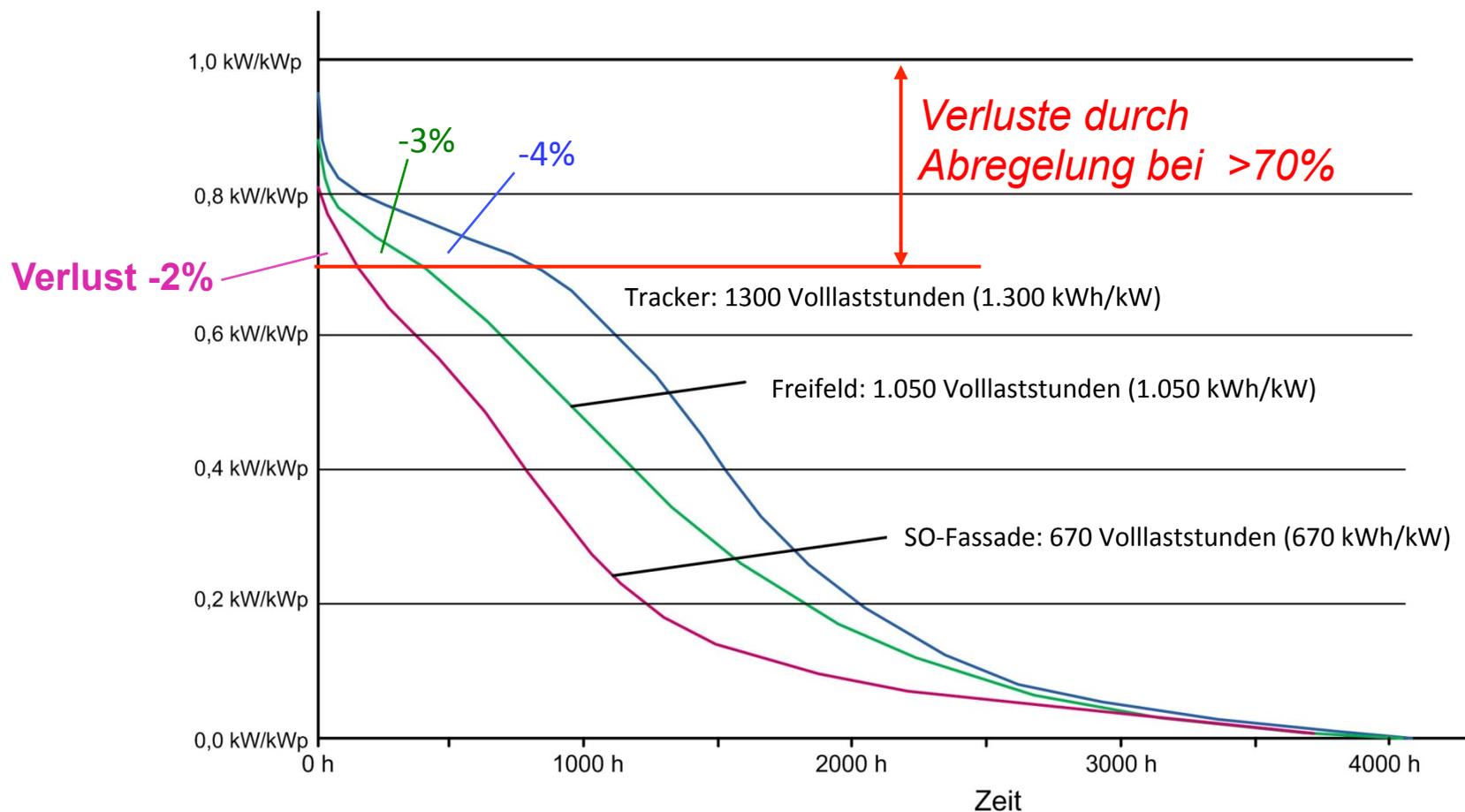
Problem: Netzkapazitäten bei zentraler Einspeisung

