

Energieautonomie durch dezentrale Energiesysteme

Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Krauter

**University of Paderborn
Electrical Energy Technology
Sustainable Energy Concepts**

www.nek.upb.de

Übersicht

Elektrischen Energieversorgung in Europa & Deutschland

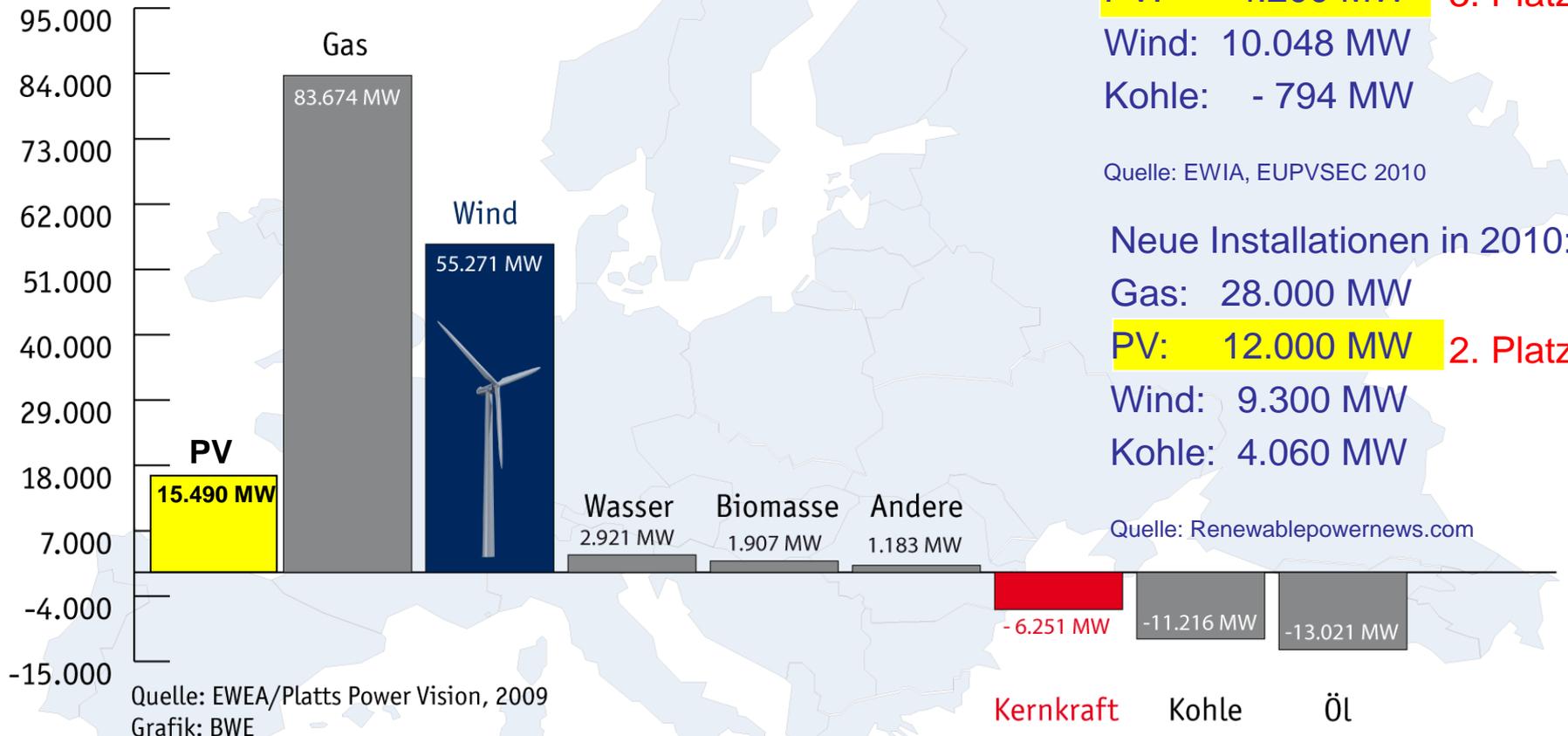
Entwicklungstendenzen am Beispiel PV

Organisation: Zentral vs. Dezentral

IT & Energie - Parallele Entwicklungen?

Dezentrale Organisation

Neubau von Kraftwerkskapazitäten 2000-2008 in Europa



Neue Installationen in 2009:

Gas: 6.226 MW

PV: 4.200 MW 3. Platz

Wind: 10.048 MW

Kohle: - 794 MW

Quelle: EWIA, EUPVSEC 2010

Neue Installationen in 2010:

