

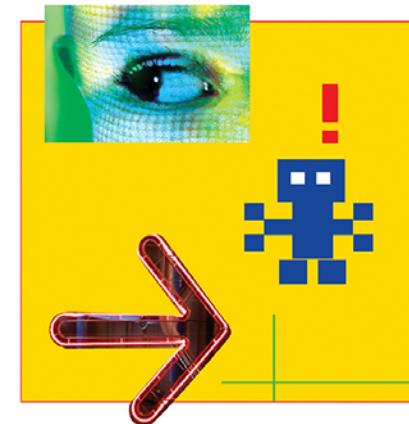


DESERTEC

Franz Trieb

Bildung am Freitag, IGM, Neckarsulm, 18. März 2011

Aha! Bildung



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Teil 1:

Alternative Energiequellen



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft



**Wie hätten's denn gern
Ihre Stromversorgung?**

GROSS UND ZENTRAL ...





... oder lieber klein und dezentral ...

Biogas, Holzenergie, Photovoltaik, Nahwärmenetz



Bioenergiedorf Mauenheim



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

<http://www.bioenergiedorf-mauenheim.de/>



... oder doch lieber GROSS UND ZENTRAL ...



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

<http://de.wikipedia.org/wiki/Windpark>

Folie 5



... oder einfach aus der Steckdose ?





Elektrizität gewinnt man aus ...

- ✓ **Kohle, Braunkohle**
- ✓ **Erdöl, Erdgas**
- ✓ **Kernspaltung, Kernfusion**
- ✓ **Wasserkraft**
- ✓ **Biomasse**
- ✓ **Solarthermische Kraftwerke**
- ✓ **Geothermie (Hot Dry Rock)**
- ✓ **Windenergie**
- ✓ **Photovoltaik**
- ✓ **Wellen / Gezeiten**

...
**ideal gespeicherten
Energieträgern**

...
**speicherbaren
Energieträgern**

...
**fluktuierenden
Energieträgern**



Photovoltaik Anwendungen



Dachanlage



Großanlage



Fassaden

dezentral



Geräte



Bordversorgung

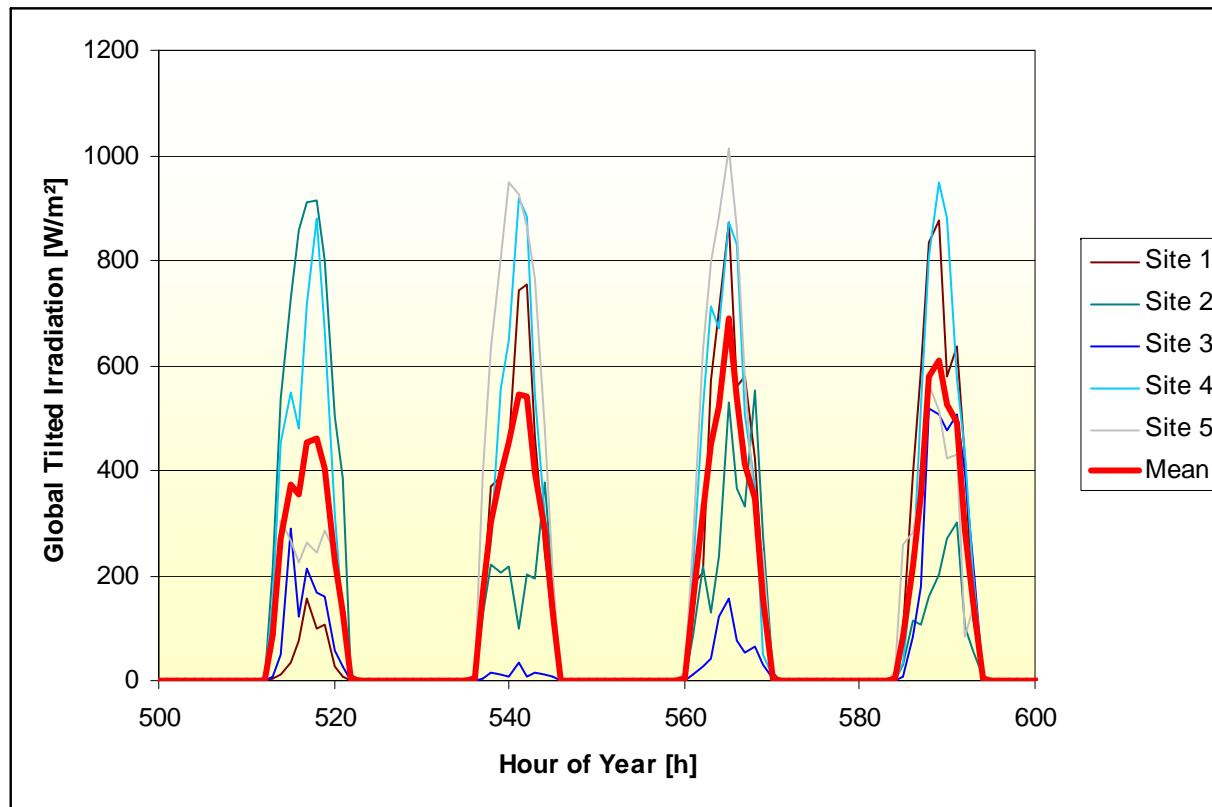


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

WIKI PV 2009



Photovoltaik Ressourcen



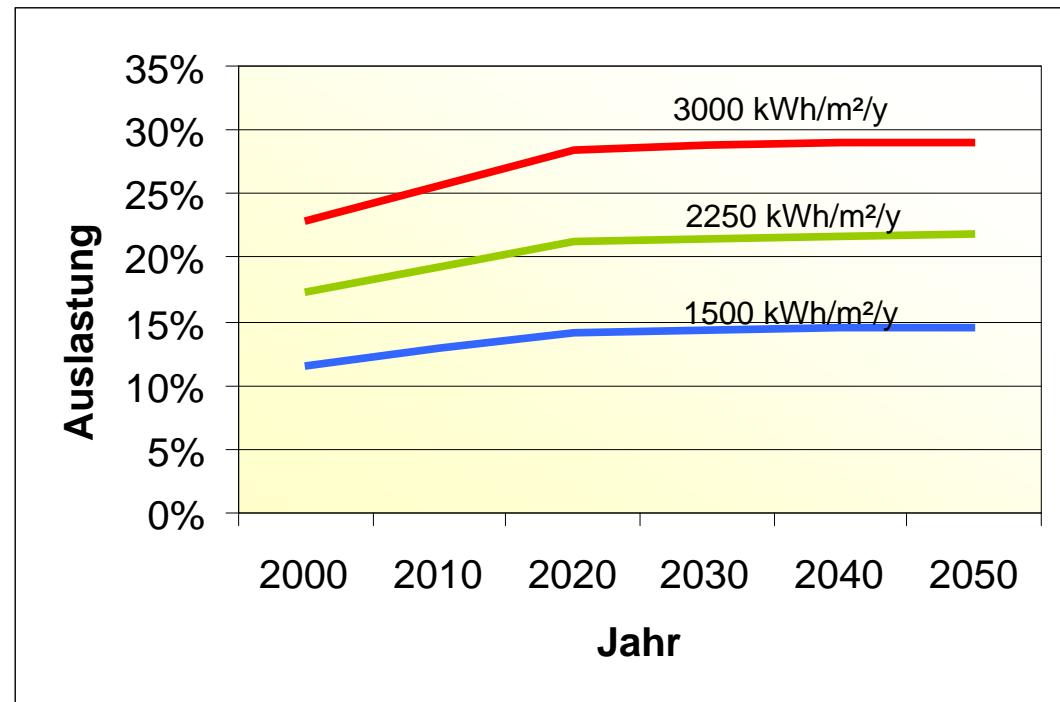
Beispiel: Globalstrahlung an 5 Standorten und Mittelwert



Einfaches Photovoltaik Modell

Die Auslastung einer PV Anlage variiert mit der jährlichen Einstrahlung und wird sich in Zukunft verbessern.

Gesicherte Leistung = 0



Auslastung x 8760 = jährliche äquivalente Vollaststunden



Windkraftanlagen



On-Shore Wind Park



Off-Shore Wind Park



Stand-alone
Windrad



dezentrale
Stromversorgung

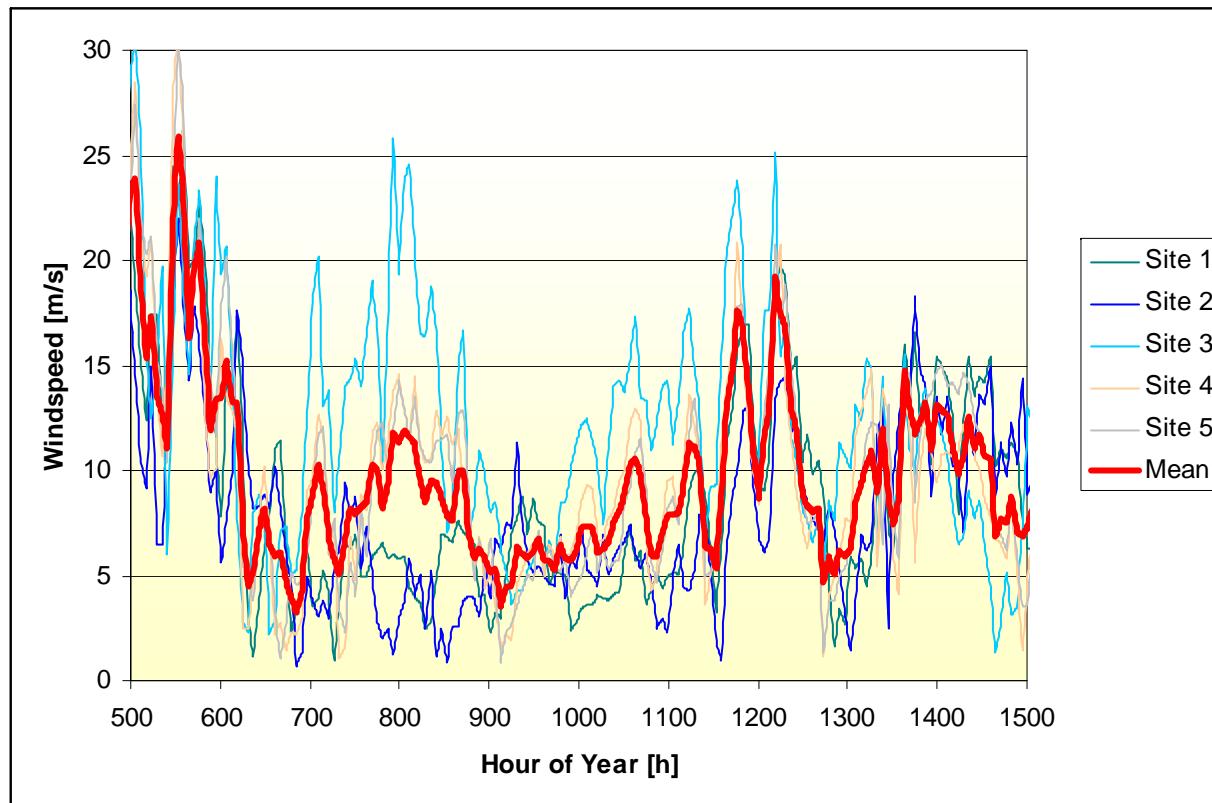


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

WIKI Wind 2009, BMU 2009



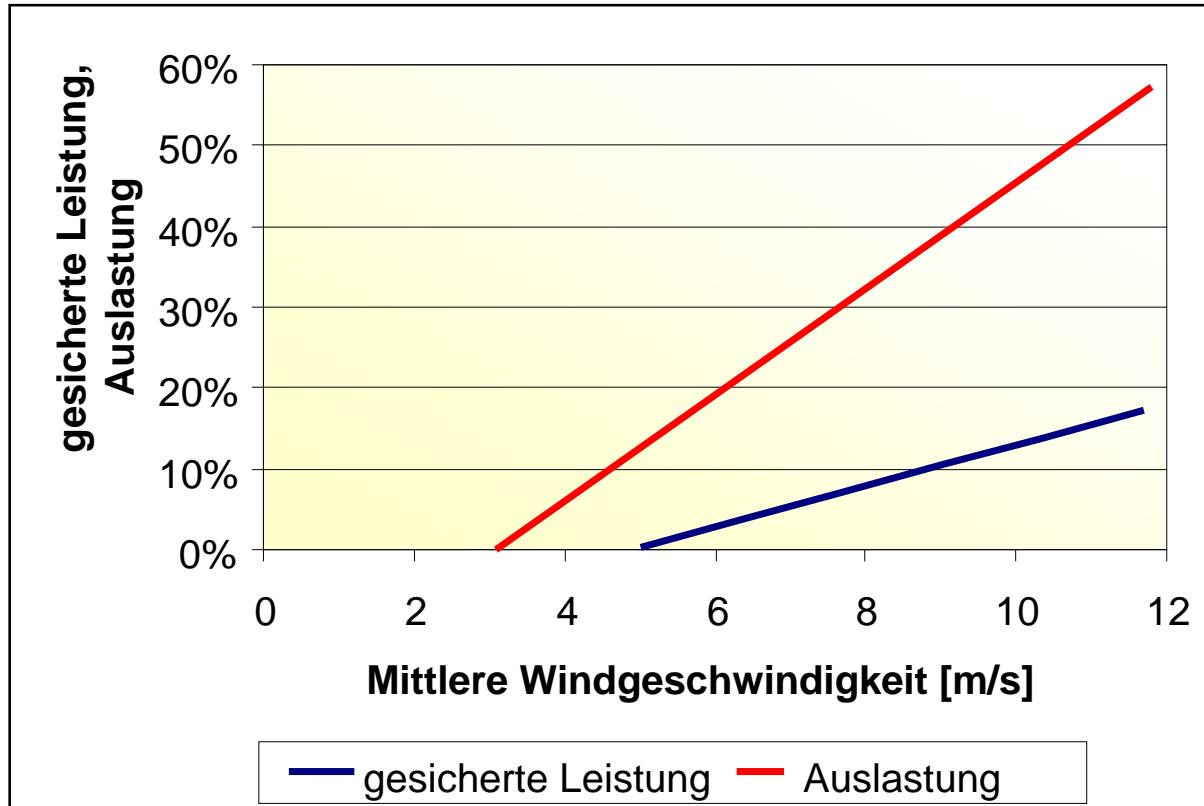
Wind Energie Ressourcen



Beispiel: Windgeschwindigkeit in 80 m Höhe für 5 Standorte und Mittelwert



Einfaches Windparkmodell



nur für große Regionen mit mehreren Windparks



Wasserkraftanlagen



Speicherkraftwerk



Kleinwasserkraft



Laufwasserkraft



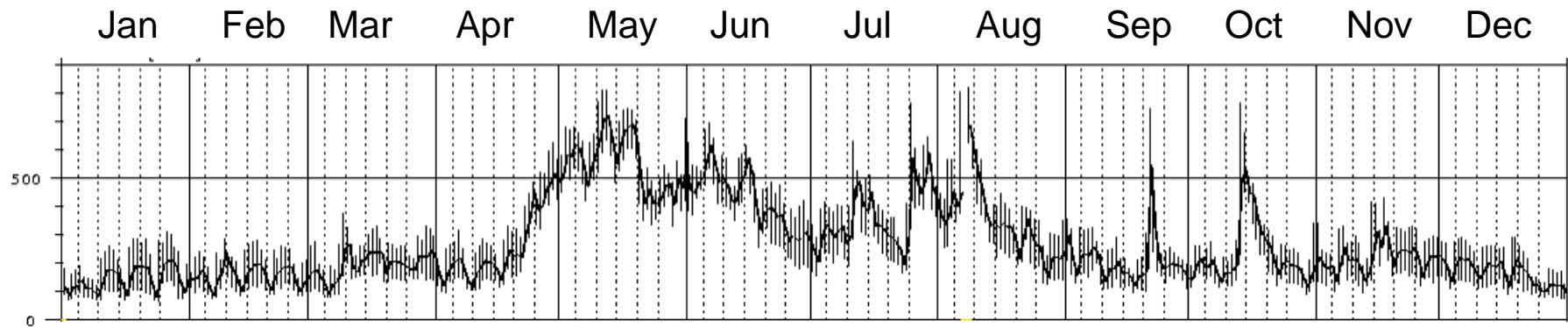
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Pumpspeicher

www.erneuerbare-energien.de/inhalt/44732/5466/



Wasserkraft Ressourcen (Laufwasserkraft)



Beispiel: Tagesabfluss am Rhein bei Diepoldsau in m^3/s

Auslastung in Deutschland 40%
Gesicherte Leistung in Deutschland 40%



Biomasse Anlagen



Biogas



Feste Biomasse



Kraftstoffe



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

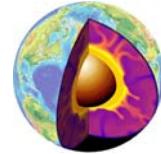
www.erneuerbare-energien.de/inhalt/44732/5466/



→ Möglichkeiten der Verstromung von Biomasse



Verschiedene Technologien stehen zur Stromerzeugung aus Biomasse bereit (* kleinere Leistungsklasse als Dampfturbine;
** je nach Brennstoffzellentyp).



Geothermiekraftwerke

Hydrothermales Kraftwerk



Blue Lagoon, Reikjawik, Island

Hot Dry Rock



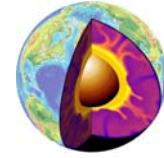
HDR Anlage in Basel, Schweiz



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

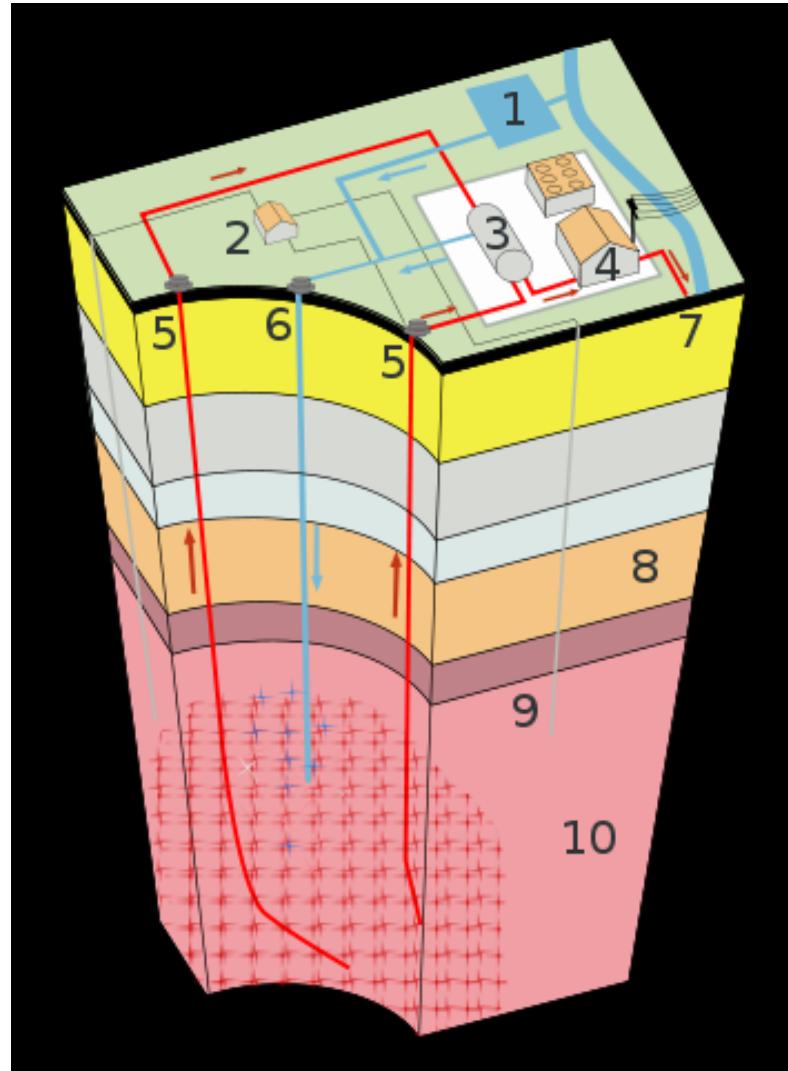
Peakenergy 2009

Folie 18



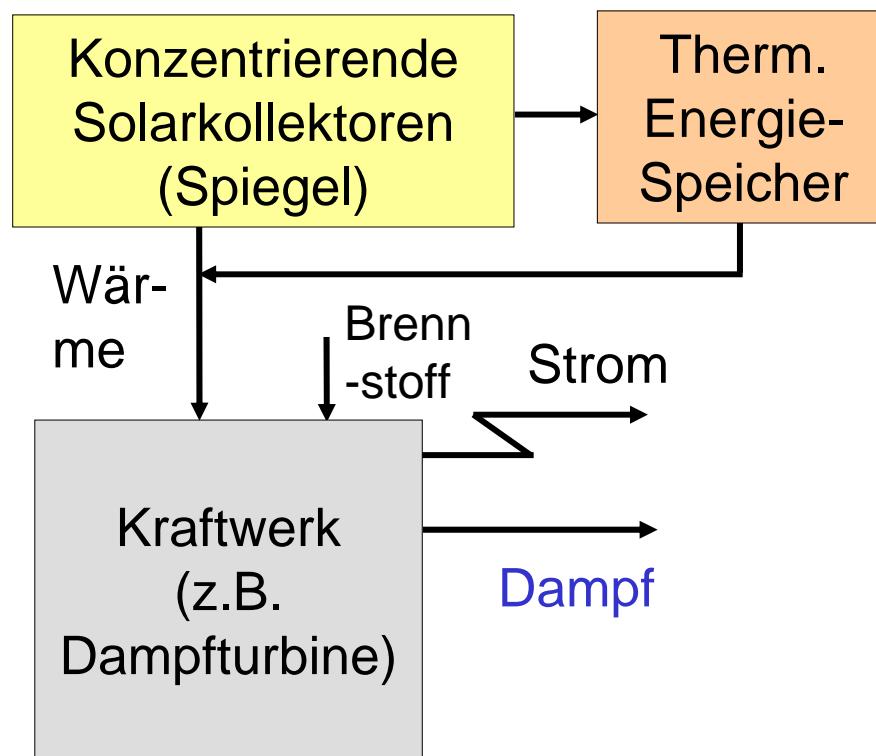
Hot Dry Rock System Kraft-Wärme-Kopplung