# Installierte Erzeugungsleistung für gleiche Jahresenergie



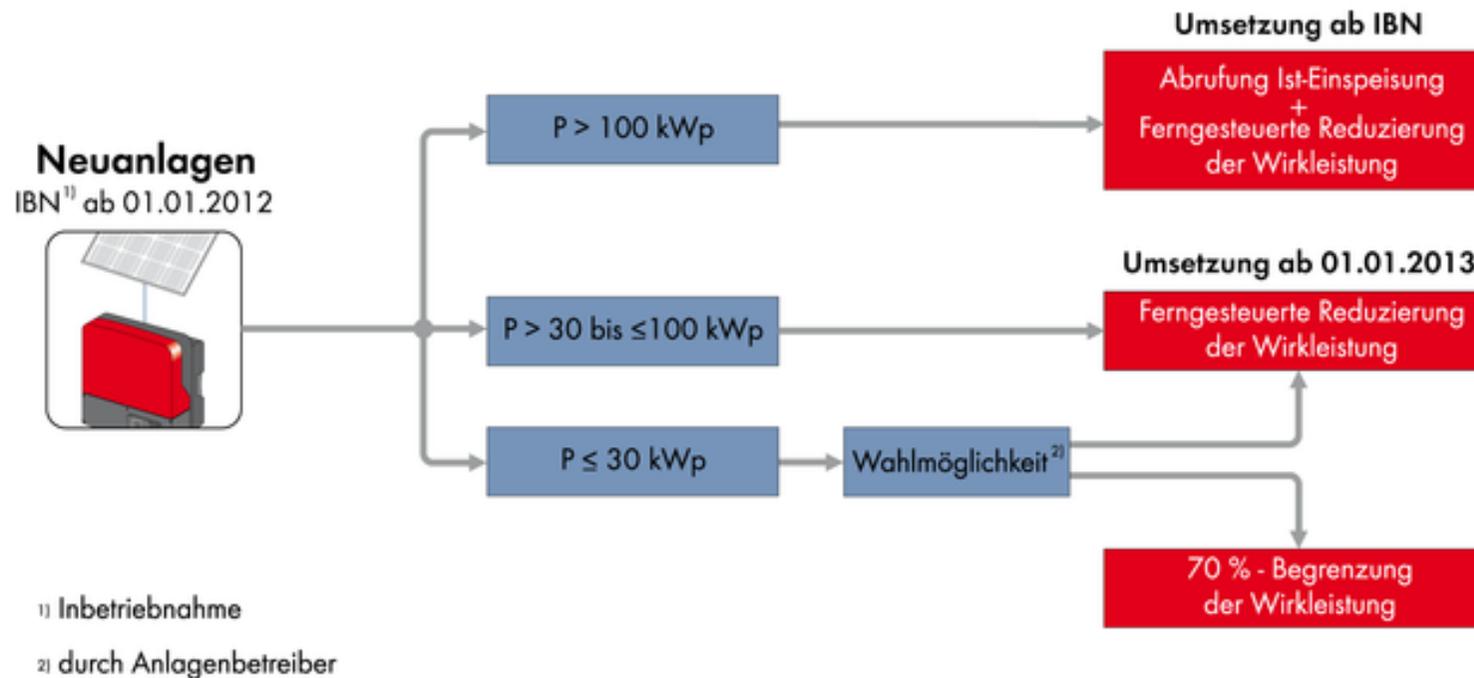
# Jahresdauerlinie der Photovoltaik

## PV-Forschungszentrum Zwentendorf/NÖ 2012

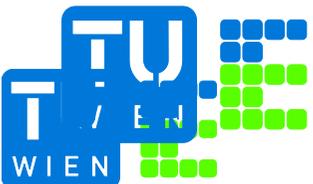
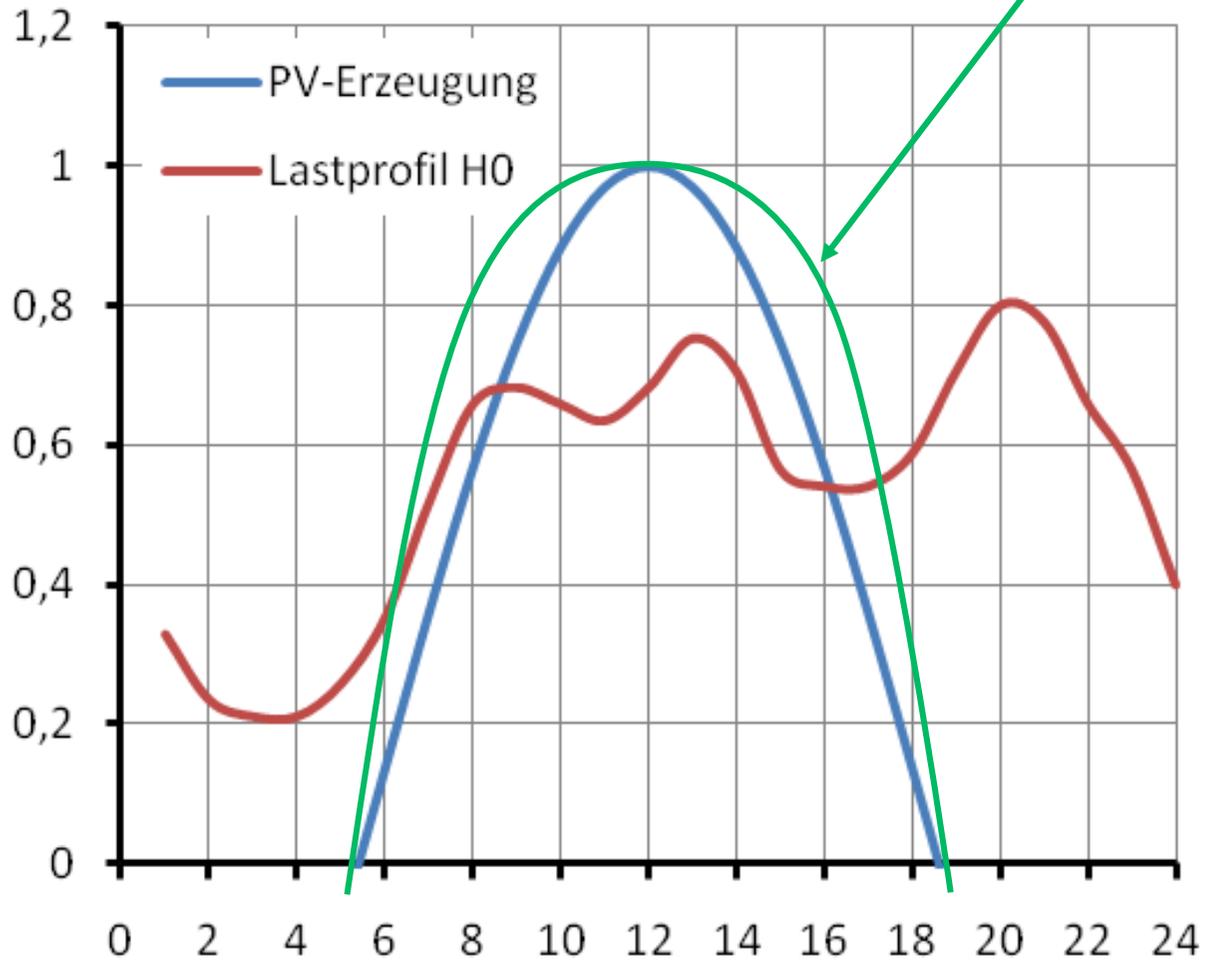


Quelle Jahresdauerlinien: Groß: PV-Forschungszentrum Zwentendorf. EVN/TU Wien.

