



**WACKER** POLYSILICON

# STATUS UND POTENTIAL DER PHOTOVOLTAIK

Ewald Schindlbeck, Oktober 2012

CREATING TOMORROW'S SOLUTIONS

# INHALTE

- Technologie der Photovoltaik
- Entwicklung und Potential der Photovoltaik
- Energiewende & Photovoltaik
- WACKER POLYSILICON

# WELCHES IST DAS GRÖSSTE KRAFTWERK?

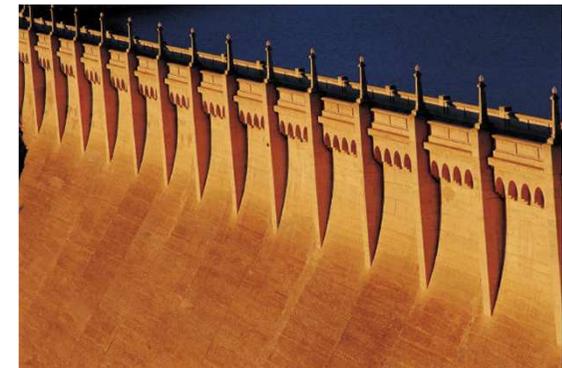
**Kohlekraftwerk**  
**0,5-4 GW**



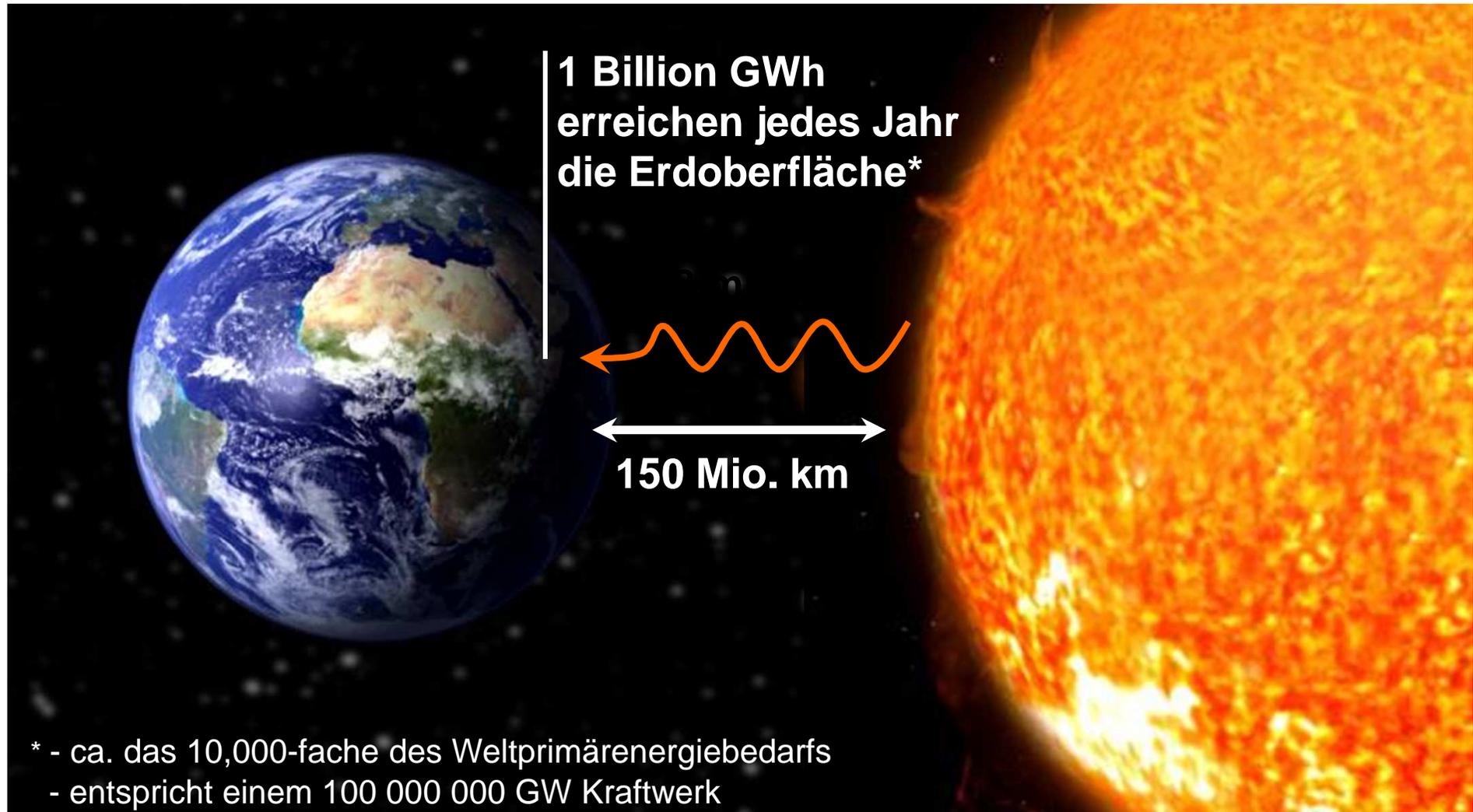
**Kernkraftwerk**  
**2-10 GW**



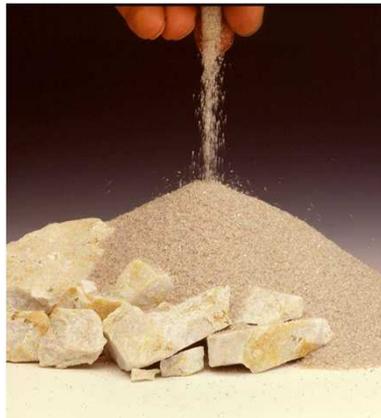
**Wasserkraftwerk**  
**2-20 GW**



# DAS GRÖSSTE KRAFTWERK IST NUR 8 MINUTEN ENTFERNT



# SILICIUM: DAS ZWEITHÄUFIGSTE ELEMENT IN DER ERDKRUSTE



**Quarz (SiO<sub>2</sub>)**



**Silicium-Metall  
(mg-Si)**

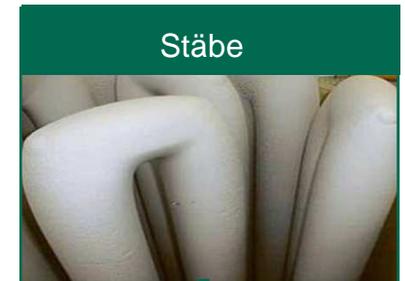
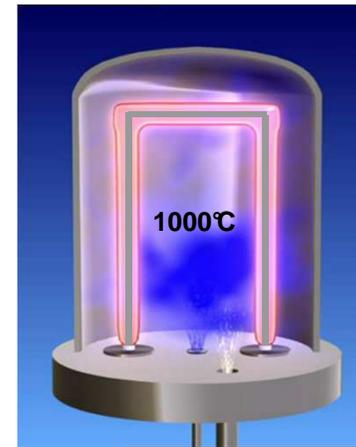
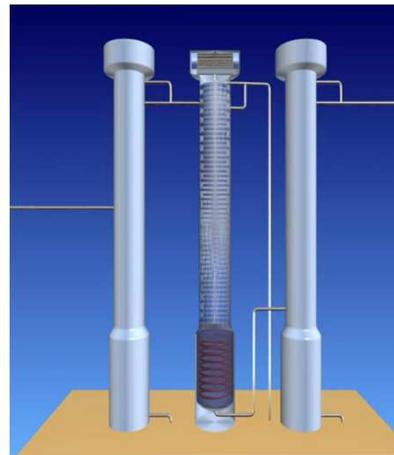
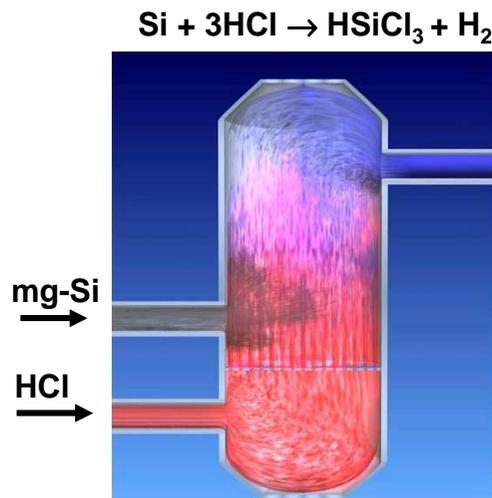
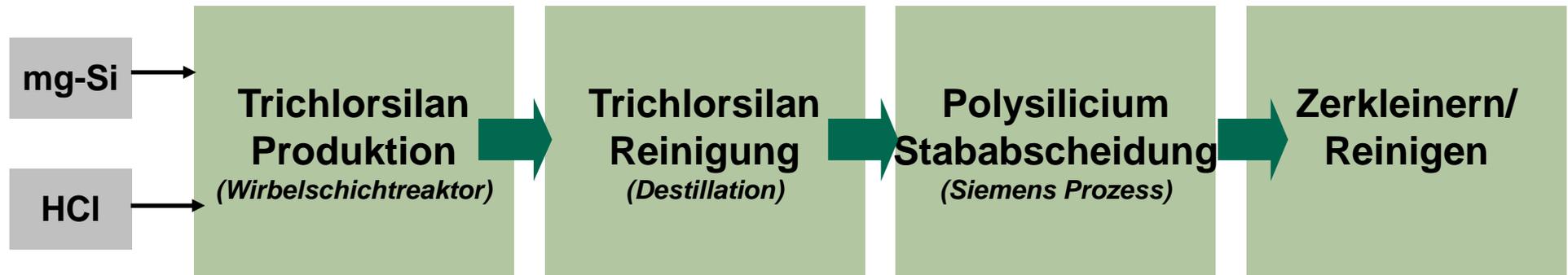


**Polysilicium**

# HOCHREINES SILICIUM IST DER ENTSCHEIDENDE ROHSTOFF DER PHOTOVOLTAIK



# DIE PRODUKTION VON POLYSILICIUM IST EIN VIERSTUFIGER PROZESS

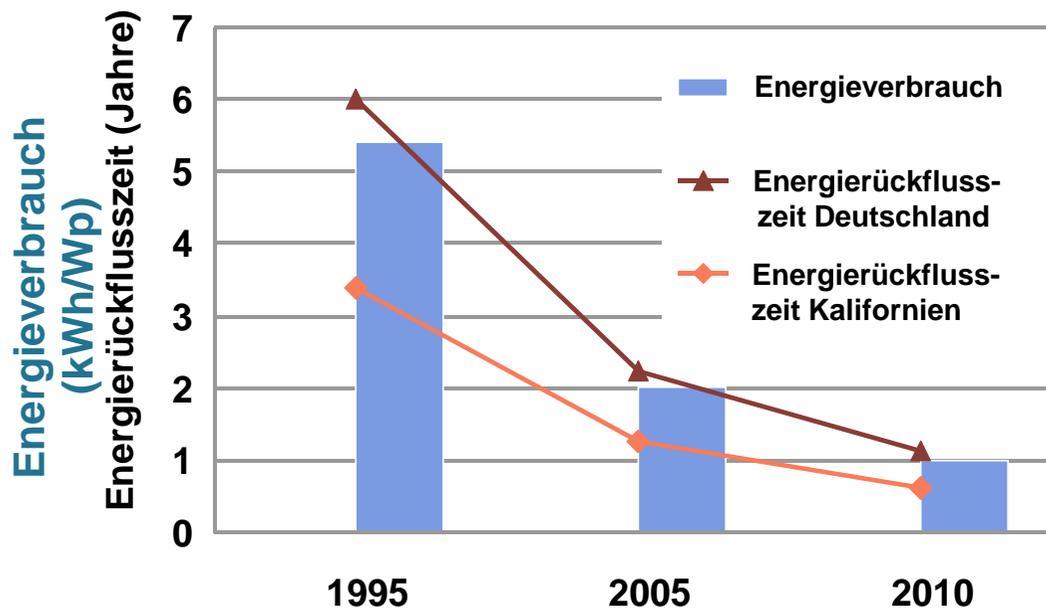


# INHALTE

- Technologie der Photovoltaik
- Entwicklung und Potential der Photovoltaik
- Energiewende & Photovoltaik
- WACKER POLYSILICON

# SIGNIFIKANTE SENKUNG DER ENERGIERÜCKFLUSSZEIT VON KRISTALLINEN SILICIUM PV-MODULEN

## Beispiel: monokristalline Module hergestellt mit Material von WACKER POLYSILICON



% Zell- ausbeute	15	17	20
µm Wafer dicke	450	250	150

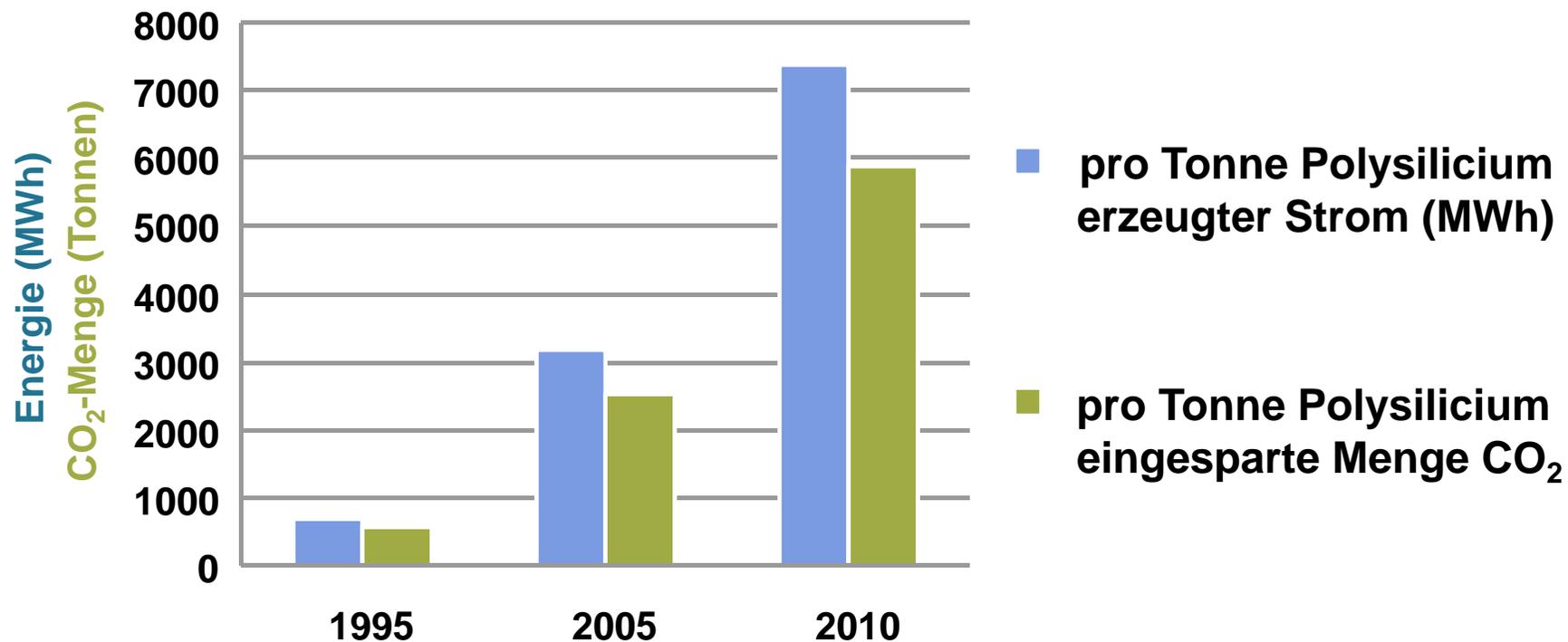
### Hauptbeiträge:

- Reduktion der Scheibendicke
- Steigerung der Zelleffizienz
- Verbesserungen beim Kristallziehen
- Fortschrittliche Abscheidung von Polysilicium

