

**Life Needs Power 2011**

**Montag, 4. April 2011**

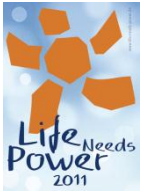
**Hannover Messe**

# **Flexibilisierung des Kraftwerksparks für die nachhaltige Energieversorgung**

**Günther Brauner**

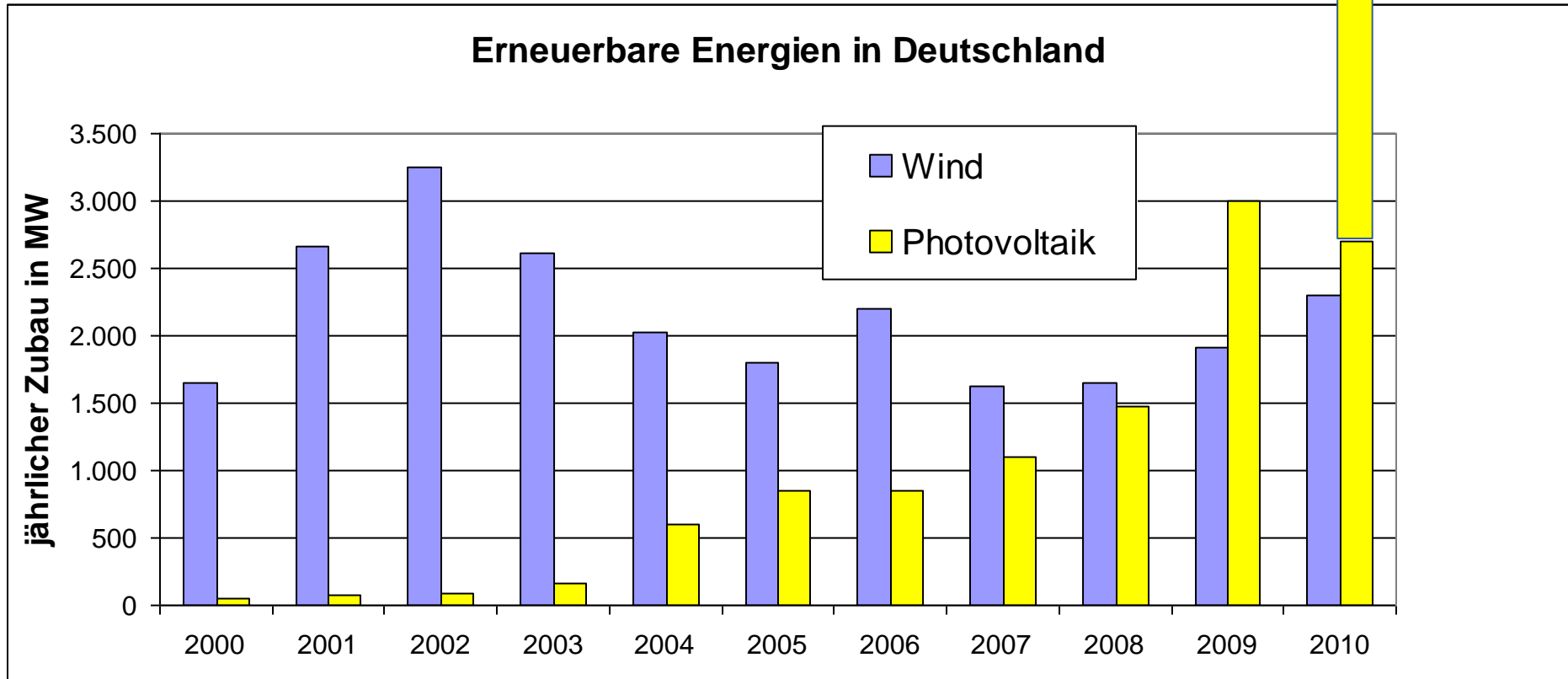
# Inhalt

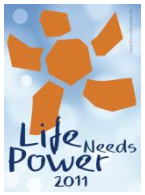
- Nachhaltige Erzeugungsszenarien in Deutschland bis 2030
- Herausforderungen an die Energiesysteme:  
Leitungen – Speicher – Kraftwerke
- Entwicklung der Windenergie
- Entwicklung der Photovoltaik
- Flexibilisierung der thermischen Kraftwerke  
Mindestlast – Gradienten – An- und Abfahren



# Jährlicher Zubau 2000 – 2010 in D

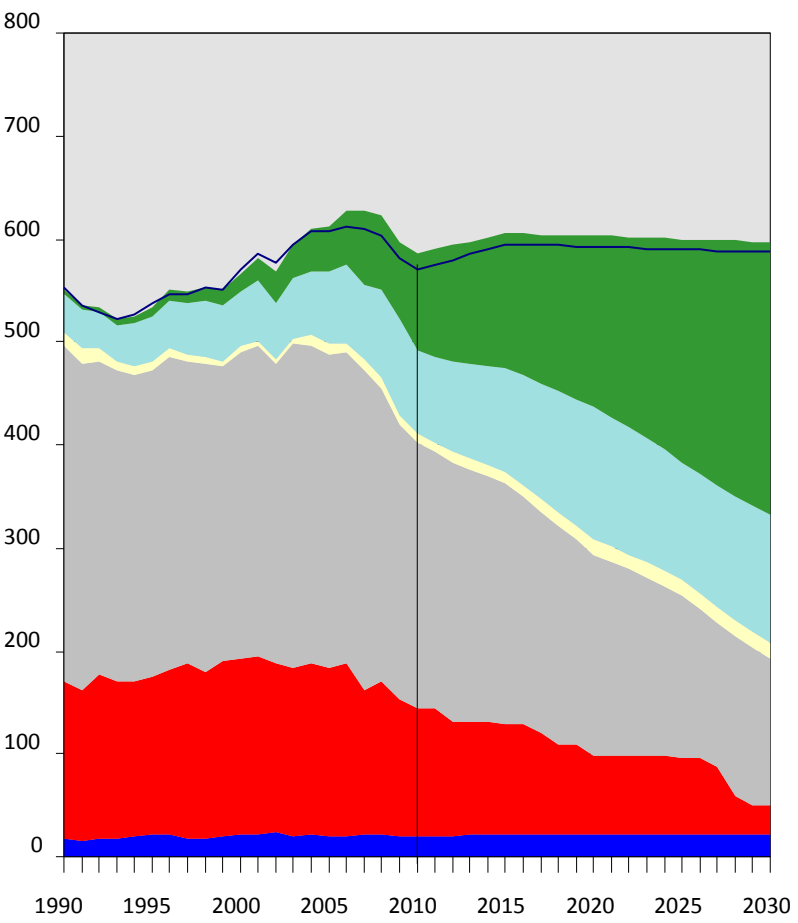
PV-Zubau 2010: 8,5 GW !



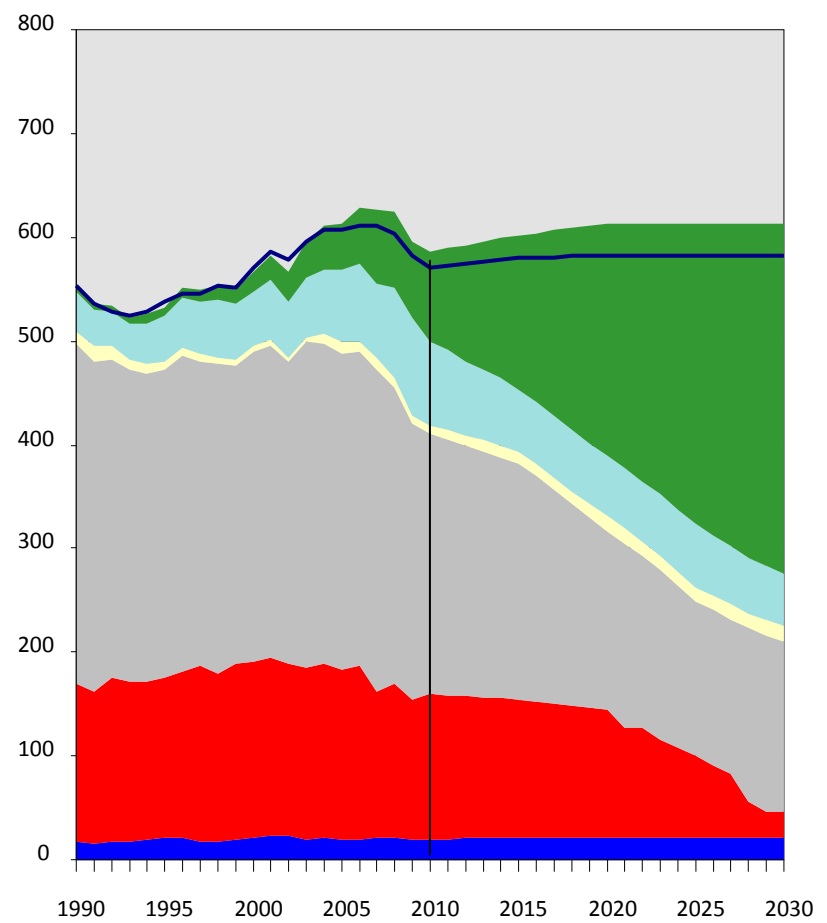


# Szenarien der Stromerzeugung bis 2030

AT 30% RE (2020), 50% (2030)