- 1: Reservoir
- 2: Pumpenhaus
- 3: Wärmetauscher
- 4: Turbinenhalle
- 5: Produktbohrung
- 6: Injektionsbohrung
- 7: Heißwasserleistung
- 8: Poröse Sedimente
- 9: Beobachtungsbohrung
- 10: Krystallines Gestein





Prinzip eines solarthermischen Kraftwerks

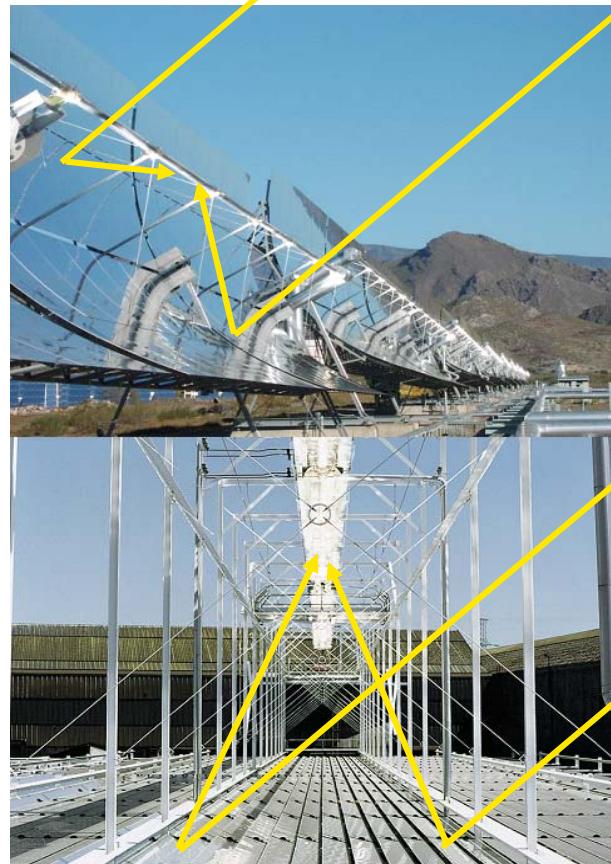


- ✓ Sonnenenergie ersetzt Brennstoff
- ✓ Sekundenreserve
- ✓ Regelleistung nach Bedarf
- ✓ Kraft-Wärme-Kopplung für Wasserentsalzung, Kälte, Fernwärme, Industrie

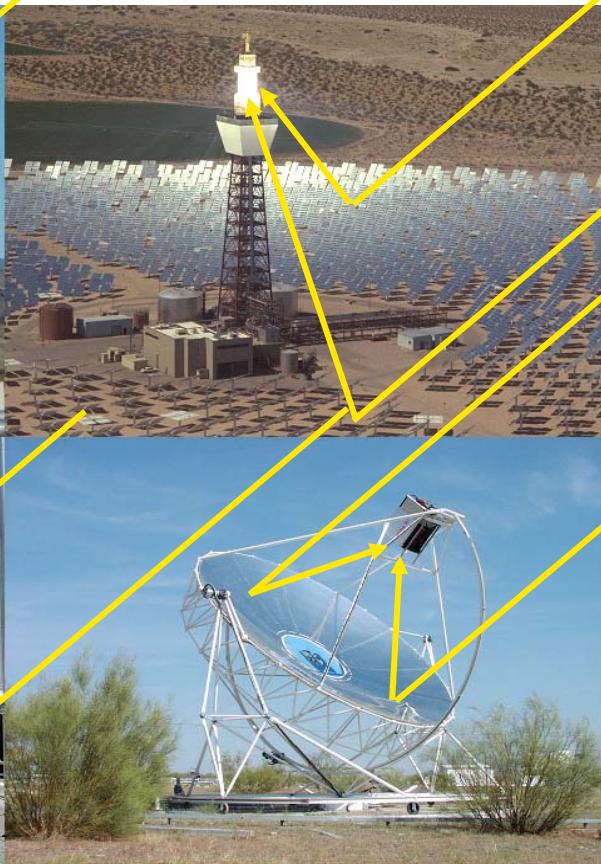


Konzentrierende Sonnenkollektoren

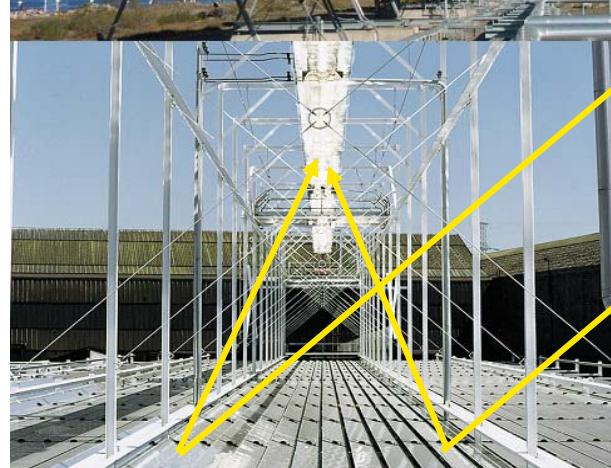
Parabolrinne (PSA)



Solarturm (SNL)



Linear Fresnel (MAN/SPG)



Dish-Stirling (SBP)





**ANDASOL 1+2, Guadix, Spanien
(2x50 MW, 7 Std. Speicher, 2009)
3500 Vollaststunden pro Jahr**





Kein zwingender Wasserverbrauch solarthermischer Dampfkraftwerke



Heller Trockenkühltürme für 450 MW Dampfturbine in Bursa, Türkei,
im Vordergrund rechts konventionelles Luftkühlerelement.

Luftkühlung führt bei konventionellen Kraftwerken zu erhöhtem Brennstoffverbrauch und bei solarthermischen Kraftwerken zu verringerten Überschüssen.



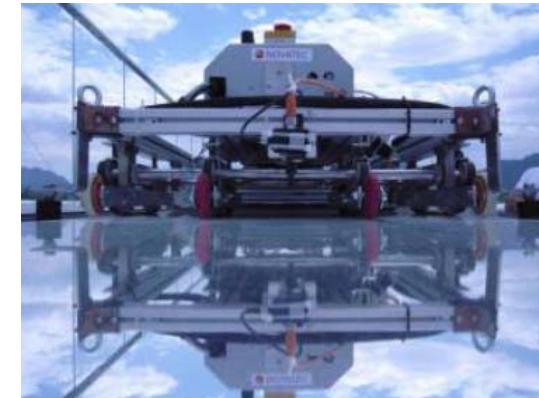
NOVATEC
Linear Fresnel
2 MW, Puerto
Errado, Spanien

**Produktions-
automaten**

**Direkt-
verdampfung**

Trockenkühlung

Putzroboter



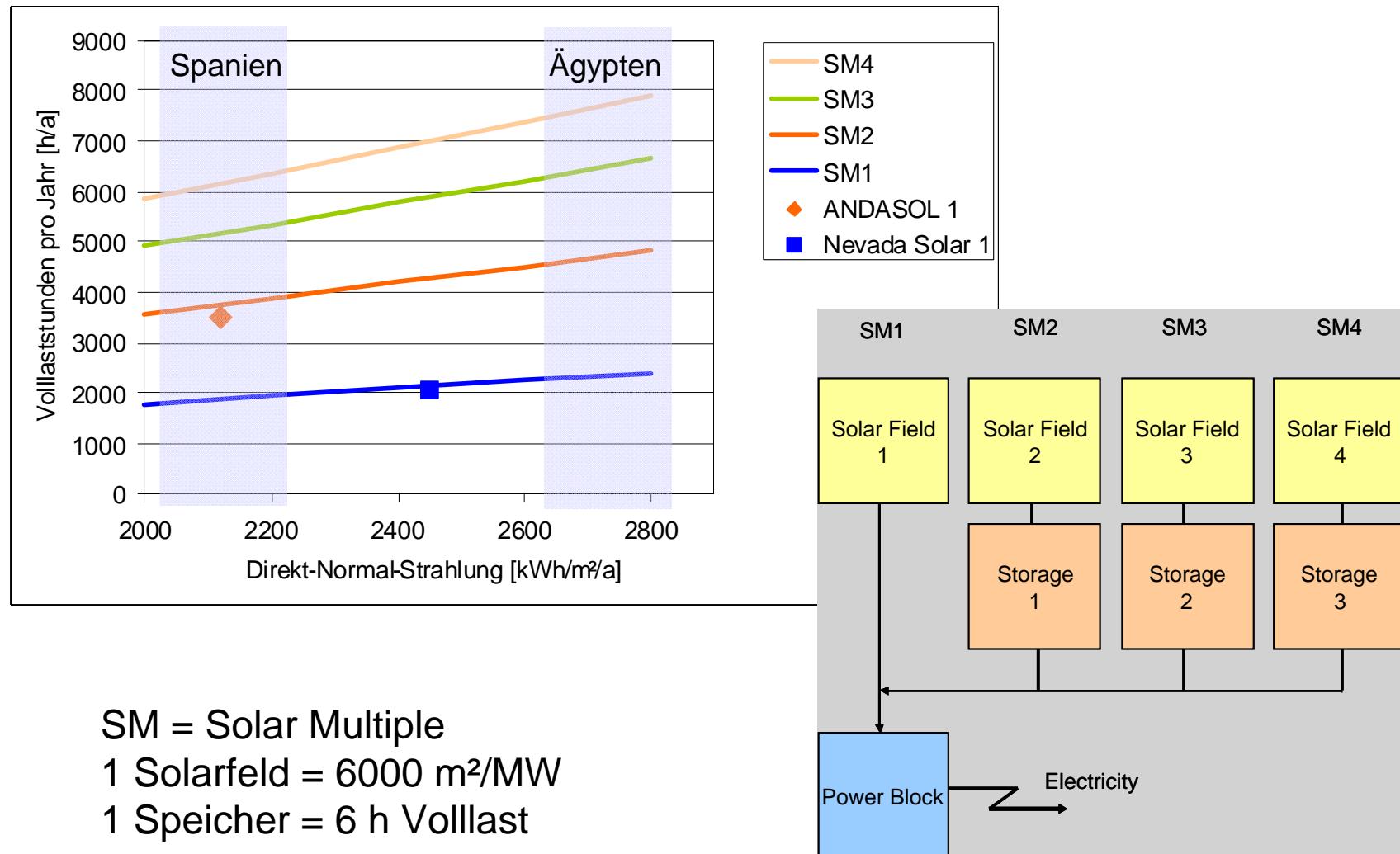
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.novatec-biosol.com

Folie 24



Auswirkung thermischer Energiespeicher auf die Verfügbarkeit

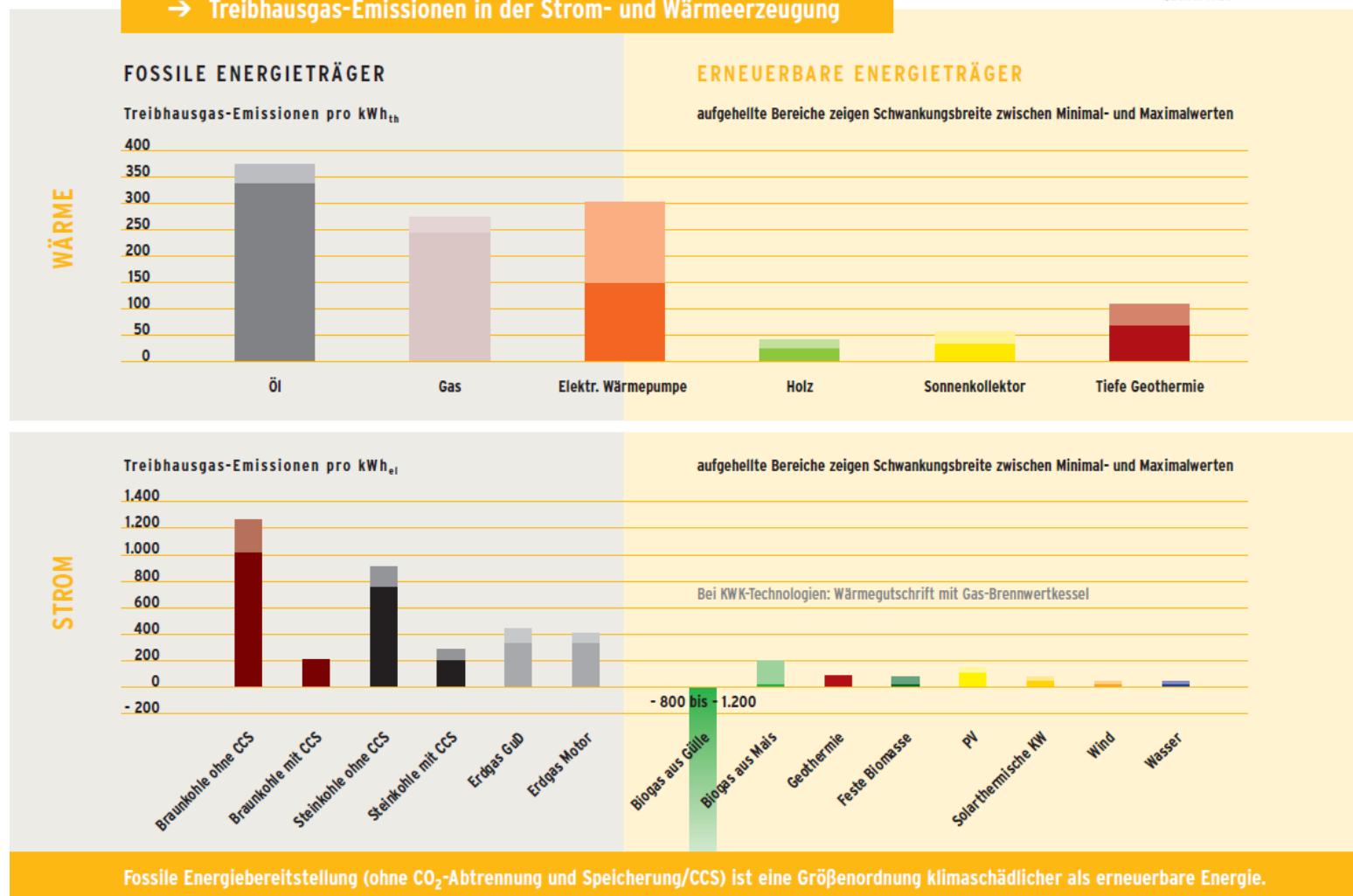




Lebenszyklus Emissionen

→ Treibhausgas-Emissionen in der Strom- und Wärmeerzeugung

Quelle: IFEU





Spherical Utility-Scale Nuclear Fusion Reactor (SUN 1)



Vollautomatisch

Erprobt

Kostengünstig

Umweltfreundlich

bisher geschaffene
Arbeitsplätze:
ca. 6.5 Mrd.



Teil 2:

Energiebedarf und Energieversorgung

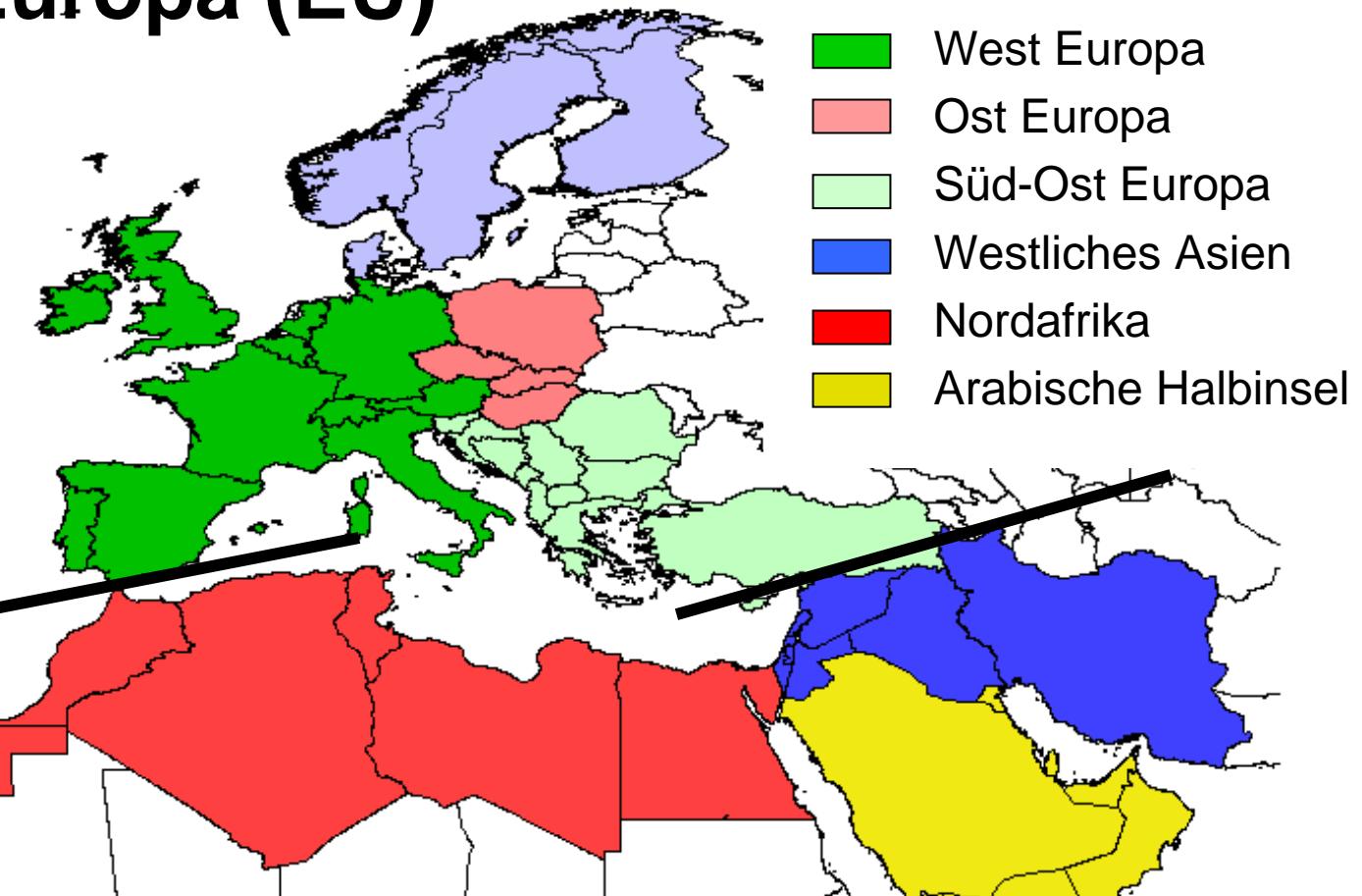




Insgesamt 50 Länder untersucht



Europa (EU)