Quellen: Wetzel et al., PVSEC proceedings 2011

# JEDE IN DER PV INDUSTRIE VERWENDETE TONNE POLYSILICIUM SPART SECHSTAUSEND TONNEN AN CO<sub>2</sub>

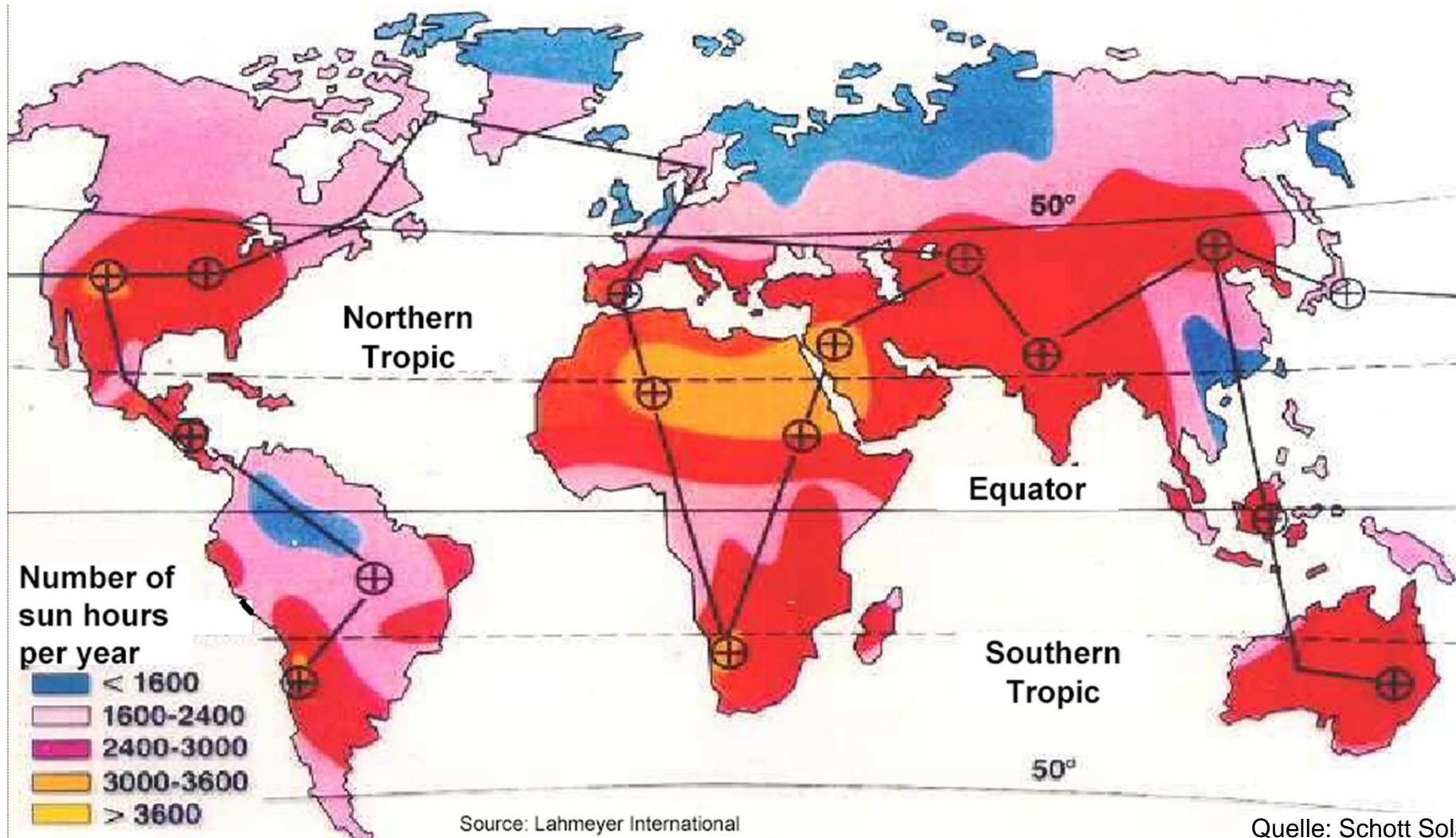
## Nettostromerzeugung und eingesparte CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Tonne Polysilicium über die gesamte Modullebensdauer\*



\* Beispiel: monokristalline Module hergestellt mit Material von WACKER POLYSILICON

Quellen: Wetzel et al., Int. J. Solar Energy (2000)  
Vol. 20, Roadmaps EPIA (2006) and  
BMU (2005)

# GIBT ES EIGENTLICH GENÜGEND PLATZ FÜR PV? JA, EIN ⊕ ENTSPRICHT DER BENÖTIGTEN FLÄCHE DES WELTWEITEN STROMVERBRAUCHS



# PV UND WIND HABEN DIE BESTE FLÄCHENEFFIZIENZ ALLER ERNEUERBAREN ENERGIEQUELLEN

## Flächenverbrauch (MW/ha)

### Annahmen Photovoltaik:

- Silicium-Technologie  
( $\leq 3$  ha/MWp)
- Freifläche in Süddeutschland  
→  $>35$  GWh/km<sup>2</sup>

### Annahmen Wind:

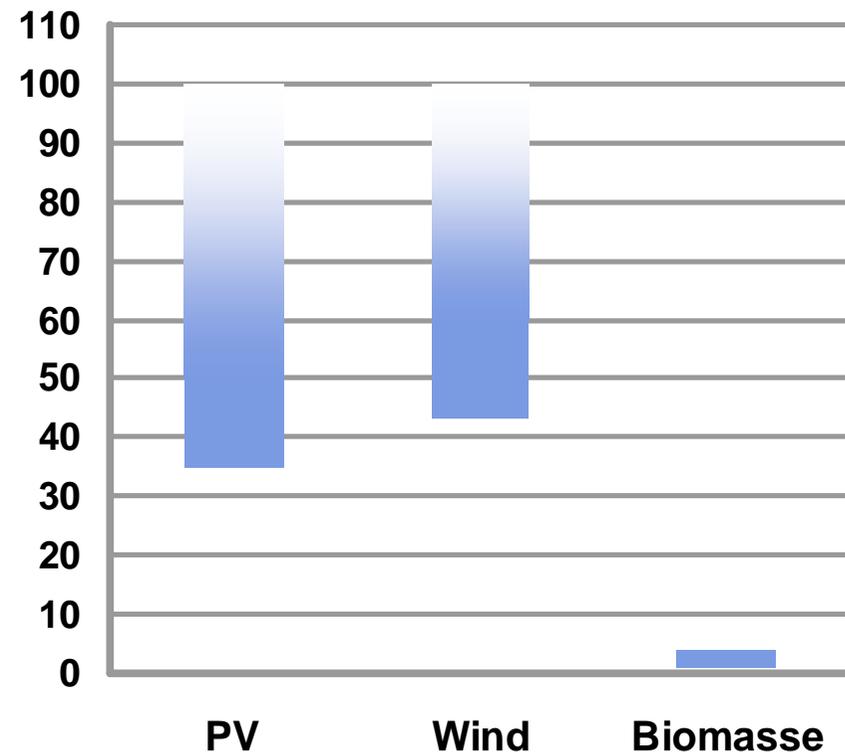
- Flächenbedarf  $\leq 7$  ha pro MWp
- 3.000 Betriebsstunden pro  
Jahr  
→  $>45$  GWh/km<sup>2</sup>

### Annahmen Biomasse:

- Abhängig von Bodenart,  
Produkt und Biomasseertrag

→  $\ll 10$  GWh/km<sup>2</sup>

## Flächeneffizienz (GWh/km<sup>2</sup>)



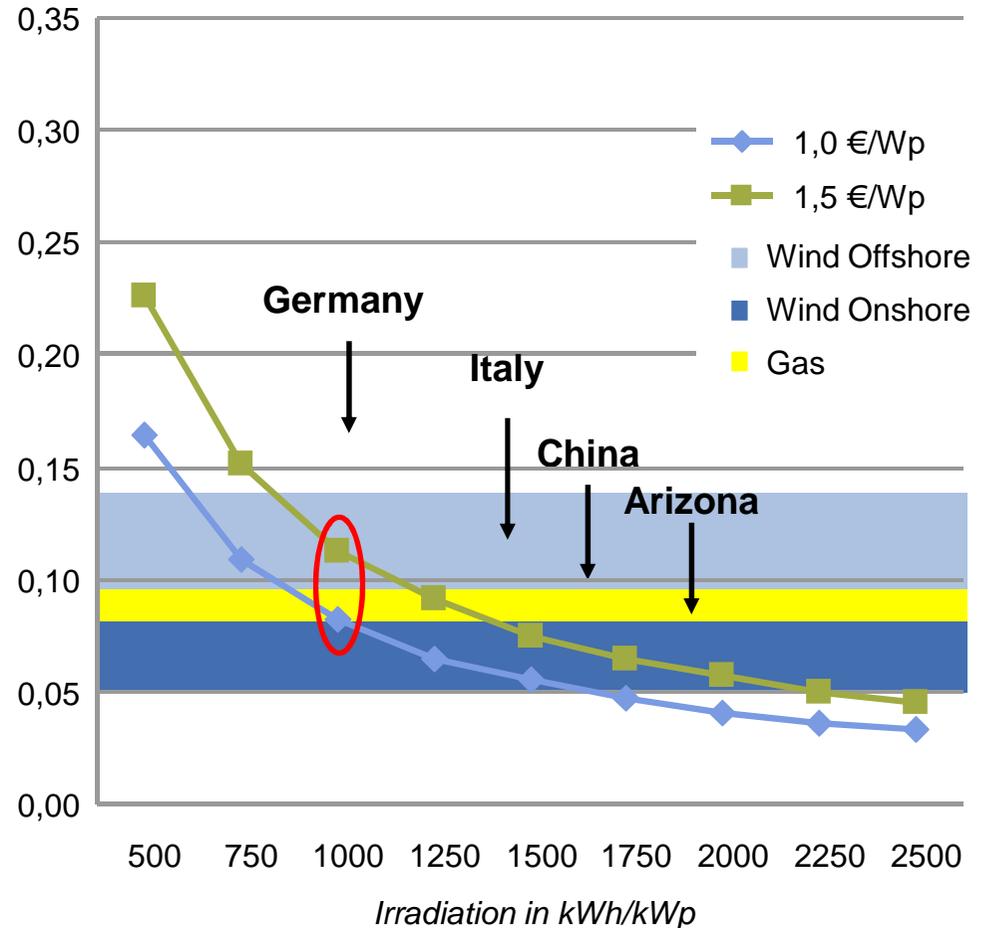
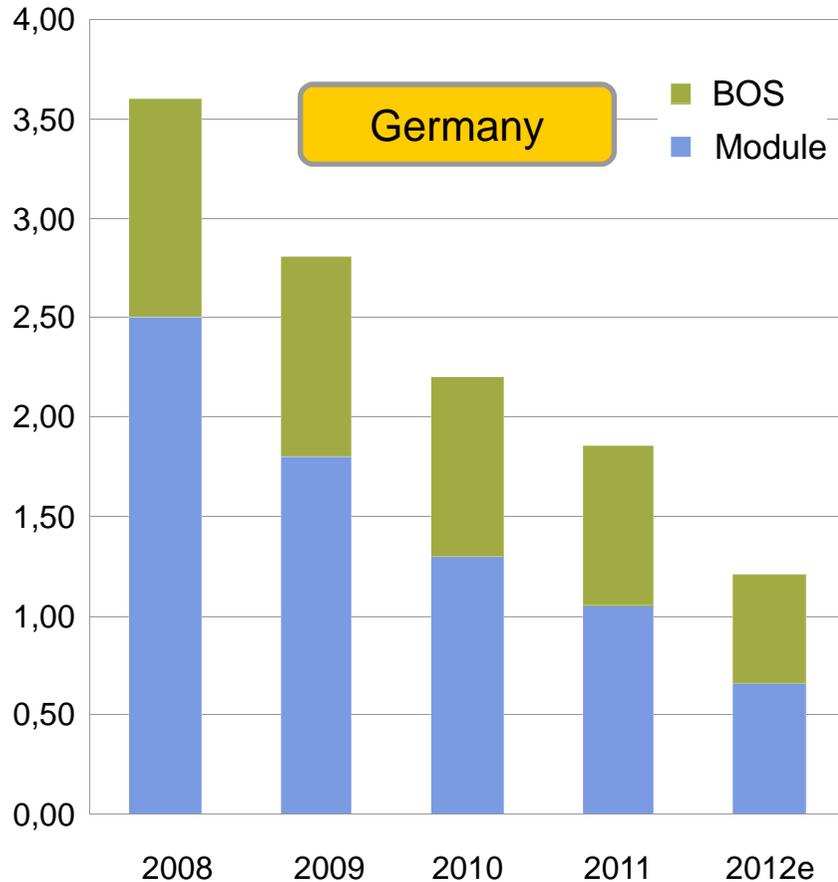
Quellen: BMU, BWE, Enercon, Enertrag

# STROMGESTEHUNGSKOSTEN DER PHOTOVOLTAIK ERREICHEN IN 2 BIS 3 JAHREN DAS NIVEAU VON ONSHORE-WIND UND GAS-KRAFTWERKEN

## PV System Preis-Entwicklung\* (€/Wp) und LCOE\*\* (€/kWh, 30 Jahre Lebensdauer)

\*Freifläche in Deutschland

\*\*Levelized Cost of Electricity



Sources: market surveys, industry announcements, WACKER estimates

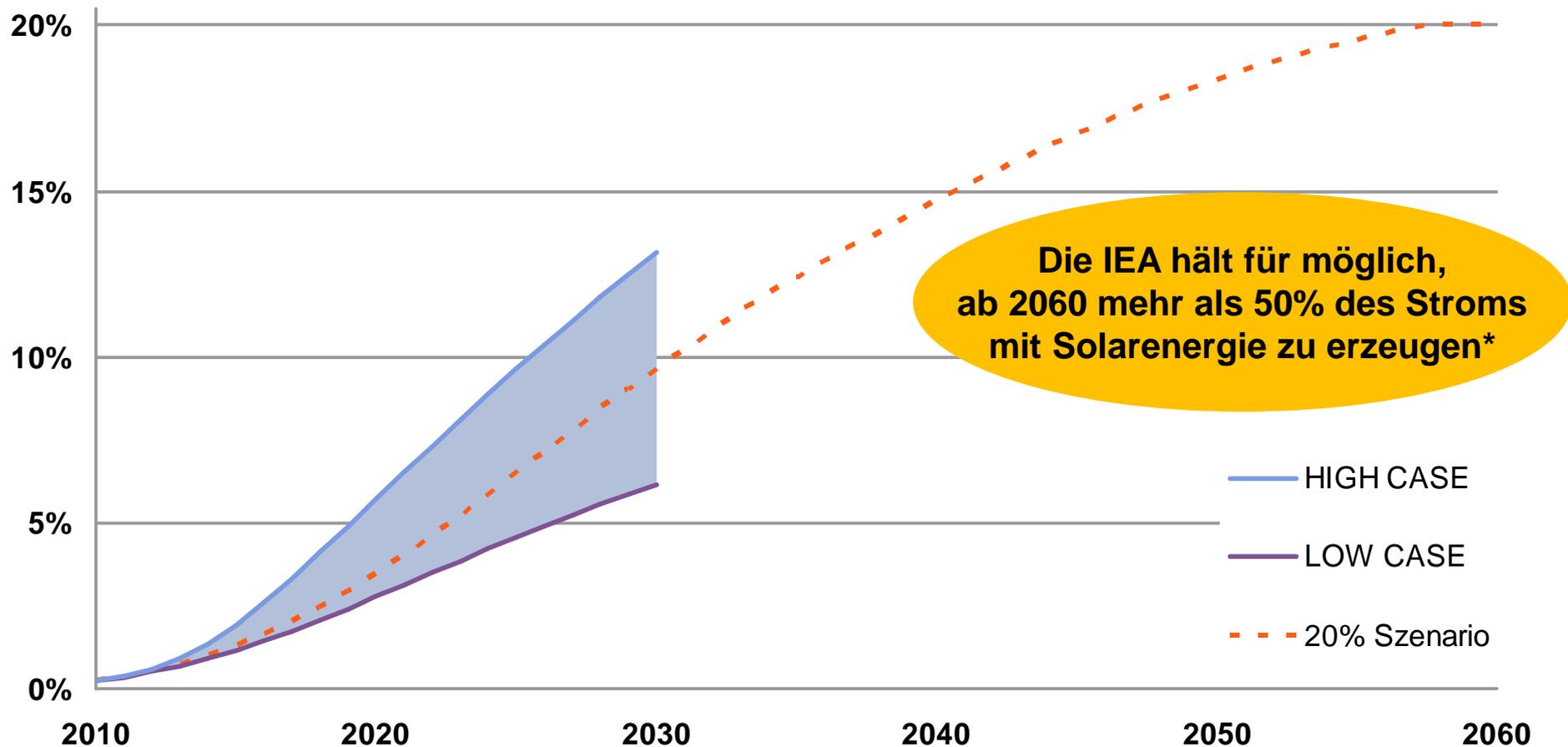
# FALLENDE SYSTEMPREISE ERÖFFNEN DIE CHANCE FÜR NEUE PV MÄRKTE

Country	New Installations (MW)				CAGR 09-12
	2009	2010	2011	2012e	
France	300	700	1,700	1,600 - 1,800	75-80%
Germany	3,800	7,400	7,500	6,500 - 7,500	20-25%
Italy	700	4,000	7,000 - 7,500	3,000 - 3,500	60-70%
Rest of Europe	1,100	2,600	3,300	3,800 - 4,300	50-60%
Australia	100	400	800	1,000 - 1,200	115-130%
China	200	700	2,500	4,000 - 5,500	170-200%
India	50	150	400	1,200 - 1,800	190-230%
Japan	500	1,000	1,300	2,200 - 2,700	65-75%
USA	500	900	1,900	3,500 - 4,500	90-110%
Rest of World	300	500	1,300	2,800 - 3,200	120-130%
<b>TOTAL</b>	<b>7.5 GW</b>	<b>~18 GW</b>	<b>~28 GW</b>	<b>~30 - 35 GW</b>	<b>60-70%</b>