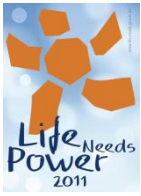
AT 40% RE (2020), 60% (2030)



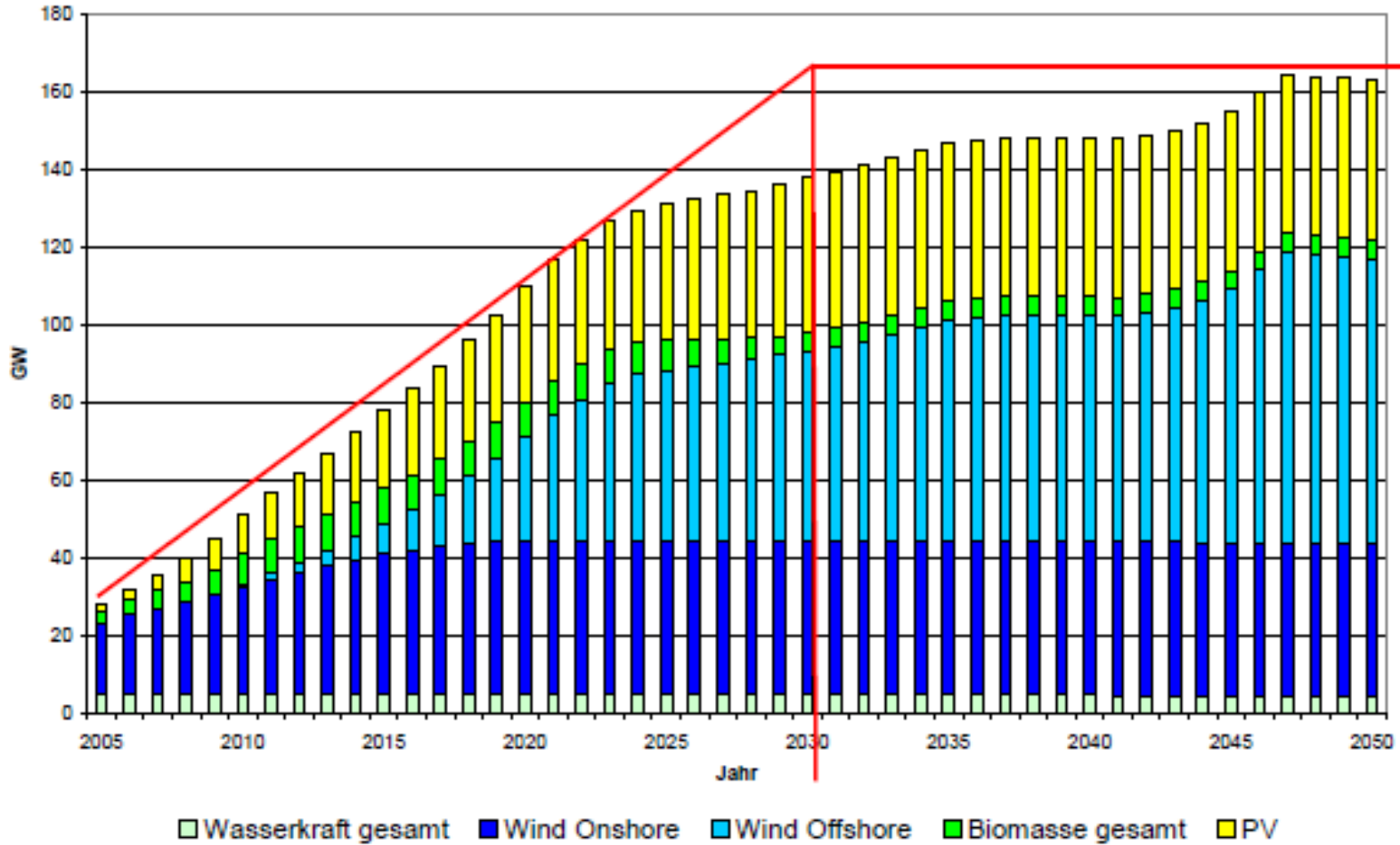
■ Hydro ■ Nuclear ■ Coal ■ Oil ■ Gas ■ others — consumption

Quelle: Siemens

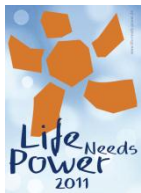




# Sachverständigenrat: 2050 ist 100% EE möglich

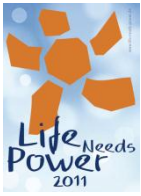


Quelle: Wege zu 100% erneuerbaren Stromversorgung,  
Sondergutachten des Sachverständigenrats für Umweltfragen, Jan 2011

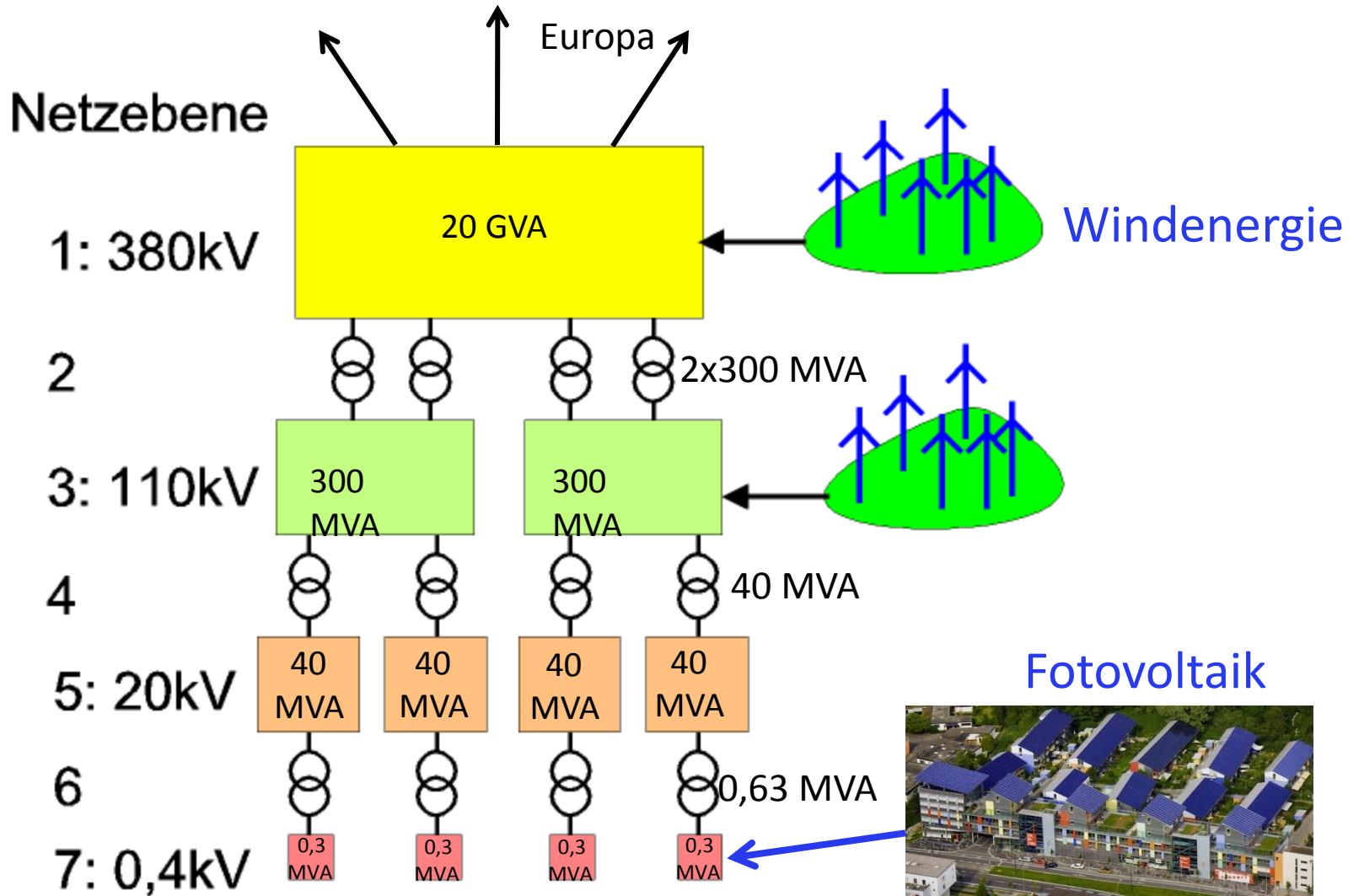


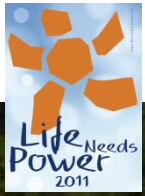
# BMU-Leitszenario 2010

In TWh/a	2010	2020	2030	2040	2050
Wasserkraft	21,9	24,5	24,8	24,9	25,0
Windenergie	48,1	96,3	163,4	209,0	228,2
Onshore	47,7	66,1	75,3	61,7	85,8
Offshore	0,4	30,2	88,0	127,3	142,5
Fotovoltaik	7,0	20,0	25,9	28,6	32,5
Biomasse	32,1	50,6	55,3	56,3	56,6
Erdwärme	0,09	1,9	7,0	16,2	37,1
EU-Importe	-	2,7	40,7	91,5	123,3
<b>EE-Strom gesamt</b>	<b>109,3</b>	<b>196,0</b>	<b>317,0</b>	<b>426,5</b>	<b>502,6</b>
<b>EE-Strom Inland</b>	<b>109,3</b>	<b>193,3</b>	<b>276,3</b>	<b>335,0</b>	<b>379,3</b>