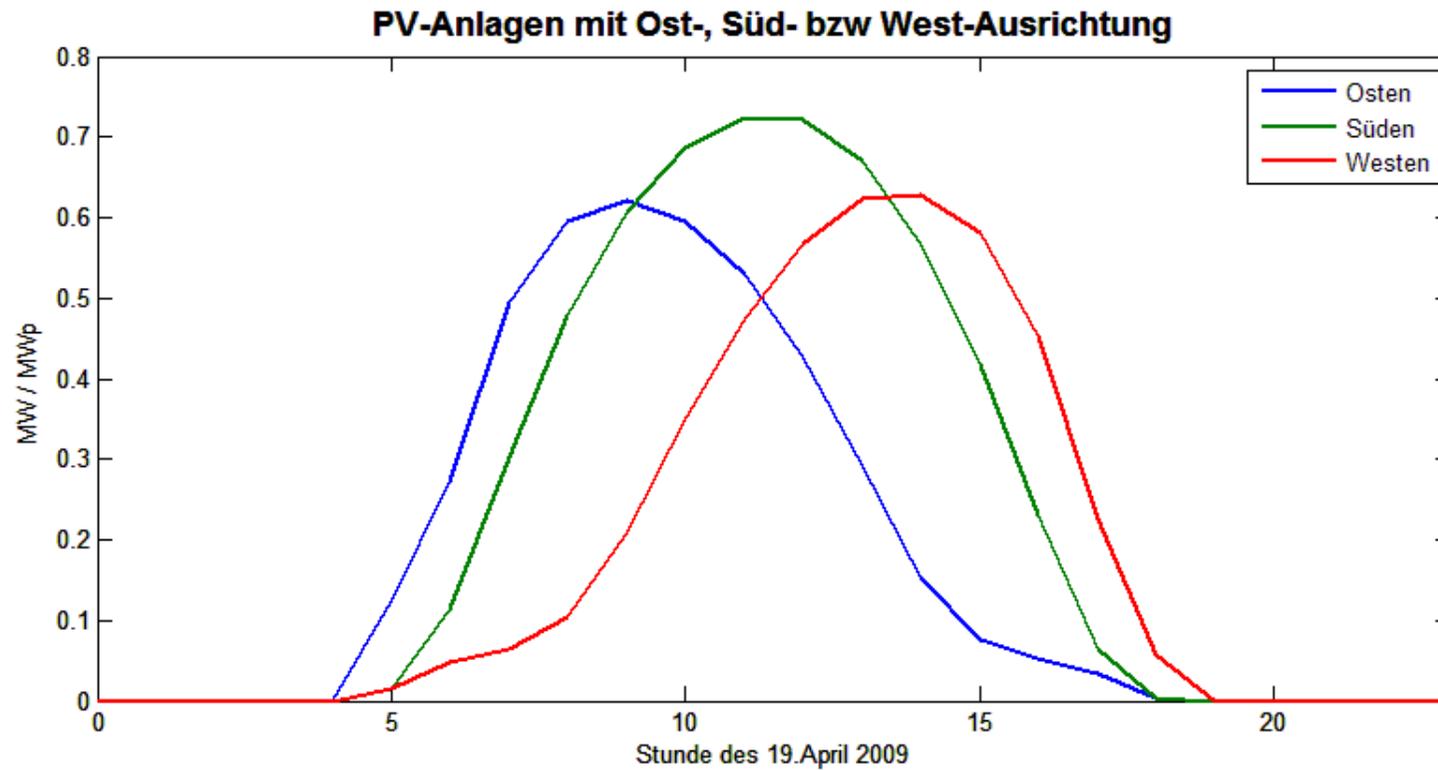
# Netzanbindung nach Deutschem EEG 2012



# Sun Tracker

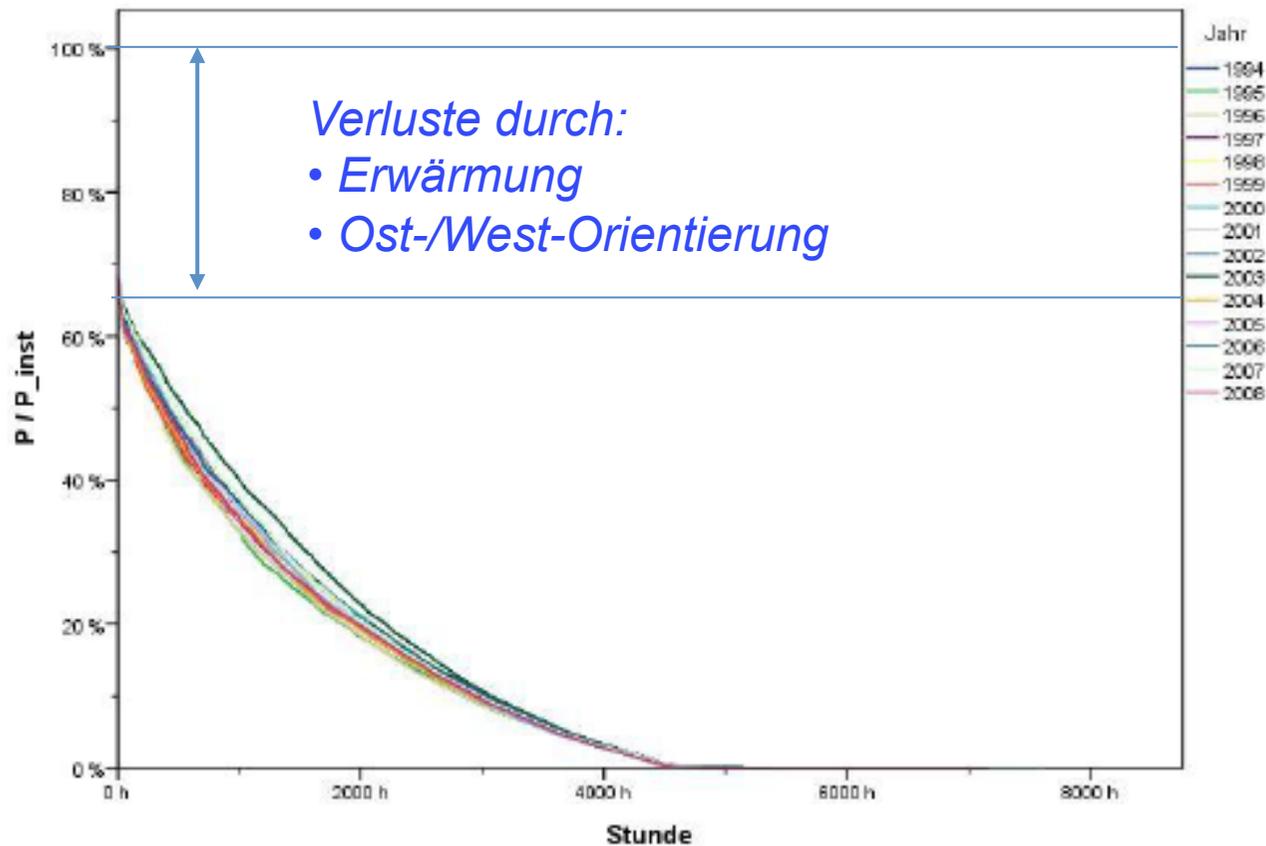


# Einfluss der PV-Orientierung

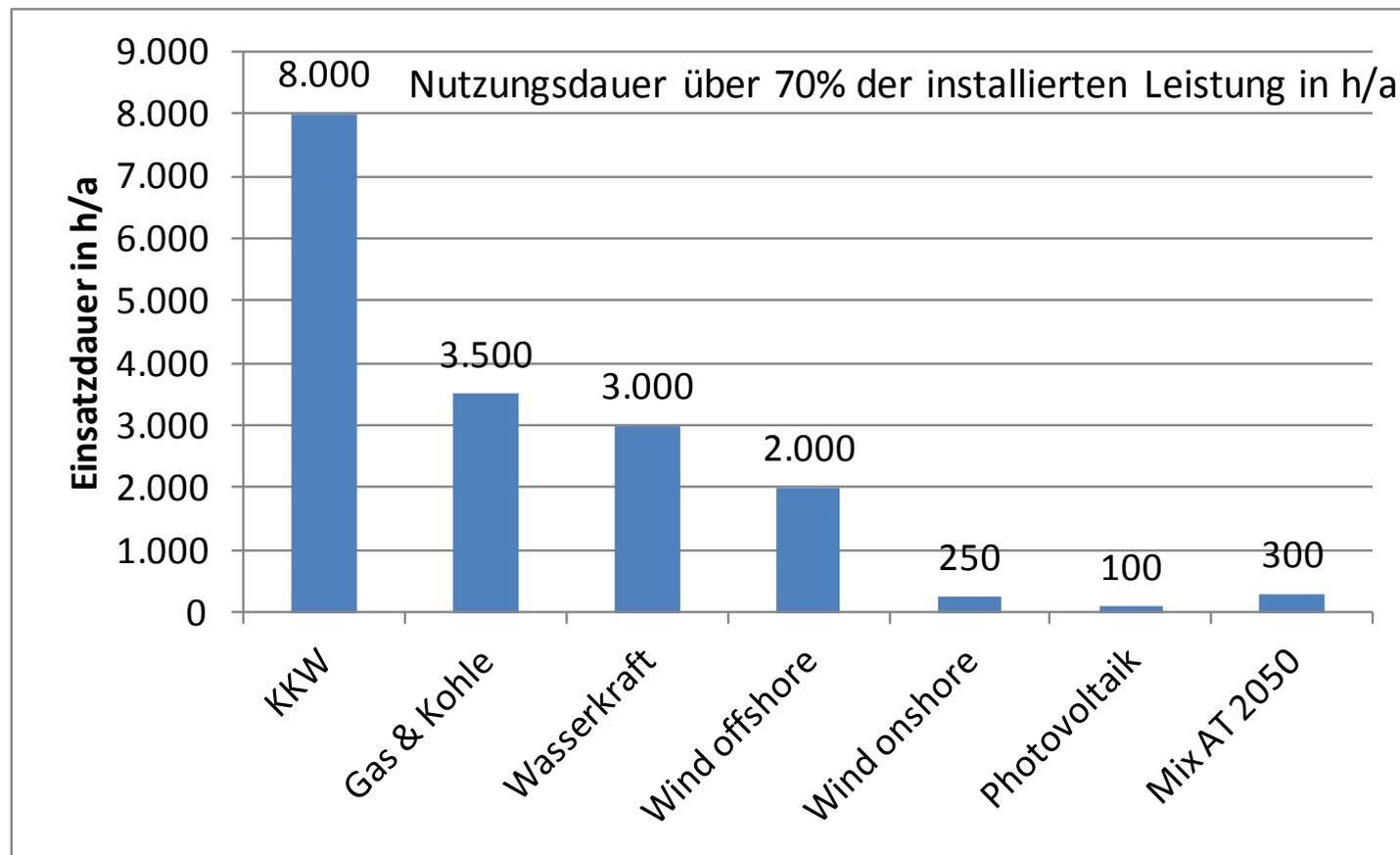


Quelle: IWES

# Jahresdauerlinien der Photovoltaik aus der Sicht des Übertragungsnetzes (Österreich 1994 bis 2008)



# Nutzungsdauer des Leistungsbereichs über 70% der installierten Leistung



# Sicherheitsaspekte der nachhaltigen Energieversorgung

- Nachhaltige Energieversorgung erhöht die Ressourcensicherheit
- Erneuerbare Energiequellen erfordern hohe Netz- und Speicherkapazitäten, die nicht wirtschaftlichen und umweltverträglich auszubauen sind
- Zentrale nachhaltige Systeme werden daher eine geringere Versorgungssicherheit als bisher aufweisen