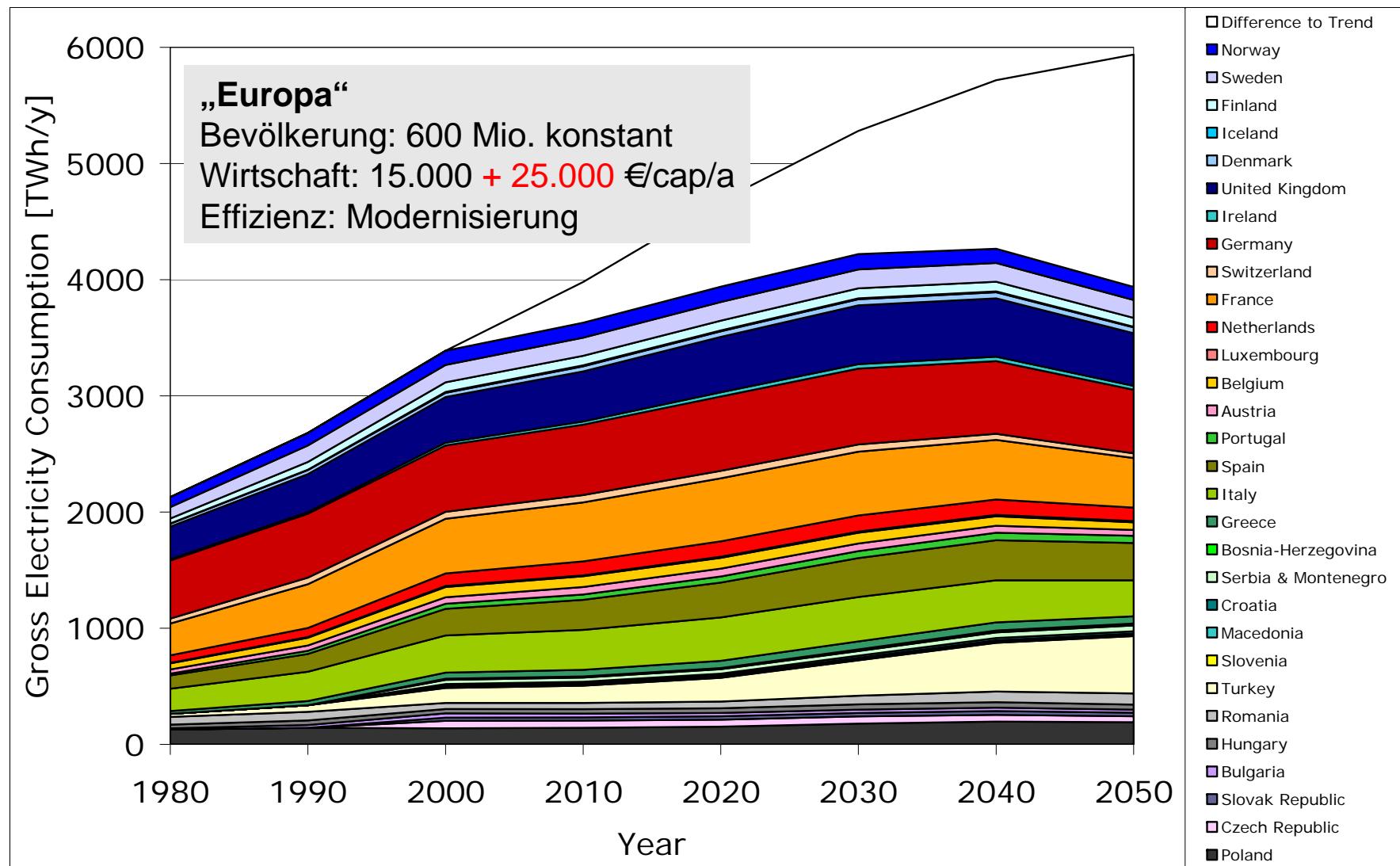


Middle East & North Africa (MENA)



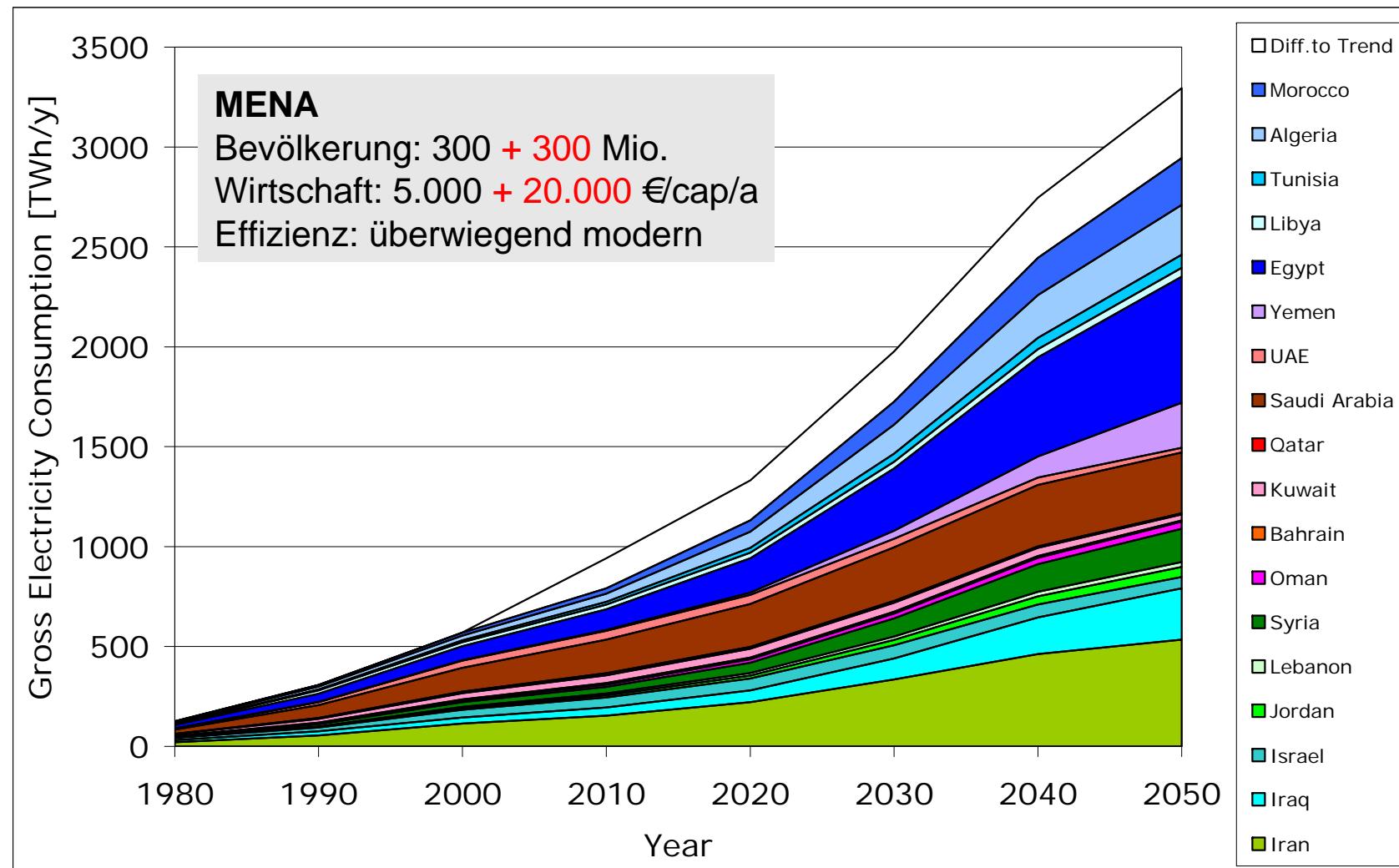


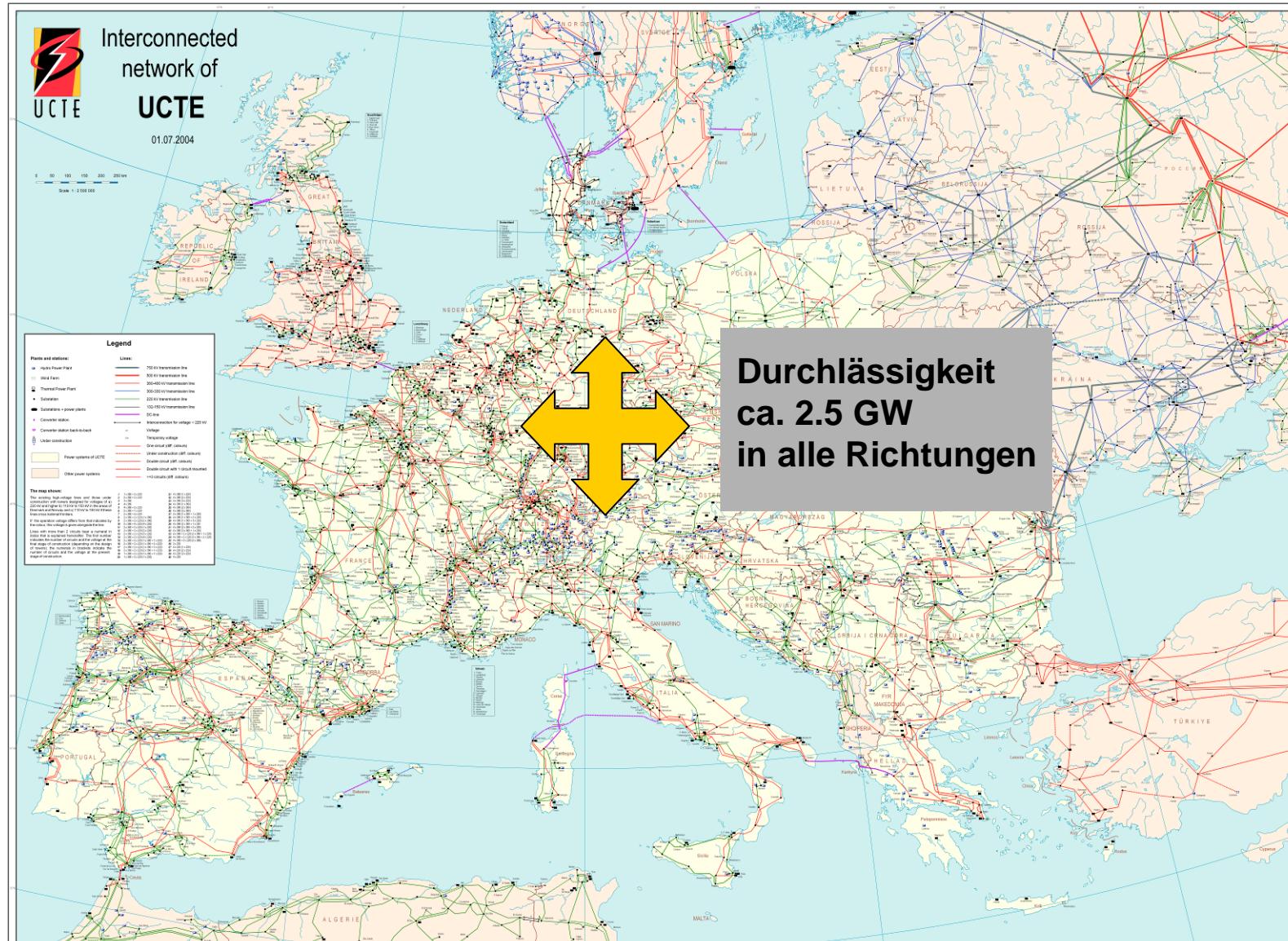
TRANS-CSP: Strombedarf in „Europa“ (ohne Elektromobilität)





MED-CSP: Strombedarf im Mittleren Osten und Nordafrika (MENA)







Kraftwerkspark Deutschland 2010

	installiert	davon sicher	davon regelbar	Bilanz:	
Laufwasserkraft	5.3 GW	40%	0%	Erneuerbar	59.6 GW
Pumpspeicher	5.7 GW	90%	100%	Fossil	105.8 GW
Biomasse	0.0 GW	88%	60%	Gesamt	165.5 GW
Biomasse KWK	4.9 GW	88%	25%	Regelbar	54.6 GW
PV	16.5 GW	1%	0%	Nicht Regelbar	110.9 GW
Windkraft	27.2 GW	10%	0%	Sichere Leistung	108.2 GW
Geothermie	0.0 GW	90%	60%	Spitzenlast Sommer	70.0 GW
Erdgas	19.0 GW	86%	60%	Spitzenlast Winter	80.0 GW
Erdgas KWK	6.0 GW	86%	25%	Nicht Regelbar Fossil	58.2 GW
Steinkohle	20.0 GW	86%	60%	Nicht Regelbar Erneuerbar	52.7 GW
Steinkohle KWK	8.0 GW	86%	25%	Grundlast Sommer	40.0 GW
Braunkohle	20.4 GW	92%	40%	Grundlast Winter	50.0 GW
Kernkraft	20.5 GW	93%	40%		
Heizöl KWK	2.0 GW	86%	25%		
Heizöl	4.0 GW	86%	60%		
Übrige	6.0 GW	86%	25%		

http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Download/Dokumente/Studien__Umfragen/Kurzanalyse_KuN-Planung_D_2020_2030_lang.pdf

http://www.vewsaar.de/fileadmin/dokumente/Energie/pdf/energie_info_entwicklung_energieversorgung_23022011.pdf

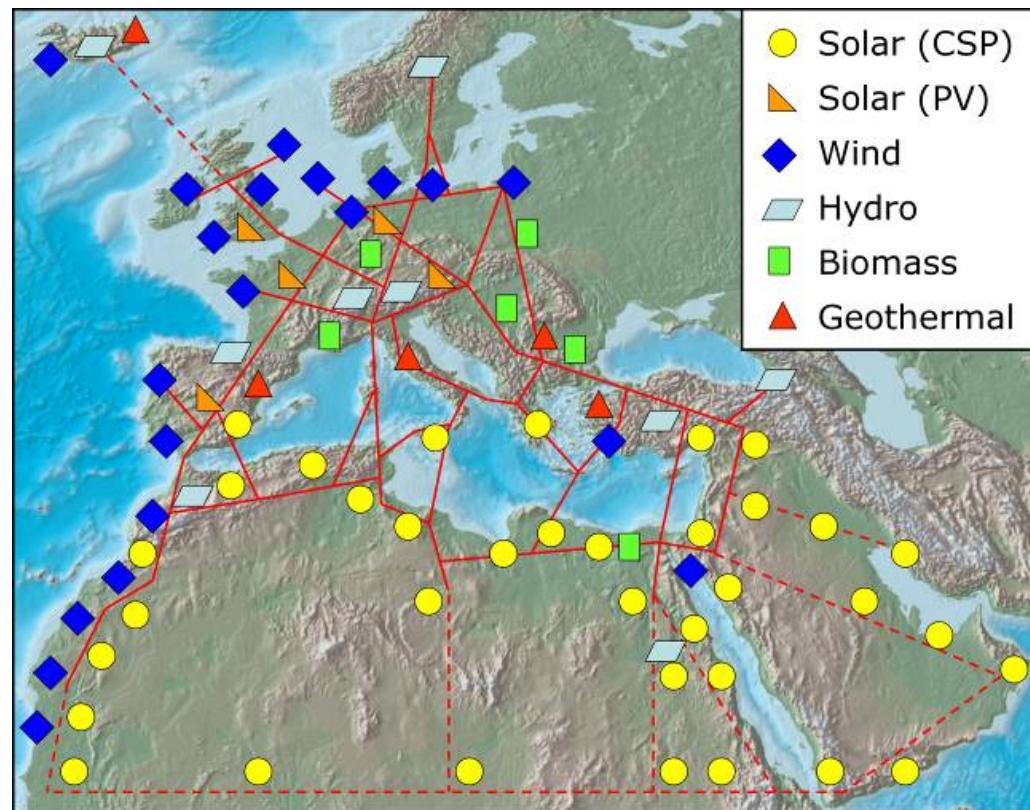
**Umbau: 58 GW fossile, nicht regelbare Leistung entfernen,
aber 108 GW sichere Leistung jederzeit beibehalten**



DESERTEC Vision 2003

Dem Wechselstromnetz überlagerte HGÜ-Stromautobahnen
verbinden gute Produktionsstandorte mit großen Verbrauchscentren

TREC
Clean Power from the Deserts
Trans-Mediterranean
Renewable Energy Cooperation
In conjunction with The Club of Rome



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.desertec.org

Folie 34



HGÜ-Freileitungen in China



Spannung: ± 800.000 Volt
Leistung: 6.4 Gigawatt
Länge: 2070 km
Quelle: Wasserkraft
Verlust: 7%
Bauzeit: 2 Jahre
Kosten: 2.5 Mrd.€

HGÜ
HVDC

Hochspanungs-Gleichstrom-Übertragung
High-Voltage-Direct-Current Transmission



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

<http://www.abb.com>
<http://www.siemens.com>



HVDC Light Erdkabel



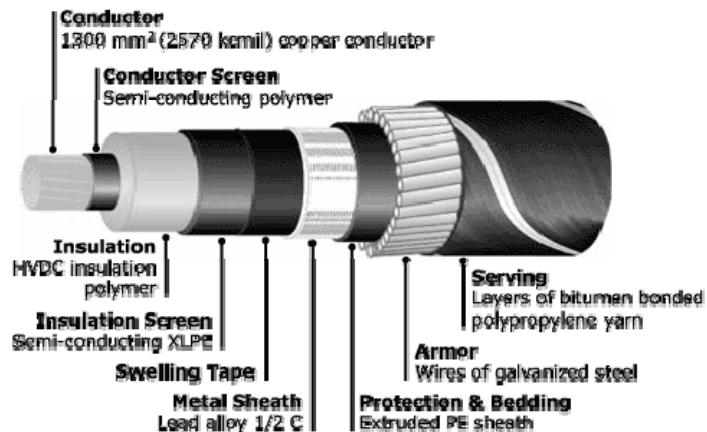
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.abb.com