Source: EPIA 05/2010 and 02/2012, industry news, WACKER estimate

# PHOTOVOLTAIK HAT DAS POTENTIAL UM MINDESTENS 20 % DES WELTWEITEN STROMBEDARFES ZU DECKEN

## Photovoltaik-Anteil am globalen Strombedarf (%)



Quelle: WACKER-Analyse  
\* IEA interview, Photon 08/2011

- Extrem lange Lebensdauer (>30 Jahre) mit äußerst geringem Wartungsaufwand
- Rasantester Kostenverfall aller Energieformen
- Niedrigste Betriebskosten aller bestehenden Energiearten
- Skaleneffekte entstehen in der Produktion der Komponenten, nicht im Betrieb → Deshalb sind auch kleine dezentrale Systeme wirtschaftlich.
- Keine Geräusentwicklung
- Höchste Flächeneffizienz aller Erneuerbaren Energien zusammen mit Wind

- Kann dezentral in Siedlungen und Industriegebieten montiert werden, also direkt dort, wo die Leistung benötigt wird → dadurch geringere Investitionen in Höchstspannungsnetze
- Solar- und Windenergie sind naturgemäß volatil → Schwankungen müssen kompensiert werden:
  - mittelfristig durch Regelung der konventionellen Kraftwerke und der steuerbaren Erneuerbaren Energien (Wasser, Biogas)
  - langfristig durch (i) überregionalen Ausgleich  
(ii) Speichertechnologien

# PHOTOVOLTAIK IST FESTER BESTANDTEIL DER KÜNFTIGEN ENERGIEVERSORGUNG

## Industrieller Ausblick

- Starkes Wachstum des PV-Marktes erwartet auf Grund der weiterhin deutlich fallenden Produktionskosten
- Kristalline Silicium-Technologie mit klarem Wettbewerbsvorteil
- Qualitativ hochwertiges Polysilicium als entscheidender Faktor für hohe Prozess- und Systemausbeuten
- Wirkungsgrade von über 20% auf Modul-Basis als mittelfristiges Ziel um die politische und ökonomische Akzeptanz der PV sicherzustellen
- Stromgestehungskosten  $\leq 8$  €cent/kWh in 2 – 3 Jahren

# INHALTE

- Technologie der Photovoltaik
- Entwicklung und Potential der Photovoltaik
- Energiewende & Photovoltaik
- WACKER POLYSILICON

# WAS BEDEUTET ENERGIEWENDE?

- Ersatz für stillgelegte Atomkraftwerke
- Versorgungssicherheit
- Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses
- Wettbewerbsfähige Stromtarife

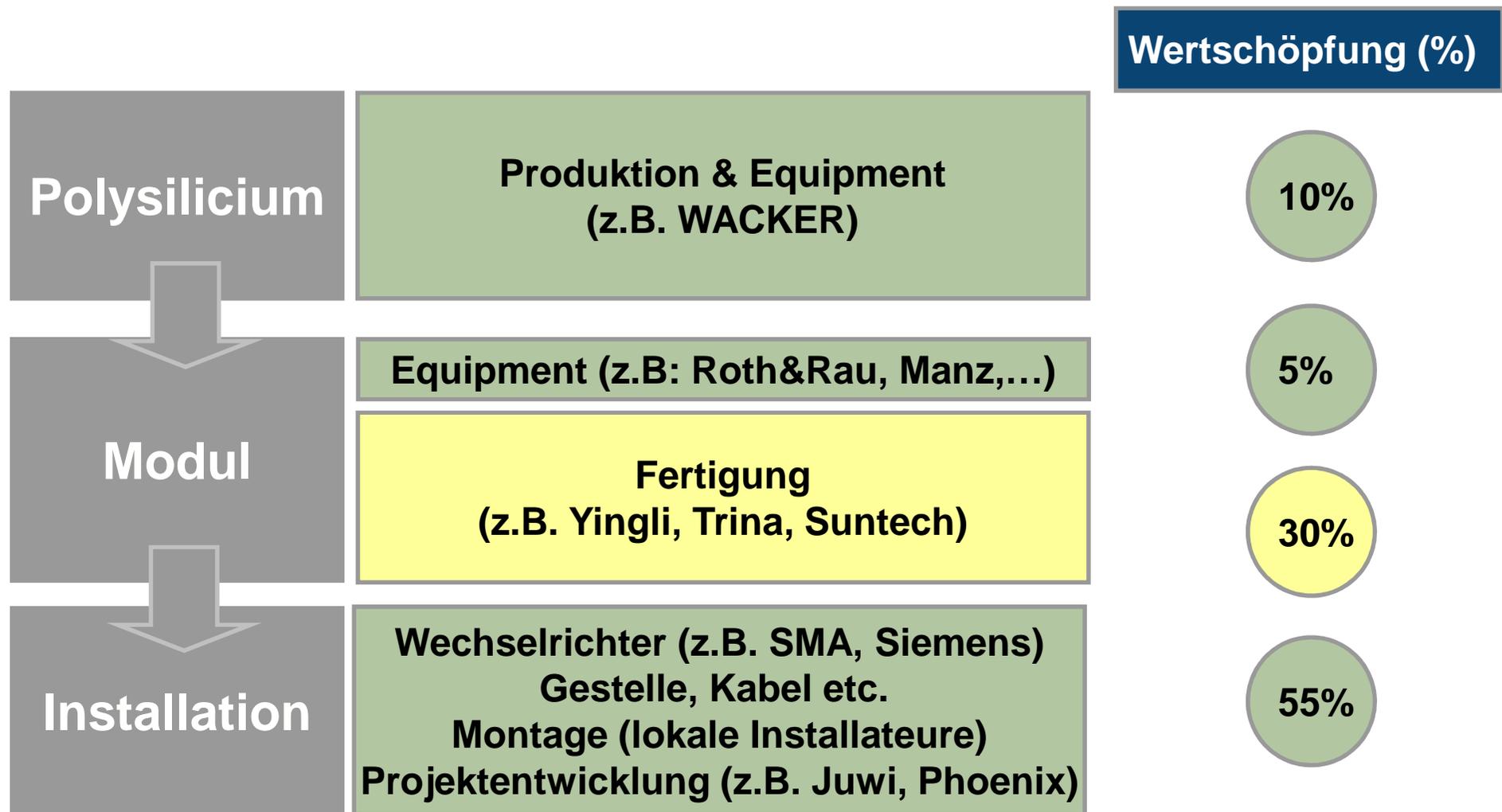
Was ist zu tun:

- ***Netzausbau (Verteilnetze vs. Übertragungsnetze)***
- ***Entwicklung von Stromspeichern***
- ***Schaffung eines neues Strommarktmodelles***

# SPEICHERMÖGLICHKEITEN FÜR VOLATILE REGENERATIVE ENERGIEN STEHEN TECHNISCH (BALD) ZUR VERFÜGUNG

- Flexible (überregionale) Stromnetze
- Pumpspeicherkraftwerke
- Druckluftspeicher
- Elektrolyse-Wasserstoff für
  - die Einspeisung ins Erdgasnetz
  - die Erzeugung von Methan aus CO<sub>2</sub>
  - den Betrieb von Brennstoffzellen
- Wasserboiler / Wärmepumpen mit EE-Überschuss-Strom
- Akkus für dezentrale Anwendungen (u.a. Haushalt, E-Mobile)