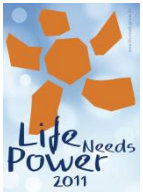
# Aufbau der Übertragungs- und Verteilnetze



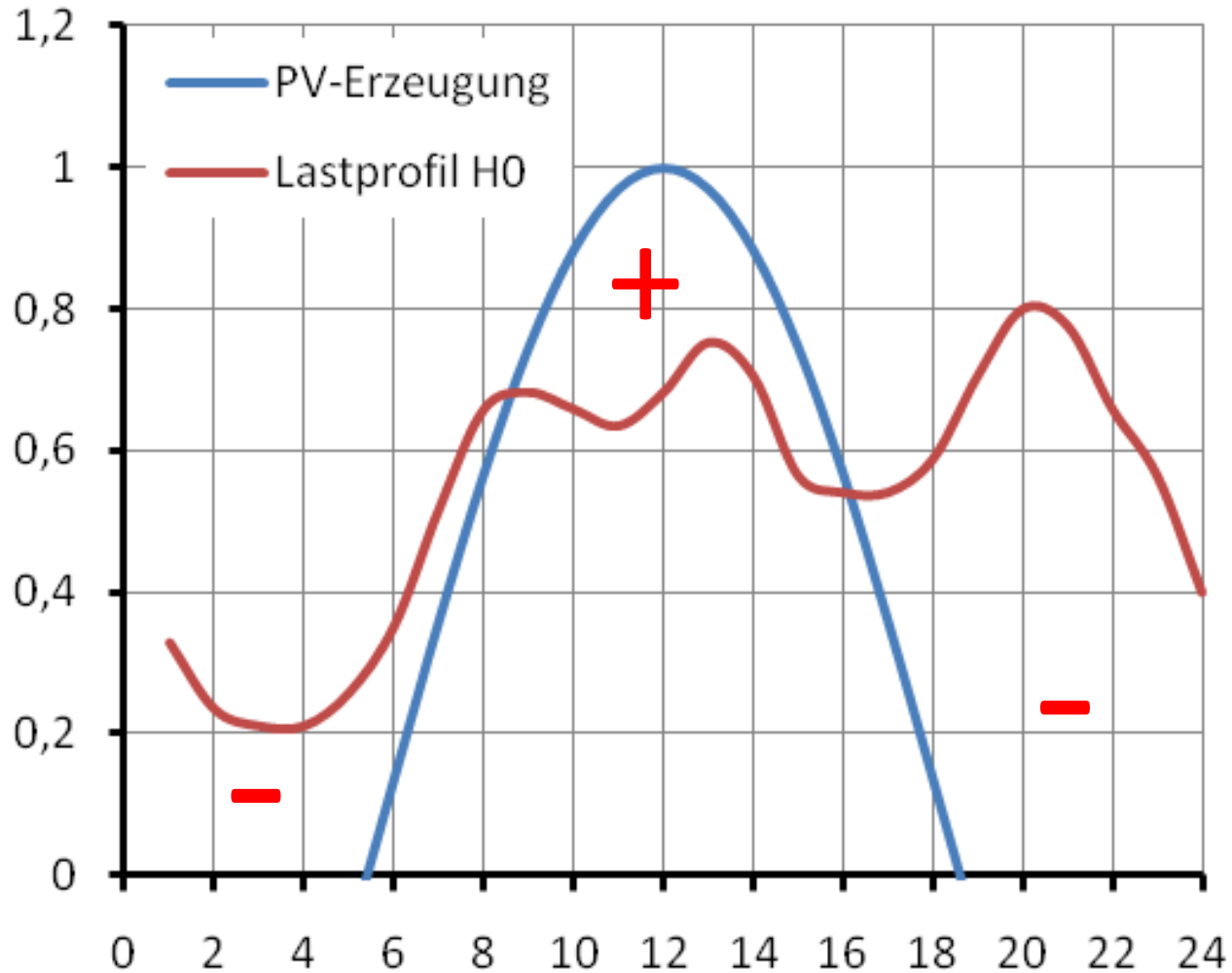


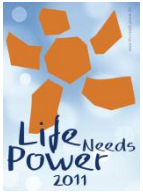
# Energieaktive Siedlung mit Fotovoltaik



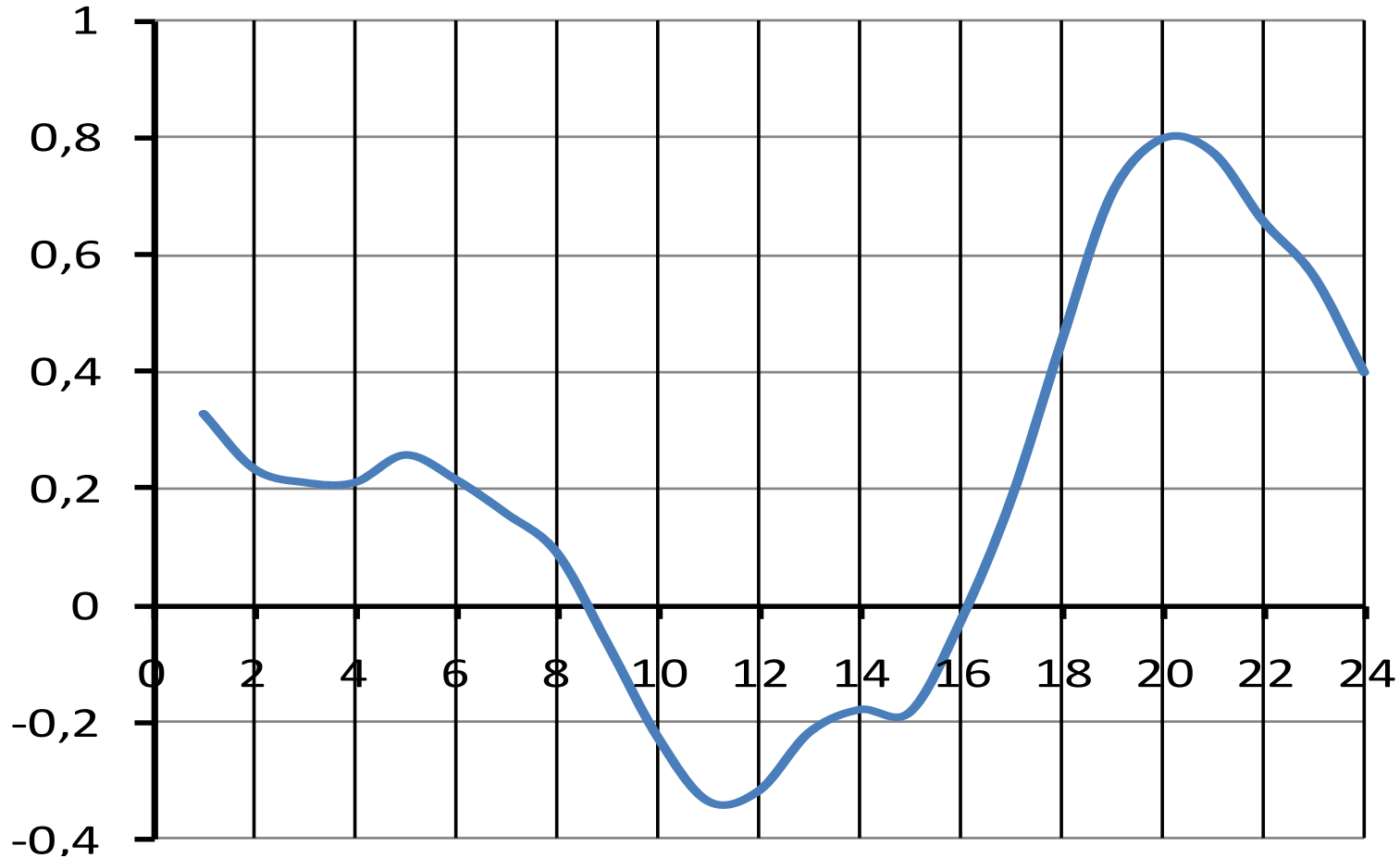


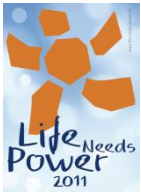
# Erzeugung und Last in einer energieaktiven Siedlung