- Dezentrale Versorgungstechniken können die Versorgungssicherheit erhöhen, wenn sie kooperativ zu den zentralen Systemen sind und den Ausbau von Leitungen und Speichern minimieren
- Zentrale thermische Erzeugungsanlagen werden von Grundlastlieferanten zu sicherheitsrelevanten Systemunterstützern für Ausgleichsenergie

# Paradigmenwechsel in der Energieversorgung bis 2050

## heute

- Regenerative Energie wird hoch subventioniert
- Netze müssen alle Energiequellen ohne Vergütung aufnehmen

## Zukünftig

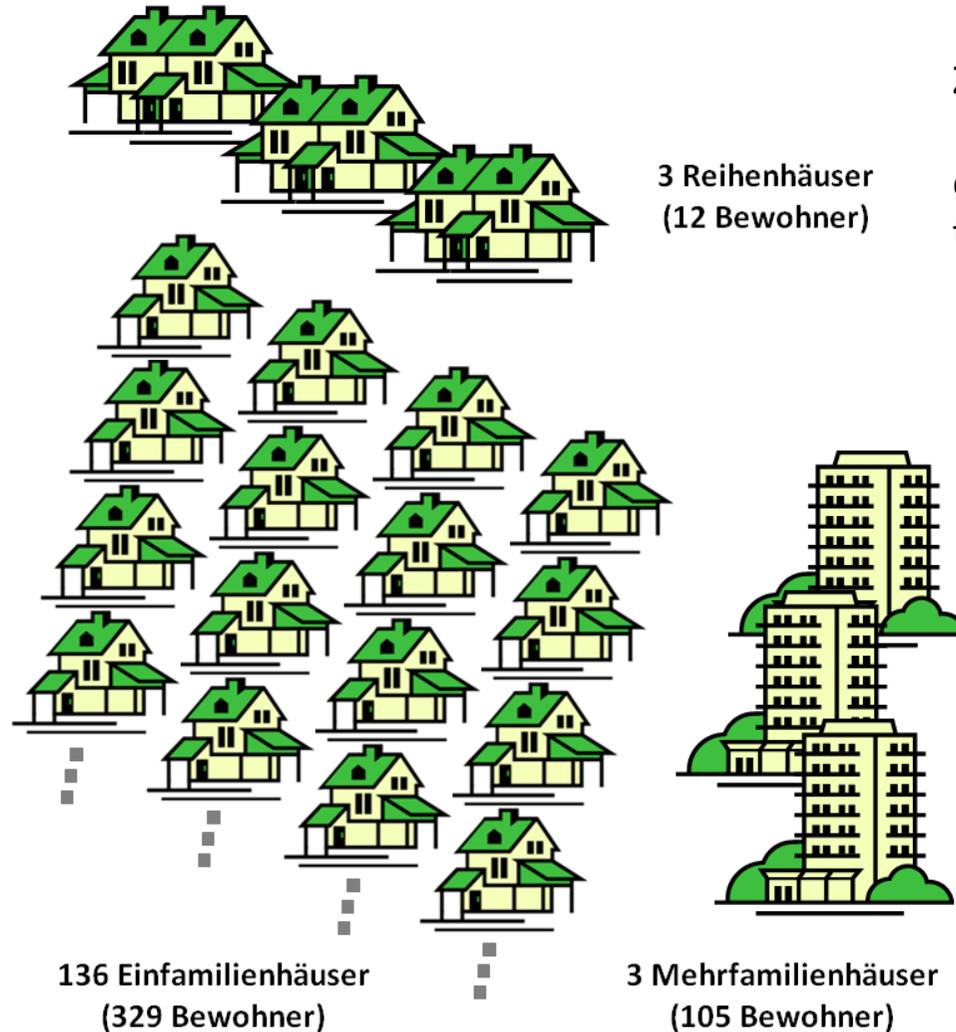
- Das Gesamtsystem aus EE, Netz, Speichern und Ausgleichskraftwerken wird nach volkswirtschaftlichen Kriterien optimiert
- Einspeisetarife für EE werden durch Anschubfinanzierungen ersetzt
- Freier EE-Energiemarkt: was nicht lokal verbraucht, über Netze zu anderen Nutzern übertragen oder wirtschaftlich gespeichert werden kann wird nicht vergütet !