Gas: 28.000 MW

PV: 12.000 MW 2. Platz

Wind: 9.300 MW

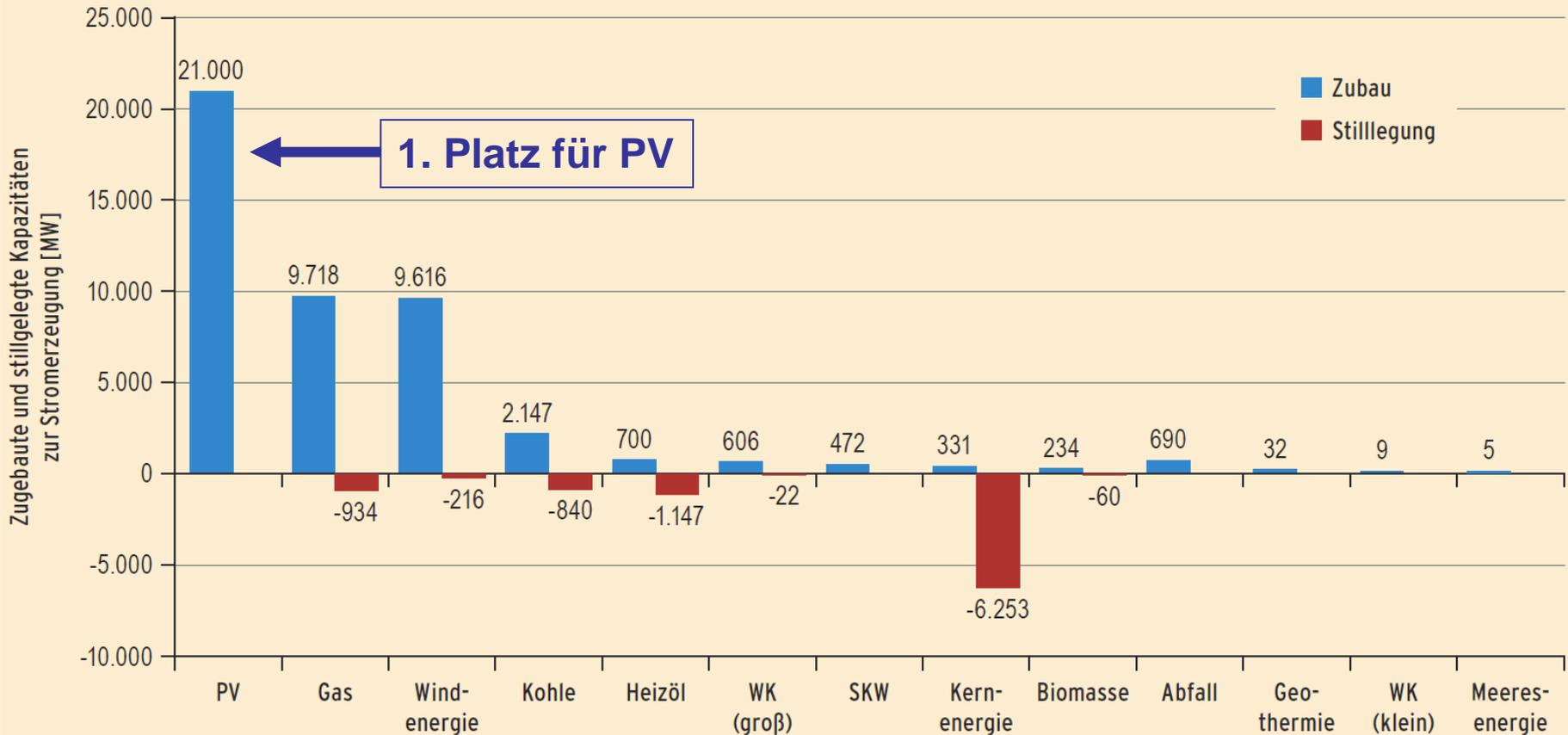
Kohle: 4.060 MW

Quelle: Renewablepowernews.com

Energietechnologien in Europa 2011

Ranking der installierten Nennleistung von Neuanlagen

Zubau und Stilllegung von Kapazitäten zur Stromerzeugung in der EU im Jahr 2011



WK = Wasserkraft
SKW = Solarthermische Kraftwerke

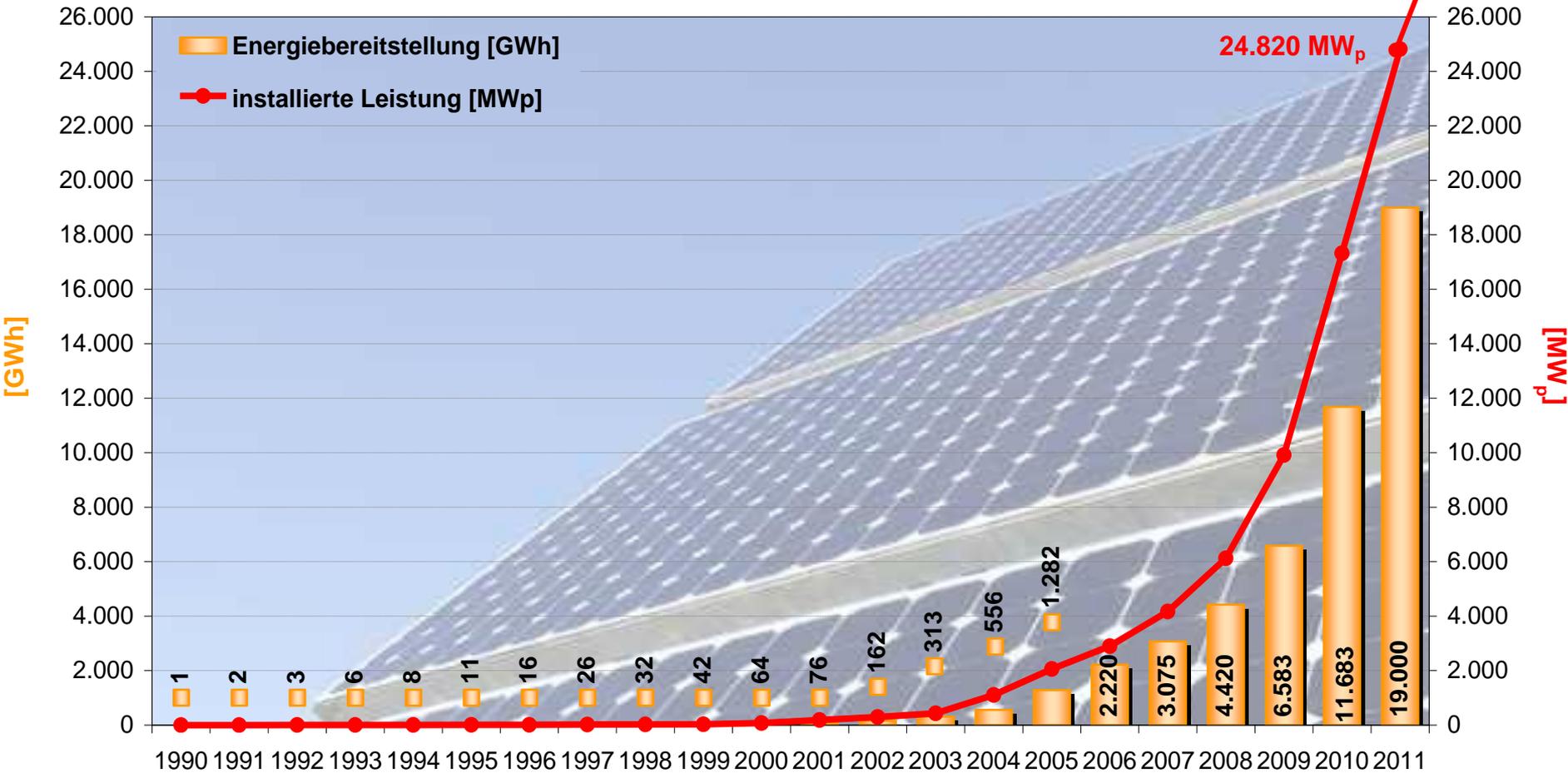
Quelle: EWEA [100]

Entwicklung der PV-Installationen weltweit

Country	2011 Newly connected capacity (MW)	2011 Cumulative installed capacity (MW)
1 Italy	9,000	12,500
2 Germany	7,500	24,700
3 China	2,000	2,900
4 USA	1,600	4,200
5 France	1,500	2,500
6 Japan	1,100	4,700
7 Australia	700	1,200
8 United Kingdom	700	750
9 Belgium	550	1,500
10 Spain	400	4,200
11 Greece	350	550
Slovakia	350	500
13 Canada	300	500
India	300	450
15 Ukraine	140	140
Rest of the World	1,160	6,060
Total	27,650	67,350