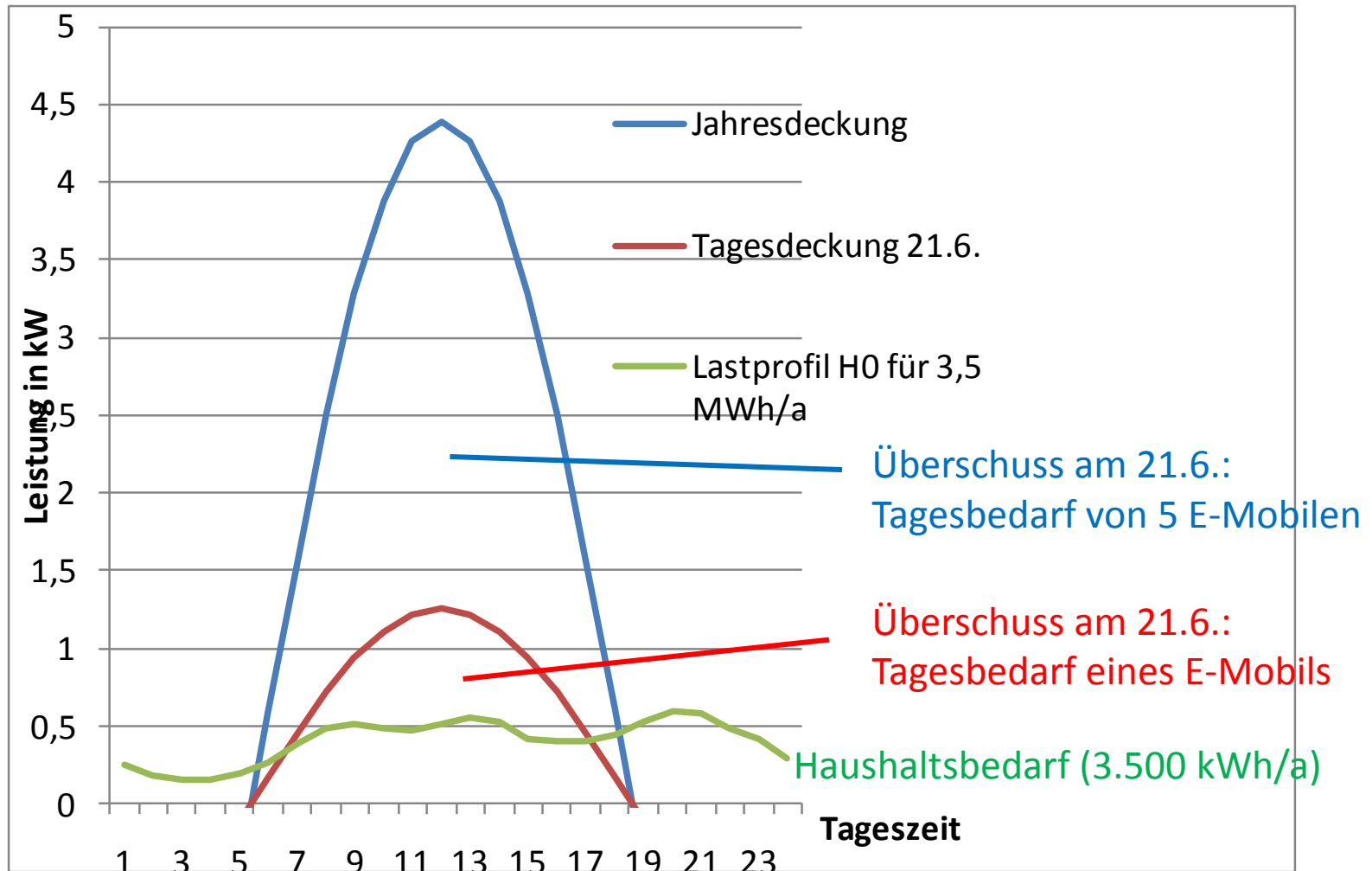


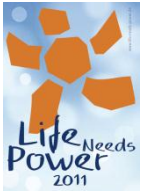
# Ausgleichsenergie einer energieaktiven Siedlung ohne Speichermöglichkeit



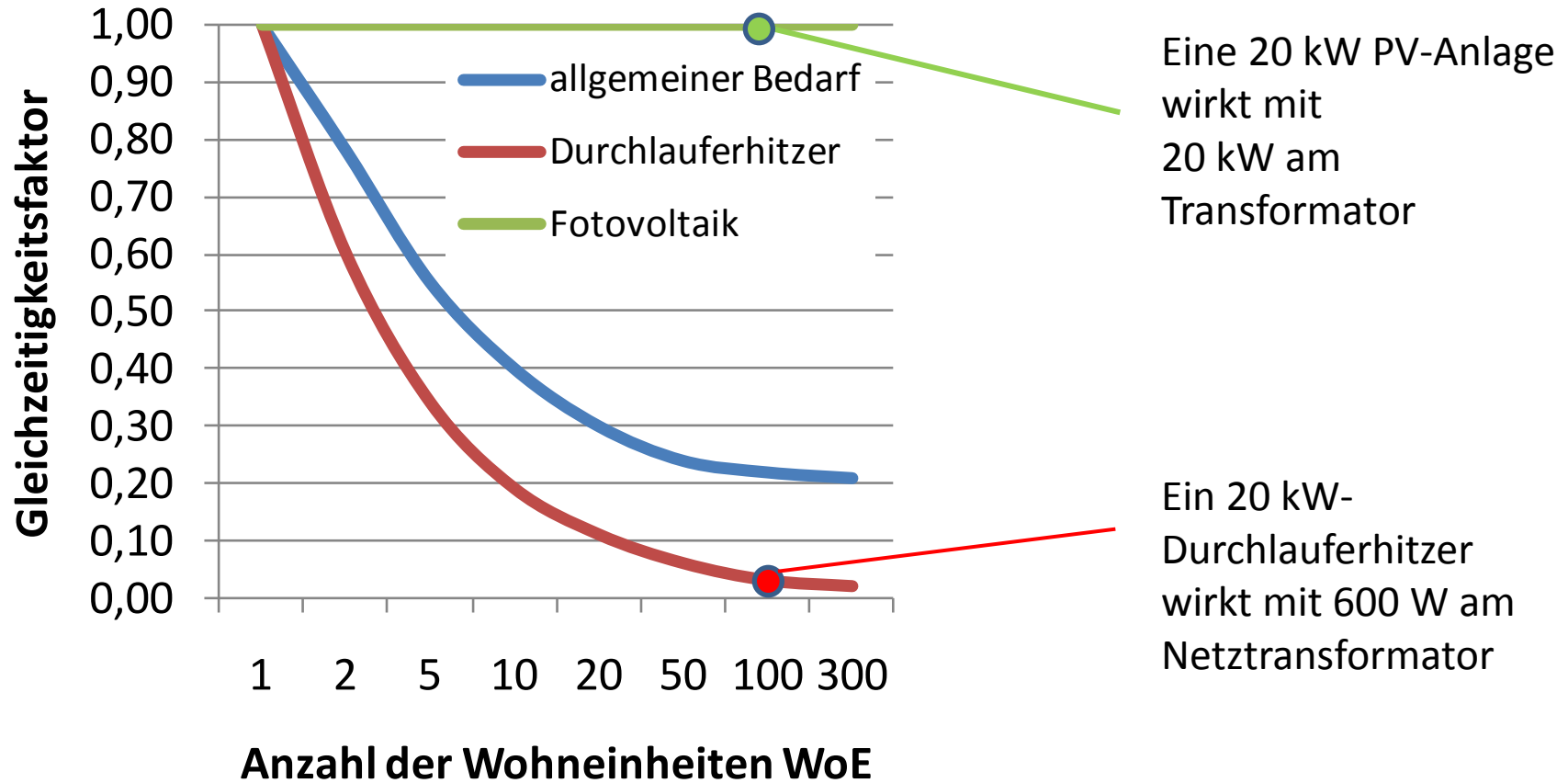


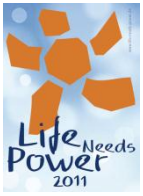
# Auslegung von PV-Anlagen für Elektrische Jahresdeckung 4,4 kW bzw. Tagesdeckung 21.6.: 1,25 kW