# BIS ZU 70% EUROPÄISCHE WERTSCHÖPFUNG SELBST BEI VERWENDUNG CHINESISCHER MODULE

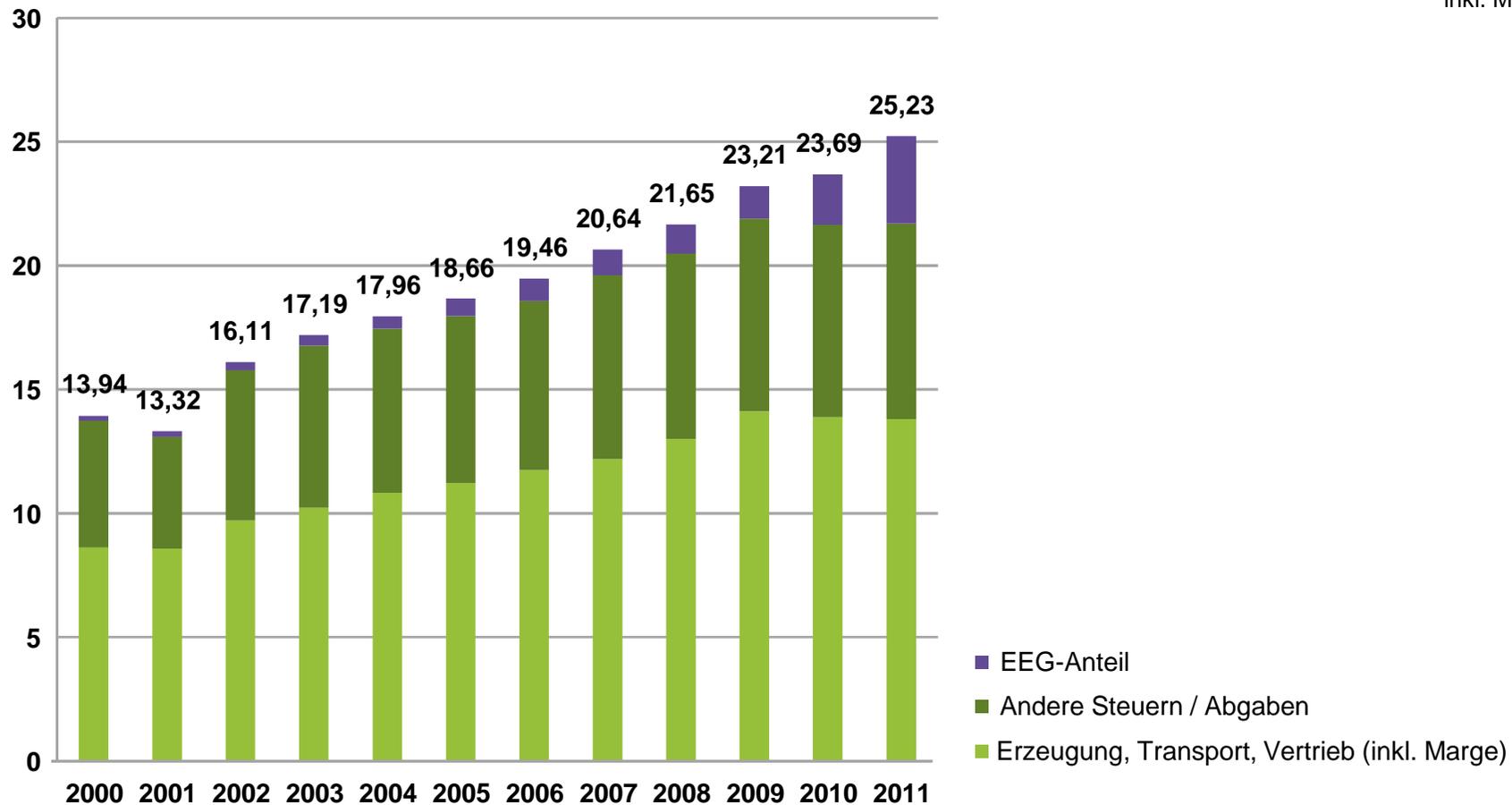


■ Deutschland  
■ China

# NUR EIN KLEINER TEIL DES ANSTIEGS DER STROMPREISE GEHT ZU LASTEN DER ERNEUERBAREN ENERGIEN

## Strompreisentwicklung\* für Privatkunden in €Ct/kWh

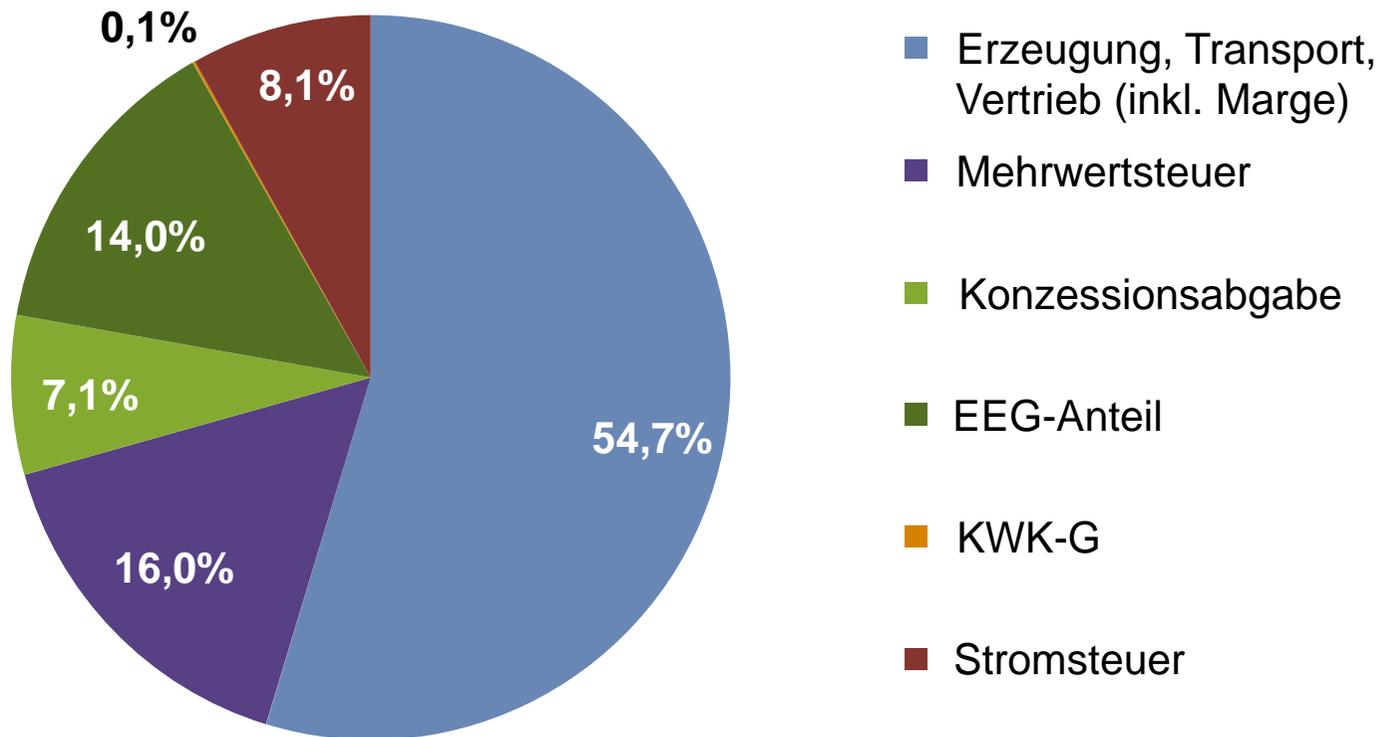
\*inkl. Mehrwertsteuer



Quelle: BDEW

# DEUTSCHLAND: NAHEZU DIE HÄLFTE DES STROMPREISES FÜR PRIVATKUNDEN ENTFÄLLT AUF STEUERN UND ABGABEN

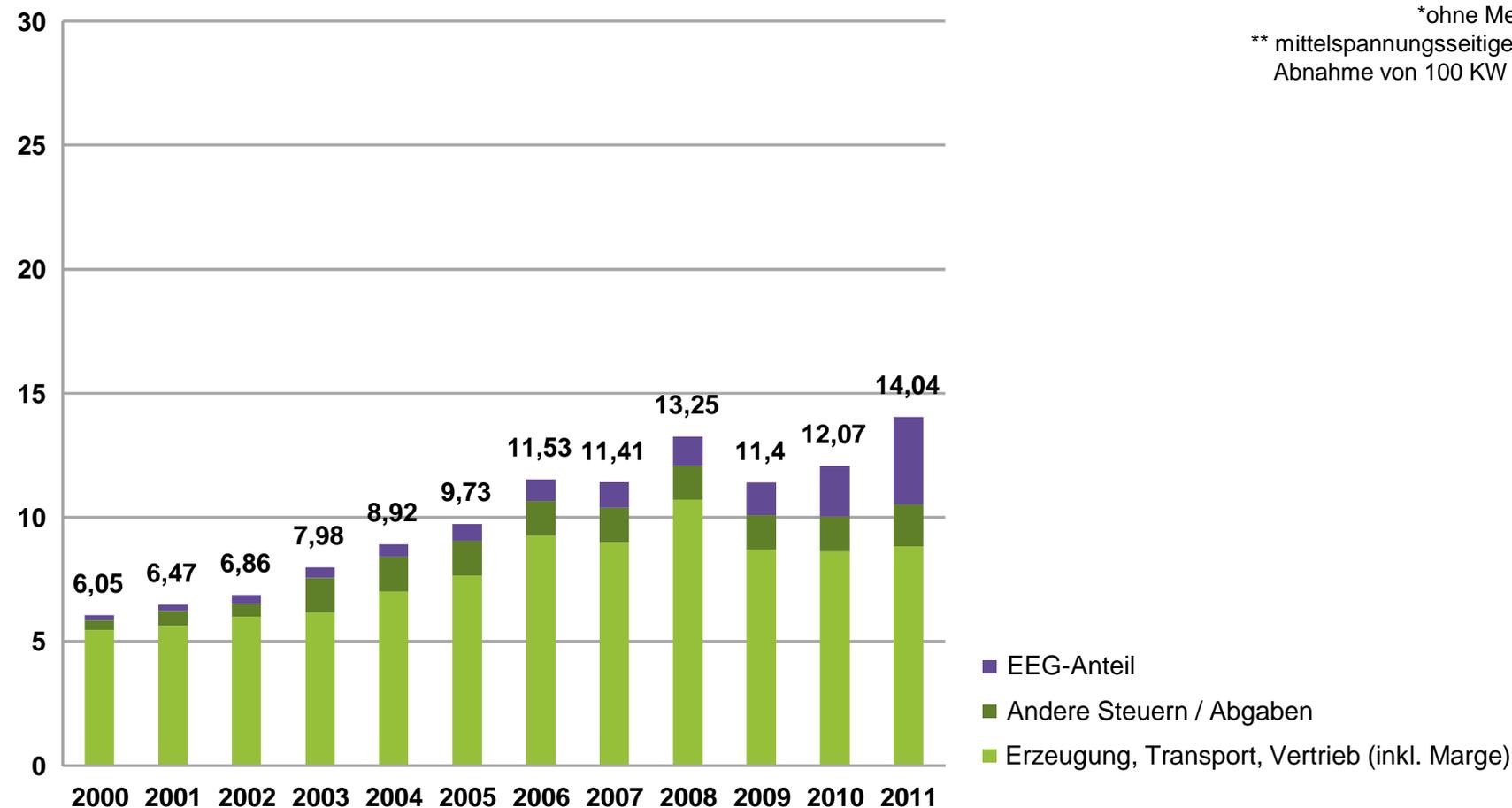
## Zusammensetzung des Strompreises für Privatkunden in 2011 (%)



Quelle: BDEW

# GROSSBETRIEBE KÖNNEN STROM DURCH REDUZIERTE ABGABEN HÄUFIG DEUTLICH GÜNSTIGER EINKAUFEN

## Strompreisentwicklung\* für Industriekunden\*\* in €/kWh



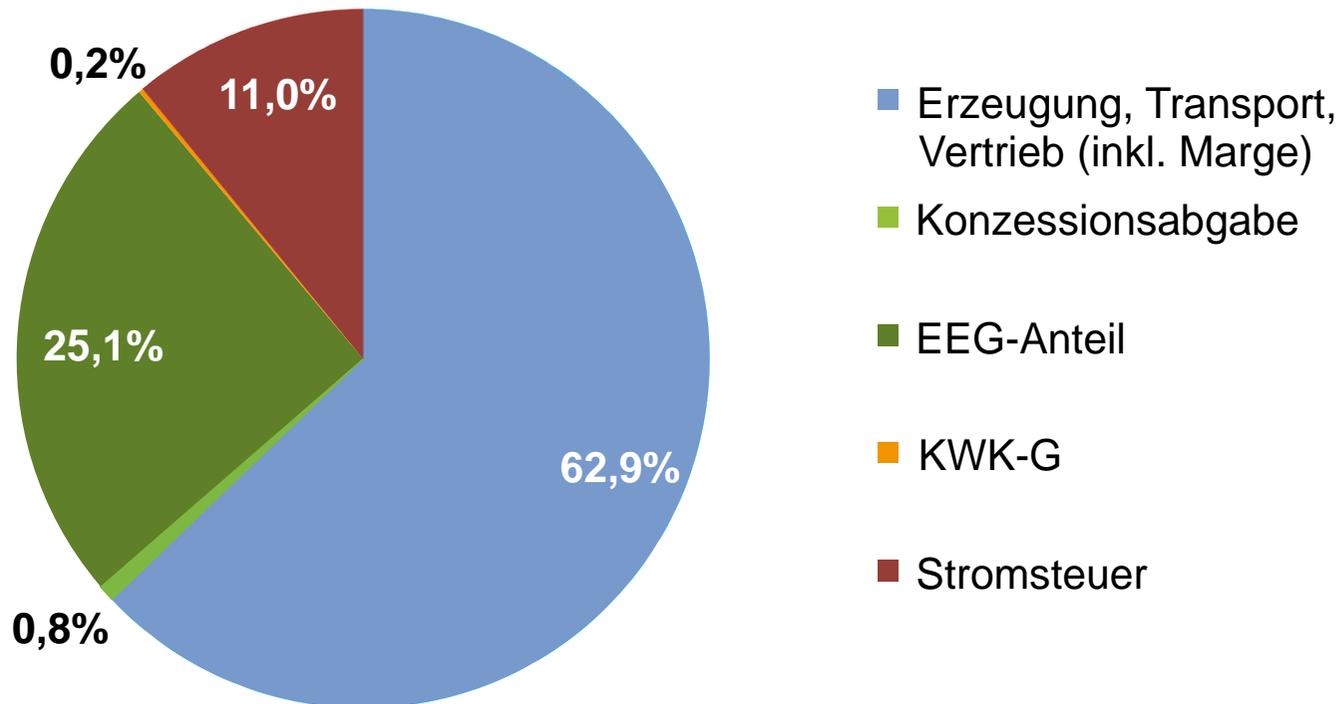
\*ohne Mehrwertsteuer  
 \*\* mittlungsseitige Versorgung, Abnahme von 100 KW bis 4000 KW

Quelle: BDEW

# DEUTSCHLAND: AUCH INDUSTRIEKUNDEN MÜSSEN HOHE ABGABEN UND STEUERN BEZAHLEN

## Zusammensetzung des Strompreises\* für Industriekunden\*\* in 2011 (%)

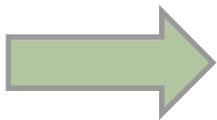
\*ohne Mehrwertsteuer  
\*\* mittelspannungsseitige Versorgung,  
Abnahme von 100 KW bis 4000 KW



Quelle: BDEW

# DAS AKTUELLE STROMMARKTMODELL IST FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN NICHT GEEIGNET

- Merit Order Effekt führt zeitweise zu negativen Strompreisen auf Grund der sehr niedrigen variablen Produktionskosten der Erneuerbaren Energien Wind und Sonne
- Kein Investitionsanreiz für Regelenergie, Reservekapazität und flexible Stromnetze
- Berechnungsmethode der EEG-Umlage führt zu unnötigen Zusatzkosten



Wirtschaftlicher Umbau des Strommarktmodells ist möglich, da in Summe die Wertschöpfung des Strommarktes ausreicht, eine effiziente wettbewerbsfähige Stromversorgung zu gewährleisten.

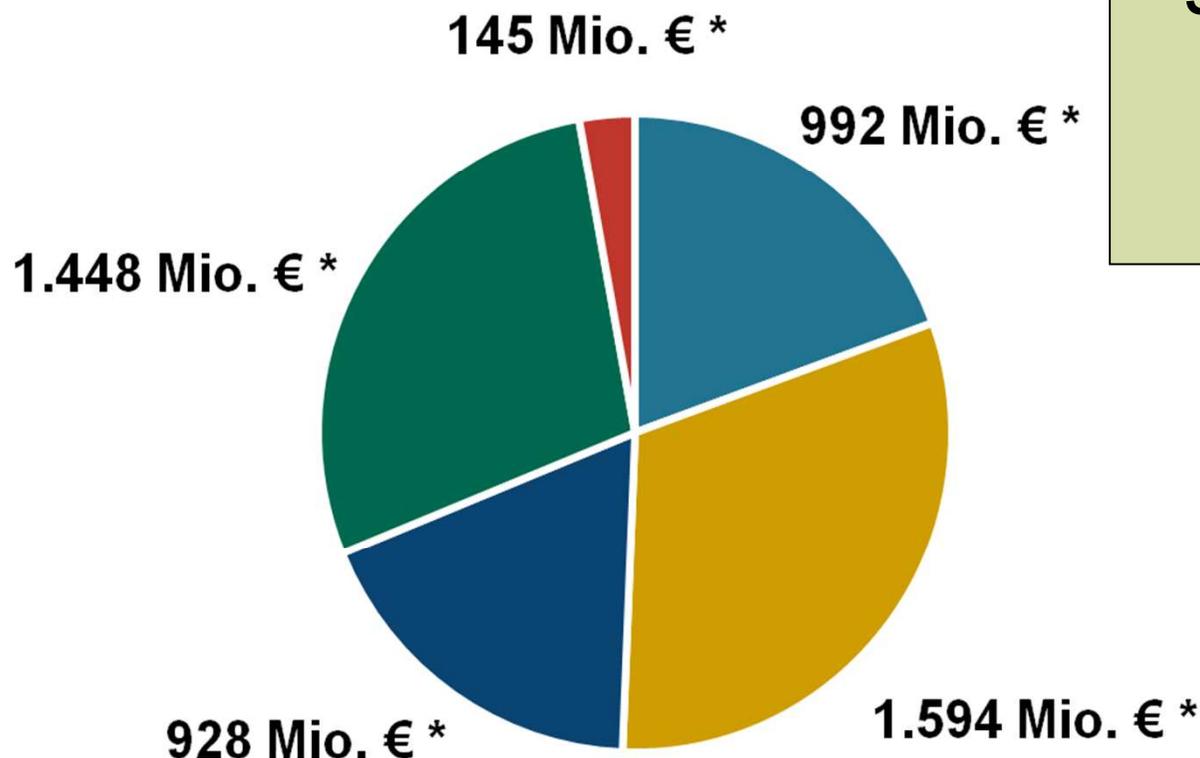
# INHALTE

- Technologie der Photovoltaik
- Entwicklung und Potential der Photovoltaik
- Energiewende & Photovoltaik
- **WACKER POLYSILICON**