# Die Energiewende bis 2050

- Übergang zur überwiegend regenerativen Energieversorgung
- Ausbau dezentraler Energieversorgungsstrukturen
- Integration von zentralen und dezentralen Strukturen
- Energieaktive Siedlungen und Städte
- Elektromobilität
- Effizienz in der Endanwendung von Energie
- Speicherung mit Power-to-Gas (P2G)
- Vordringen der „Energieautomation“ in alle Bereiche  
(Smart Grid, Smart City, Smart Meter, Intelligente Ladesysteme)

# Energieaktive Siedlung: ADRES Modell- Siedlungsstruktur

Forschungsprojekt des Klima- und Energiefonds 2008-2011 „Neue Energien 2020“

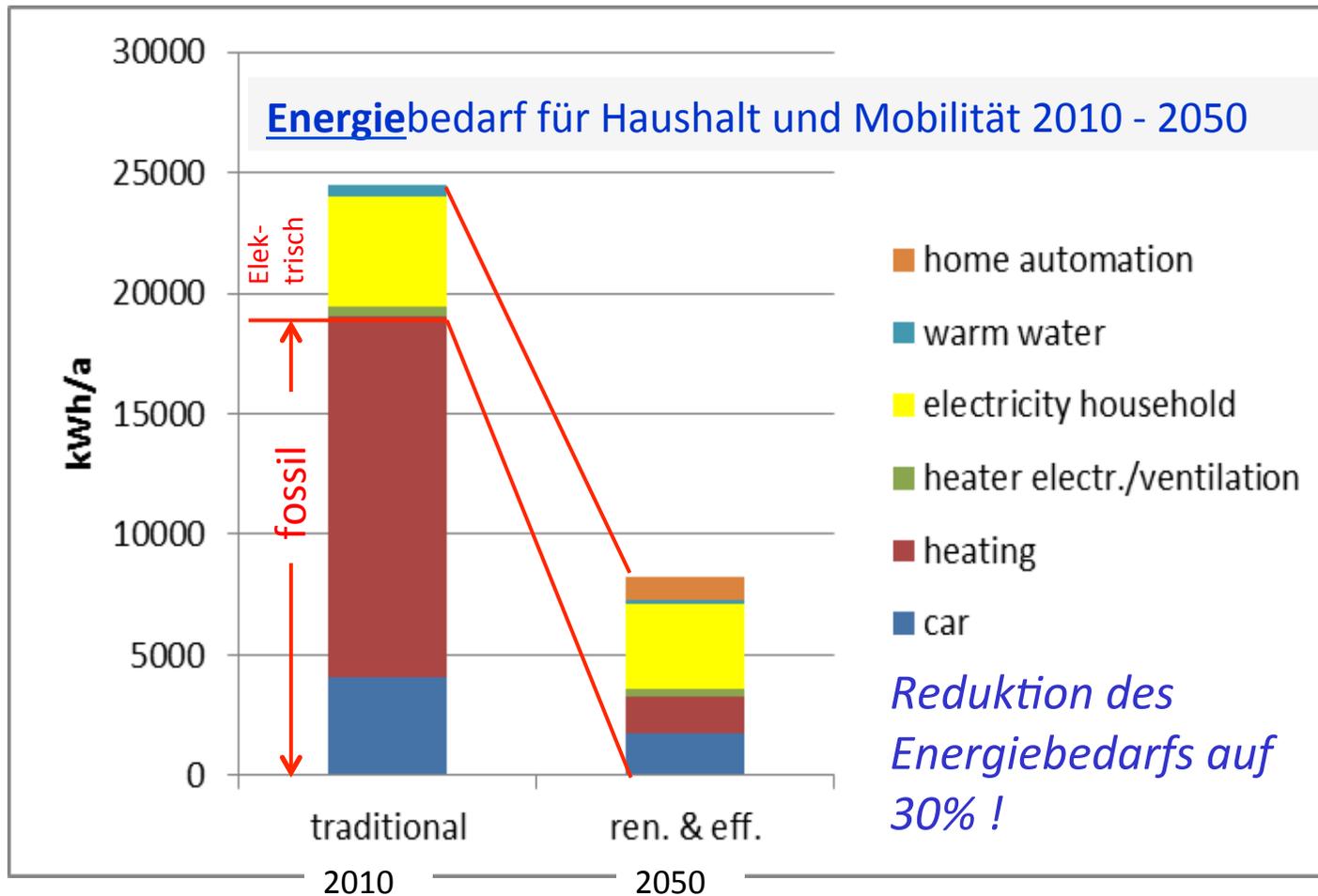


Zusammen: 200 WoE

elektrischer Speicher: 2.500 kWh  
thermischer Speicher: 10.000 kWh

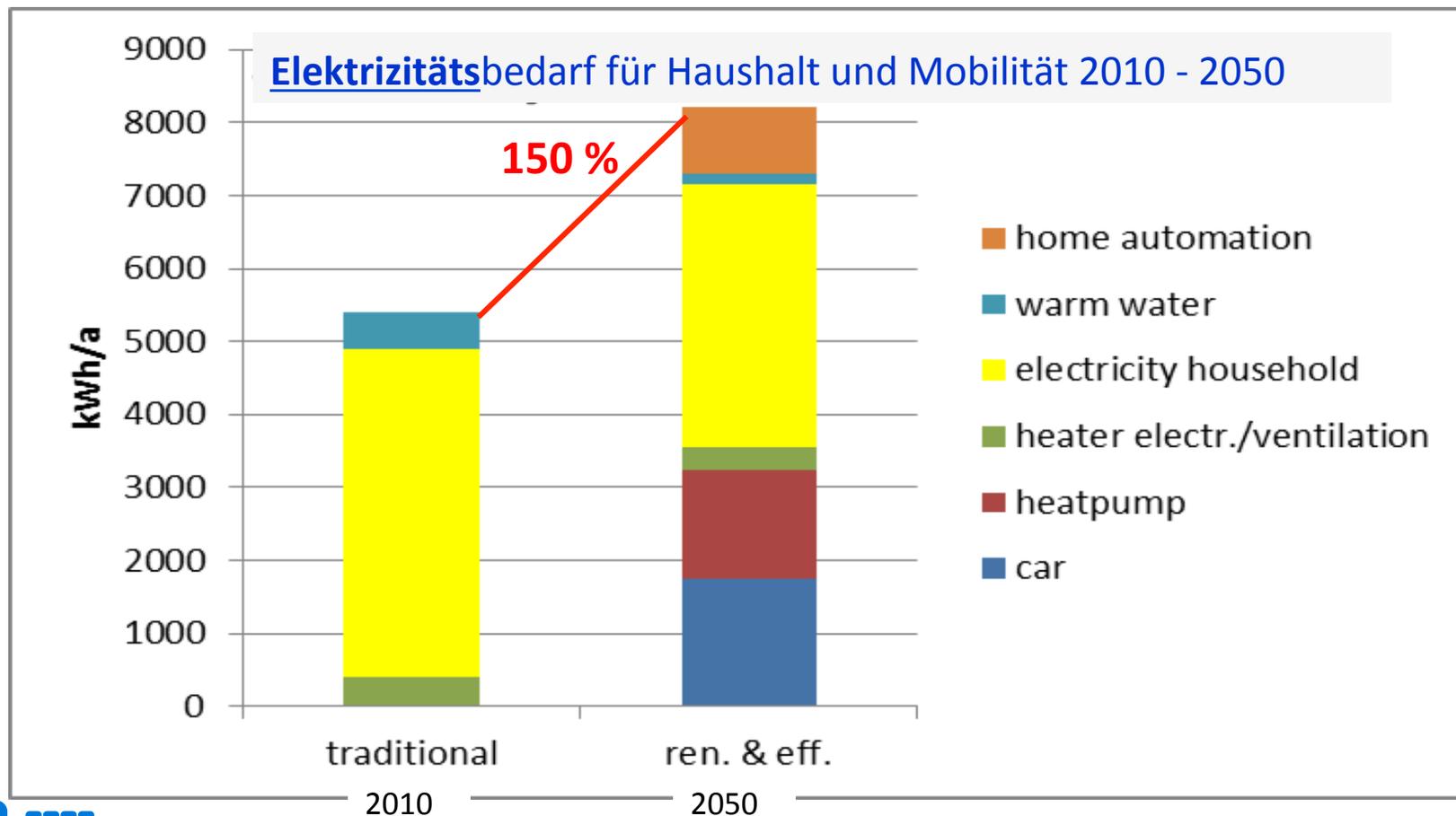
# Ideales Szenario der Energiewende 2010 – 2050