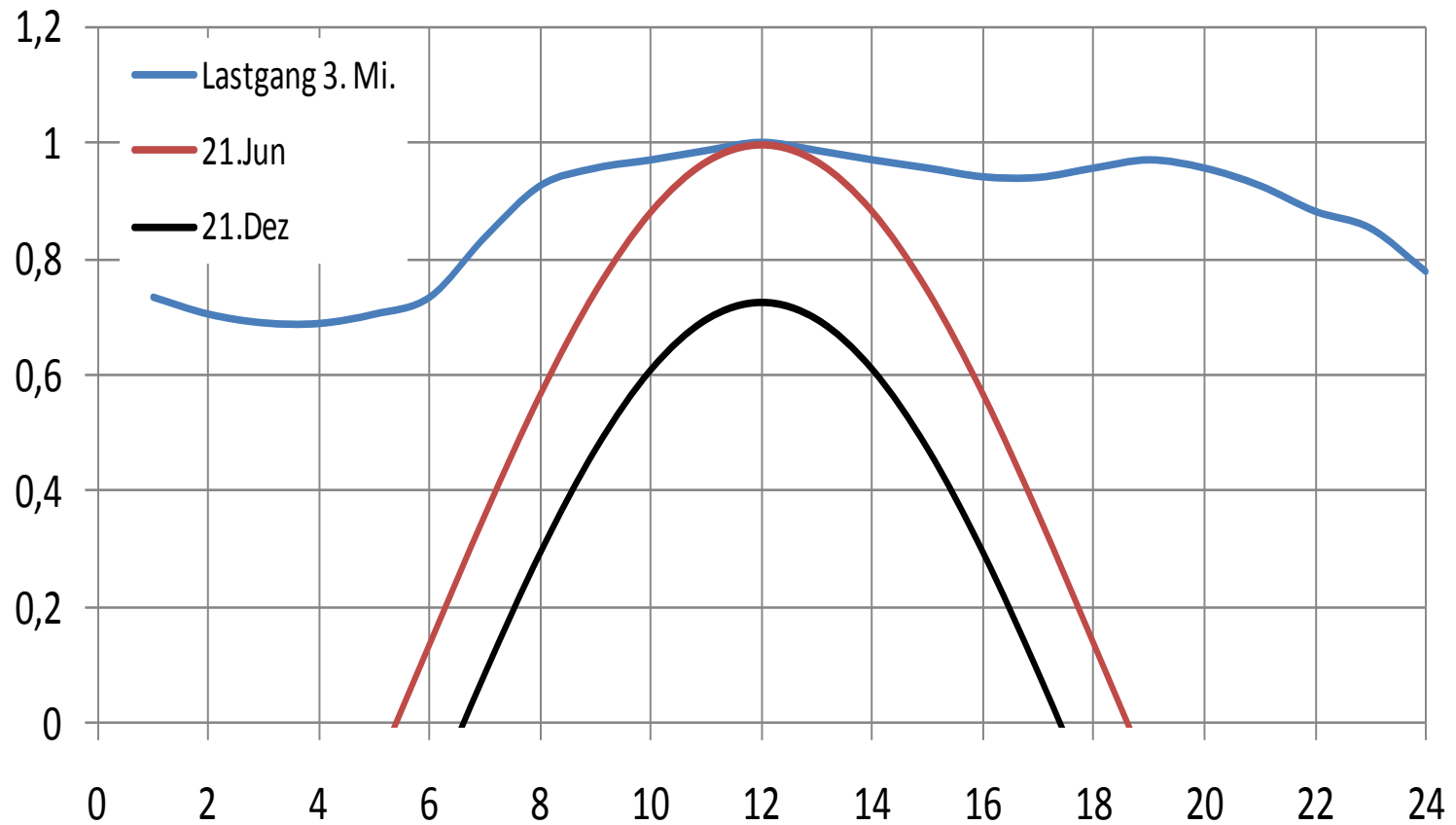


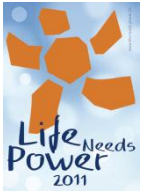
# Gleichzeitigkeitsfaktor im Niederspannungsnetz



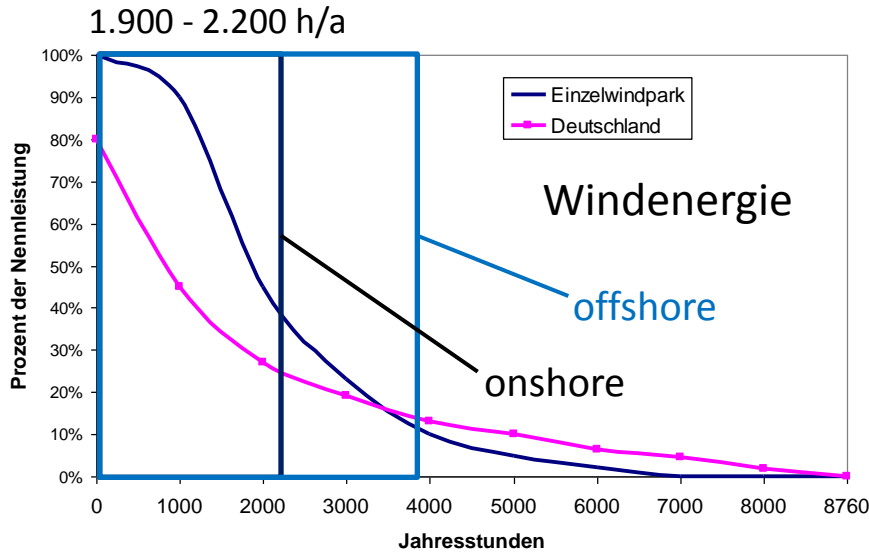
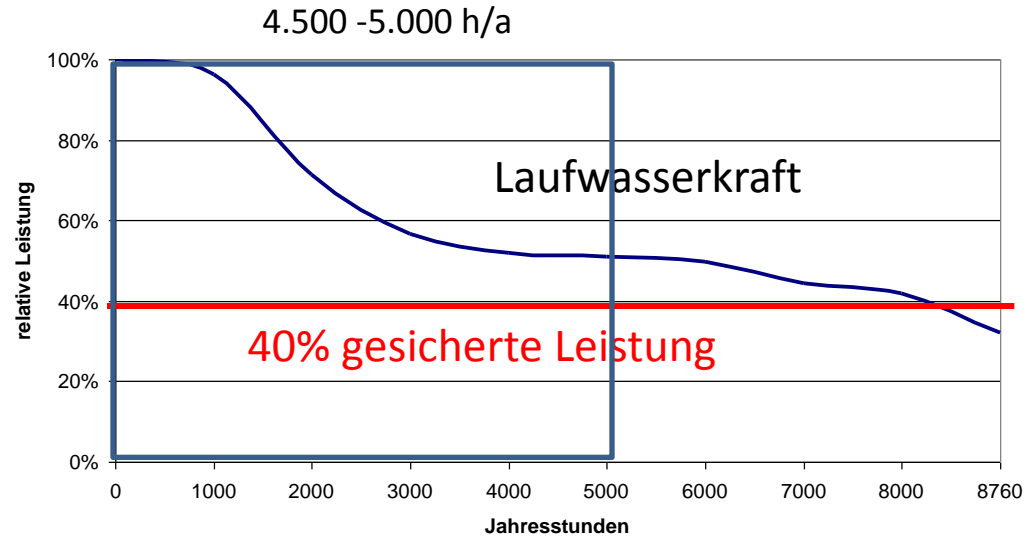
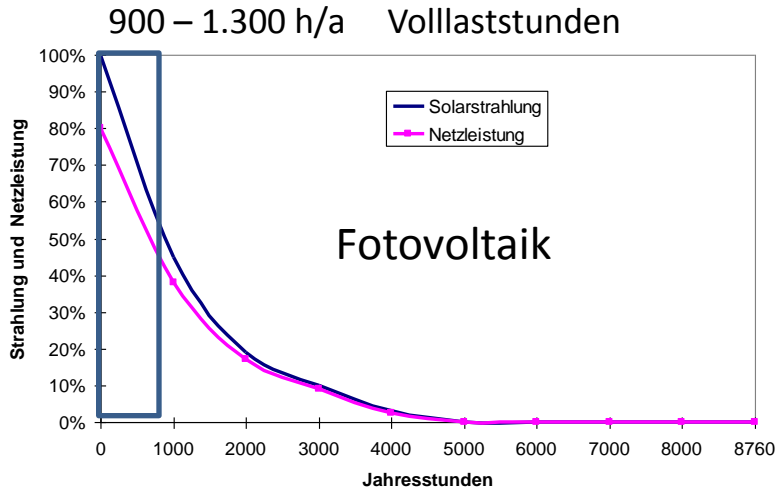


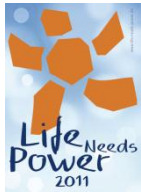
# Lastprofil im Deutschen Netz





# Auswirkung der Erneuerbaren Energien auf die Energiesysteme (Jahresenergie = Installierte Leistung \* Volllaststunden)



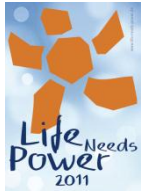


# Zukünftiger Einfluss der regenerativen Energien auf das Übertragungsnetz

Jahresenergie = Anlagenleistung \* Volllaststunden

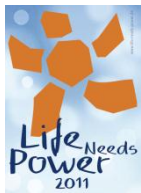
Erneuerbare	Volllaststunden	erforderliche Leistung für 1 GWh pro Jahr	
Wasserkraft	5.000	0,20 MW	<i>Faktor 1</i>
Windenergie	2.000	0,50 MW	<i>Faktor 2,5</i>
Photovoltaik	900	1,11 MW	<i>Faktor 5,6</i>

Der Ausbau der Erneuerbaren Energie braucht relativ höhere Übertragungsleistungen im Netz.