Folie 36



HVDC Light Seekabel

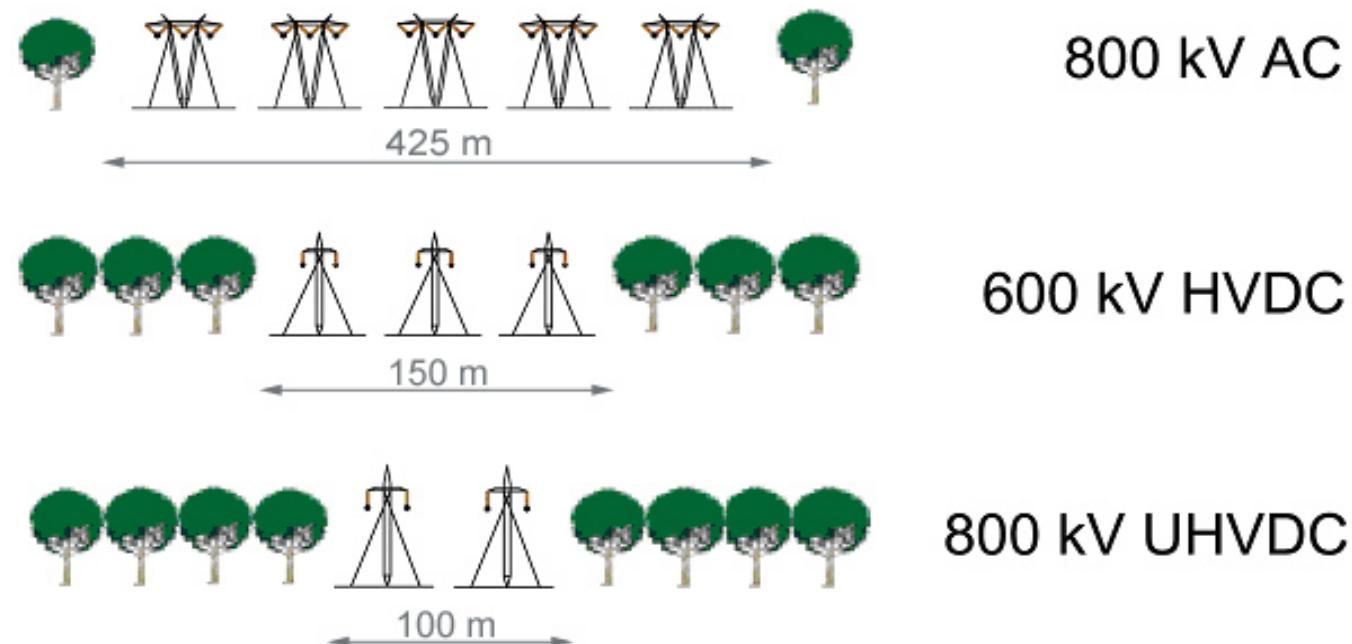




Optionen für den Solarstromtransfer über 2000 km Entfernung

Solarstrom-transfer mit:	Wasserstoff	Wechselstrom AC / HVAC	HGÜ
Verluste	75 %	30 % / 18 %	7 - 10 %
Kosten	sehr hoch	hoch	gering
Anpassung an Verbraucher	elektro- oder thermochemische Umwandlung	Transformator	Transformator Wechselrichter
Übersee-Transport	Tanker oder Pipelines	nicht über 30 km	Standard-lösung
Sichtbarkeit	gering	hoch	hoch
Material und Emissionen	moderat	moderat	gering
Bevorzugte Verwendung	Brennstoff	Lokale und regionale Versorgung	Ferntransport

Raumbedarf – Trassenbreite für 10 GW Leistung



(Quelle: ABB, erweitert)

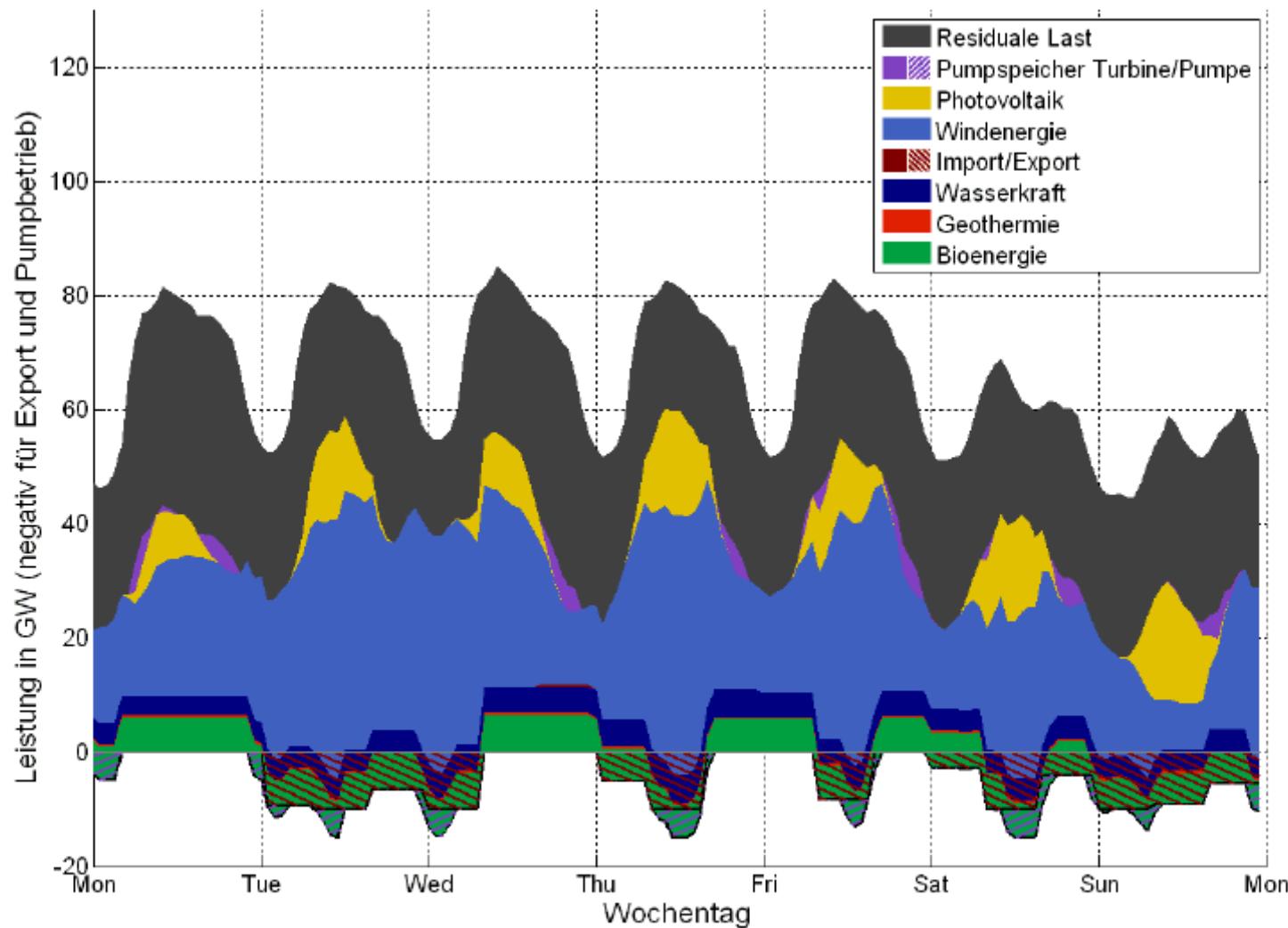


Abb. 5: Woche mit dem Moment der maximalen EE-Einspeisung (2020)

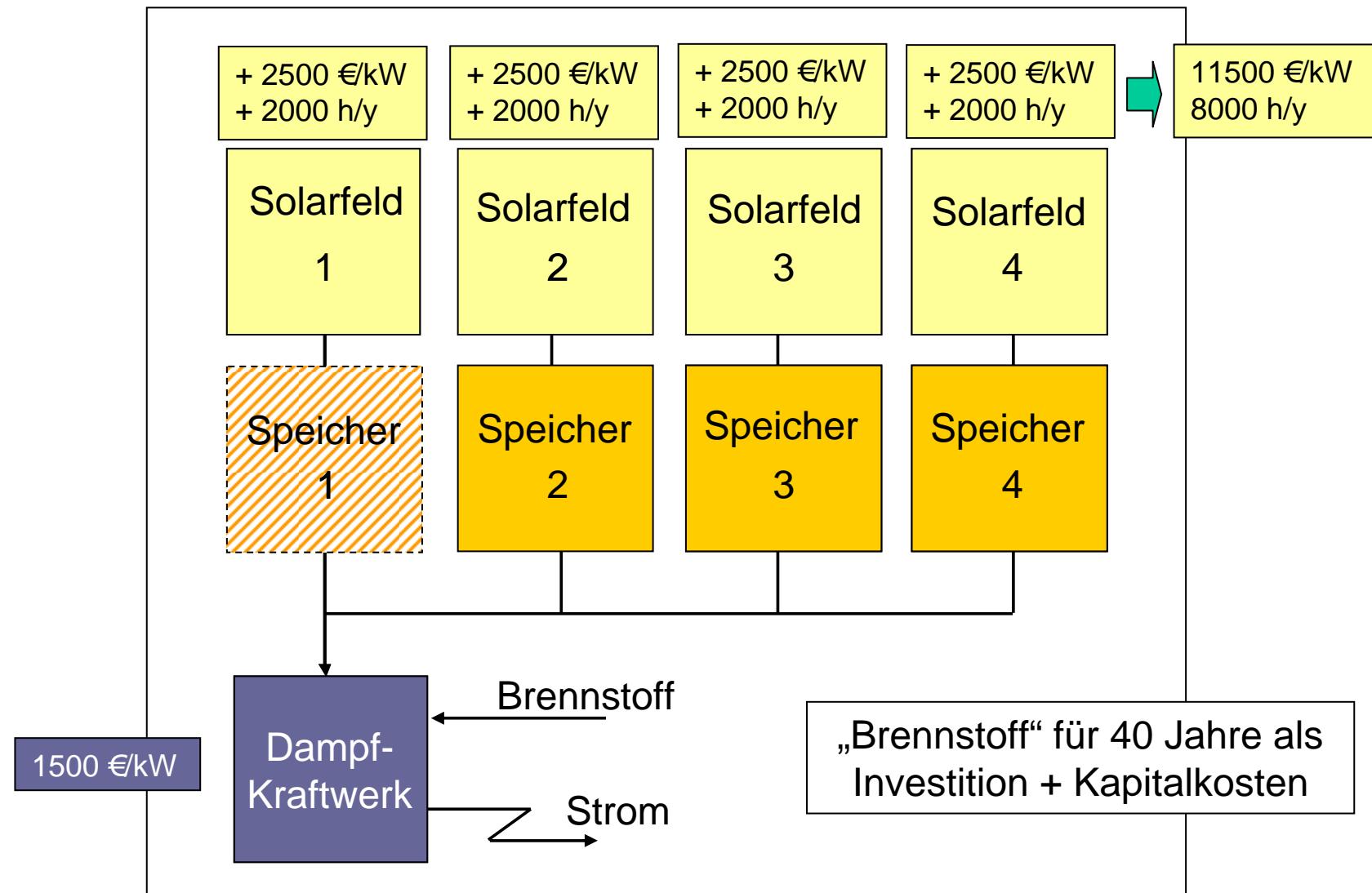


BEE Szenario des FhG-IWES:

Der Bedarf an konventionellen Großkraftwerken, die im Dauerbetrieb Strom produzieren, sinkt im Jahr 2020 auf etwa die Hälfte gegenüber 2007 ab. Die Leistung der Kraftwerke, die mit über 7000 Vollaststunden Strom produzieren können (Kohle-, und Kernkraftwerke), sinkt auf 27 GW. Der übrige Teil des dauerhaften Strombedarfs, der so genannten Grundlast, wird 2020 durch Erneuerbare Energien und Pumpspeicher gedeckt.



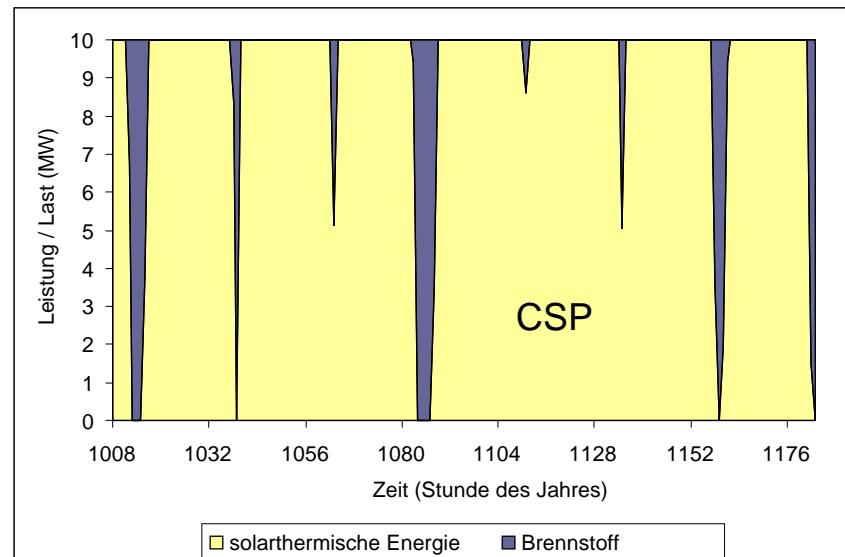
Konfigurationen solarthermischer Kraftwerke



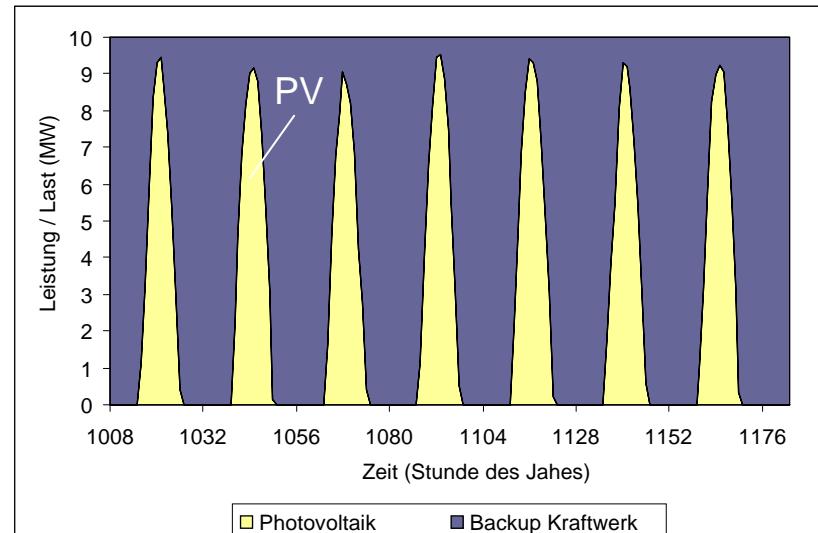
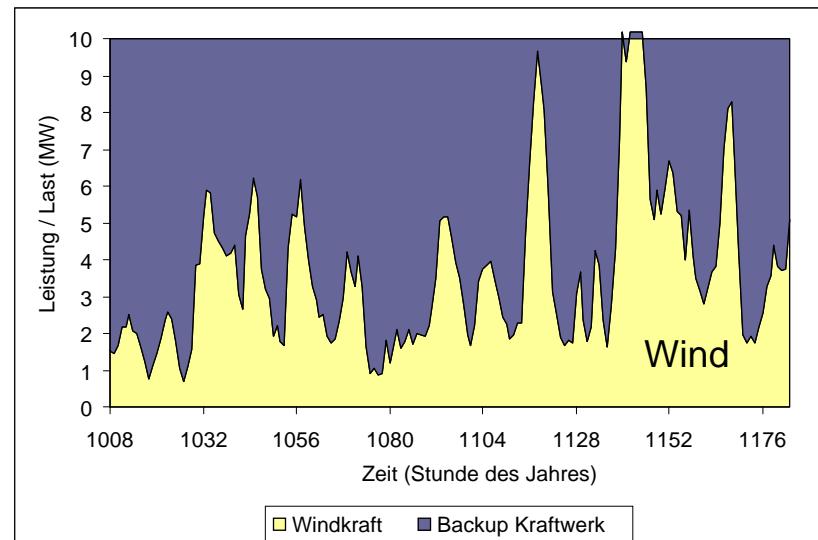


Aufgabe: z.B. 10 MW sichere Leistung

- CSP: 10 MW installiert, 10 % Gas
PV+Backup: 20 MW installiert, 75 % Gas
Wind+Backup: 20 MW installiert, 60 % Gas