# WACKER CHEMIE AG: AUSGEWOGENES GESCHÄFTS-PORTFOLIO IN FÜNF GESCHÄFTSBEREICHEN

Konzernumsatz 2011: 4.910 Mio. €

**Stromverbrauch WACKER  
in Deutschland:  
~ 3 200 GWh/Jahr  
(= 0,5 % Deutschland)**

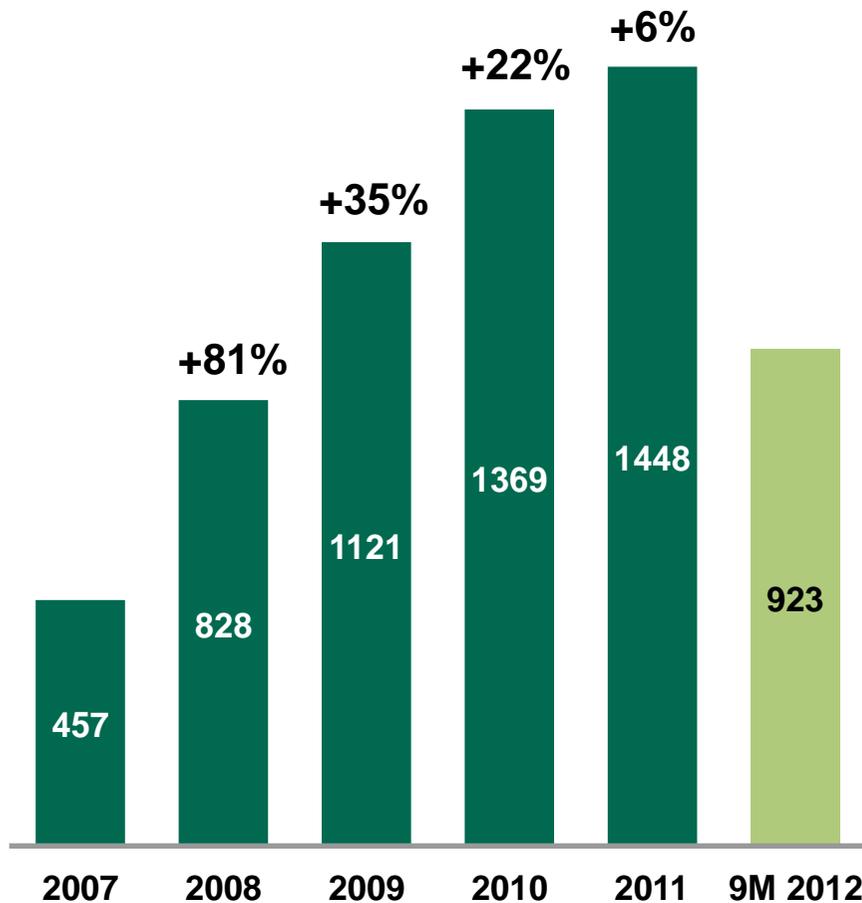


- SILTRONIC
- WACKER SILICONES
- WACKER POLYMERS
- WACKER POLYSILICON
- WACKER BIOSOLUTIONS

\* einschließlich Inneumsatz

# WACKER POLYSILICON: STARKES WACHSTUM DURCH PHOTOVOLTAIK

Umsatz WACKER POLYSILICON in Mio. €

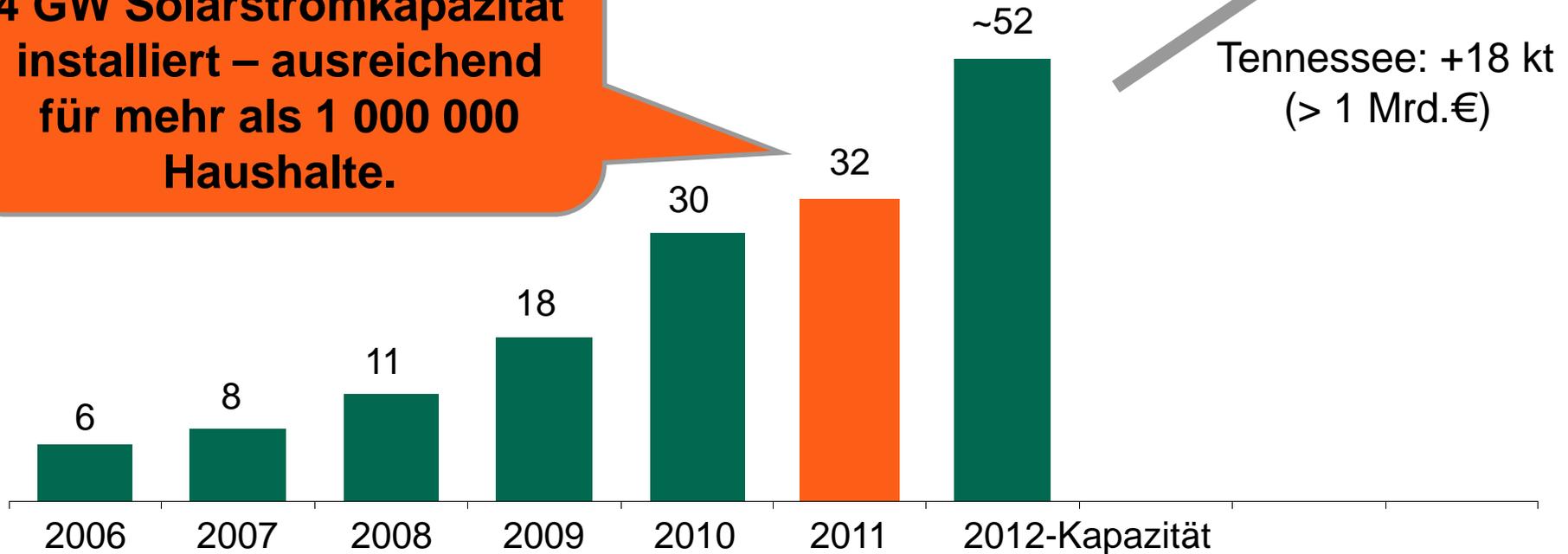


- Umsatz 2011: ~1.45 Mrd €
- Investitionen in D seit 2006: ~ 2 Mrd €
- Produktions-Standorte:
  - Burghausen (D)
  - Nünchritz (D)
  - Charleston (TN, USA)
  -
- Beschäftigte: 2 348 (Stand: 30.09.2012)

# WACKER HAT DIE POLYSILICIUM-PRODUKTION IN DEN LETZTEN JAHREN AUF ÜBER 50.000 TONNEN AUSGEBAUT

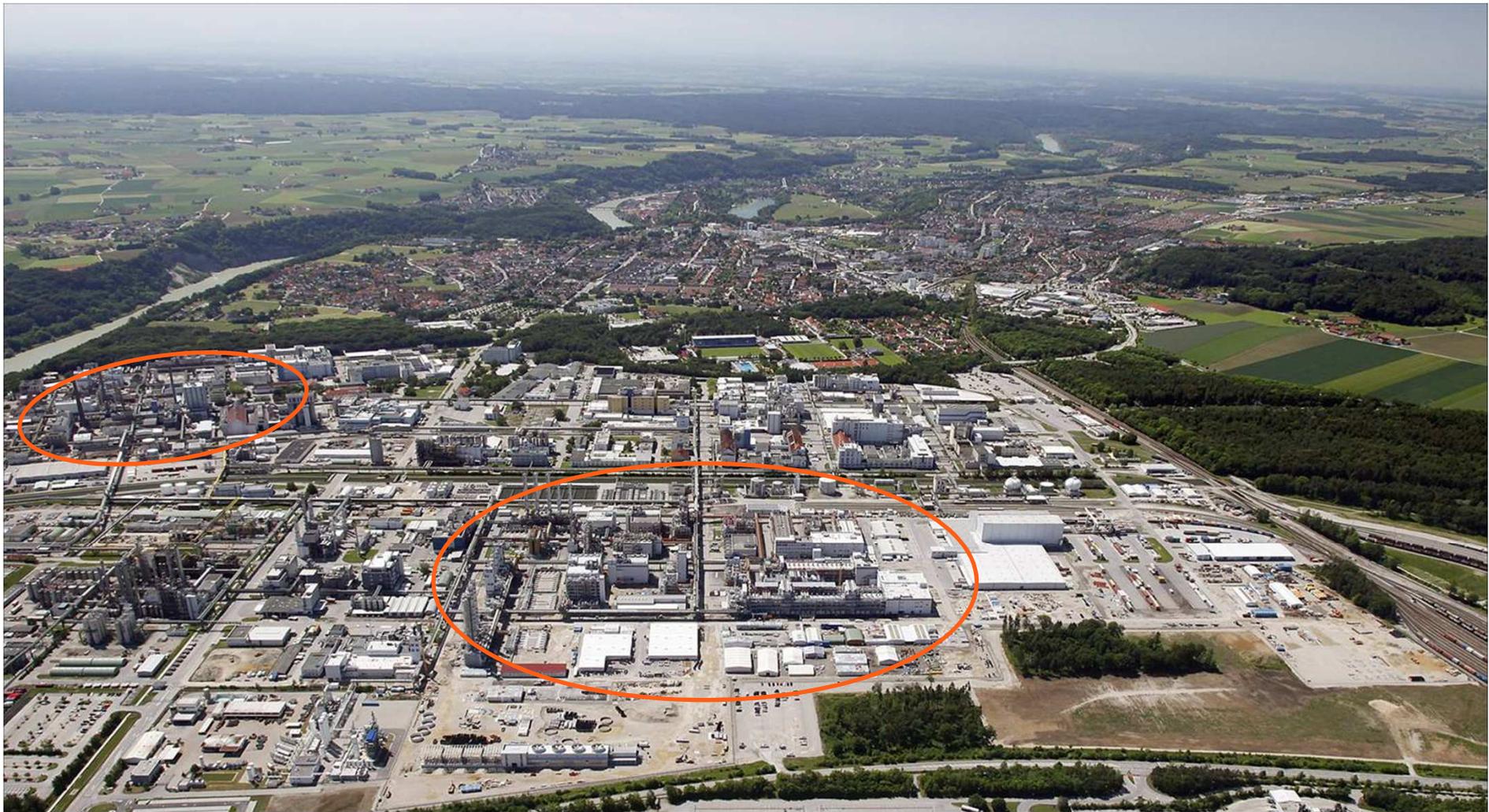
Absatz / Kapazität Polysilicium (kt/Jahr)

Damit wurden mehr als 4 GW Solarstromkapazität installiert – ausreichend für mehr als 1 000 000 Haushalte.

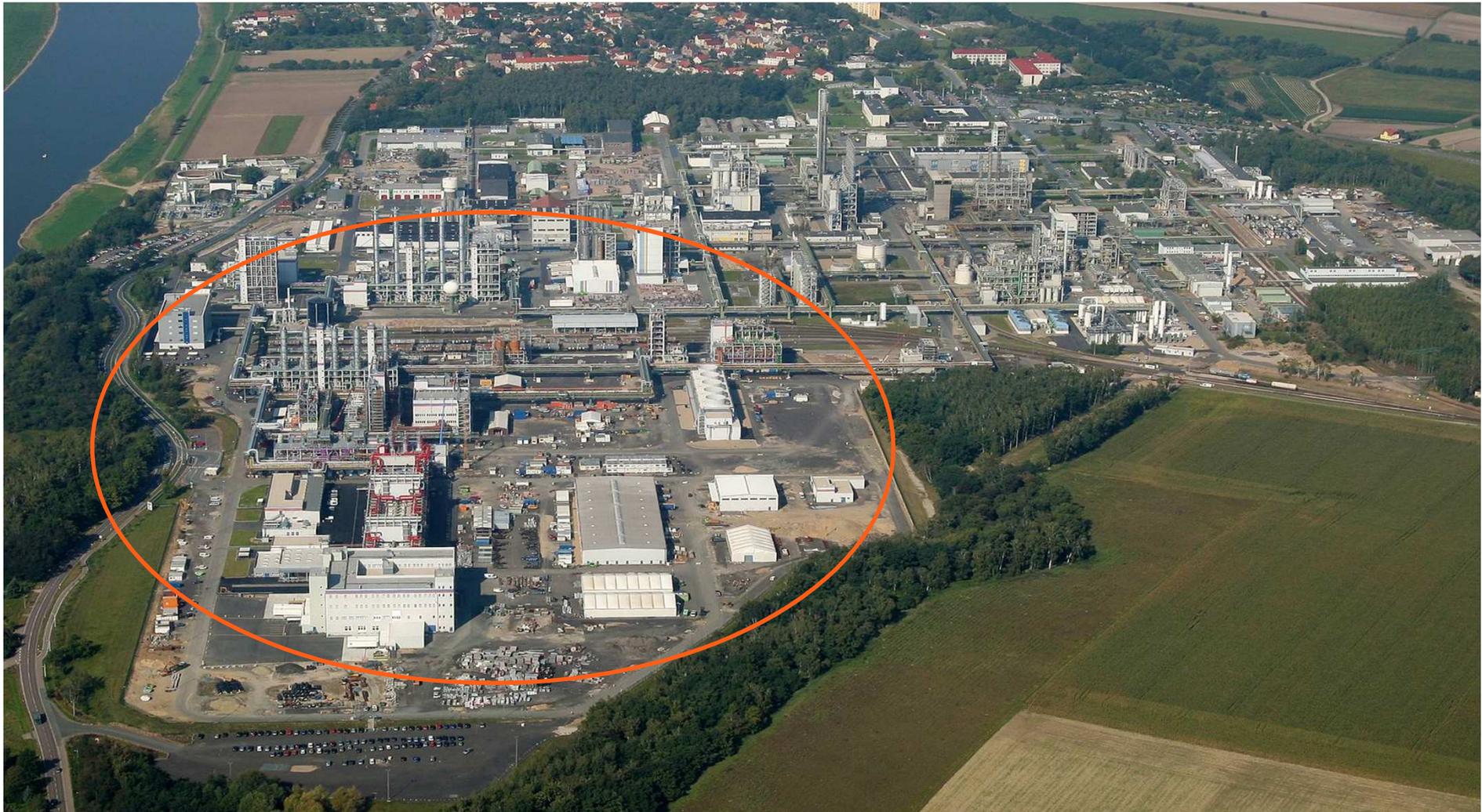


2015 beginnt voraussichtlich die Produktion in Tennessee

# POLY 0 – 8 IN BURGHAUSEN: VOLLE INTEGRATION IN DAS CHEMISCHE VERBUNDSYSTEM DES STANDORTES



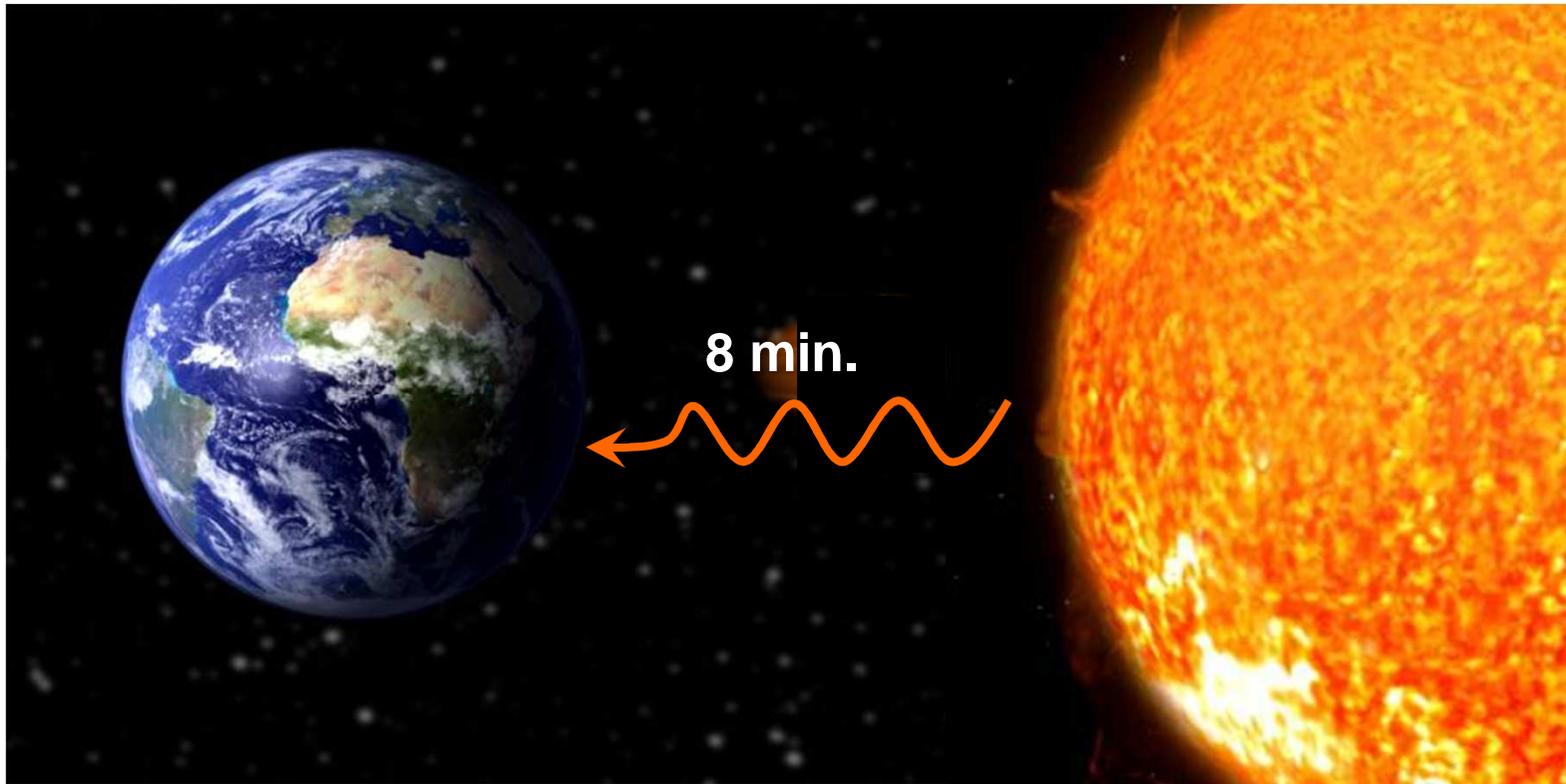
# POLY 9 IN NÜNCHRITZ: INBETRIEBNAHME IM AUGUST 2011