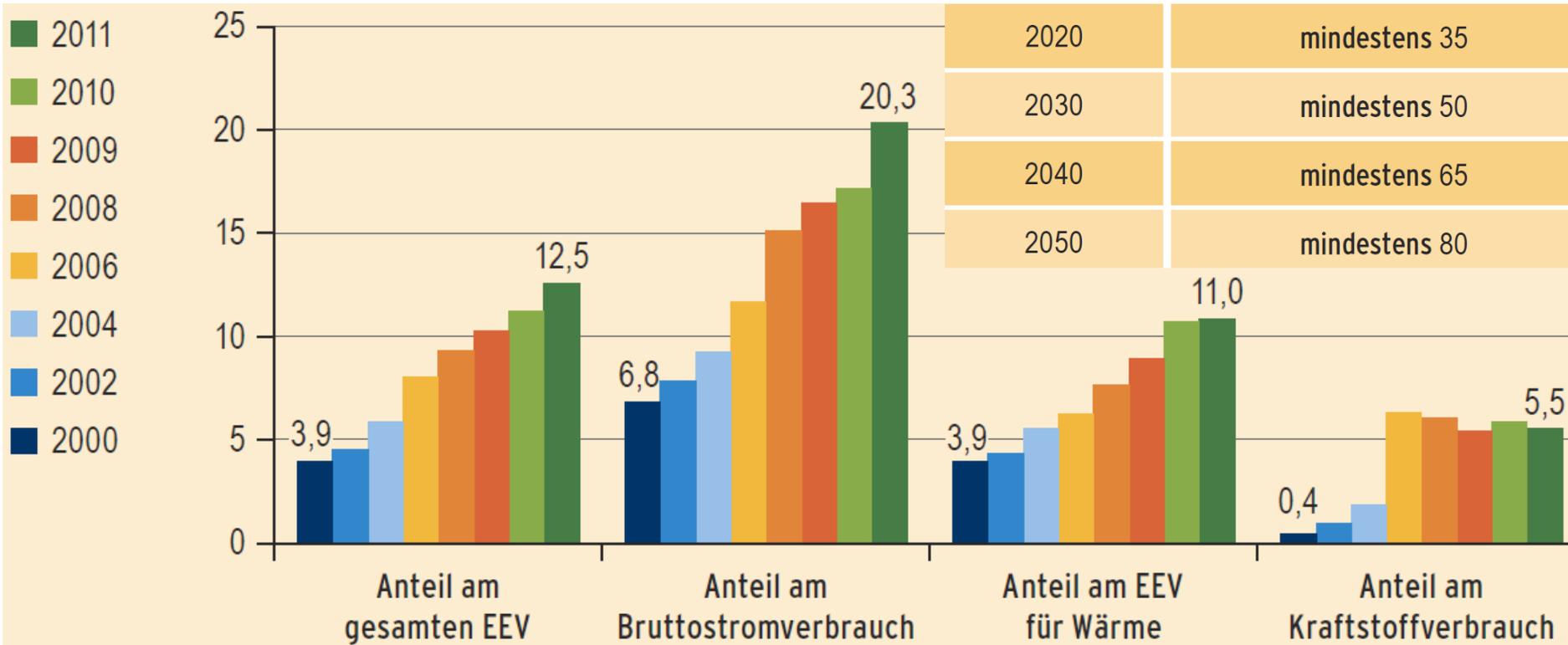
Entwicklung der Strombereitstellung und installierten Leistung von Photovoltaikanlagen in Deutschland

Juli 2012:
29,7 GW



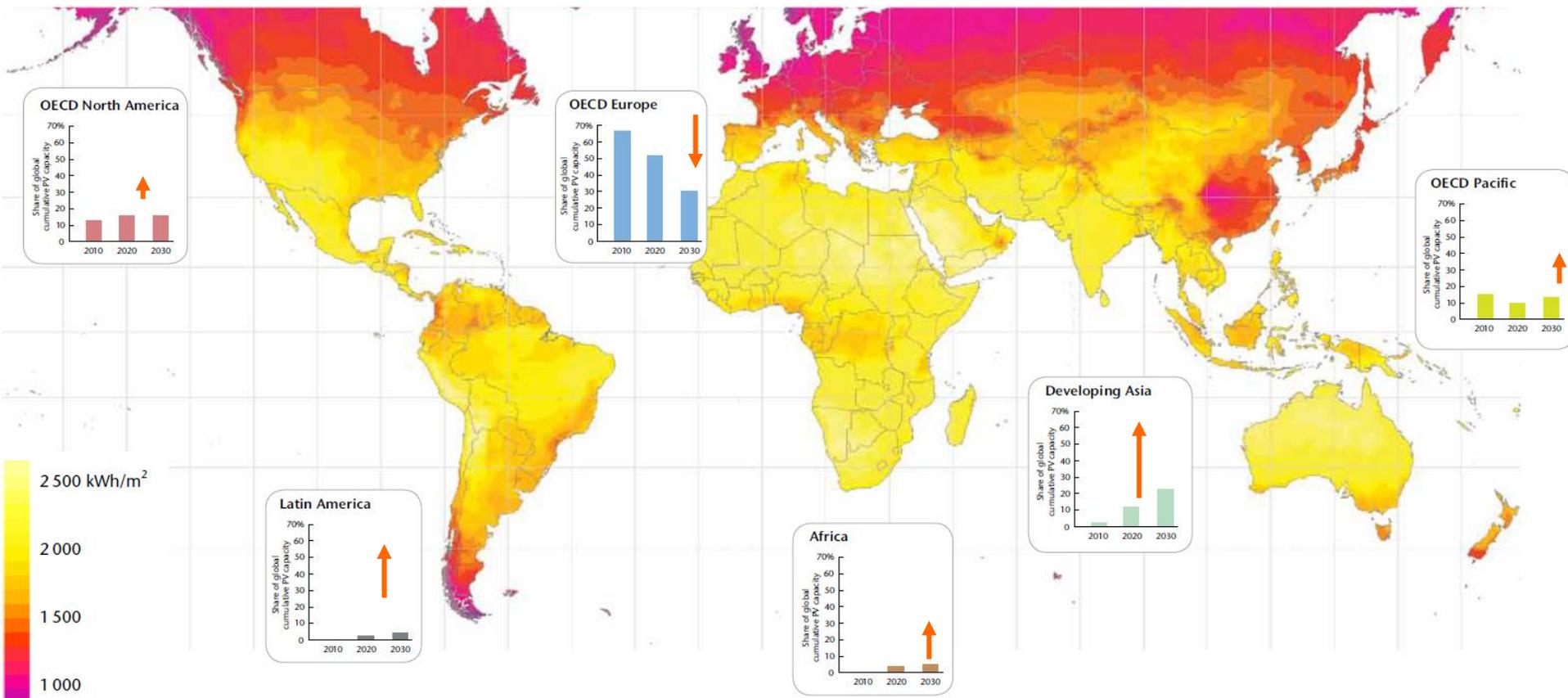
Quelle: BMU-KI III 1 nach Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat); 1 GWh = 1 Mio. kWh; 1 MW = 1 Mio. Watt;
Hintergrundbild: BMU / Bernd Müller; Stand: März 2012; Angaben vorläufig

Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien in Deutschland 2000-2011



	EE-Anteil am Stromverbrauch
bis spätestens	[%]
2020	mindestens 35
2030	mindestens 50
2040	mindestens 65
2050	mindestens 80

Energiewende als Exportartikel: Potential & Entwicklung der PV weltweit

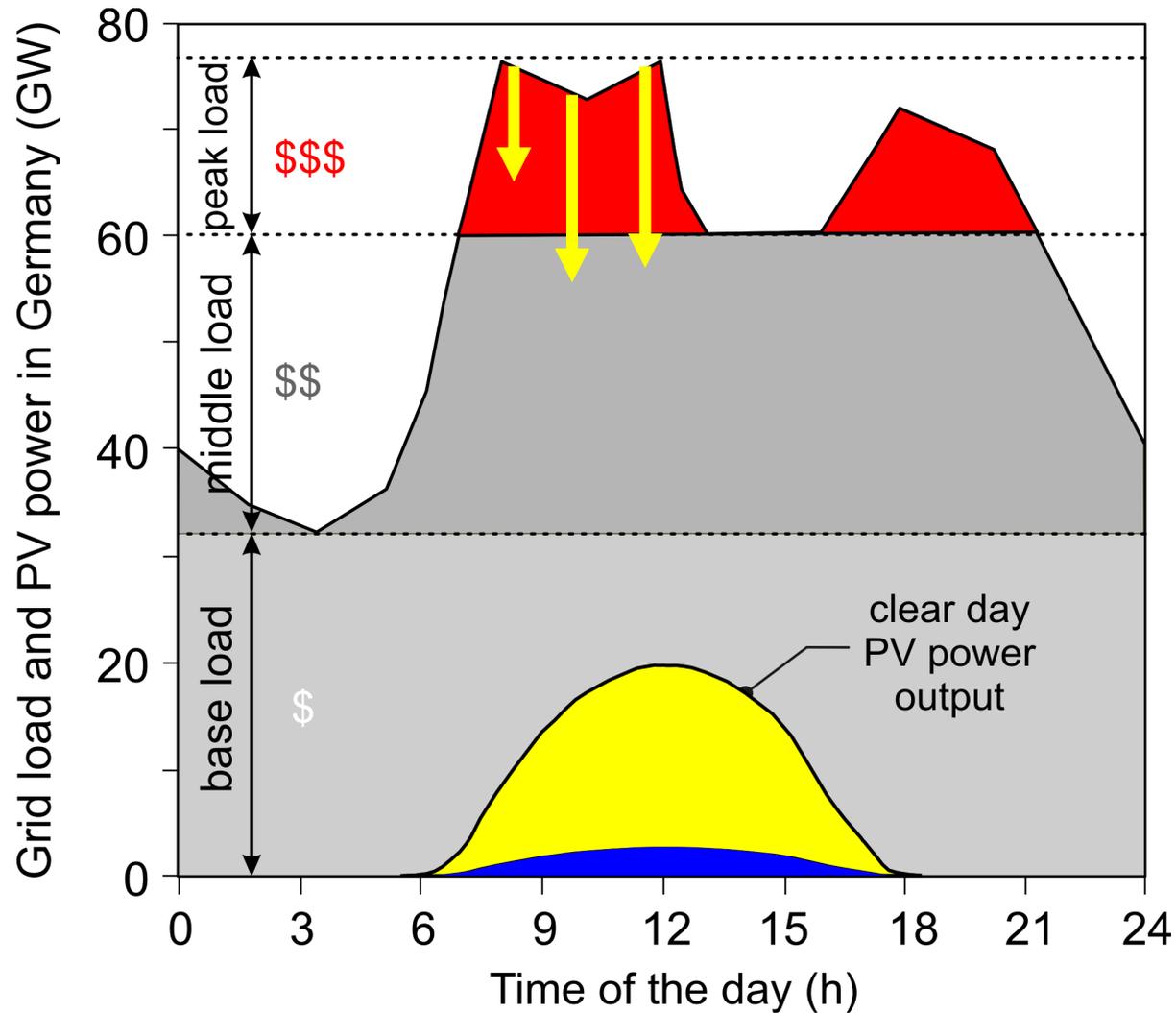


Weniger Installationen in Europa, mehr in Asien, Afrika, Lateinamerika