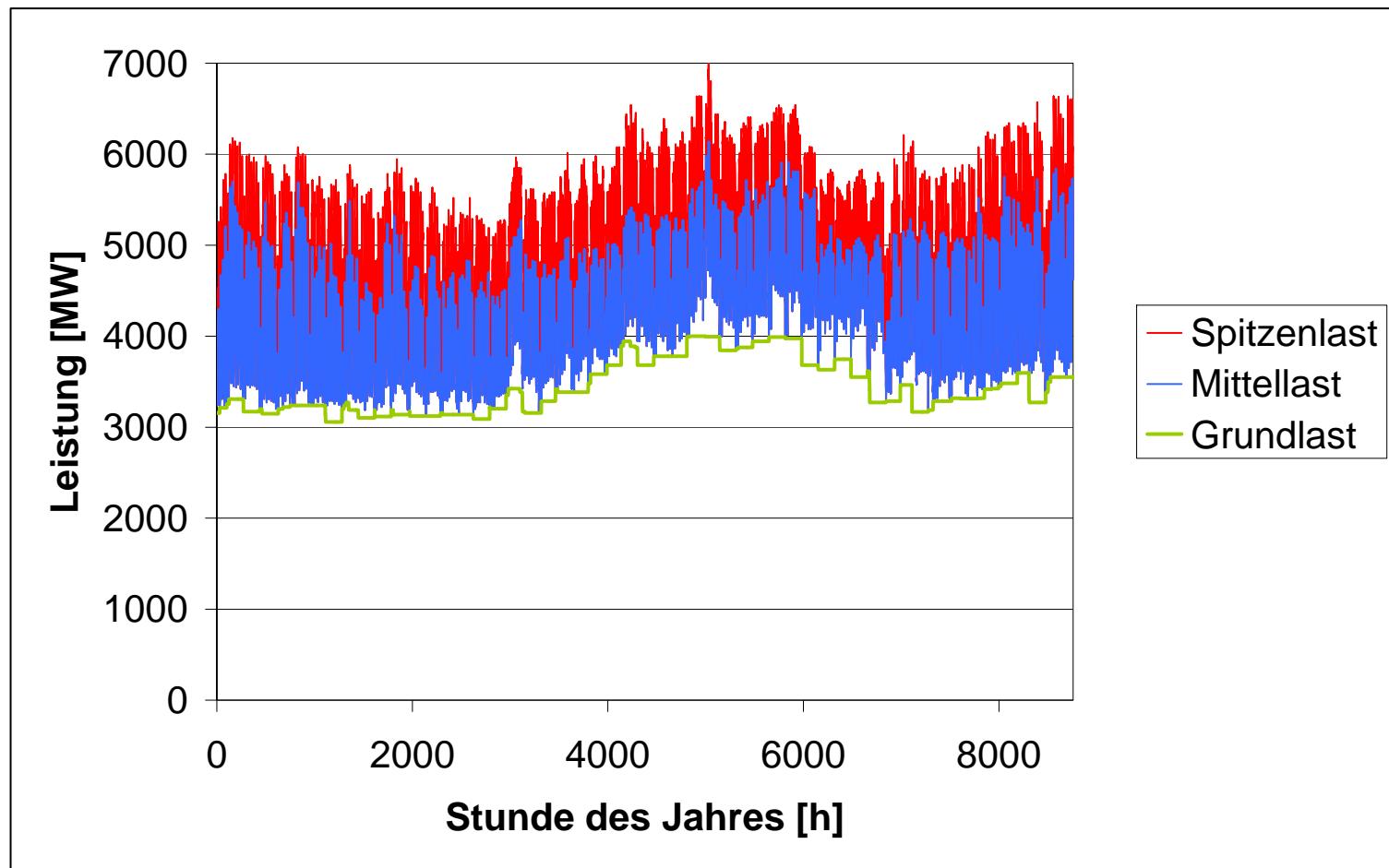


Standort Hurghada, Ägypten



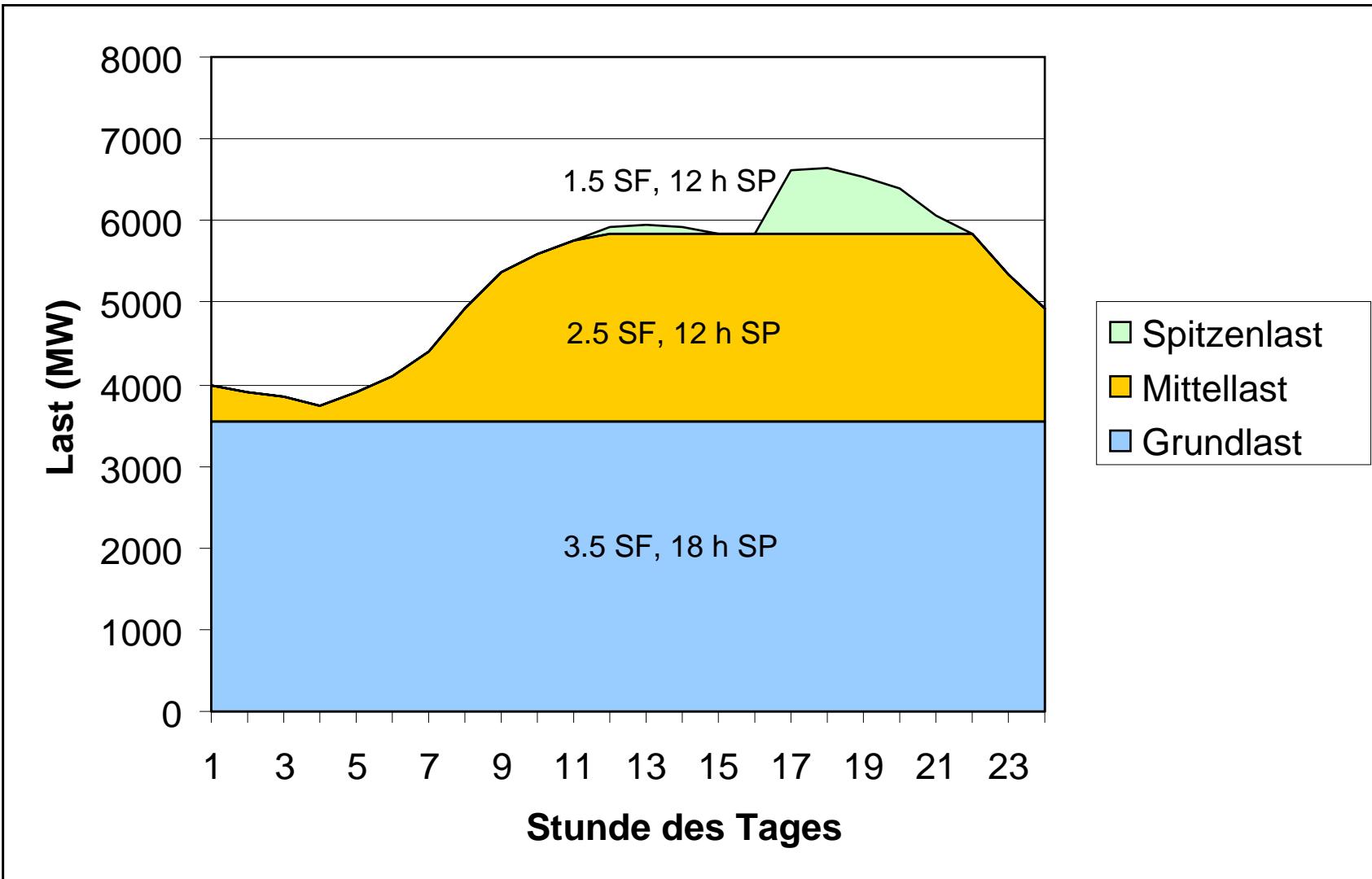


Lastkurve und verschiedene Lastsegmente



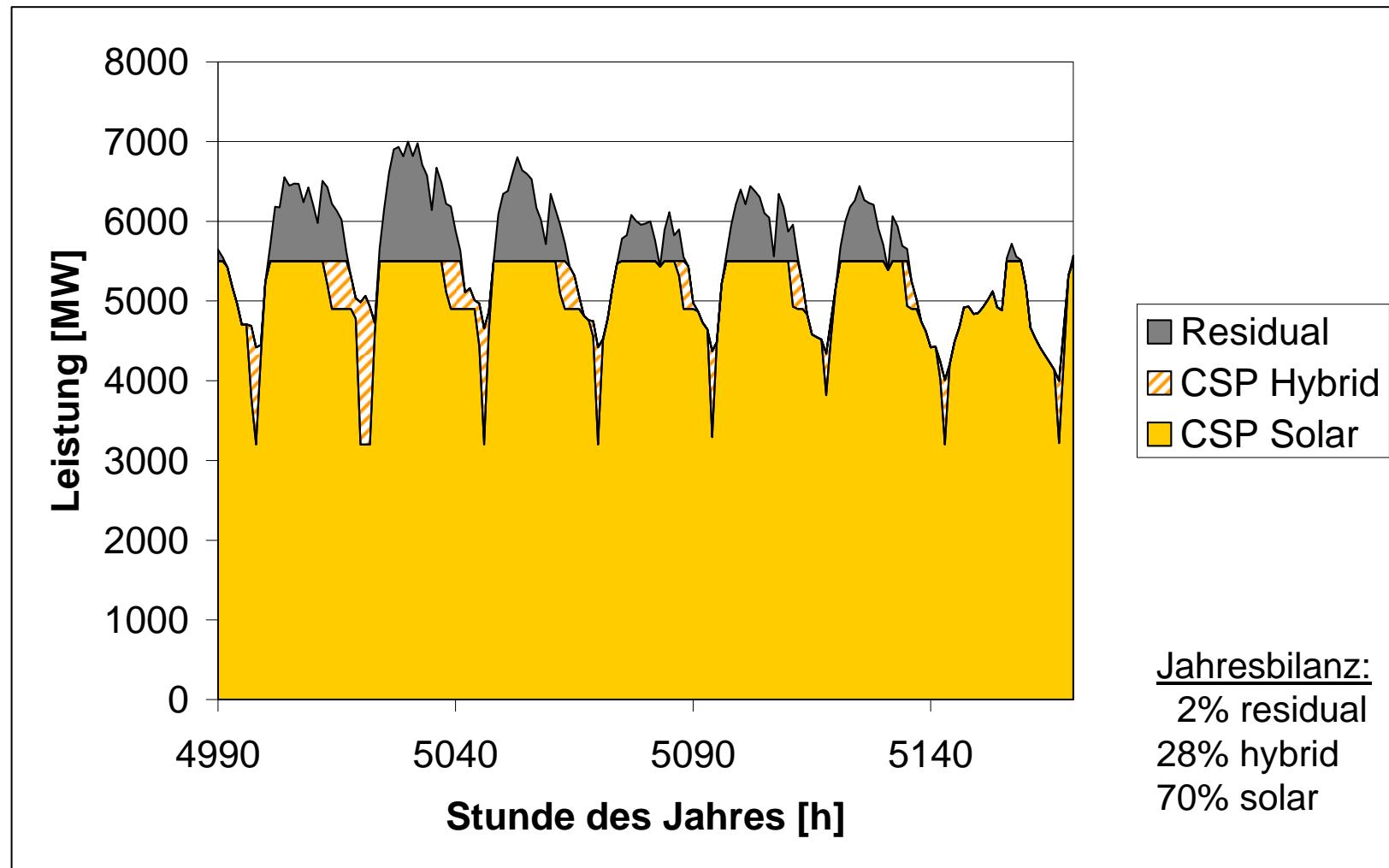


Konfigurationen solarthermischer Kraftwerke



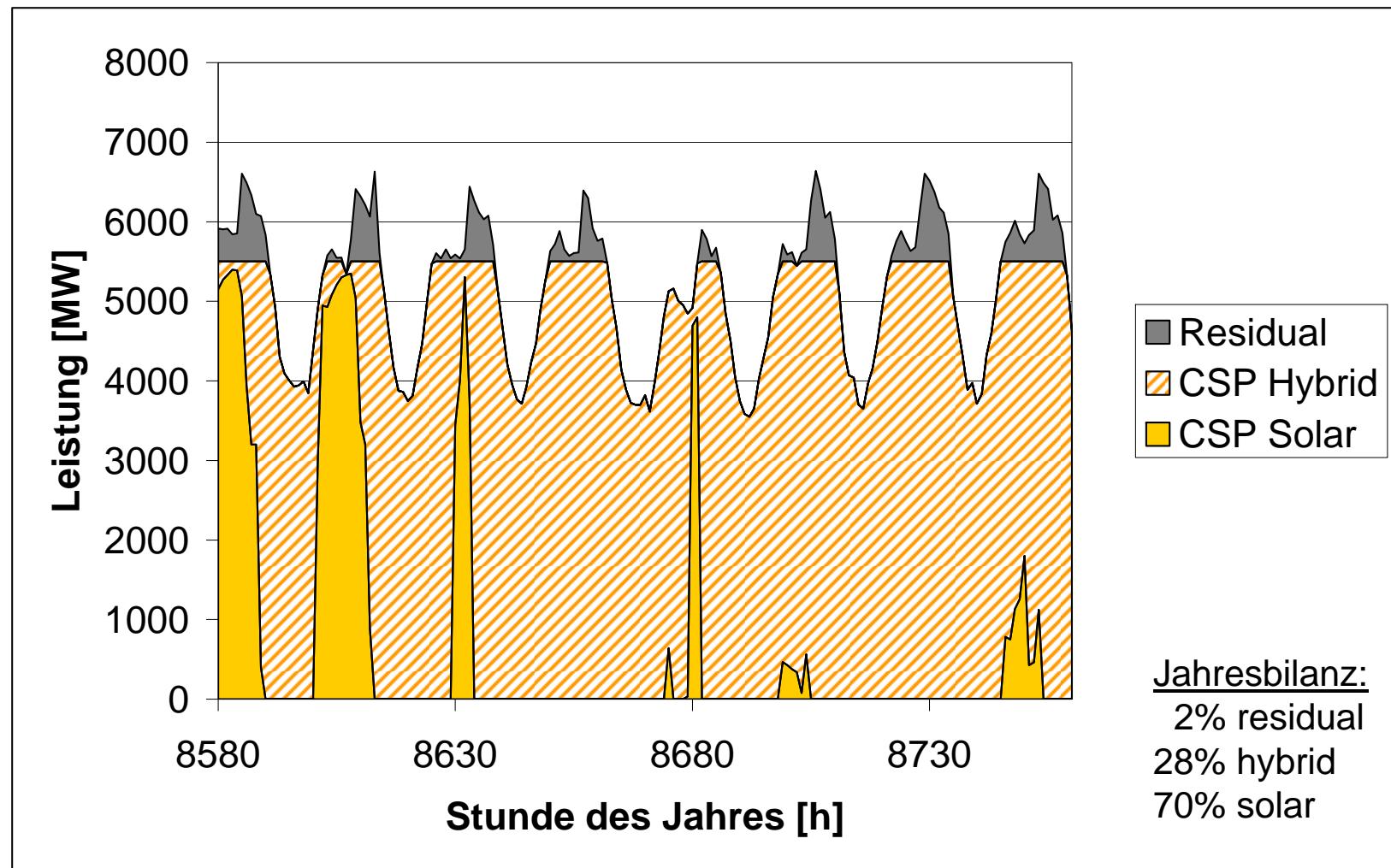


Solaranteile an der Sommer-Spitzenlast



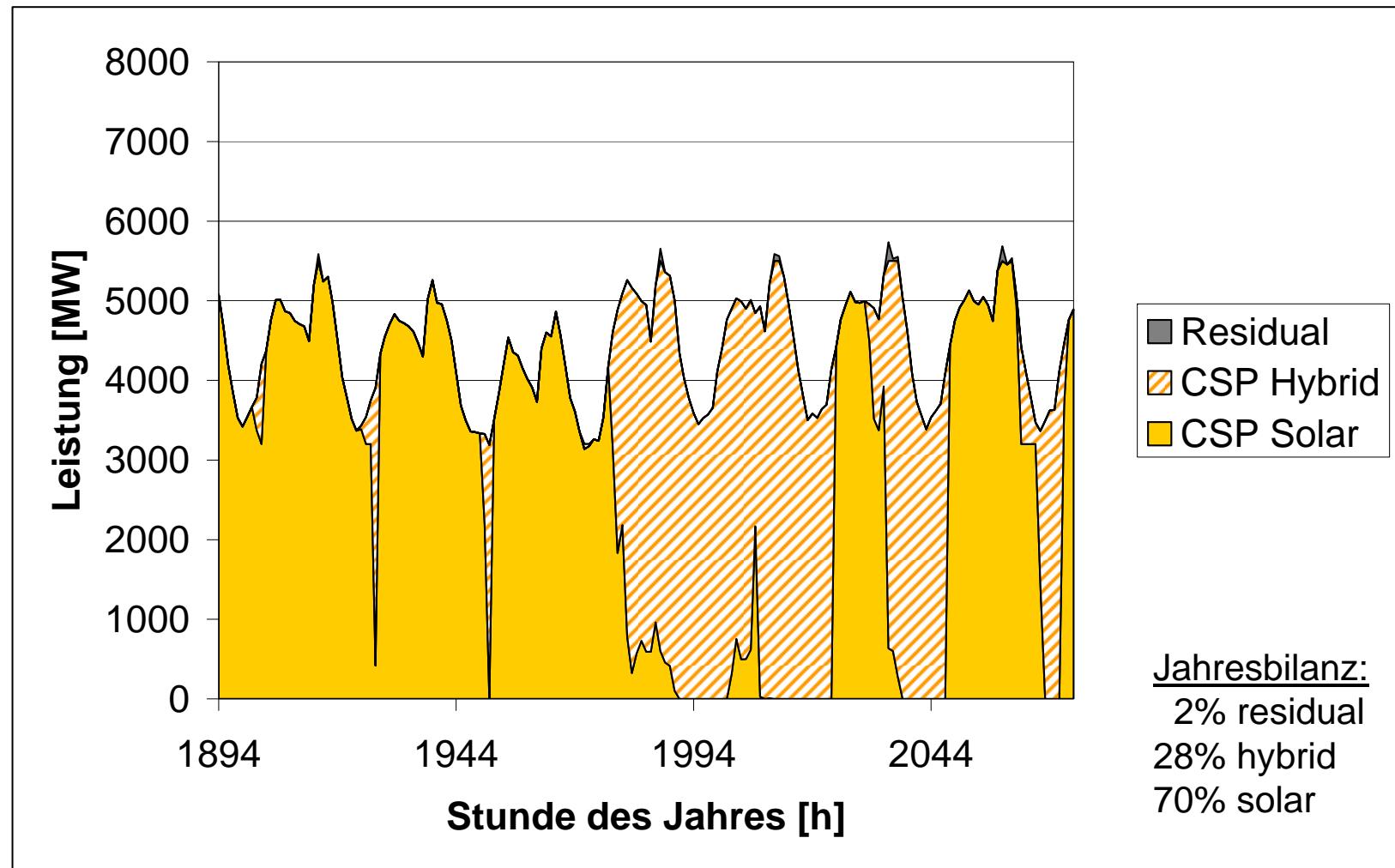


Solaranteile an der Winter-Spitzenlast



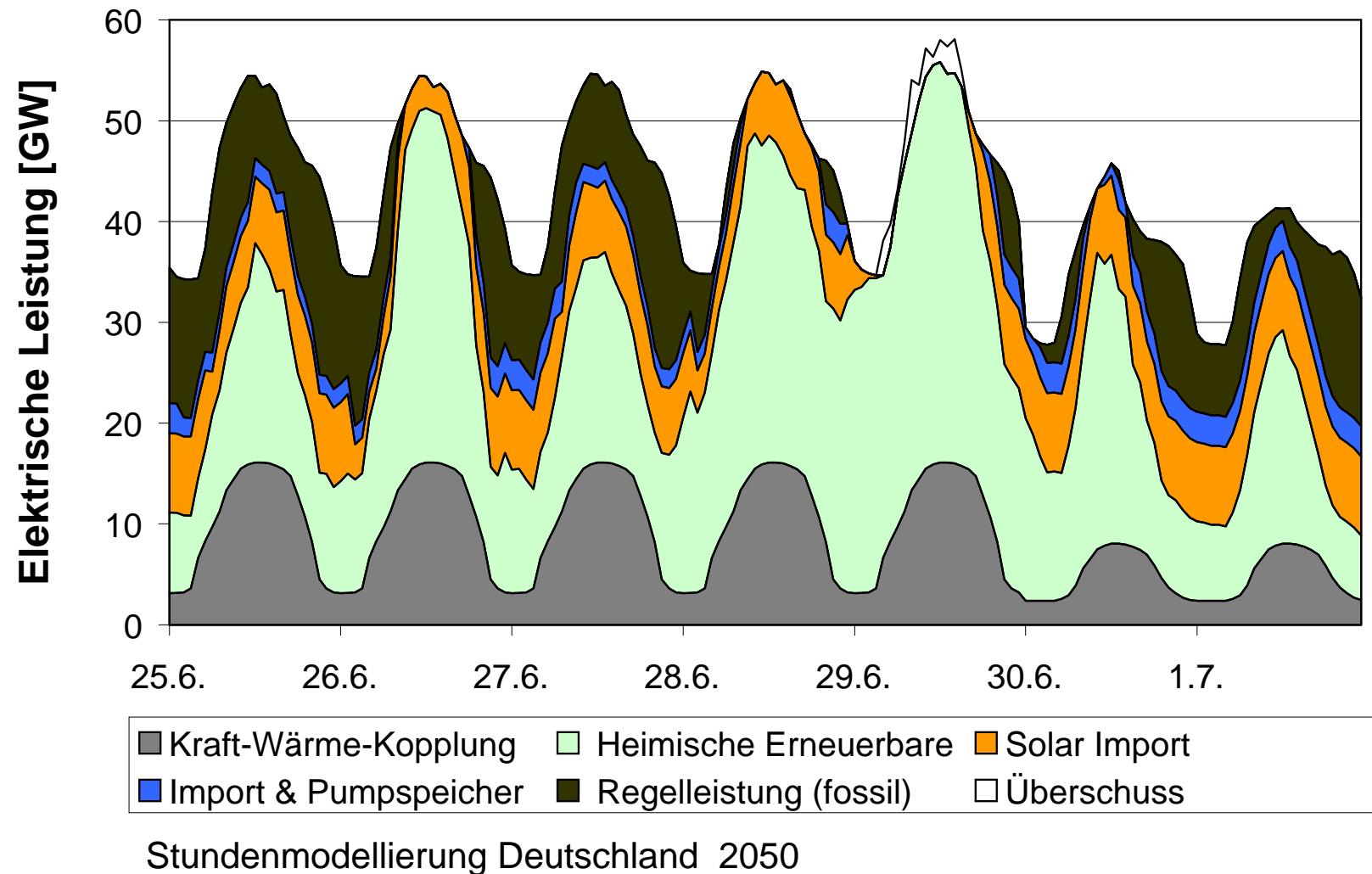


Solaranteile in Übergangszeiten





Leistung nach Bedarf: Fossile Brennstoffe decken (nur noch) Lastspitzen



Stundenmodellierung Deutschland 2050



Teil 3:

DESERTEC als Element einer nachhaltigen Energiezukunft





... was ist überhaupt “nachhaltig” ?