# POLY 11 IN CHARLESTON: MODERNSTE TECHNOLOGIE FÜR HÖCHSTE PRODUKTIONSEFFIZIENZ



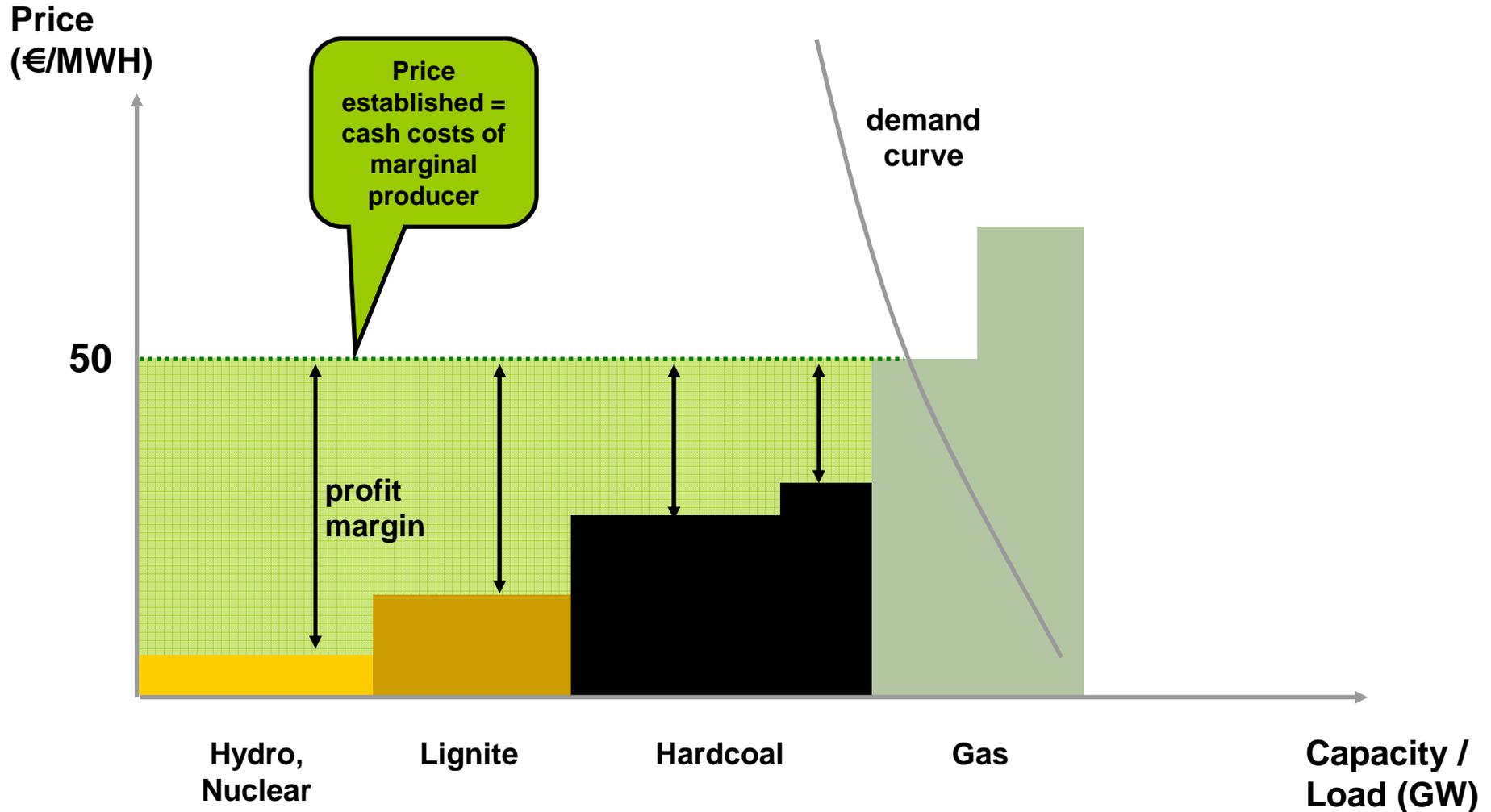
# MIT SILICIUM KÖNNEN WIR UNS DAS KRAFTWERK SONNE NUTZBAR MACHEN



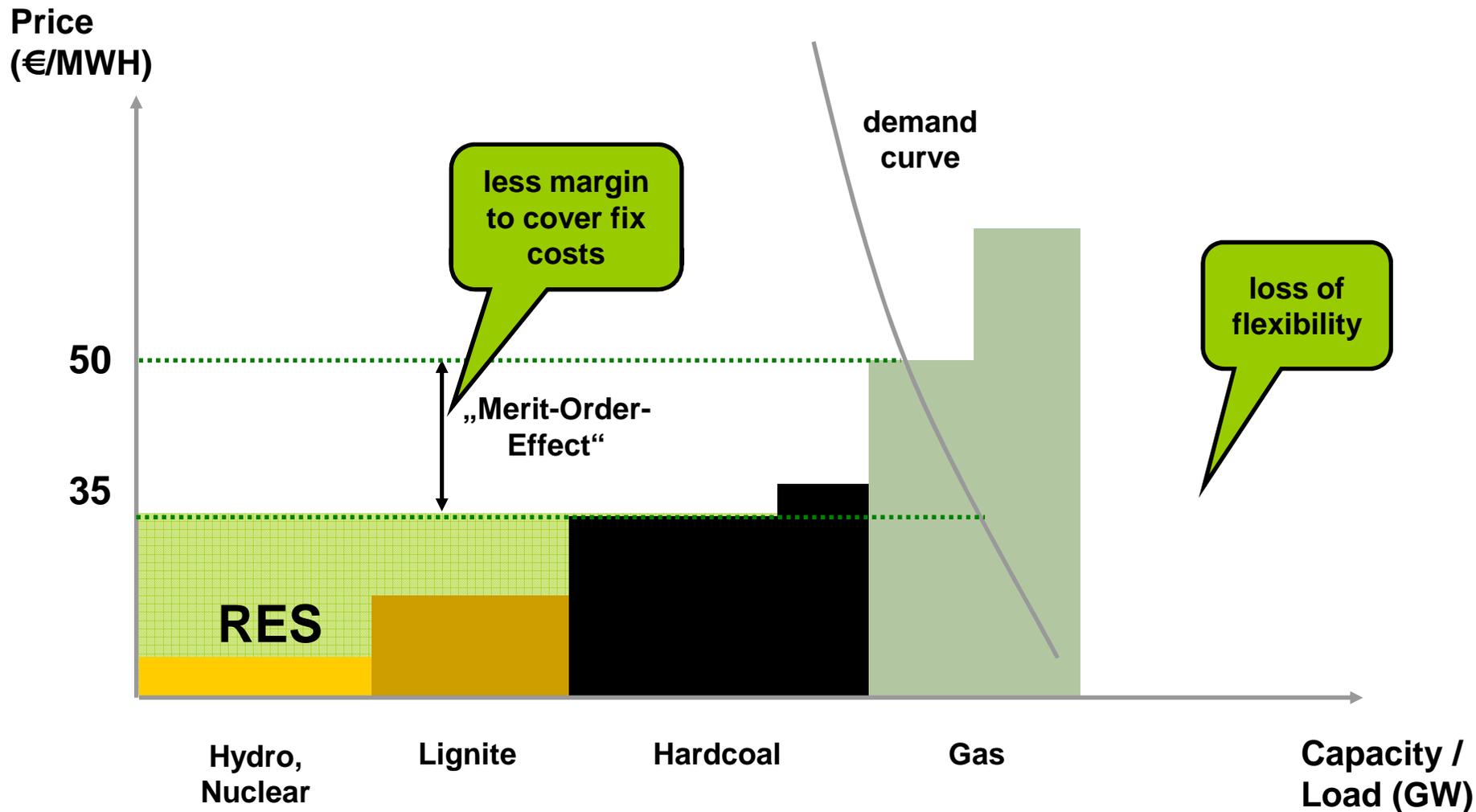
WACKER leistet mit Spitzentechnologie aus Burghausen einen wichtigen Beitrag für eine nachhaltige Energieversorgung.

# ZUSATZINFORMATIONEN

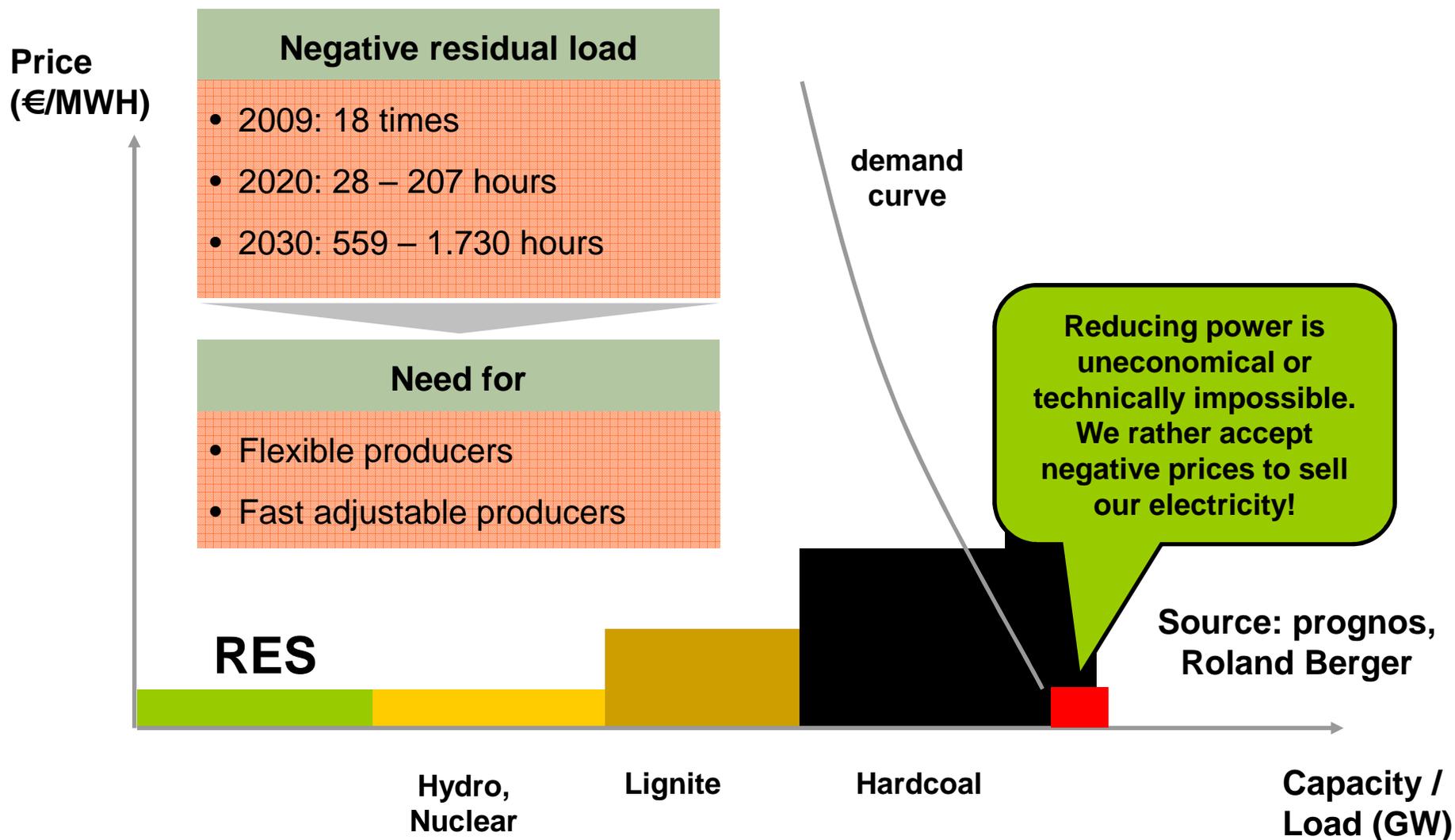
# LAST POWER PLANT THAT FULFILLS THE DEMAND WITHIN THE MERIT ORDER SETS THE PRICE FOR ALL POWER PLANTS



# PREFERRED TREATMENT OF RENEWABLE CAUSE (I) LOWER WHOLESALES PRICES AND (II) FLEXIBILITY & PROFITABILITY PRESSURE FOR GAS AND COAL

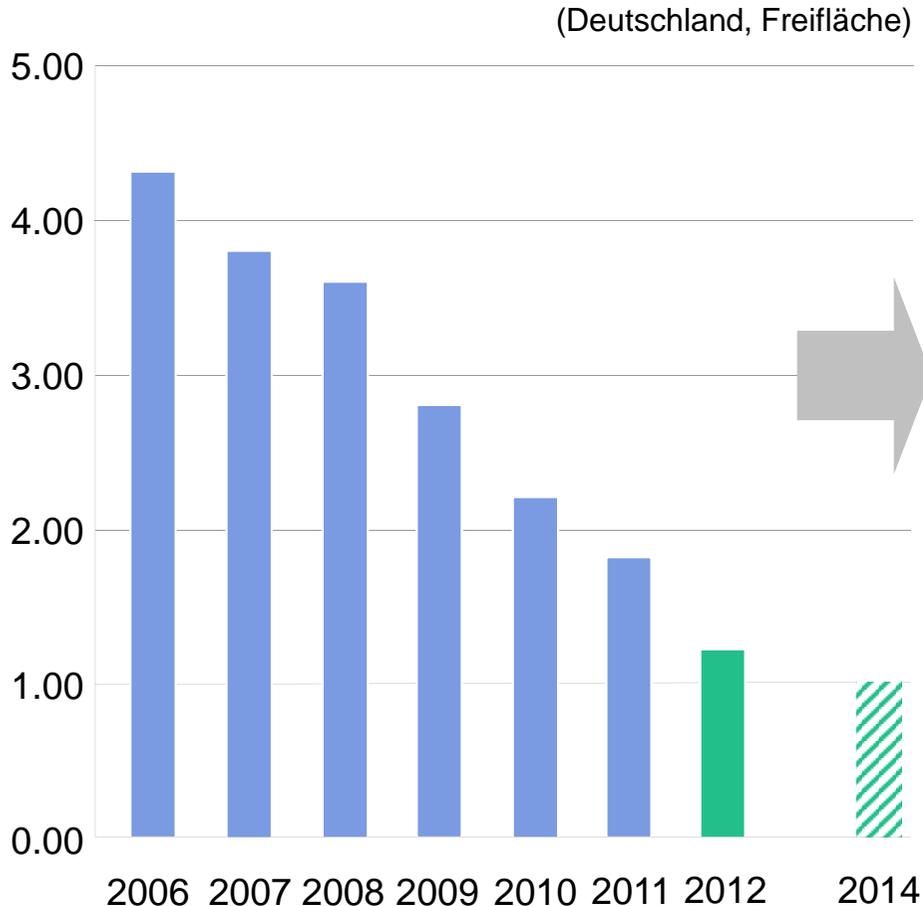


# MERIT ORDER MECHANISM SOMETIMES BREAK DOWN DUE TO HIGH COSTS OF SHORT TERM POWER MODIFICATIONS, LEADING TO NEGATIVE MARKET PRICES

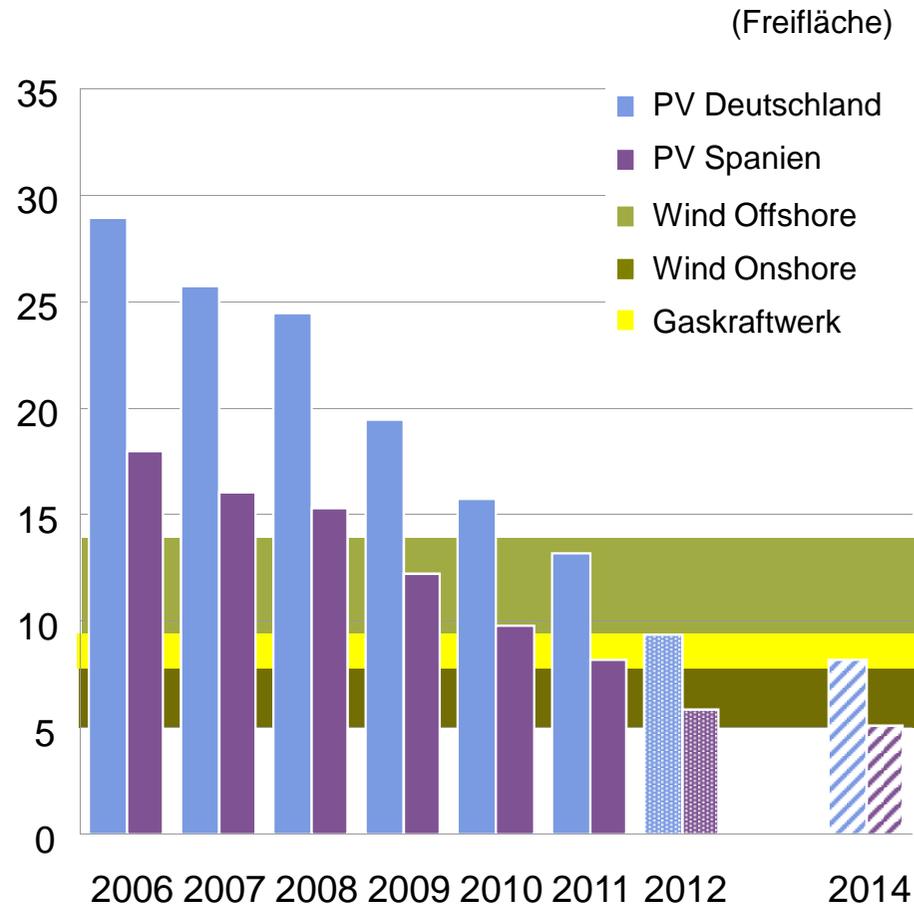


# STROMGESTEHUNGSKOSTEN DER PHOTOVOLTAIK FALLEN RASANT UND ERREICHEN IN WENIGEN JAHREN DAS NIVEAU VON ONSHORE-WIND UND GAS-KRAFTWERKEN