Konsequenz: mehr Orientierung für den Export

internationale EE-Expertise gefragt → Herausforderung an die Universitäten

Tages-Lastgang und PV in Deutschland

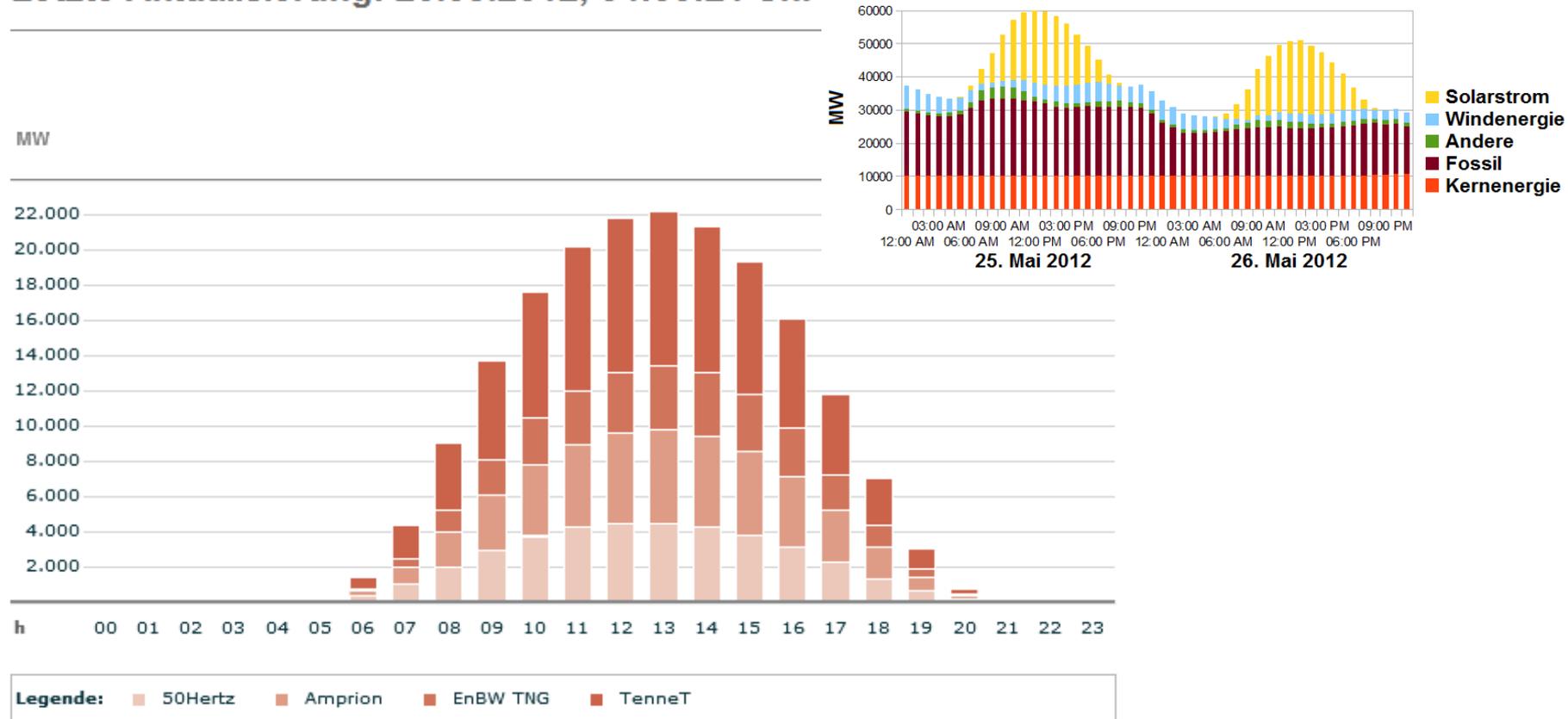


PV-Leistung im Netz am 25. und 26.05.2012

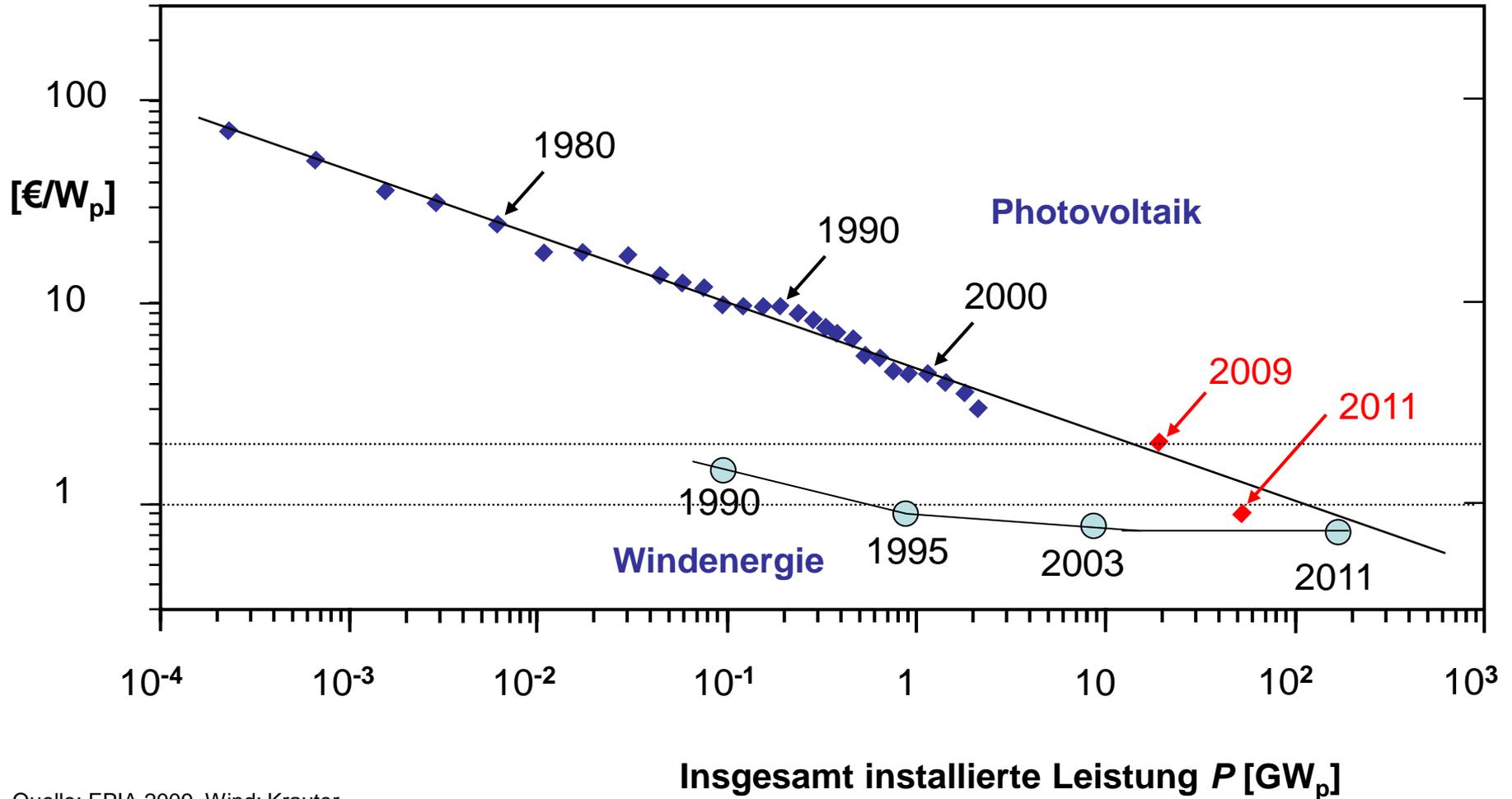
Beitrag am 26.5.: 40% am Gesamtverbrauch