✓ sicher

verschiedene, sich ergänzende Quellen und Reserven
Lastdeckung nach Bedarf
langfristig verfügbare Ressourcen
bereits sichtbare und zeitnah ausbaubare Technologie

✓ kostengünstig

niedrige Kosten
keine langfristigen Subventionen

✓ umwelt- und sozial kompatibel

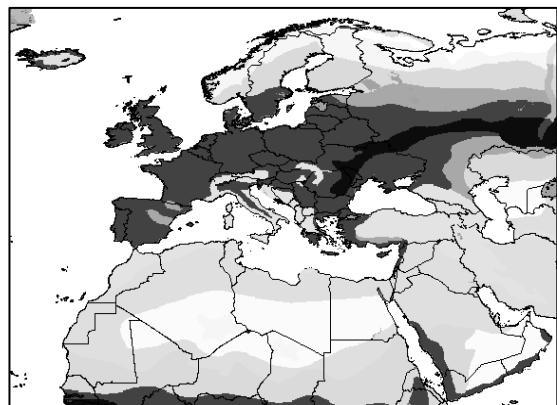
geringe Emissionen
Klimaschutz
geringe Risiken
fairer Zugang



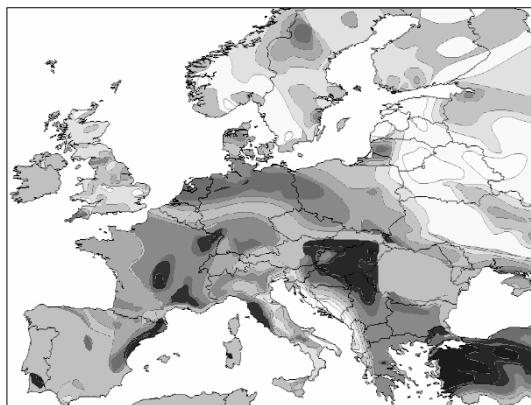


Erneuerbare Energiepotenziale in Europa, Mittlerer Osten, Nordafrika

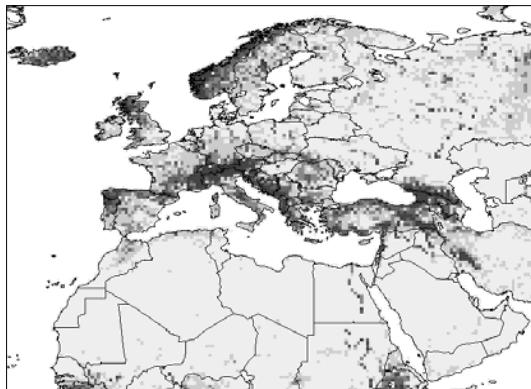
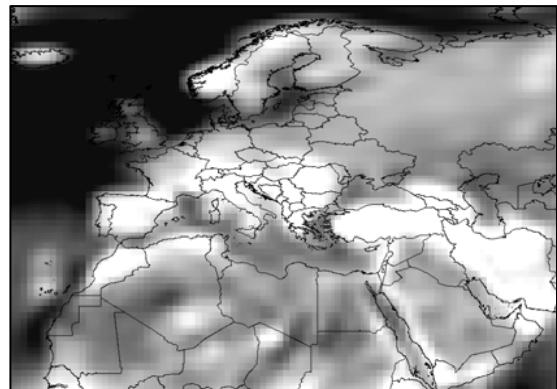
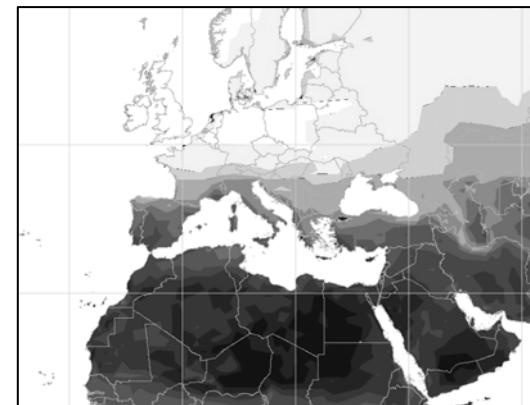
Biomasse (0-1)



Geothermie (0-1)

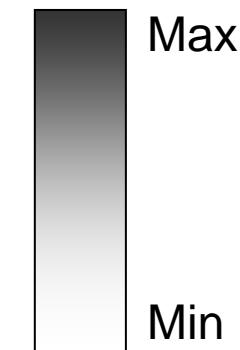


Solar (10-250)



Windkraft (5-50)

Wasserkraft (0-50)



Stromertrag
in GWh/km²/a

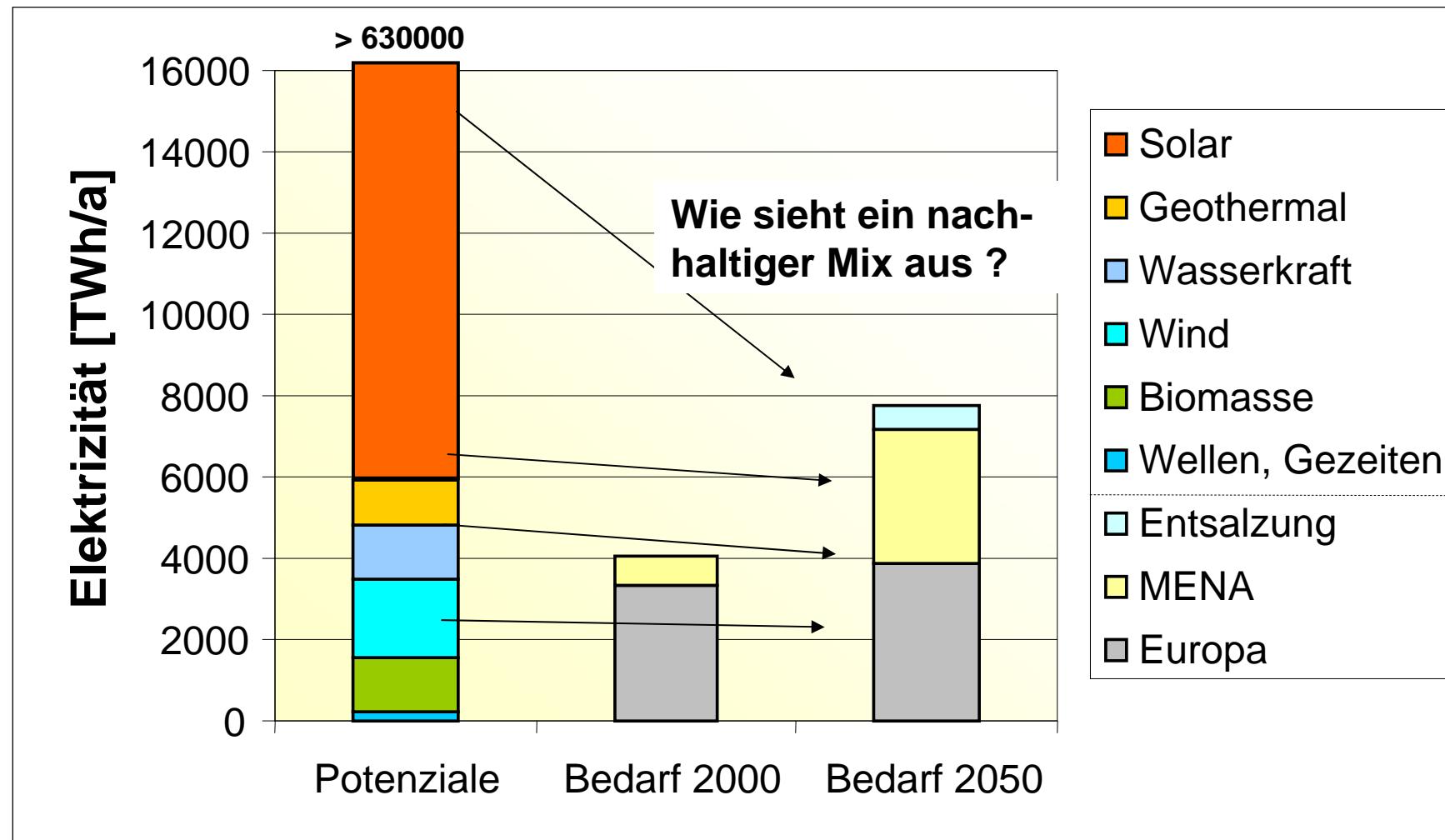


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.dlr.de/tt/med-csp

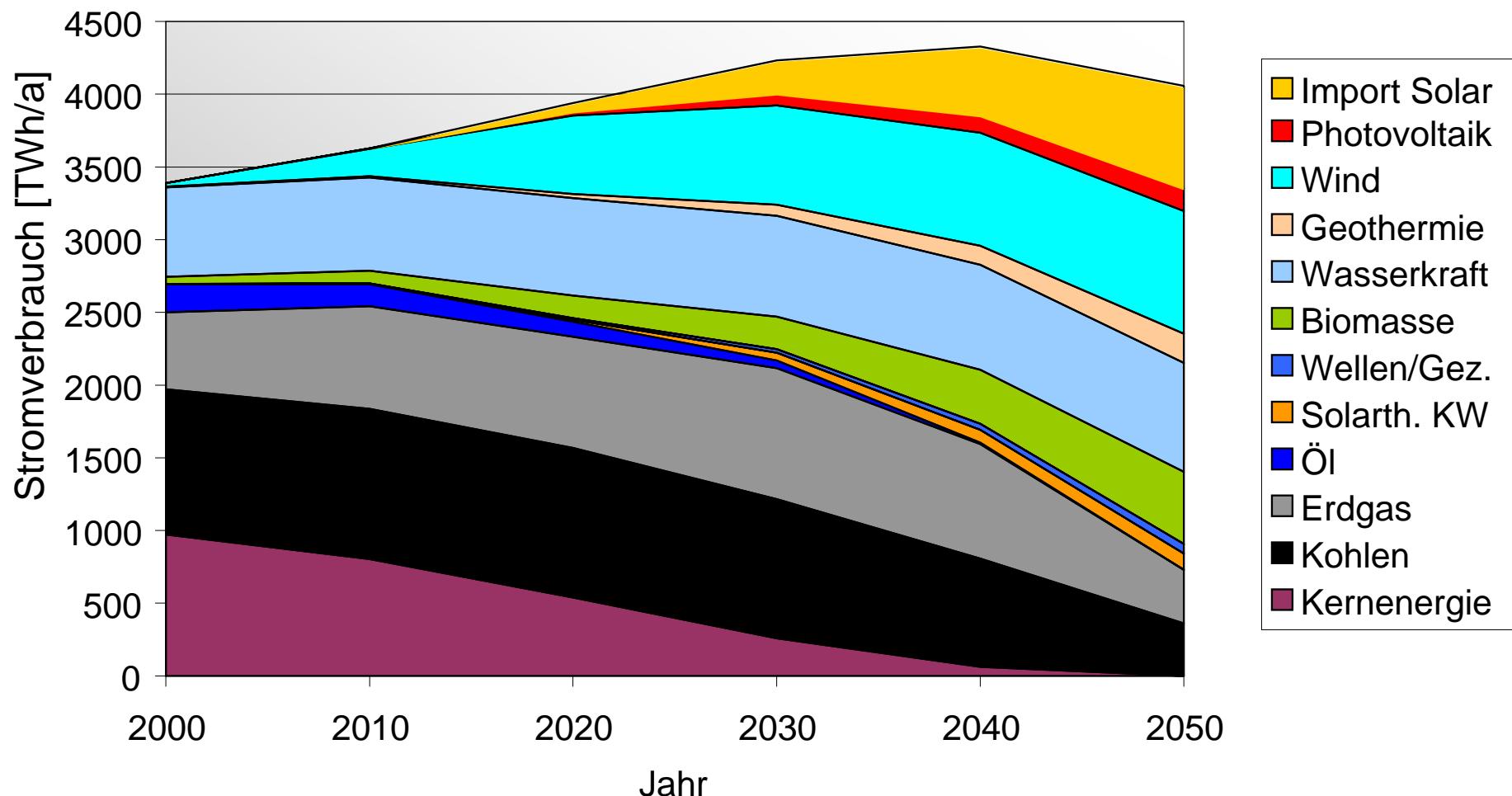


Ökonomische Potenziale vs. Bedarf in EU-MENA



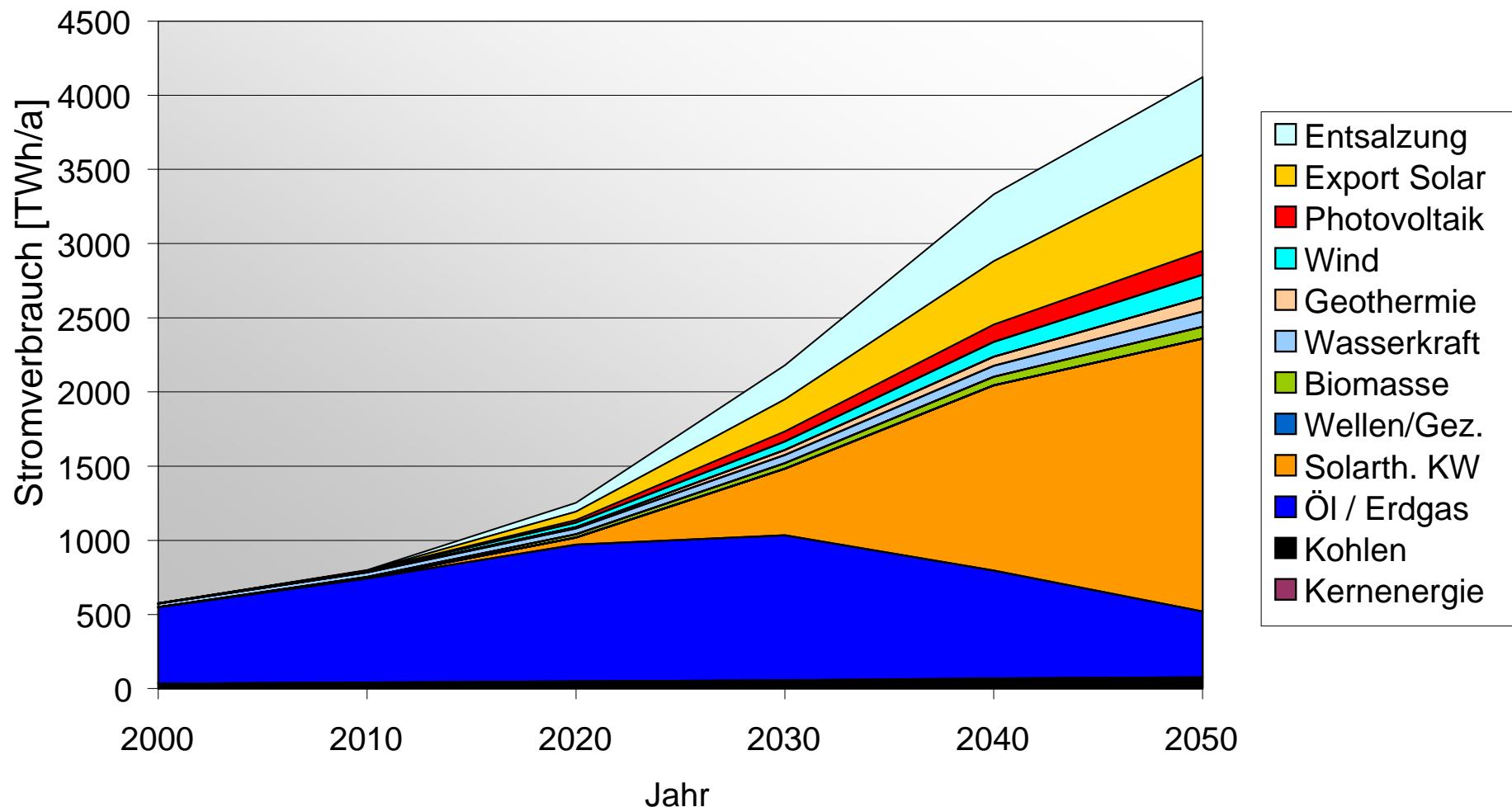


Strombedarf Europa (TRANS-CSP)



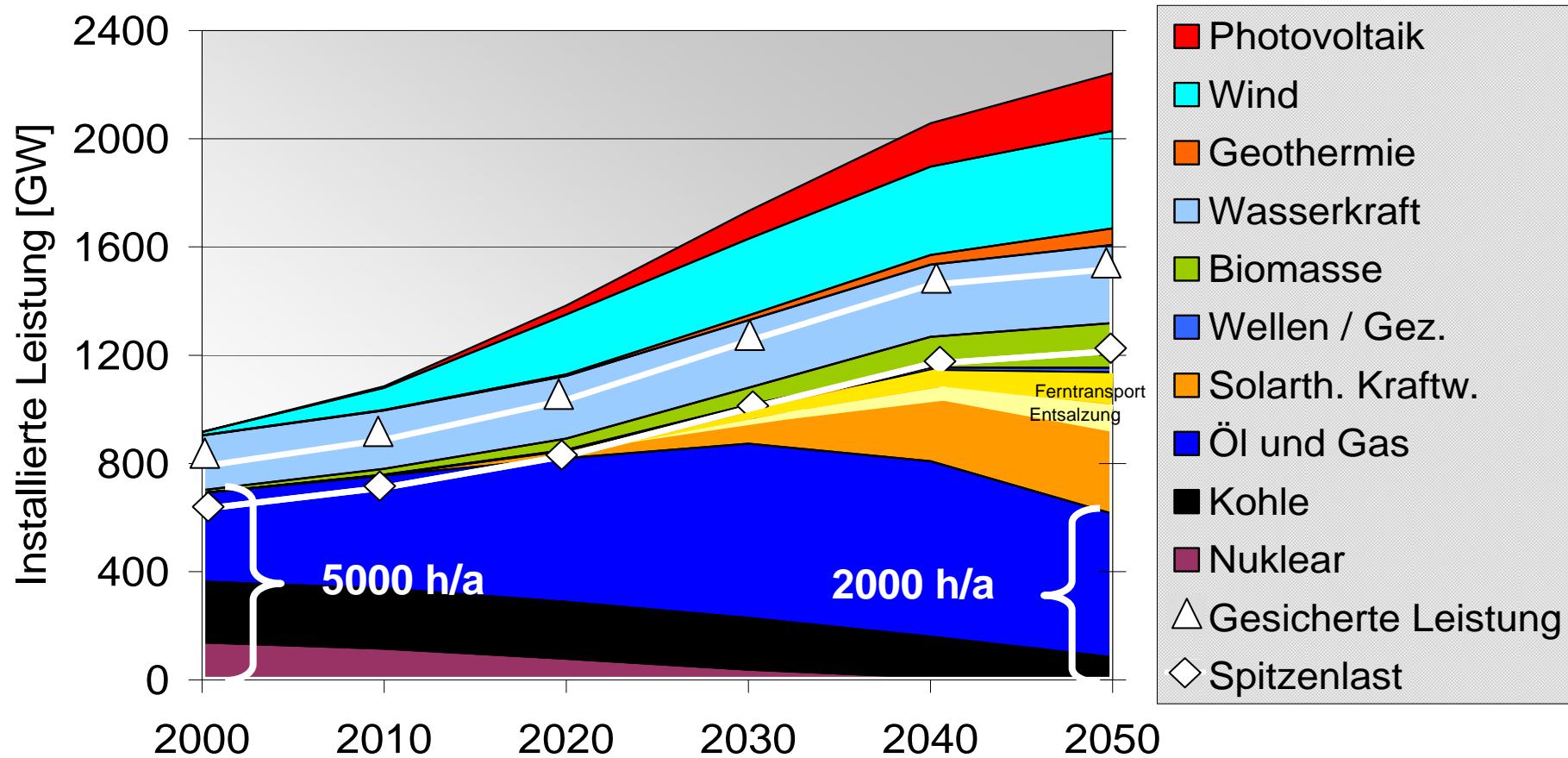


Strombedarf Mittlerer Osten und Nordafrika (MED-CSP)





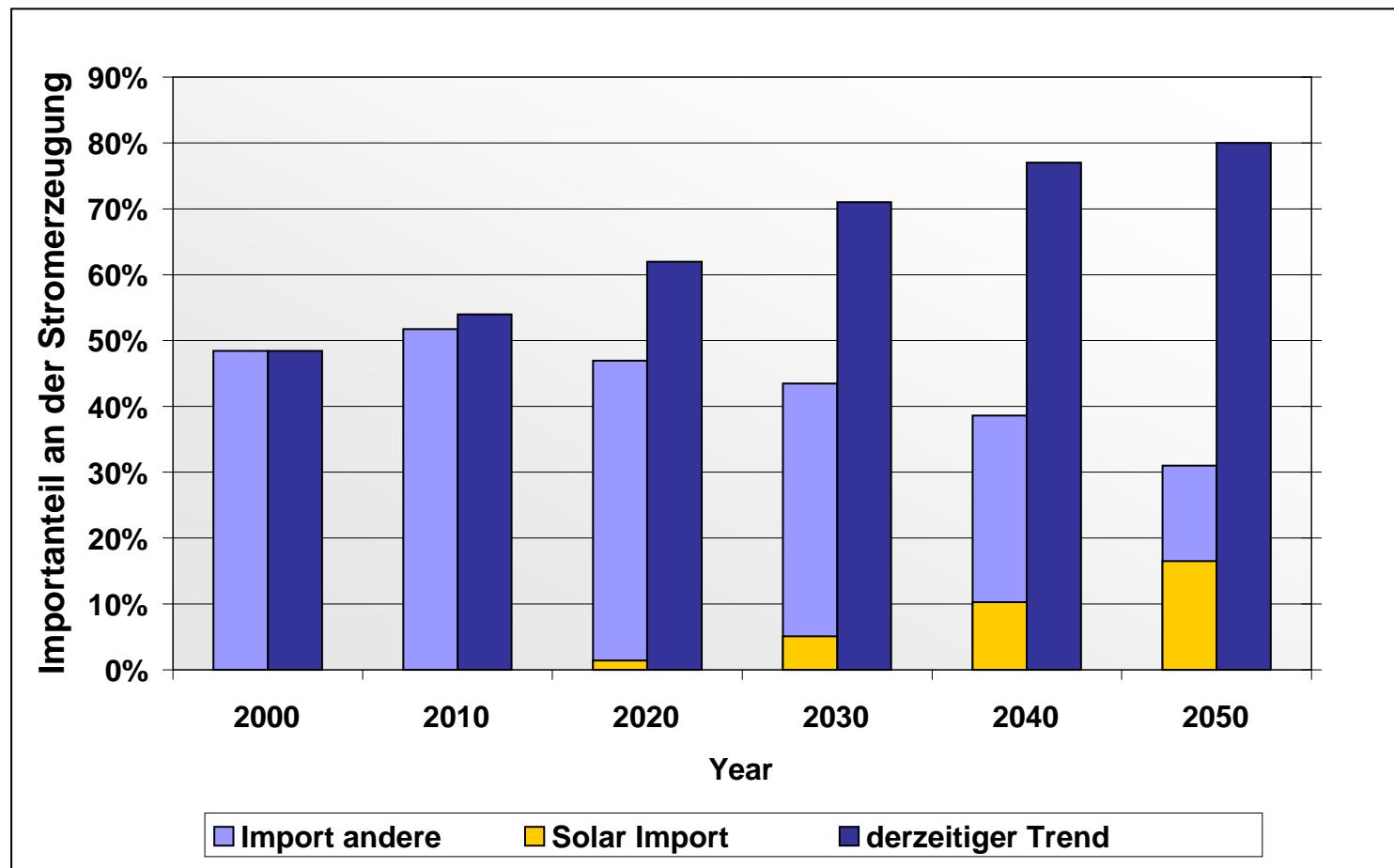
Installierte Leistung und Spitzenlast in EUMENA



→ 100 % Verfügbarkeit + 25 % Reservekapazität



Importabhängigkeit der Stromerzeugung in Europa





Was wird sich bis 2050 technisch ändern?