2010: 70% fossil: Heizung, Auto, 30% elektrisch: Haushalt  
2050: 0% fossil, 100 % elektrisch: Auto, Wärmepumpe, Haushalt



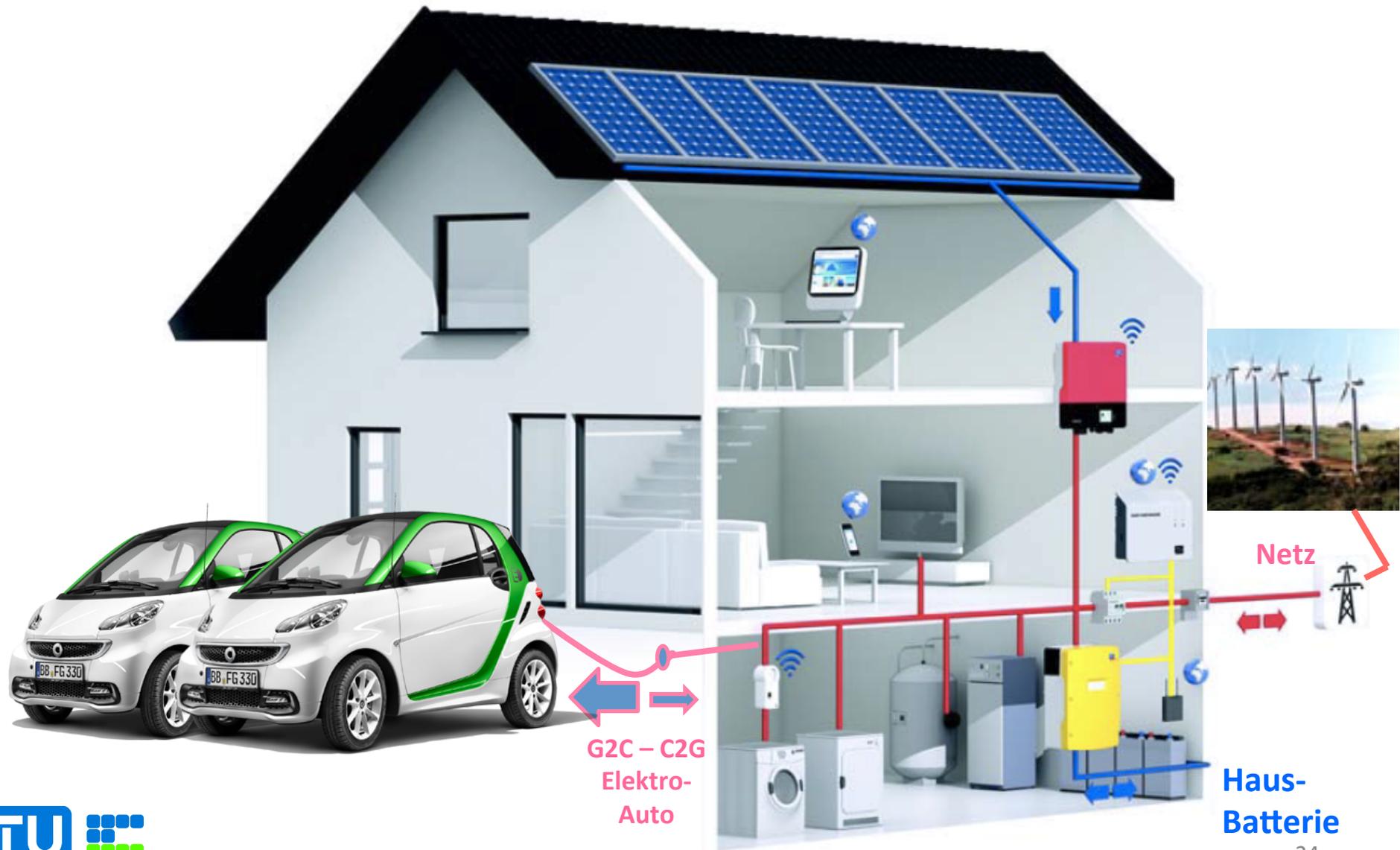
# Elektrizitätsbedarf bis 2050: 150 %

## Energiestrategie: fossile Energie wird durch erneuerbare Elektrizität substituiert



# Sicherheit durch dezentrale Energieversorgung

## Energie-Aktives Gebäude mit Elektromobilität (SMA/smart)



# Unverbindliche Planungswerte

Wohneinheit	PV	2 – 5 kW
	Batterie	5 – 30 kWh
	Solarkollektor	1 – 1,5 m <sup>2</sup> /Person
	Wasserspeicher	50 – 100 Liter/Person
Elektroauto	PV	1 – 2 kW /Fahrzeug
	(mittlerer Bedarf	3 – 5 kWh/d)