Angezeigter Zeitraum: 25.05.2012, 00:00 Uhr - 25.05.2012, 23:59 Uhr

Letzte Aktualisierung: 26.05.2012, 04:00:21 Uhr



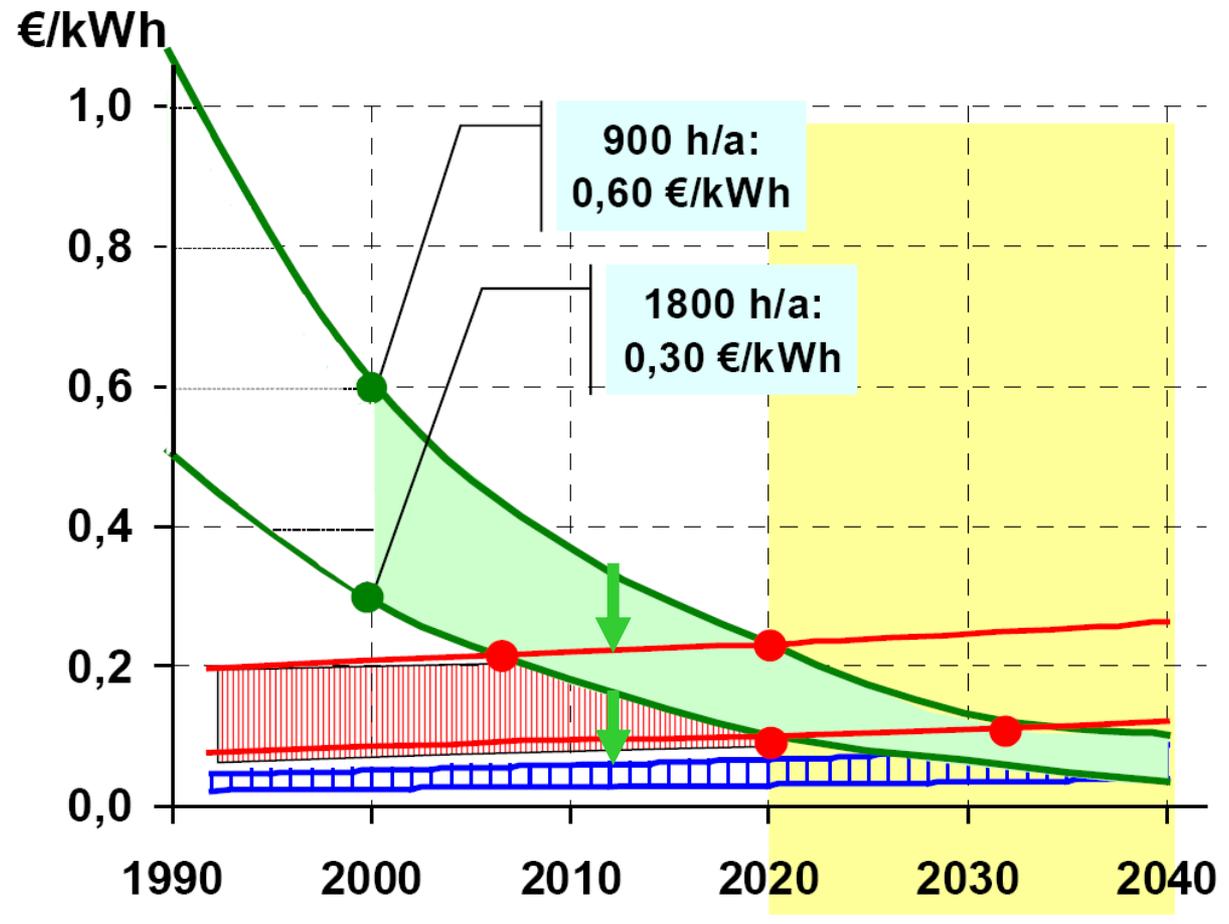
„Lernkurve“ der PV: 10 → 2 Jahre für Halbierung der Kosten Windenergie: 13 Jahre für Halbierung der Kosten



Quelle: EPIA 2009, Wind: Krauter

2012 statt erst 2020: PV wird günstiger als konventioneller Strom

Strom-gestehungs-kosten



Quelle: Hoffmann 2000, Krauter 2010

Einspeisevergütung PV 2012 (2004: 0,54 €/kWh)

Werte in Ct./kWh

Inbetriebnahme	Dachanlagen von ... kWp bis ... kWp			
Datum	0-10	10-40	40-1000	1 MW-10 MW
Ab 01.04.2012	19,50	18,50	16,50	13,50
Ab 01.05.2012	19,31	18,32	16,34	13,37
Ab 01.06.2012	19,11	18,13	16,17	13,23
Ab 01.07.2012	18,92	17,95	16,01	13,10
Ab 01.08.2012	18,73	17,77	15,85	13,97
Ab 01.09.2012	18,54	17,59	15,69	12,85
Ab 01.10.2012	18,36	17,42	15,53	12,71
Ab 01.11.2012	noch nicht vorhanden			
Ab 01.12.2012	noch nicht vorhanden			

Eigenheime mit integrierter PV-Eigenstromversorgung: Attraktiv für den Endverbraucher (0,18 statt 0,25 €/kWh)



**Nur der nicht durch PV verfügbare Strom wird zugekauft,
jedoch zu einem Mehrpreis von 39%**

© Hakushin Corporation

39% Mehrpreis:

d.h. für Privatpersonen wird die Verbrauchsanpassung an die PV-Verfügbarkeit wirtschaftlich sinnvoll.

Verbraucher wie Waschmaschine und Spülmaschine werden an sonnenreichen Tagen benutzt.

Kaufinteresse an automatisierbaren Produkten entsteht (auch Gefrier- und Kühlschränke)

Interesse an Kleinspeichern,
Kosten jedoch sehr hoch (0,2-0,3 € kWh).

Trend: Teil-Autonomie

Gewerbe, Industrie, öffentlicher Sektor

Neben dem bei Privathaushalten üblichen Energietarif (€/MWh) wird bei Industriekunden ab einer gewissen Abnahmeleistung ein Leistungstarif (€/MW) zur Bereitstellung bezahlt

d.h. es ist attraktiv, eine eigene, alternative Stromversorgung aufzubauen, um den Leistungstarif zu reduzieren.

Trend: Teil- und Voll-Autonomie, zur Zeit durch BHKW
Zukünftig durch „virtuelle bzw. Kombi-Kraftwerke“