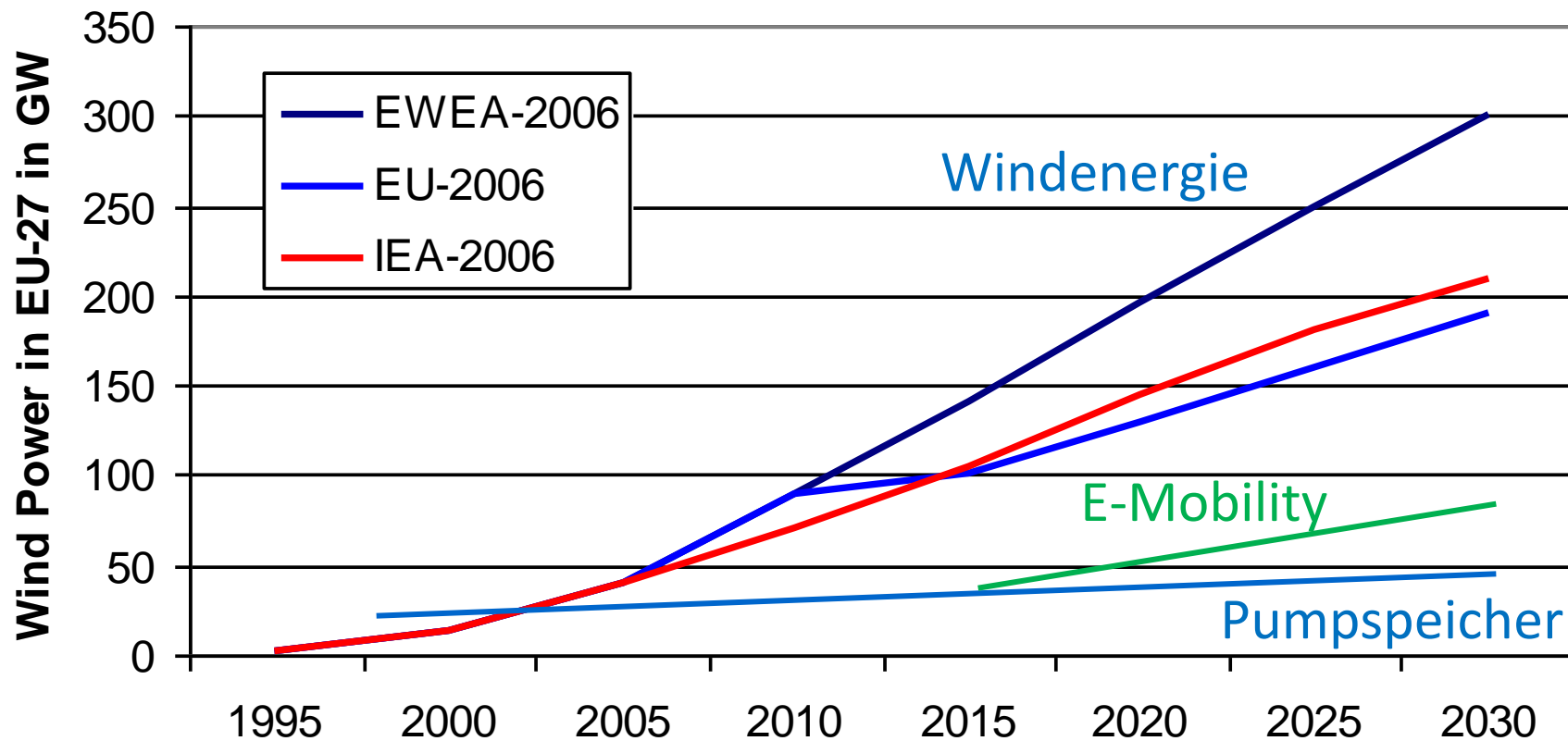


# Auswirkung der EE auf das Energiesystem

- Ausbau der EE mit geringen Volllaststunden führt zu hohem leistungsorientierten Netzbetrieb
- Hohe Übertragungs- und Verteilungskapazitäten
- Geringe Nutzungsdauer (geringe Wirtschaftlichkeit)
- Hoher Bedarf an Energiespeichern
- Starke Leistungsfluktuationen
- Hoher Bedarf an Regel- und Ausgleichsenergie
- Sehr flexibler Einsatz der Kraftwerke erforderlich (EE hat Vorrang vor der thermischen Erzeugung)
- Bedeutung von Grund-, Mittel- und Spitzenlast ?