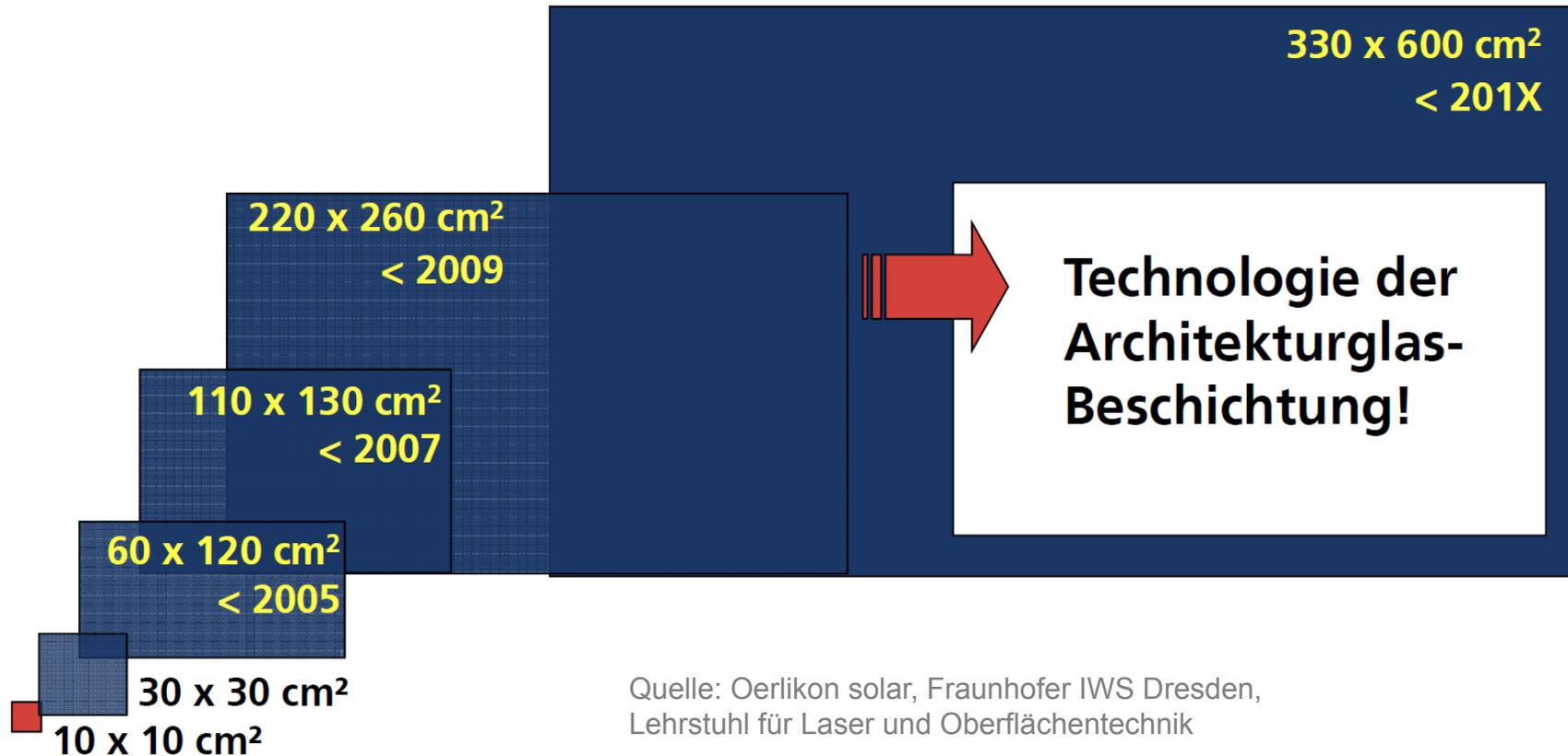
Fassadenkollektoren: 1,5-fache Leistungswerte