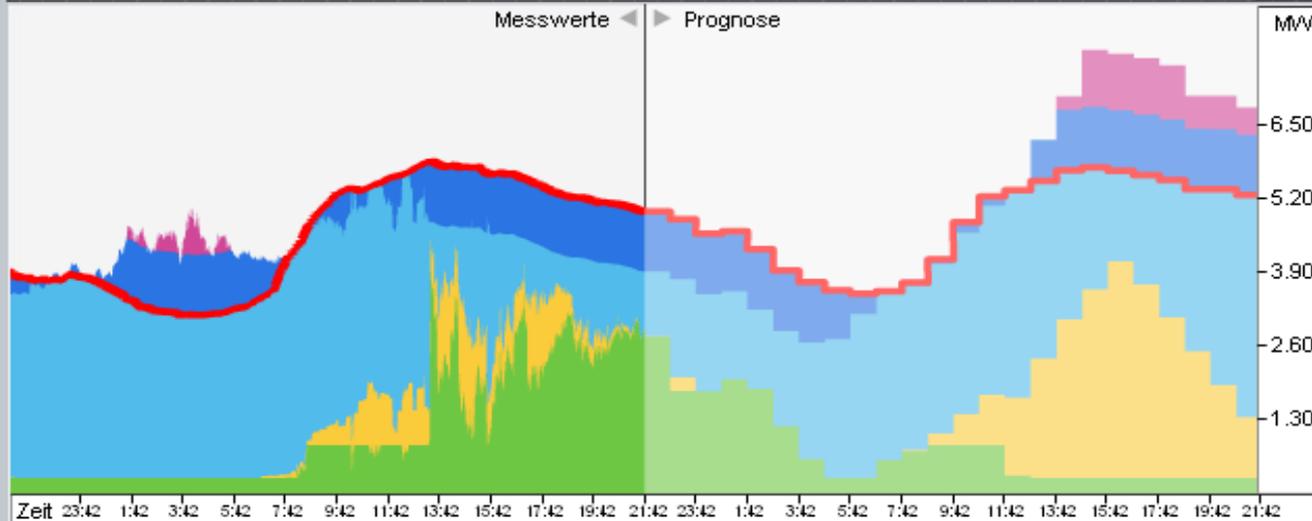


DAS REGENERATIVE KOMBIKRAFTWERK

DIAGRAMM FÜR STROMBEDARF UND EINSPEISUNG

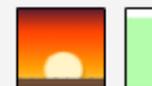


Messwerte ◀ ▶ Prognose

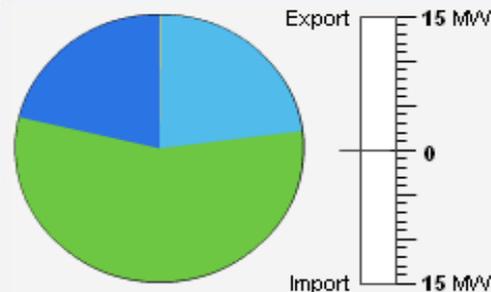


UMGEBUNGSBEDINGUNGEN

Uhrzeit 21:42 Uhr
Datum 10.07.2007



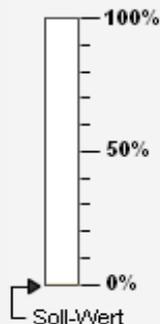
MOMENTANWERT STROMMIX



SOLAR



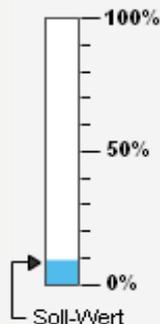
Leistung



WIND



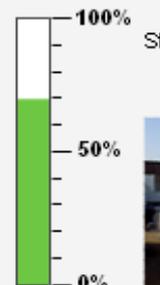
Leistung



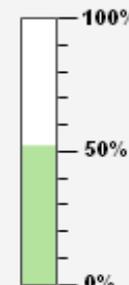
BIOGAS



Leistung

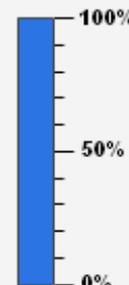


Biogasspeicher

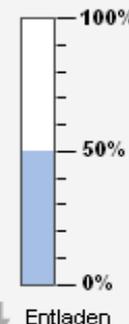


SPEICHER (WASSER)