PV Systempreis (€/Wp)



LCOE\* (€Cent/kWh), 30 Jahre



Quellen: LBBW 02/2009, Industrieankündigungen, WACKER Analyse

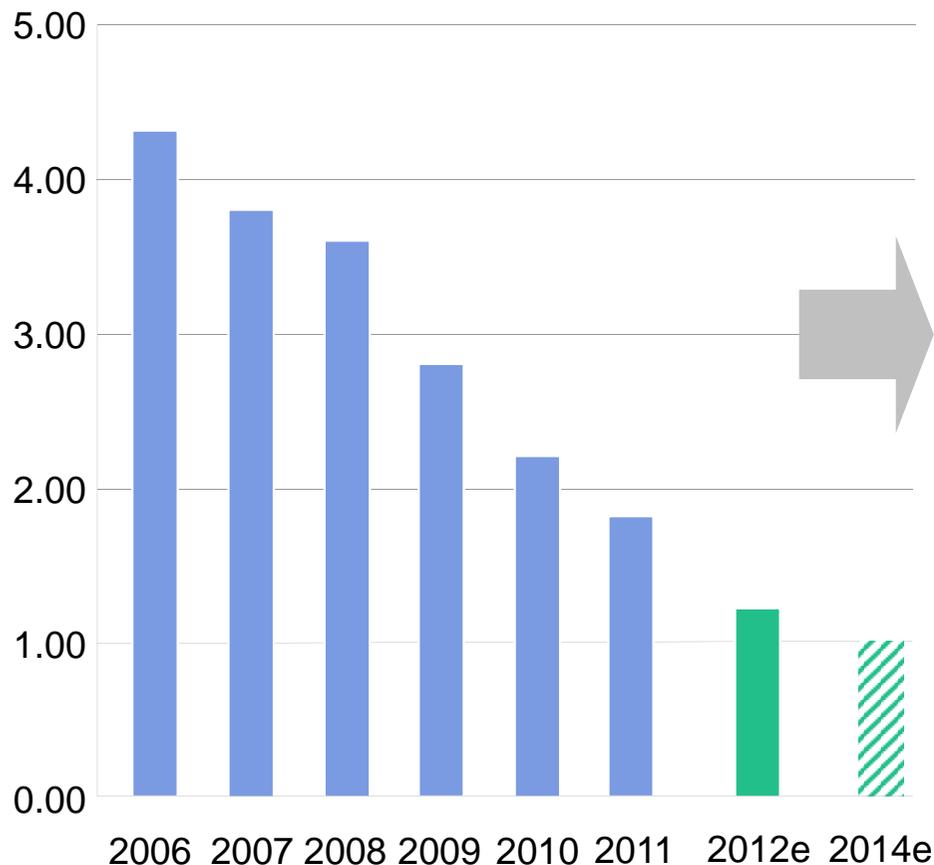


\*LCOE („Levelized Cost of Electricity“):  
Stromgestehungskosten über die Lebensdauer;  
einschließlich Kapitalverzinsung und  
Abschreibung

# HOHE SYSTEMLEBENSDAUER SENKT DIE STROMGESTEHUNGSKOSTEN DER PHOTOVOLTAIK DEUTLICH

## PV Systempreis (€/Wp)

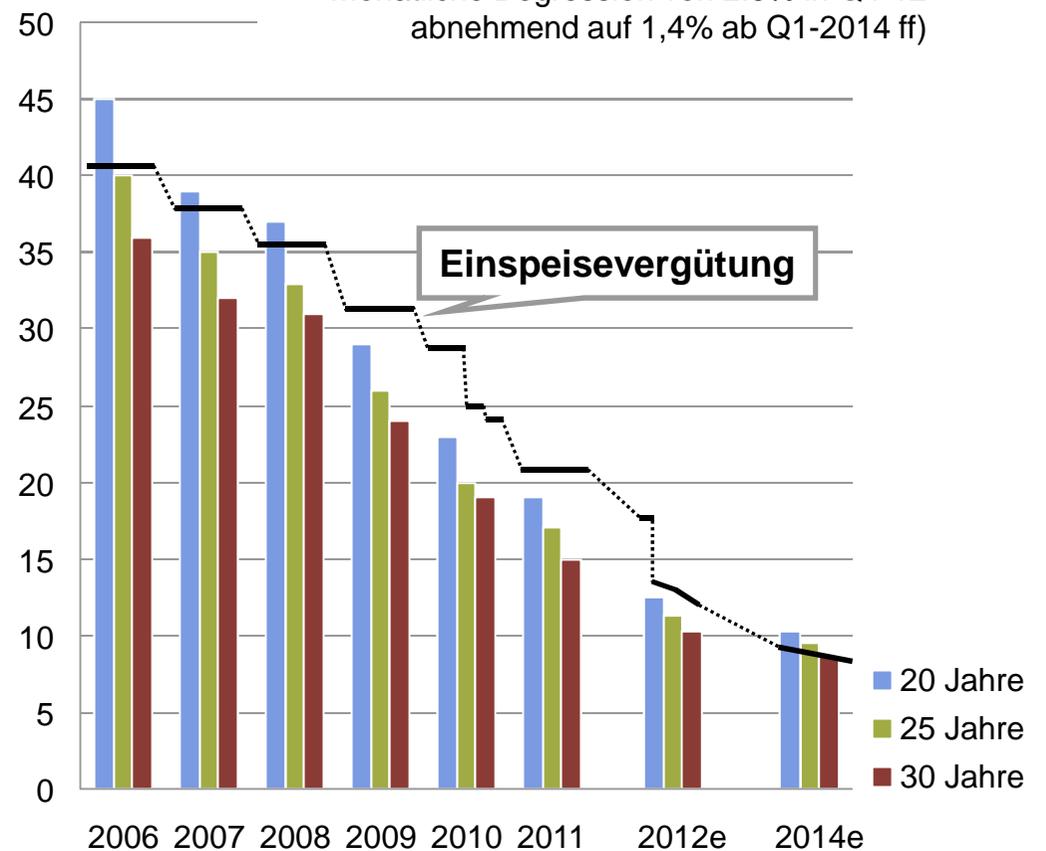
(Deutschland, Freiflächenanlage)



Quellen: LBBW 02/2009, Industrieankündigungen, WACKER Analyse

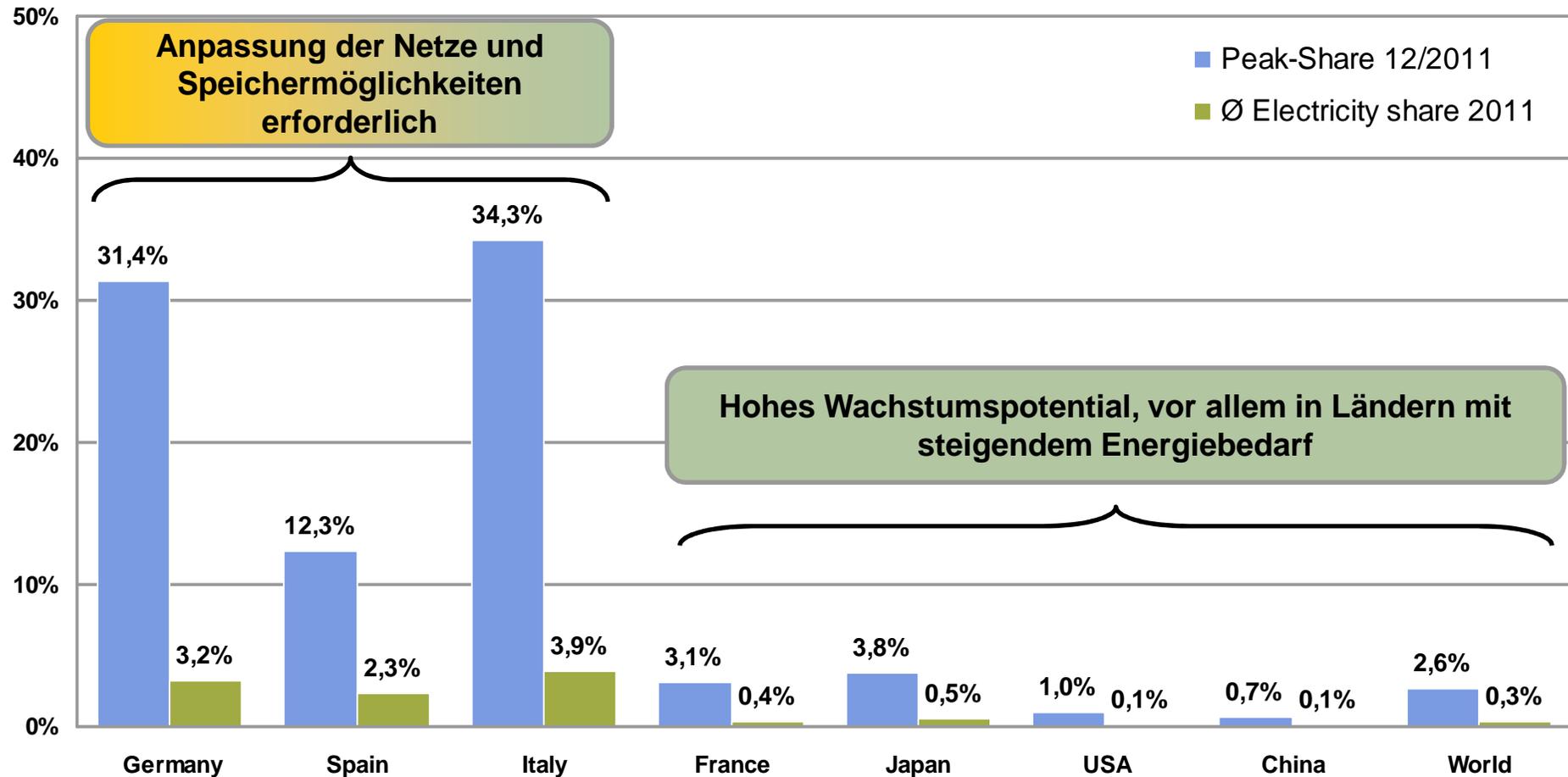
## LCOE (€Cent/kWh) - Lebensdauer

(Deutschland, Freiflächenanlage  
monatliche Degression von 2.5% in Q4-12  
abnehmend auf 1,4% ab Q1-2014 ff)



# DAS WACHSTUM DER PHOTOVOLTAIK IST IN DEN MEISTEN LÄNDERN NOCH NICHT DURCH ENGPÄSSE IN DER INFRASTRUKTUR BEGRENZT

## Stromversorgungsanteil der Photovoltaik in 2011



Source: WACKER analysis based on various external sources

# PHOTOVOLTAIK UND ELEKTROMOBILITÄT – ZWEI IDEALE PARTNER

## Eckdaten eines Elektrofahrzeugs:

- Strombedarf: ~ 20 kWh/100km → ~ 2400 kWh/Jahr\*)
- PV-Anlage: ~ 15 m<sup>2</sup> Modulfläche (2,4 KW-Anlage)  
(Biodiesel: ~ 5000 m<sup>2</sup>)  
~ 5000 € Investitionskosten
- „Spritkosten“: ~ 430 € p.a. (Diesel: ~ 900 € p.a. bei 5l/100km)

\*) 12 000km p.a.

# DIE IN DEUTSCHLAND HEUTE INSTALLIERTE PV-LEISTUNG ERMÖGLICHT DEN BETRIEB VON 9 MILLIONEN E-MOBILEN

- PV-Energie Deutschland 2011: ~ 22 000 GWh
- Strombedarf je 1 Mio. E-Mobile: ~ 2 400 GWh