# Solar-Carport: ca. 15 m<sup>2</sup> für 10.000 km/a

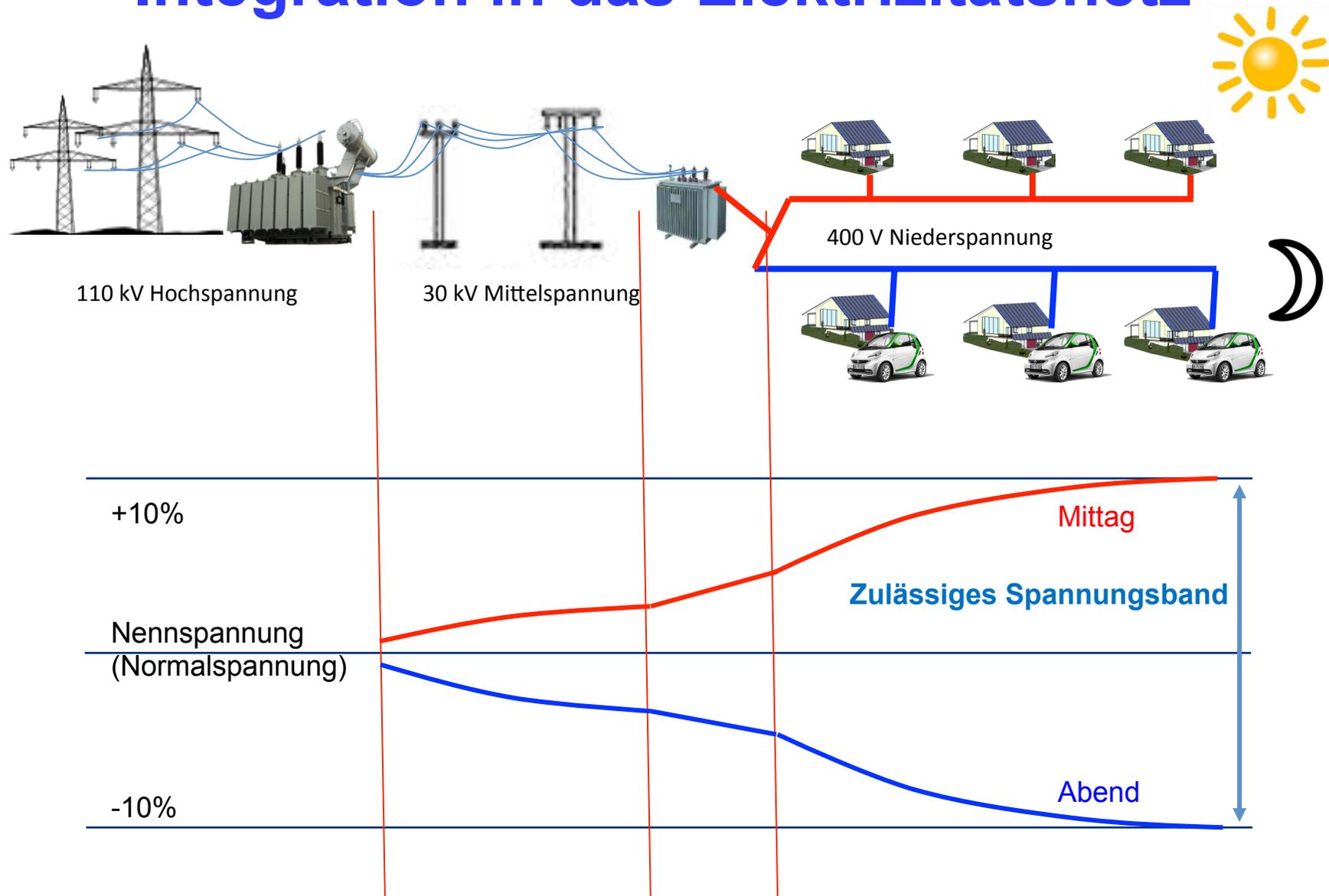


Quelle: Peter Solar

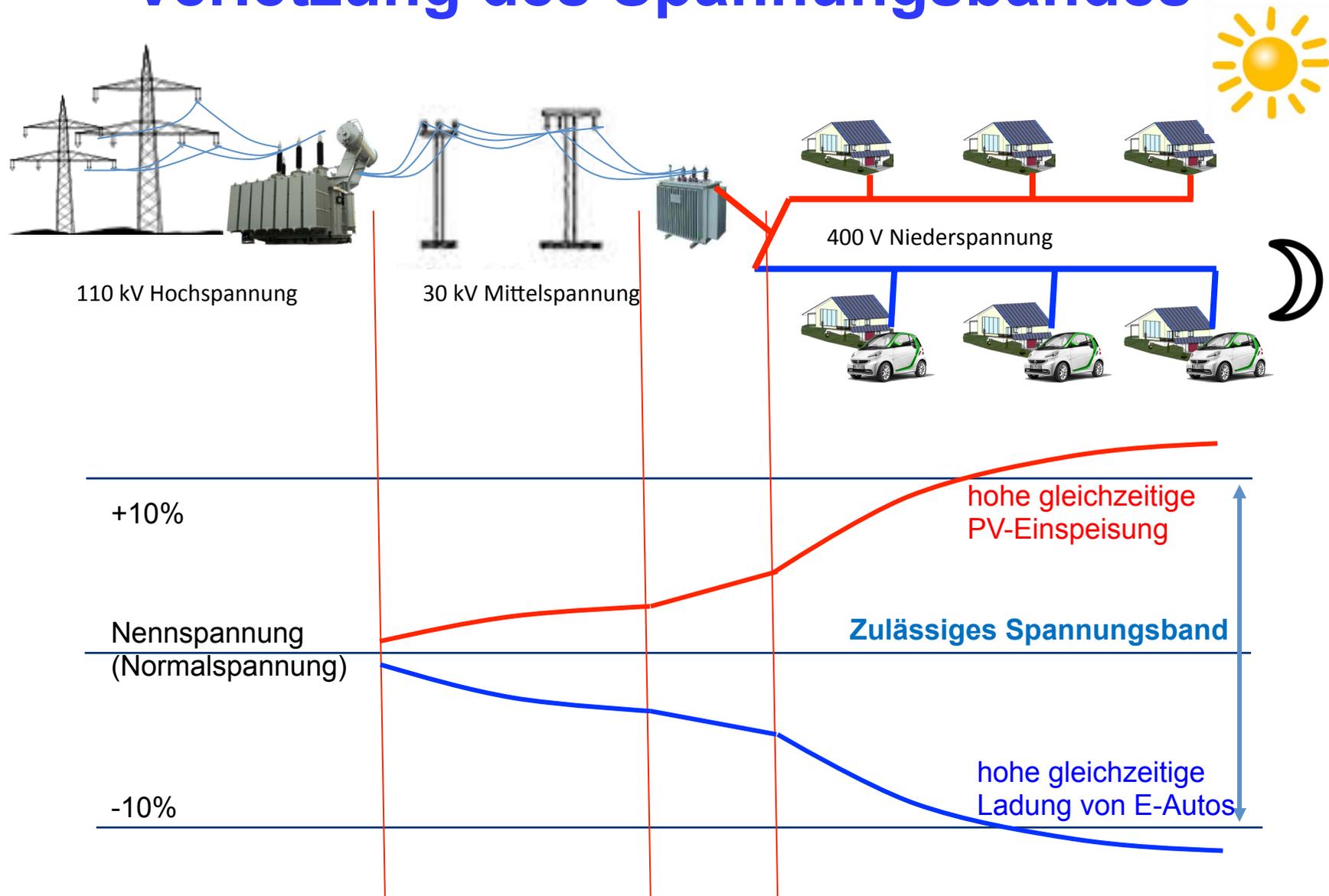
# Entwicklung für Architekturglas



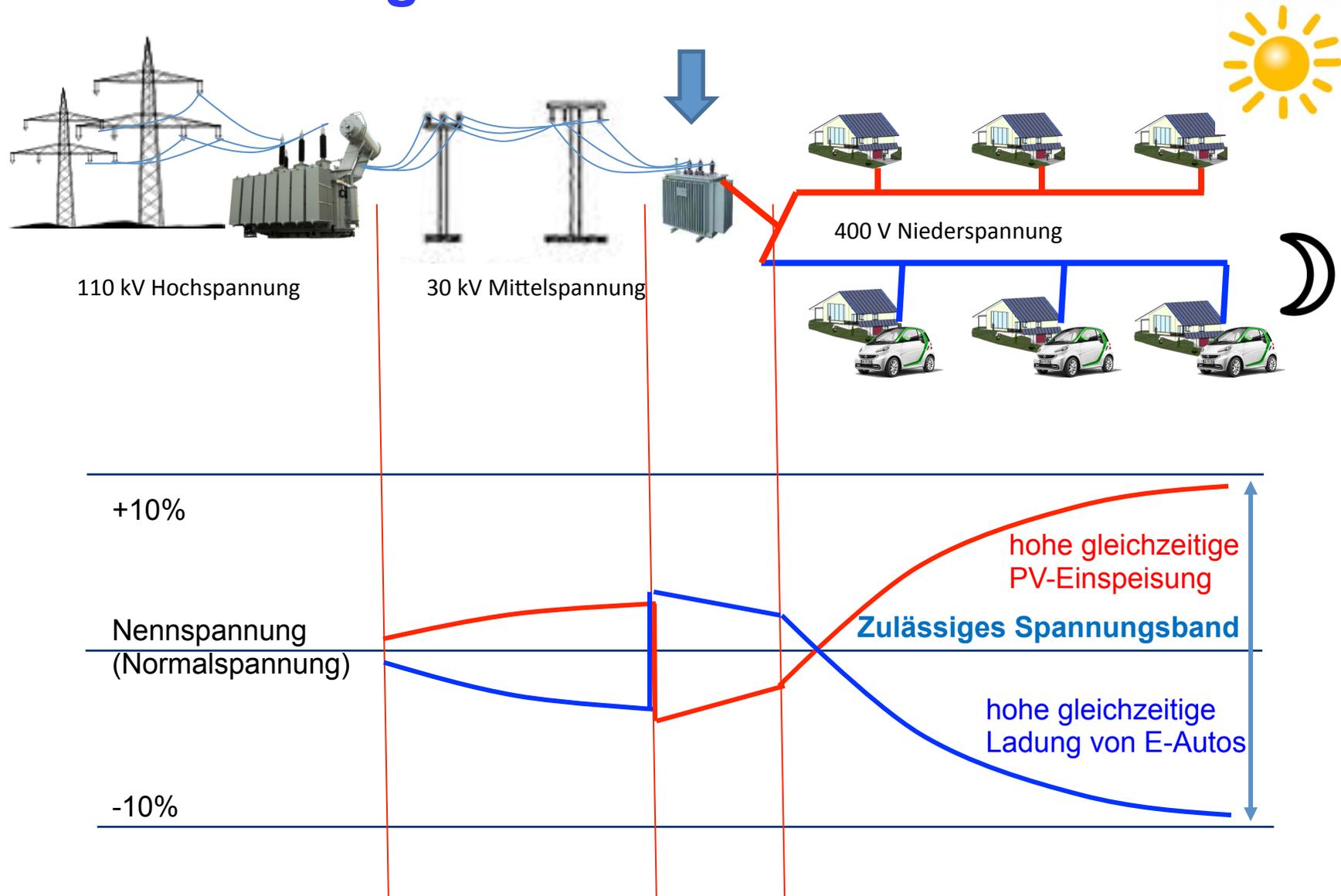
# Integration in das Elektrizitätsnetz



# Verletzung des Spannungsbandes



# Abhilfe: Regelbarer Ortsnetztransformator



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit !

em. O. Univ.-Prof. Dr. Günther Brauner  
TU Wien, Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe  
Gusshausstrasse 25/370-1, 1040 Wien  
Tel.: +43 1 58801 37001, Fax: +43 1 58801 270199  
mobil: +43 664 340 1502  
e-mail: [brauner@ea.tuwien.ac.at](mailto:brauner@ea.tuwien.ac.at)