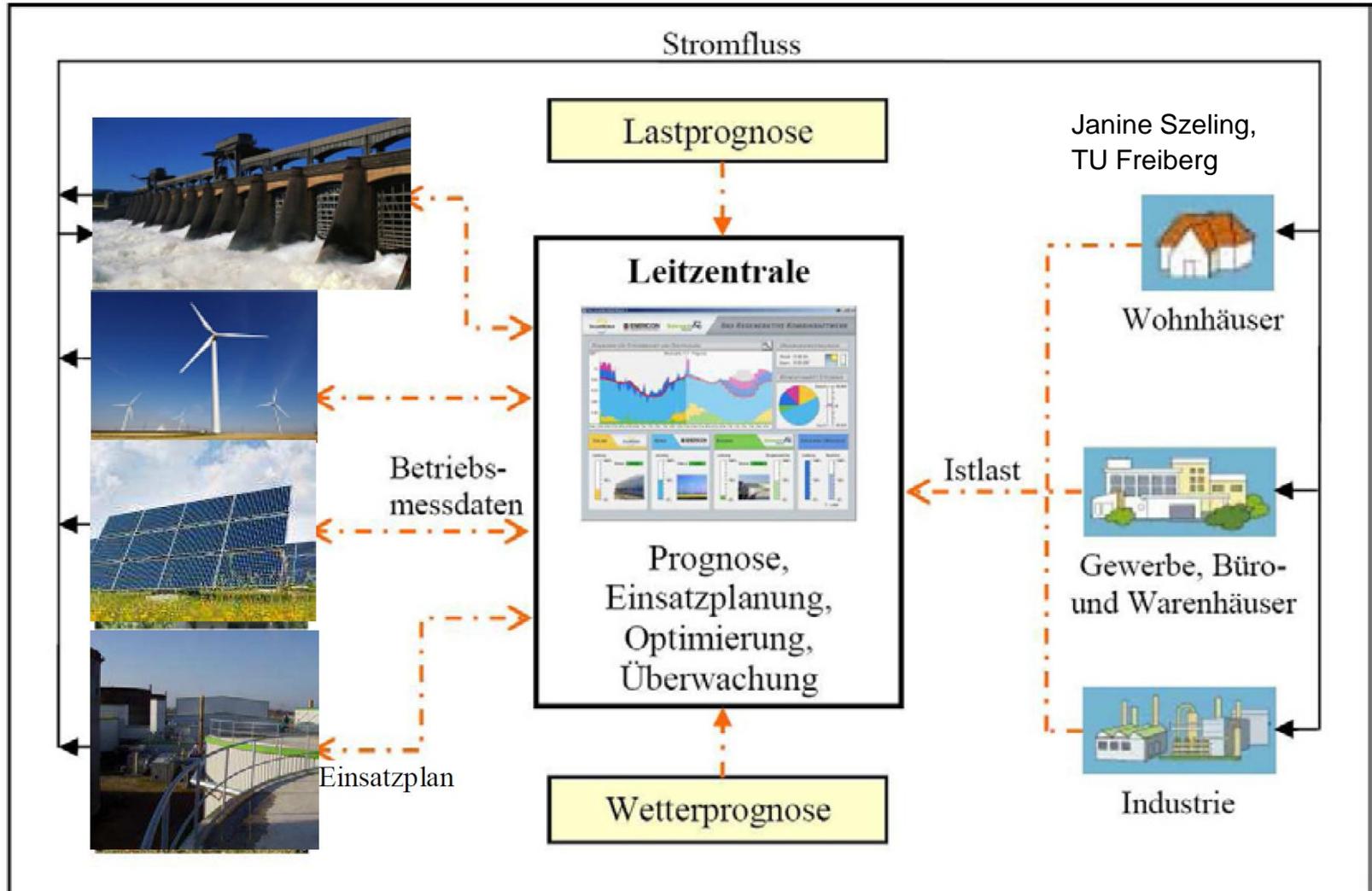
Leistung



Speicher



Externe Parameter eines Kombi-Kraftwerkes

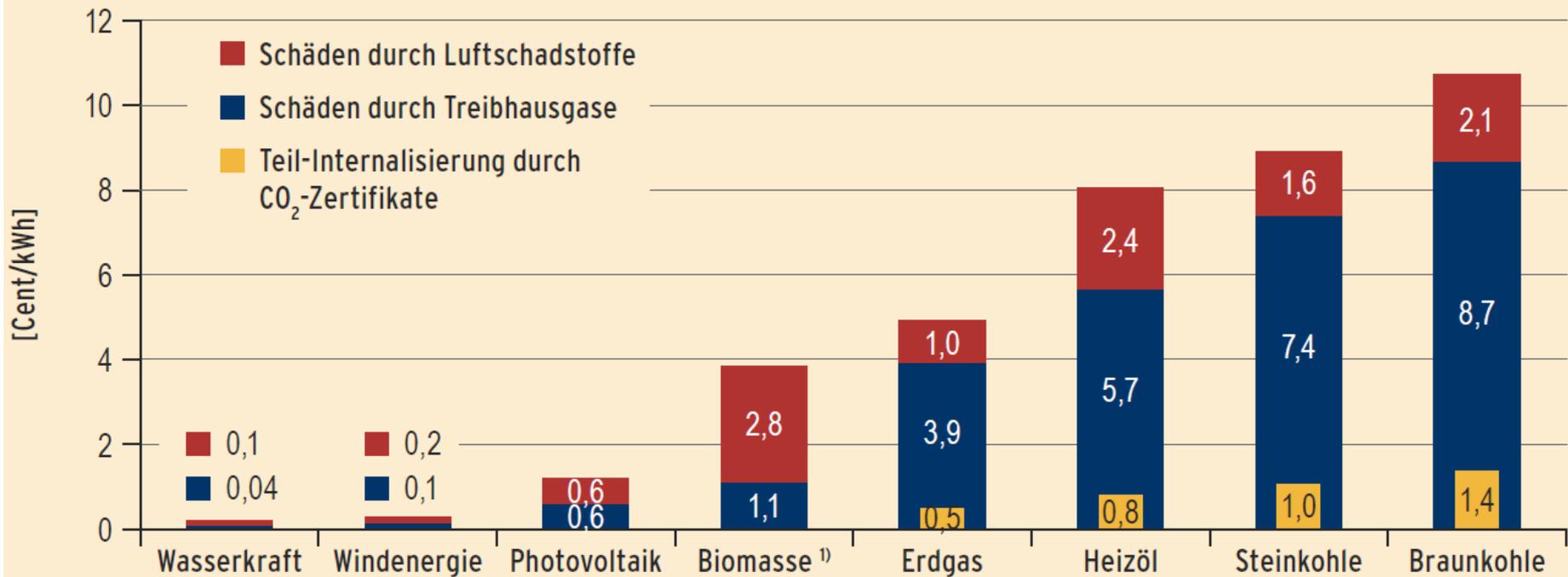


Bisher: zentrale Steuerung – heute: dezentral möglich

Vernachlässigt beim Kostenvergleich: Gesamtkosten

Normalerweise wurden nur die reinen Erzeugungskosten eingepreist

Spezifische Umweltschäden und CO₂-Kosten in Cent pro Kilowattstunde Strom nach Energieträgern im Jahr 2011



Quellen: eigene Berechnungen Fraunhofer ISI nach ISI et al. [147], [53], [50]; NEEDS [128]; UBA [75]; PointCarbon [127]

Quelle: Bundesumweltministerium 2012

Entwicklung Energieautonomie

Durch gegensätzliche Preisentwicklung (konventioneller Strom teurer, PV-Strom wird günstiger) nimmt der Autonomiebereich zu

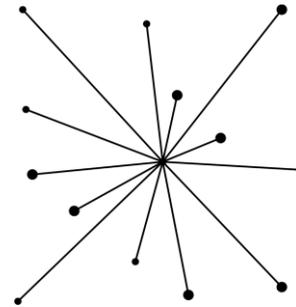
Zeitweise Überproduktion kann wirtschaftlich werden, wenn damit teure Energielücken geschlossen werden können

Attraktiver Markt für EVUs: Bereitstellung von günstiger Regelenergie

Vergleich zur Entwicklung der Informationstechnik

In den 60-70-iger Jahren stark zentrale Strukturen (Mainframes, BTX)

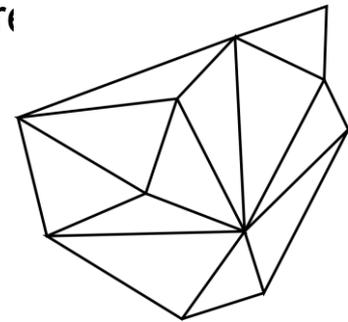
User bekommt nur „Terminals“ (IBM: „mehr als 5 Computer braucht die Welt nicht“)



In den 80-igern bis 00-er Jahren zunehmend dezentrale Strukturen:

PC (Apple 1977, IBM 1982), : Lokale Steuerung, Nutzer konfiguriert und steuert alles selbst

Internet (TCP/IP wurde so dezentral und als Gesamtsystem extrem ausfallsicher ausgelegt, Ursprung: militärische Nutzung)



Ab 2010: Zentrale & dezentrale Strukturen (smart-net, web 3.0):

Cloud Computing, Smart Phones, Browser-Games, wenn gewollt: starke Kommunikation & Interaktion zwischen den Netzteilnehmern

Organisation von Dienstleistungen im Internet: Zentral vs. Dezentral (Web)

<i>Original on-line service model</i>	<i>Web-influenced on-line service model</i>	<i>Web model</i>
Central information choice ("gatekeeper")	Personal Web pages Central choice of (professional) content providers	Anyone can provide content
Closed user interface (proprietary software)	Pre-selected third-party software, sometimes customized	Any Internet-compatible software

BTX, CompuServe, AOL, MSN → World-Wide-Web

Gillett, Massachusetts Institute of Technology: The Self-governing Internet: Coordination by design

Voraussetzung für eine erfolgreiche dezentrale Organisation

1. Einheitliche Sprache („Kommunikationsprotokoll“)
2. Möglichkeit der Teilnahme („Zulassung am Markt“)
3. Interaktion (sowohl „Sender“ als auch „Empfänger“ – zwischen allen Teilnehmern)
4. Verantwortlichkeit (Zusagen müssen erfüllt werden)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Diskussion ?

Gerne !