1. Die Auslastung konventioneller Kraftwerke sinkt von heute etwa 5000 h/a auf unter 2000 h/a. Es werden nur noch gut regelbare Spitzenlastkraftwerke, aber keine schlecht regelbaren Grundlastkraftwerke mehr gebraucht.
2. Europäischer Strommix:

	<u>2000</u>	<u>2050</u>
Nuklear	30%	0%
Fossil (Import + Heimisch)	50%	20%
Erneuerbar (Heimisch)	20%	65%
Erneuerbar (Import)	0%	15%



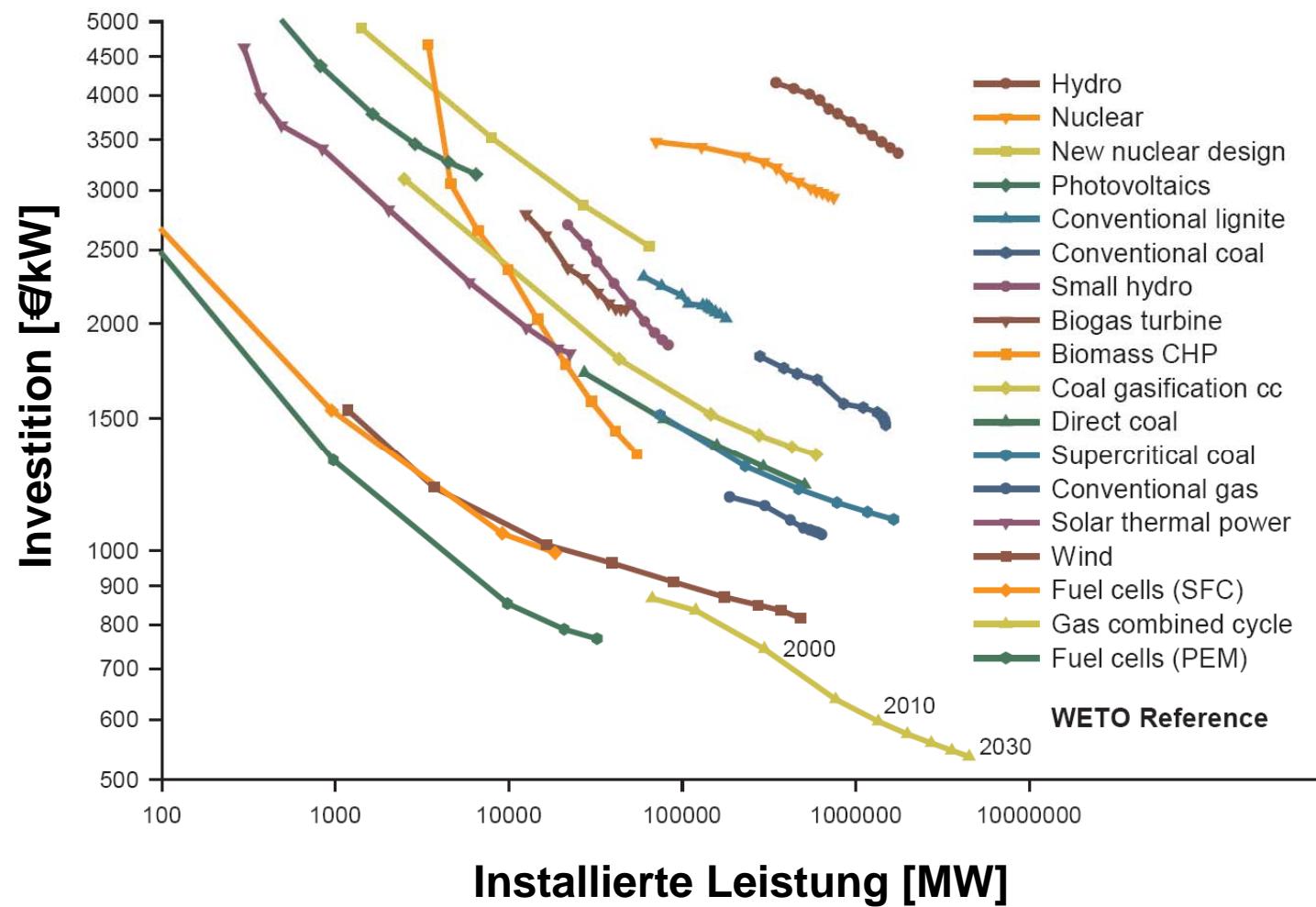
Bis dahin geht das ohne technische Durchbrüche, zusätzliche Speicher und Vervielfachung der Netztransferkapazitäten!

... aber was ist mit den letzten 20% Brennstoff ?

- Erdgas
- Kohle(gas)
- Biogas
- SolarFuel Prozesse ($2\text{H}_2 + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{Energie}} \text{CH}_4 + \text{O}_2$)
- Stromspeicher (Pumpspeicher, Druckspeicher, Batterien)
- Verstärkung der Netze für weiträumige Ausgleichseffekte
- Lastmanagement

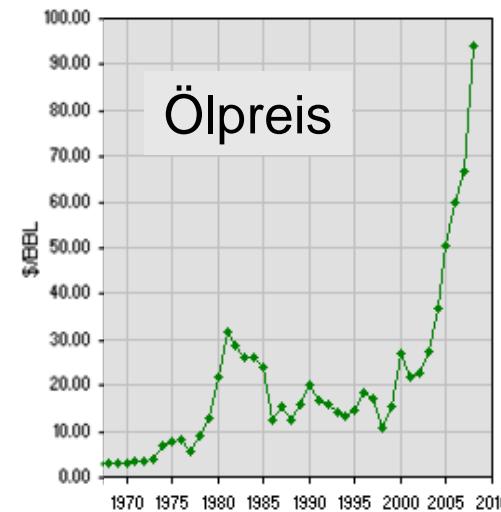
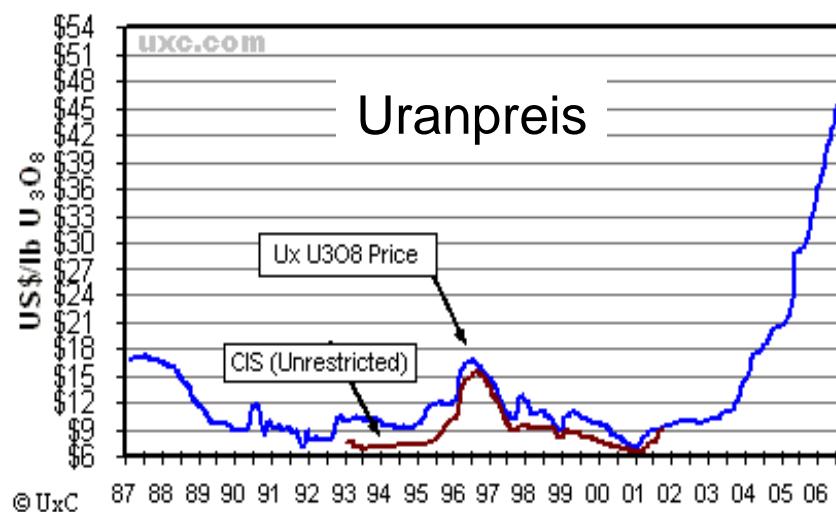
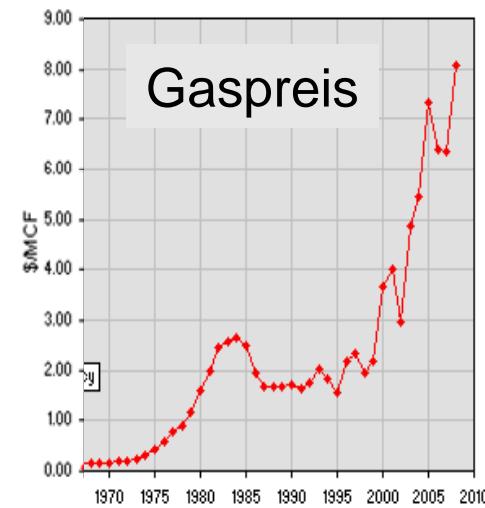
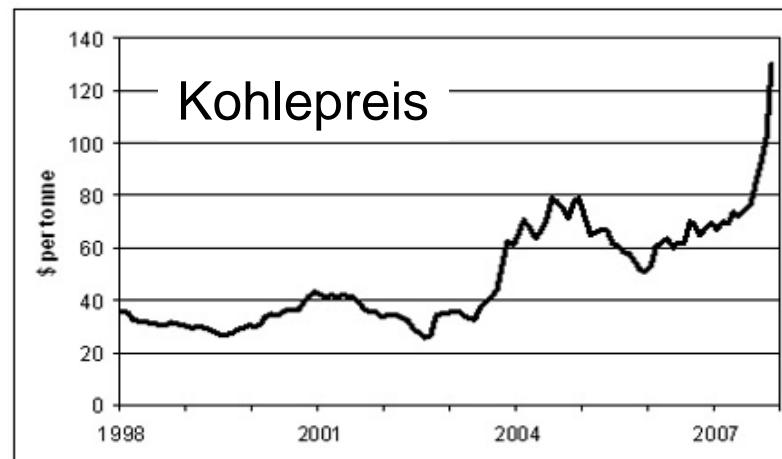


Kraftwerkspreise sinken mit steigender Kapazität



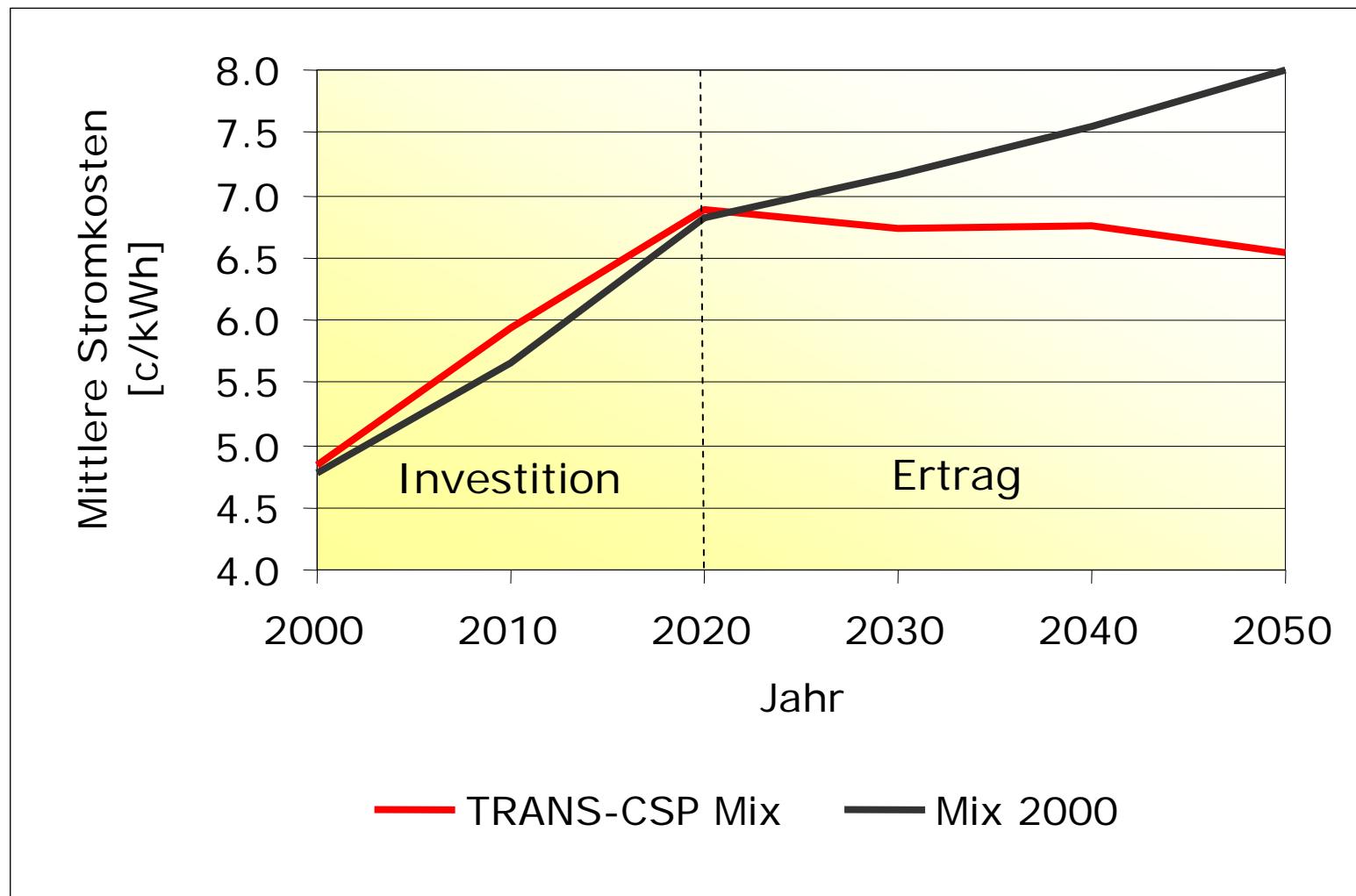


Brennstoffpreise steigen mit wachsendem Verbrauch



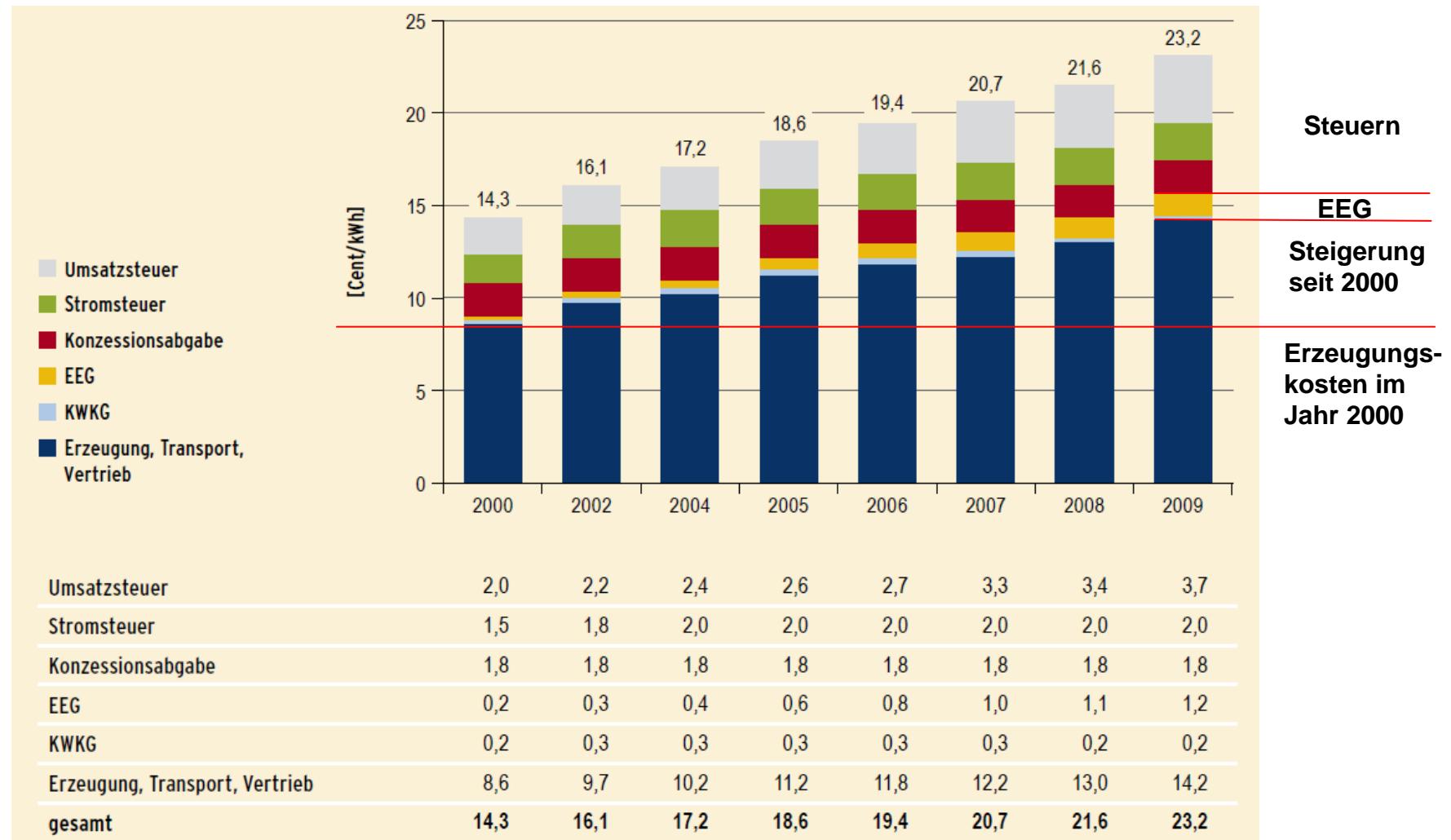


Entwicklung der Stromkosten am Beispiel Spanien





Das EEG: Kosten pro kWh für Haushaltkunden in Deutschland



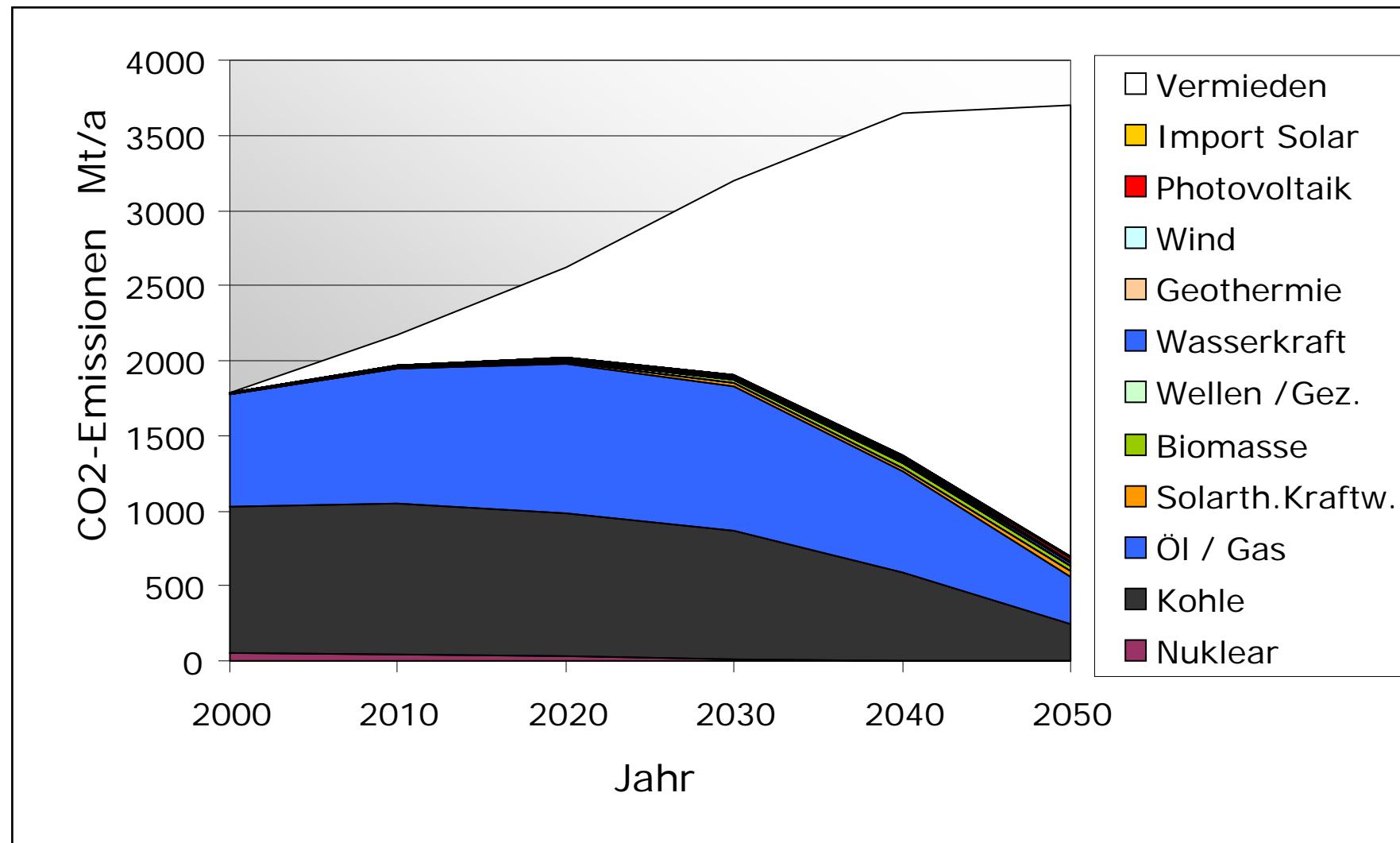


Was wird sich ökonomisch ändern?