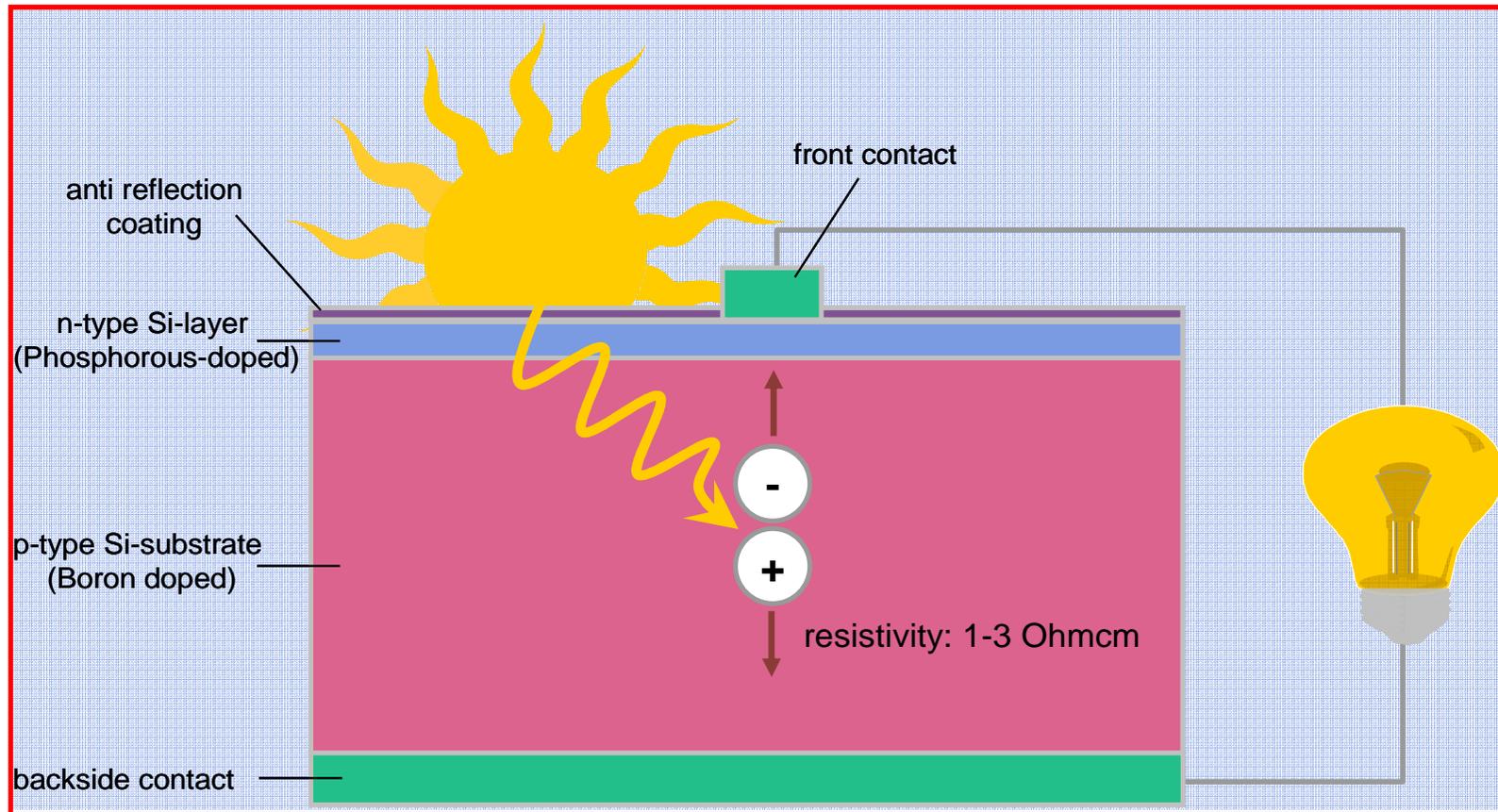
**→ ~ 9 Millionen E-Mobile**

**→ CO<sub>2</sub>-Einsparung\*): ~130 000 Tonnen p.a.**

\*) 120 g/100km

**Die Forschung & Entwicklung von Fahrzeug-Batterien muss intensiviert werden!**

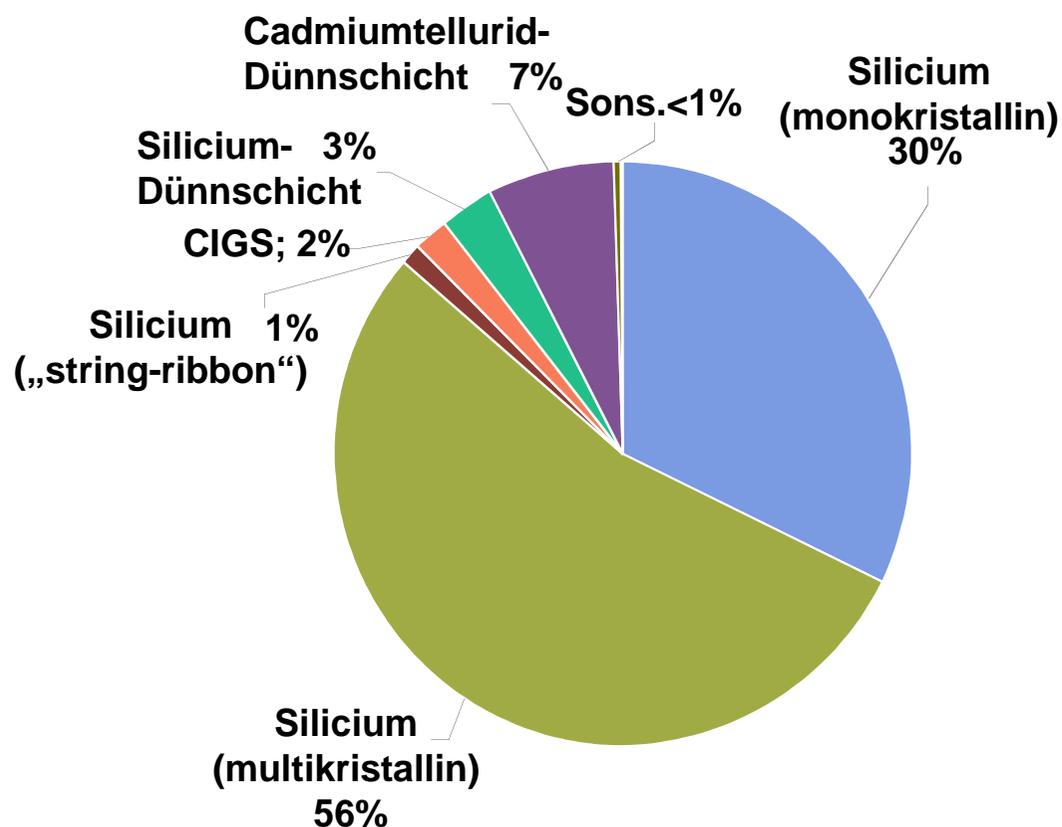
# ALBERT EINSTEIN BEKAM FÜR DIE THEORIE DES PHOTOELEKTRISCHEN EFFEKTS 1922 DEN NOBELPREIS



**Durch Sonnenlicht erzeugte Ladungsträger müssen ohne Rekombination die Frontseitenkontakte erreichen.**

# DIE KRISTALLINE SI-BASIERTE PHOTOVOLTAIK WIRD LANGFRISTIG DIE DOMINIERENDE TECHNOLOGIE BLEIBEN

## PV Marktanteile 2011



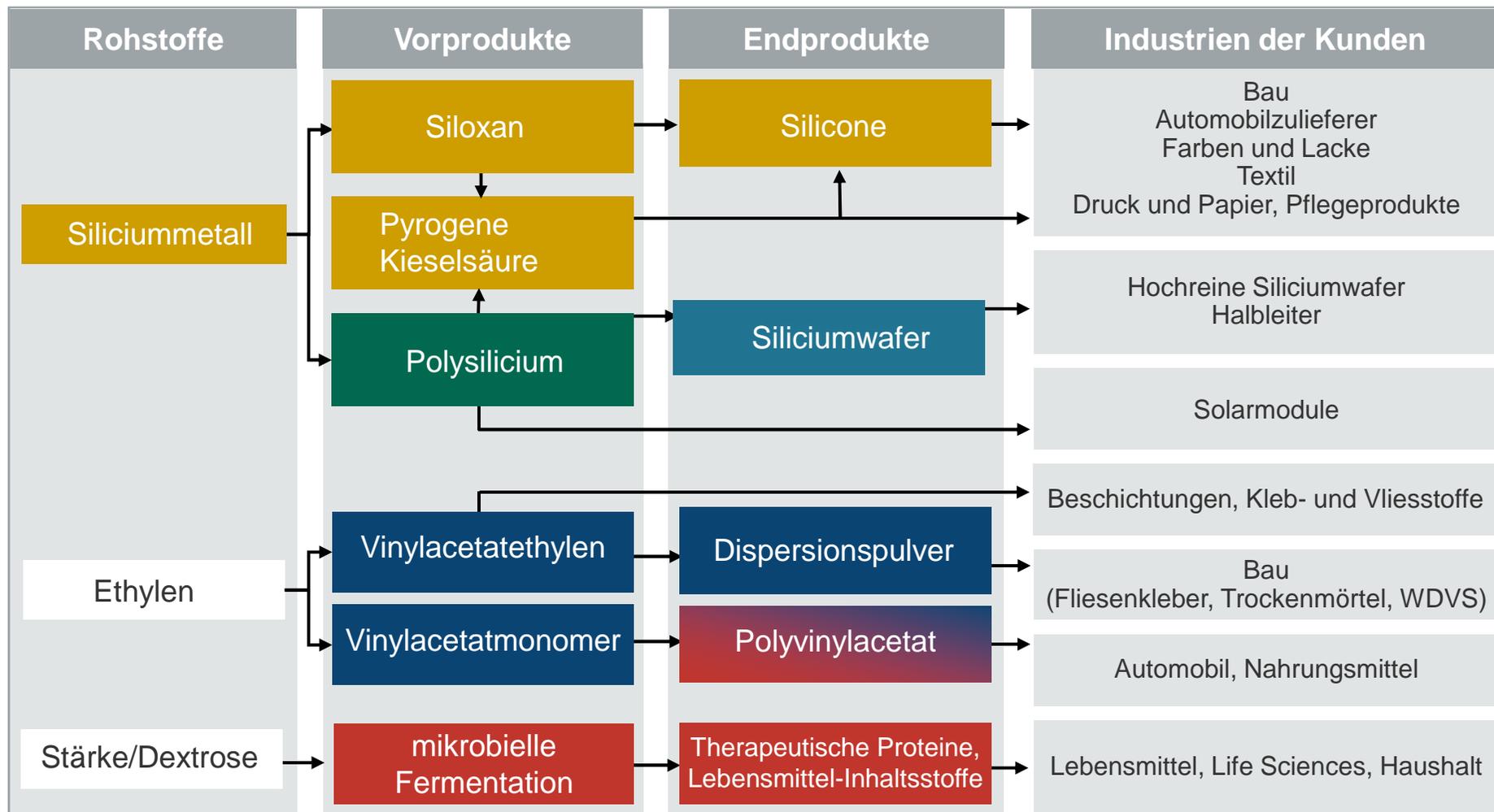
## Aktuelle Marktsituation

- Kristalline Silicium-PV mit klarem Wettbewerbsvorteil ggü. Dünnschicht
- Dünnschicht wird beherrscht von First Solar mit CdTe-Technologie
- CIGS mit Potential, aber Nachweis der Massenproduktion fehlt
- Amorphes Silicium kämpft mit hohen Kosten und niedrigen Wirkungsgraden
- Kristalline Silicium-PV mit hohem Kostensenkungs- und Wirkungsgradpotential

Die weiteren Kostensenkungen werden den Wettbewerb zwischen c-Si und Dünnschicht entscheiden

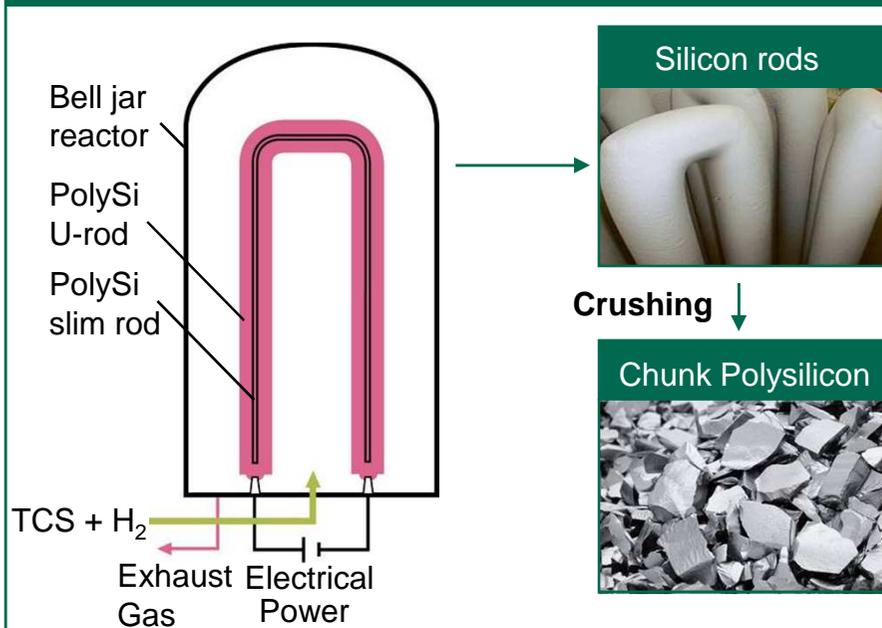
Quellen: Marktanalysen, Industriekündigungen, WACKER Analysen

# WACKER CHEMIE: HOCH INTEGRIERTE PRODUKTION AUF BASIS VON DREI ROHSTOFFEN



# WACKER VERWENDET ZWEI TECHNOLOGIEN ZUR HERSTELLUNG VON POLYSILICIUM

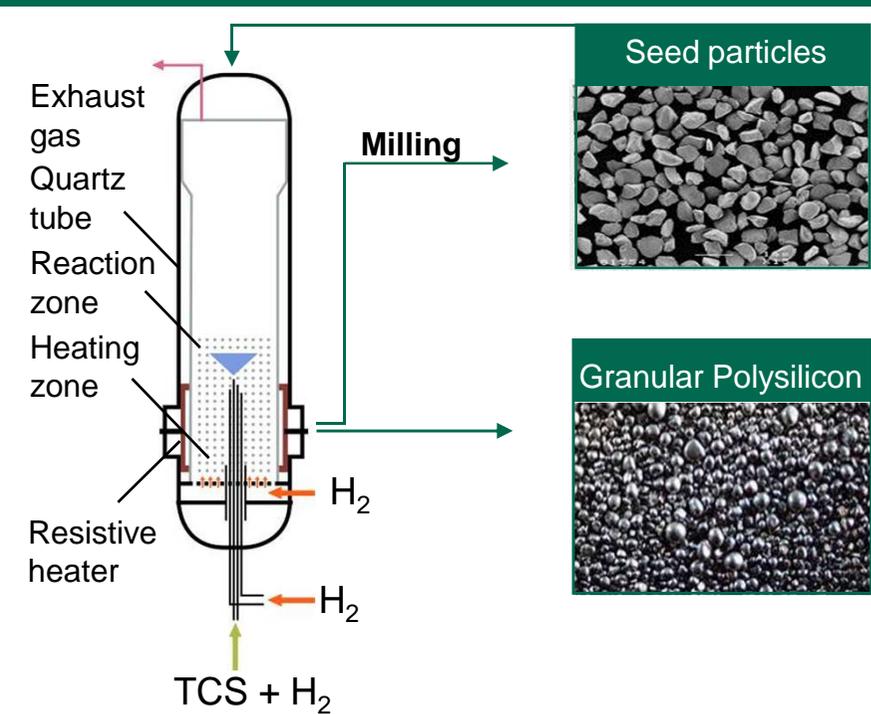
## State of the Art TCS Process



### TCS Chunks characteristics

- Switchable reactors (Electronic/Solar)
- Large scale production > 50 years
- Time proven process - fast ramp up

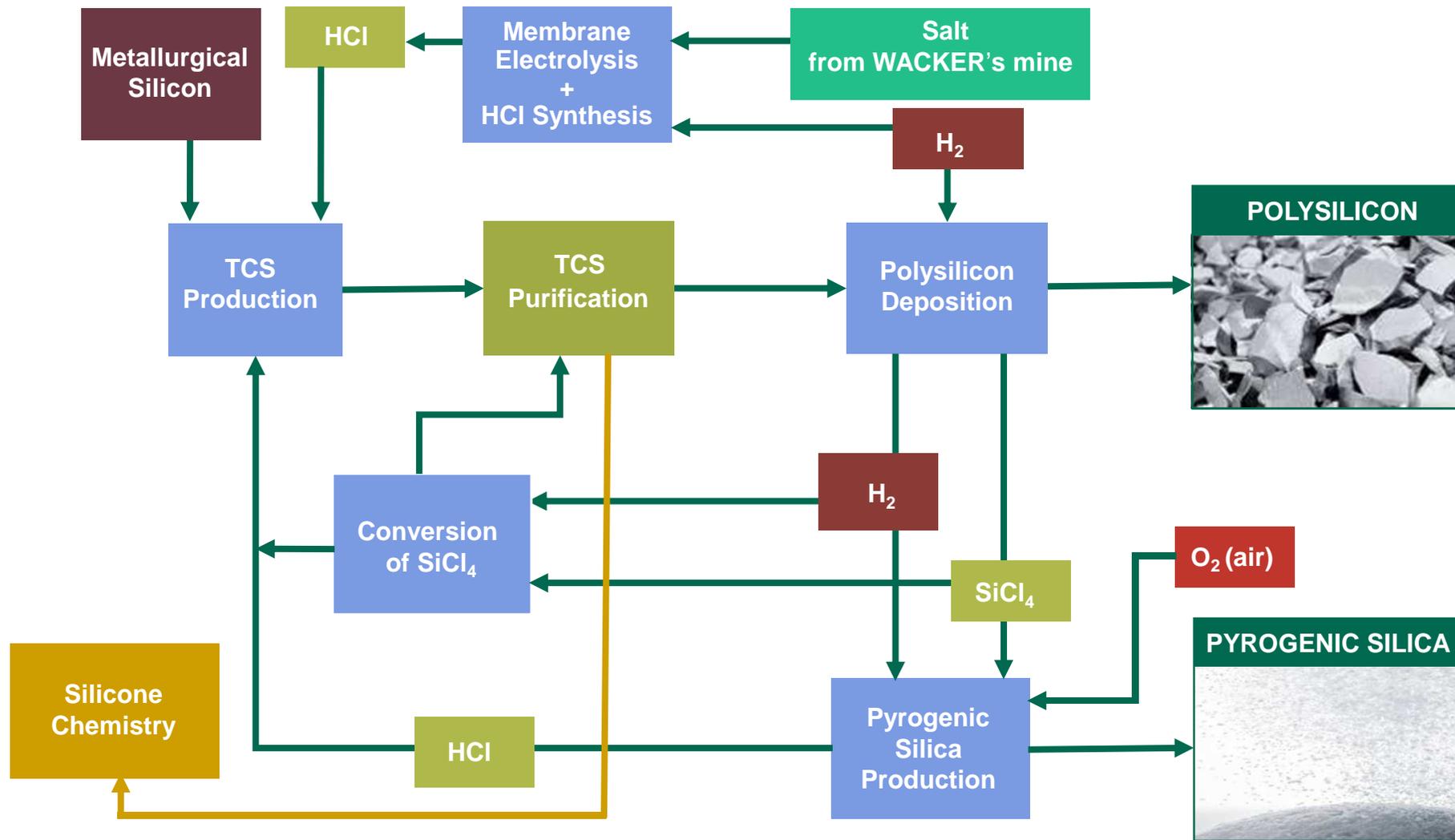
## Fluidized Bed TCS Process for Granular



### TCS Granular characteristics

- Continuous deposition based on fluidized bed technology
- Trichlorosilane as feed gas for high product yields
- Reduced energy consumption

# GESCHLOSSENE KREISLÄUFE FÜR MAXIMALE QUALITÄT, UMWELTVERTRÄGLICHKEIT UND WIRTSCHAFTLICHKEIT



# UNSERE STANDORTE FÜR PRODUKTION UND VERTRIEB