# Prognose des Ausbaus der Windenergie in EU-27 und des Speicherausbaus





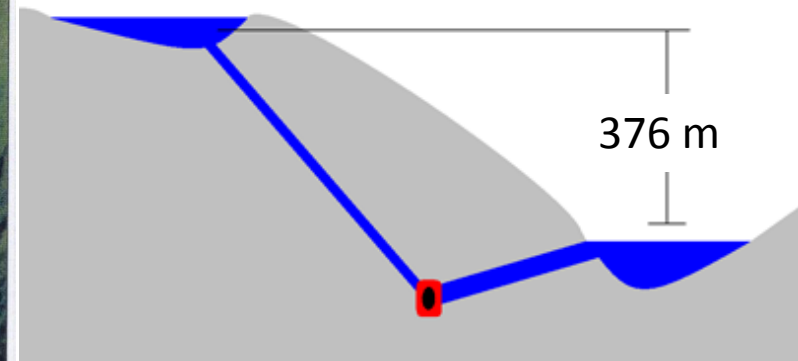
## Kaprun: Limberg II Pumpspeicher

2 x 80 Mio. m<sup>3</sup>

75.000 MWh

Pump-Turbinen 2x240MW

Lade- / Enladezeit:  
150 Stunden

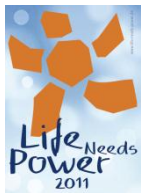


# Goldisthal / Thüringen /e.on

1060 MW, 8 h, 9000 MWh,

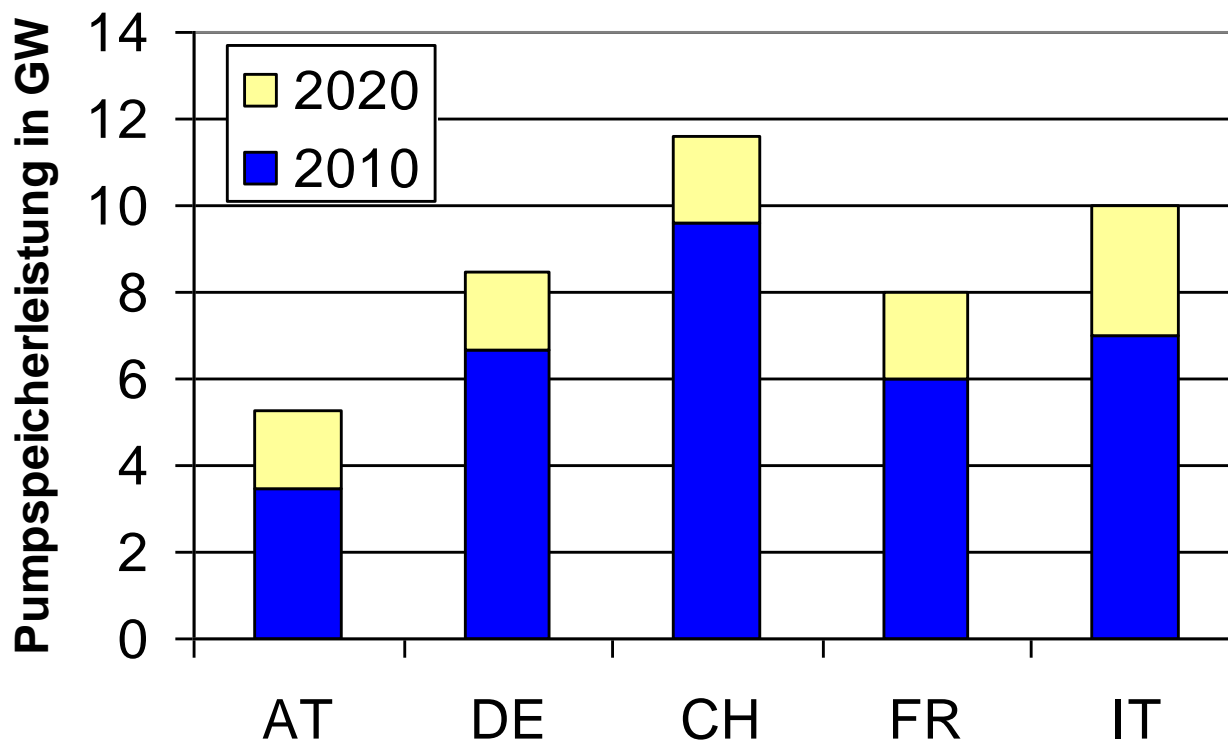
302 m, 12 Mio m<sup>3</sup>



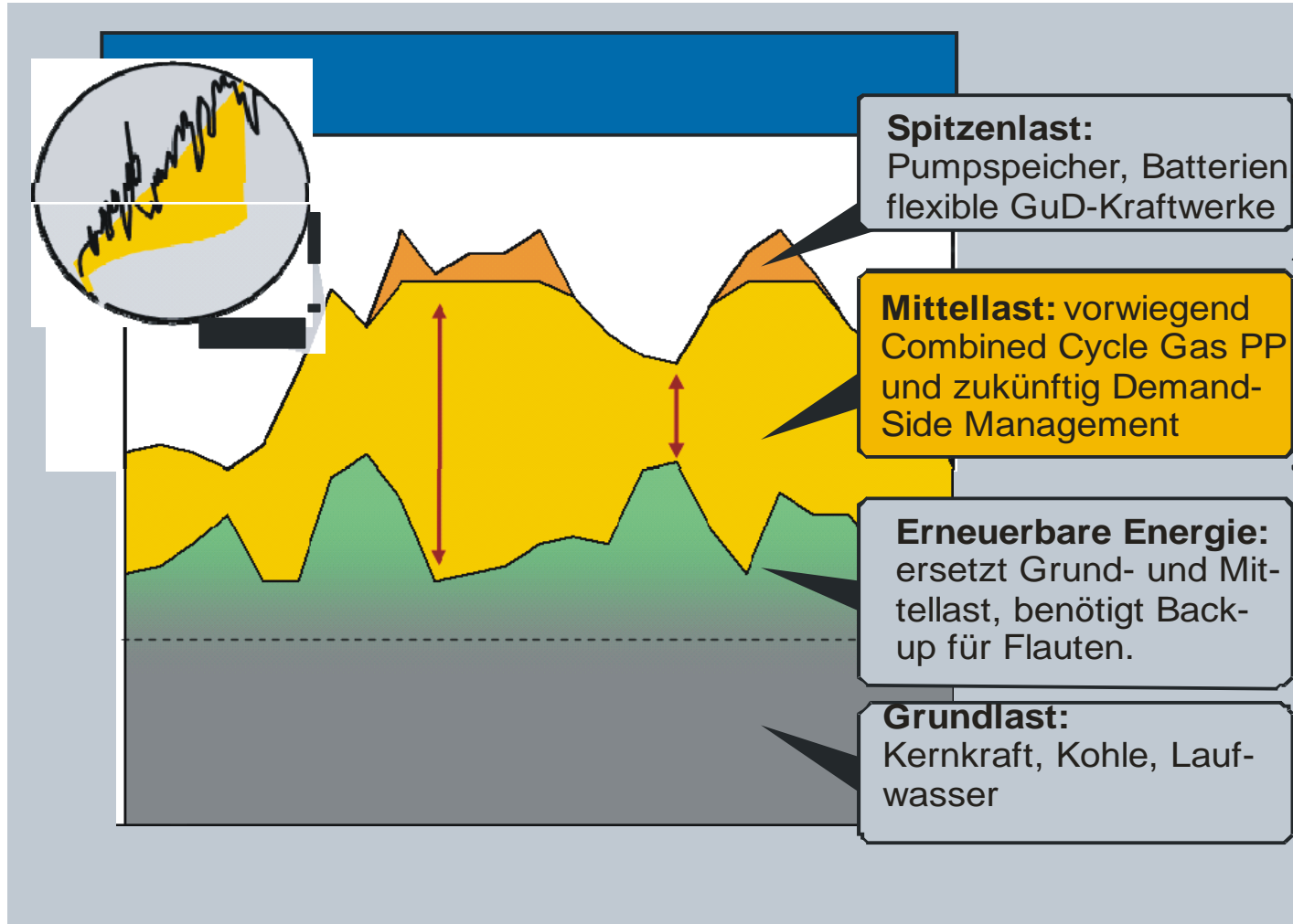


# Pumpspeicherleistung in Mitteleuropa

2010: ca. 35 GW mit ca. 250 GWh  
mittlere Lade- bzw. Entladezeit: 7 h



# Netzbetrieb der Zukunft: EE haben Vorrang



## Kraftwerkseinsatz heute

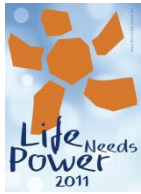
Kraftwerkstyp	Anteil an der installierten Leistung	Volllaststunden h/a	Anteil an der Jahresenergie
Grundlastkraftwerk	50 %	7.500 – 8.400	60 %
Mittellastkraftwerk	40 %	5.000 – 7.000	35 %
Spitzenlastkraftwerk	10 %	1.000 – 2.000	5 %

**Zukunft: Grundlast geringe Einsatzstunden**

**Mittel- und Spitzenlast: wenige Einsatzstunden**

**flexibler Einsatz mit vielen Anfahrvorgängen**

**hohe Lastgradienten**



# Zukünftige Herausforderungen bei überwiegend nachhaltiger Energieversorgung

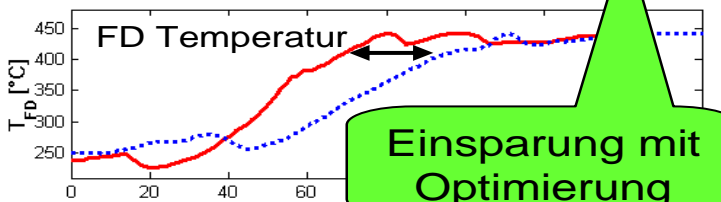
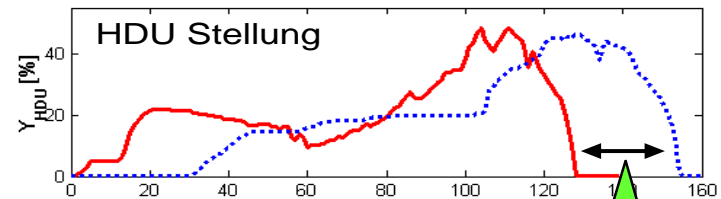
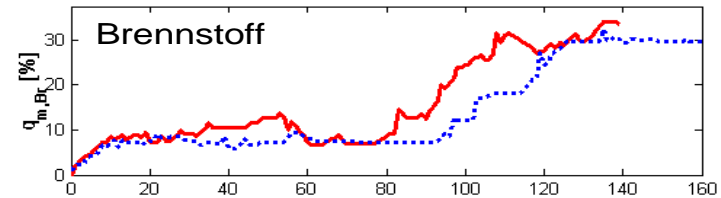
- Speicherkapazität zu gering, insbesondere für längerfristige Perioden ohne Wind- und Sonnenenergie
- Ausbau der Übertragungsleitungen für großflächigen Austausch von EE über Regionen hin kaum adäquat möglich
- Große Erzeugungsgradienten sind möglich im Bereich von 20 bis 30 GW/h
- Flexibilisierung der Erzeugung ist daher notwendig:
  - Beteiligung der EE am Erzeugungsmanagement
  - Hochflexible thermische Kraftwerke, die auch langfristig Erzeugungslücken schließen können bzw. rasch zurückgefahren und wieder angefahren werden können

# Möglichkeiten der Flexibilisierung der thermischen Kraftwerke

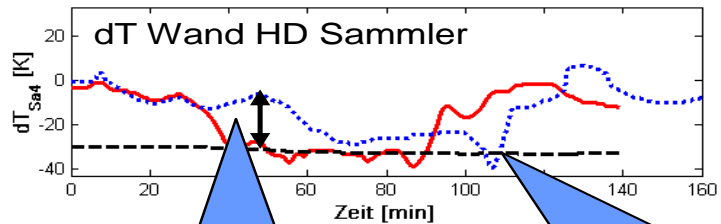


- Mindestlast bis herab zu 25 %
- optimiertes An- und Abfahren
- hohe Leistungsgradienten

# Klassisch – Optimiert



Einsparung mit Optimierung



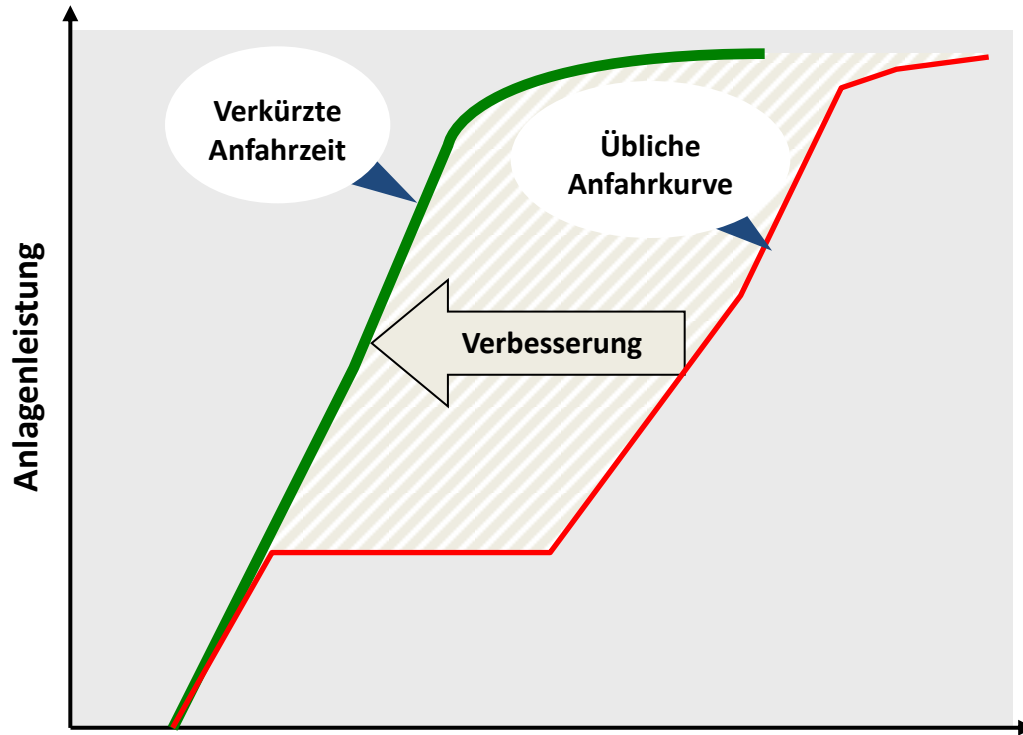
ungenutztes Potential

Auslegungsgrenze

Optimierung bei Kohlekraftwerken

Quelle: ABB

# Verkürzung Anfahrzeiten von GuD-Kraftwerken



## normaler Heißstart

**Brennstoffverbrauch ~340 MWh**  
**mittlerer Wirkungsgrad: ~36%**

## Heißstart "On the Fly"

**Brennstoffverbrauch ~258 MWh**  
**mittlerer Wirkungsgrad ~50%**

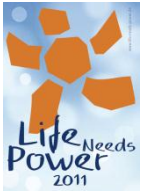
## weitere Vorteile:

**weniger NO<sub>x</sub>**  
**weniger CO**

**optimiertes Zusammenspiel der Kraftwerkskomponenten:**  
**Lieferung aus einer Hand**

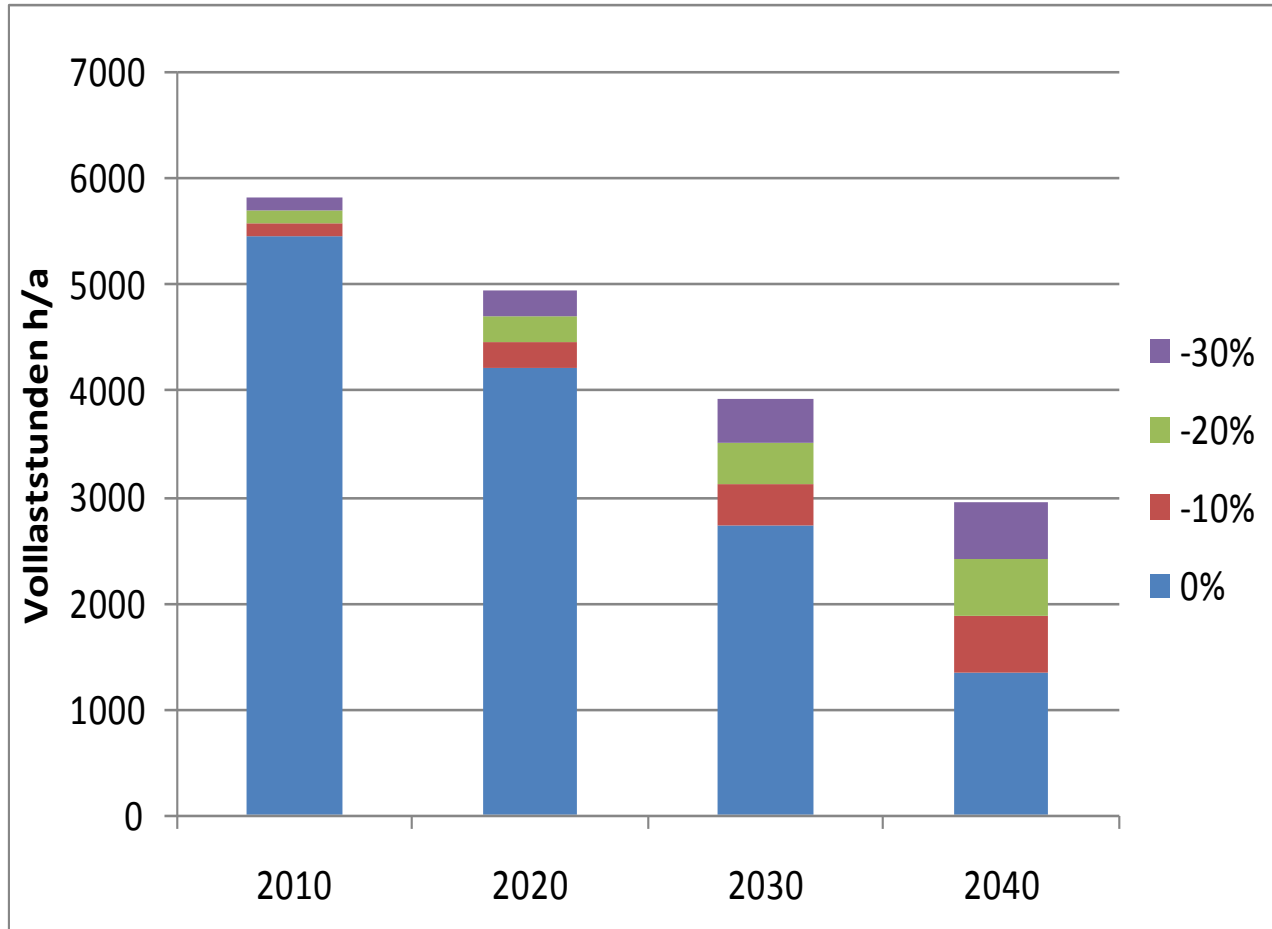
Electricity revenue: 57,1 €/MWh; Gas price: 36,52 €/MWh (LHV); CO<sub>2</sub> tax: n/a €/t; 200 nights per year – all data not guaranteed

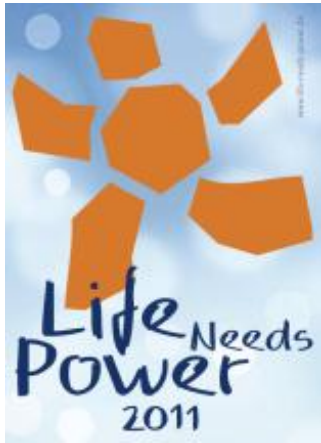
**Einsparpotential mit "Start on the Fly": ~0,5 Mio €/a (bei 200 Hot Starts).**



# Vollaststunden von thermischen Kraftwerken

Parameter: Überschussenergie, die nicht gespeichert und übertragen werden kann.





**Danke für Ihre Aufmerksamkeit !**

**Univ. Prof. Dr. Ing. Günther Brauner**

**TU Wien**

**Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe**

**Gusshausstrasse 25/373**

**1040 Wien**

**Tel.: +43 1 58801 37310**

**e-mail: [guenther.brauner@tuwien.ac.at](mailto:guenther.brauner@tuwien.ac.at)**