1. Nach anfänglicher Förderung führt der Ausbau erneuerbarer Energiequellen zu einer Stabilisierung der Energiepreise und zur Entlastung der öffentlichen und privaten Haushalte.
2. Solarstromimporte aus der Wüste werden eine bezahlbare und gut regelbare Komponente der Stromversorgung und ersetzen damit vor allem fossile Brennstoffe und Kernenergie.



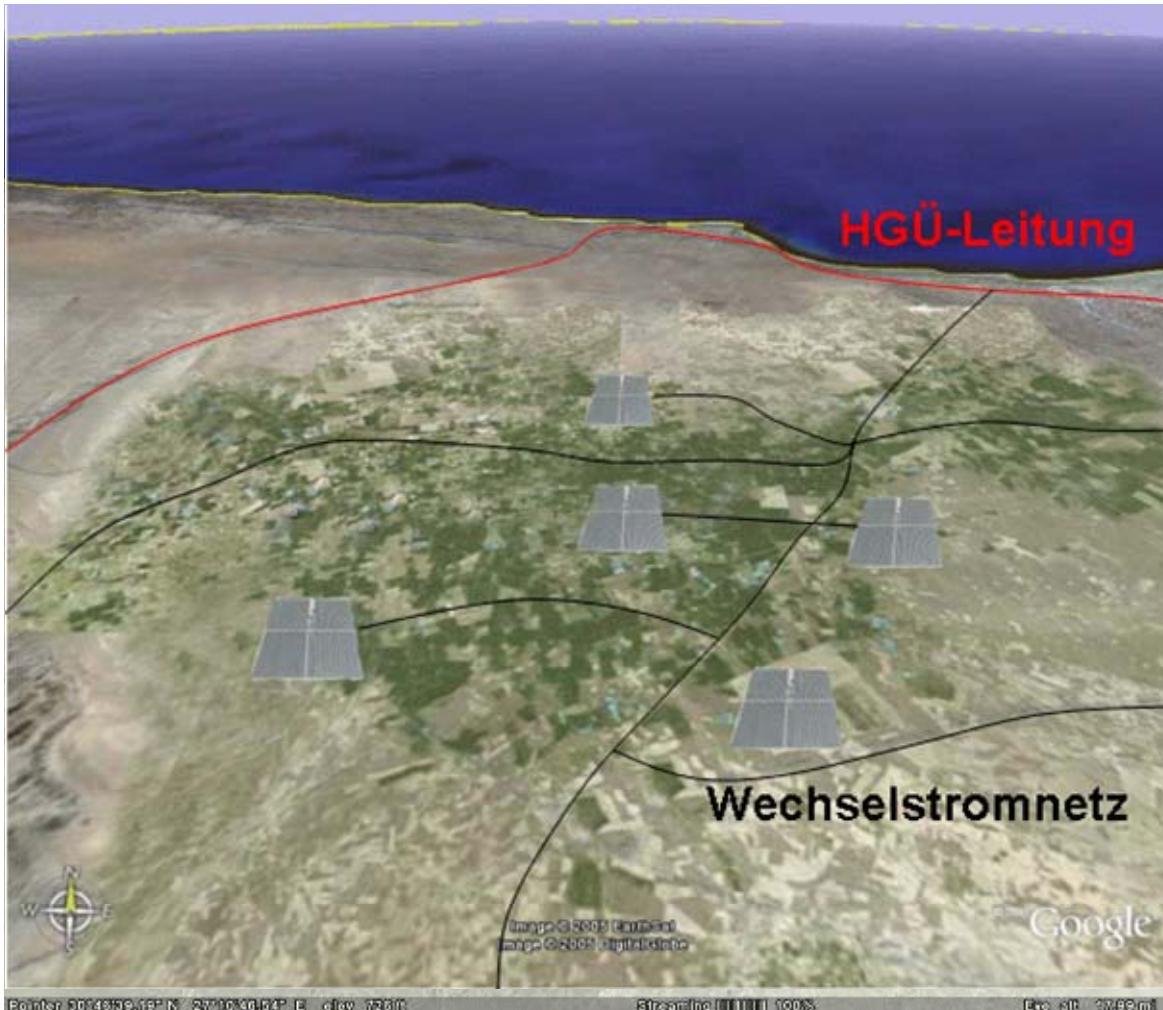
Reduktion der CO₂ Emissionen aus der Stromerzeugung auf 0.5 t/cap/a





Was wird sich ökologisch ändern?

1. Klimagase u. a. Emissionen in EU-MENA werden im Stromsektor trotz Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum auf ein klimaverträgliches Maß reduziert.
2. Der gesamte erneuerbare Kraftwerkspark wird etwa 1% der Landflächen in Anspruch nehmen.
(zum Vergleich: europäisches Verkehrsnetz: 1.2%).



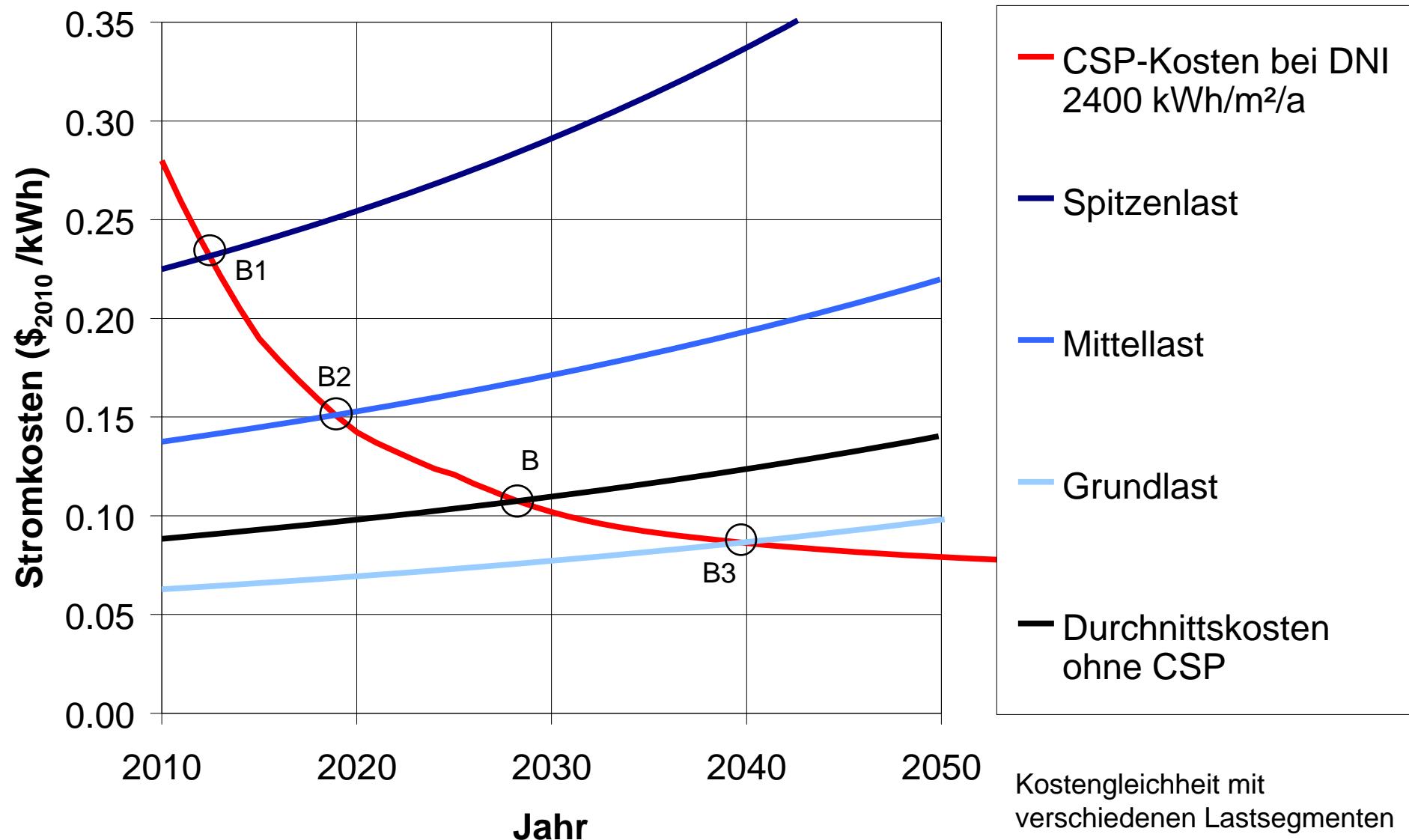
Energie,
Wasser,
Nahrung,
Arbeit und
Einkommen

für weitere
300 Mio.
Menschen
in MENA ?



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

(artist view created with
Google Earth)





Was muss sich politisch ändern?

1. Eine gemeinsame internationale Anstrengung zur Erschließung erneuerbarer Energiequellen muss den zunehmenden Kampf um begrenzte fossile Brennstoffe ersetzen.
2. Die Umsetzung dieses Prinzips muss in den Vordergrund internationaler Sicherheitspolitik treten.
3. Weltweit müssen geeignete Rahmenbedingungen für die effiziente Verbreitung erneuerbarer Energiequellen geschaffen werden.

PAUSE



TRANS-CSP

Trans-Mediterranean
Interconnection for
Concentrating Solar Power

Final Report

by

German Aerospace Center (DLR)
Institute of Technical Thermodynamics
Section Systems Analysis and Technology Assessment

Study commissioned by

Federal Ministry for the Environment,
Nature Conservation and Nuclear Safety
Germany

 The Federal Ministry
for the Environment,
Nature Conservation
and Nuclear Safety





MED-CSP

Concentrating Solar Power
for the
Mediterranean Region

Final Report

by

German Aerospace Center (DLR)
Institute of Technical Thermodynamics
Section Systems Analysis and Technology Assessment

Study commissioned by

Federal Ministry for the Environment,
Nature Conservation and Nuclear Safety
Germany

 The Federal Ministry
for the Environment,
Nature Conservation
and Nuclear Safety





AQUA-CSP

Concentrating Solar Power
for Seawater Desalination

Final Report

by

German Aerospace Center (DLR)
Institute of Technical Thermodynamics
Section Systems Analysis and Technology Assessment

Study commissioned by

Federal Ministry for the Environment,
Nature Conservation and Nuclear Safety
Germany

 The Federal Ministry
for the Environment,
Nature Conservation
and Nuclear Safety





Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.dlr.de/tt/trans-csp

Folie 70



Teil 4:

DESERTEC: Status und Ausblick





Dii Shareholder und Associated Partners



ABENGOA SOLAR



Deutsche Bank



HSH NORDBANK



m+w zander
Ingenieure für Architekten



VORWEG GEHEN



SCHOTT
solar



AGC



COMMERZBANK



Deloitte



GL Garrad Hassan

HSBC The world's local bank



INTESA SANPAOLO



Rexroth
Bosch Group



Dürr certifying
Add value.



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.dii-eumena.com

Folie 72

FRIENDS OF THE SUPERGRID

“is a group of companies and organisations with a mutual interest in promoting the policy agenda for a European Supergrid.”



NOT FACING BUT
SHAPING THE
CHANGES

ALSTOM

ACS
SERVICIOS. COMUNICACIONES Y ENERGIA

G
Smart solutions.
Strong relationships.

DEME Blue Energy

elia
Powering a world in progress

Visser & Smit Marine Contracting



MAINSTREAM RENEWABLE POWER

HOCHTIEF
CONSTRUCTION AG

CESI
CEMES EGH IPH CEMEX

PRYSMIAN
CABLES & SYSTEMS

PB PARSONS BRINCKERHOFF
125 YEARS

Nexans

wpd
think energy

SIEMENS

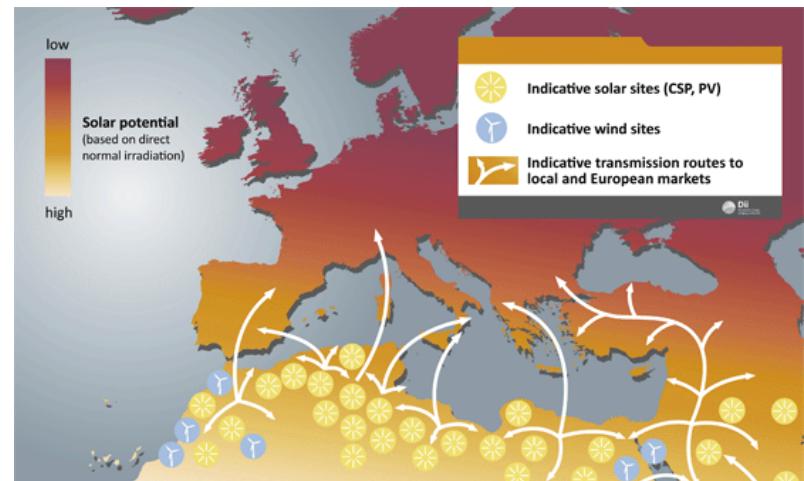
www.friendsofthesupergrid.eu



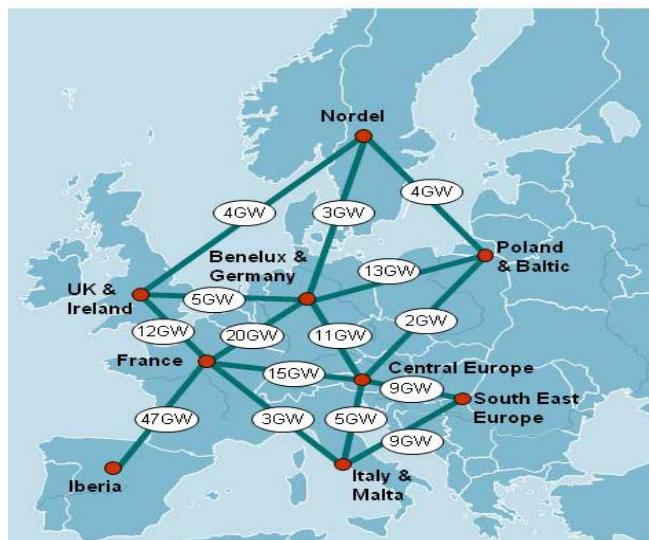
DESERTEC Foundation 2009



Dii GmbH 2009



Super Smart Grid 2010 (PIK)



Friends of the Supergrid





Marokko ab 2008: (Ölpreis bei 140 \$/barrel)

- **2000 MW solar program** : 4500 GWh per year,
9 billion USD, 10 000 hectares dedicated, 5 sites,
First plant : Ouarzazate – 2015
- **2000 MW New wind farms programs** : produce 6600 GWh per year , 5 sites, savings of 2.5 million tons oil equivalent of fossil fuels, **3.15 Billion \$**
- **Energy Efficiency national program** : national audit of hospitals, hotels, public buildings, etc. industrial sector (audits), firewood improved technologies, residential energy saving, laws,etc
- Renewable sources of energy as of 2015 will become the second source of electricity generation after coal





Mediterranean Solar Plan (MSP)

20 GW erneuerbare Energie in MENA bis 2020

World Bank
750 M\$ CSP Development Fund

World Bank
MENA Water Outlook (CSP-Entsalzungsanlagen)

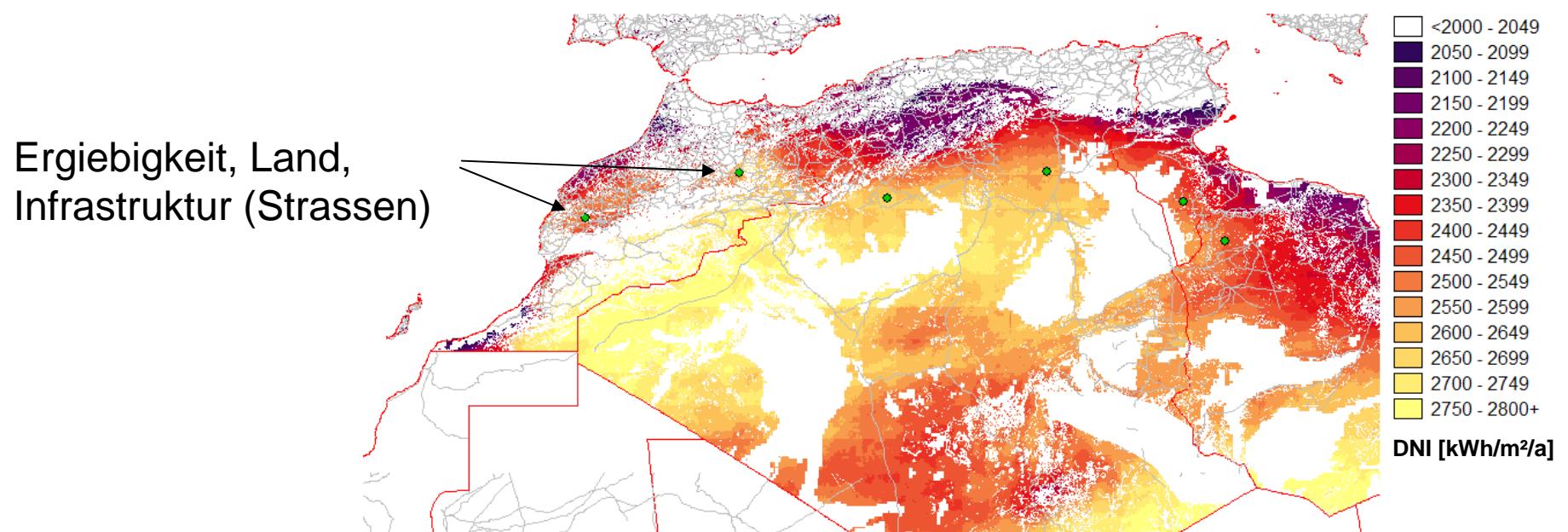
Arab League
Renewable Energy Program

Nationale Ausbaupläne in Tunesien, Ägypten, Algerien, ...



DLR-Beiträge zu DESERTEC (Ländern):

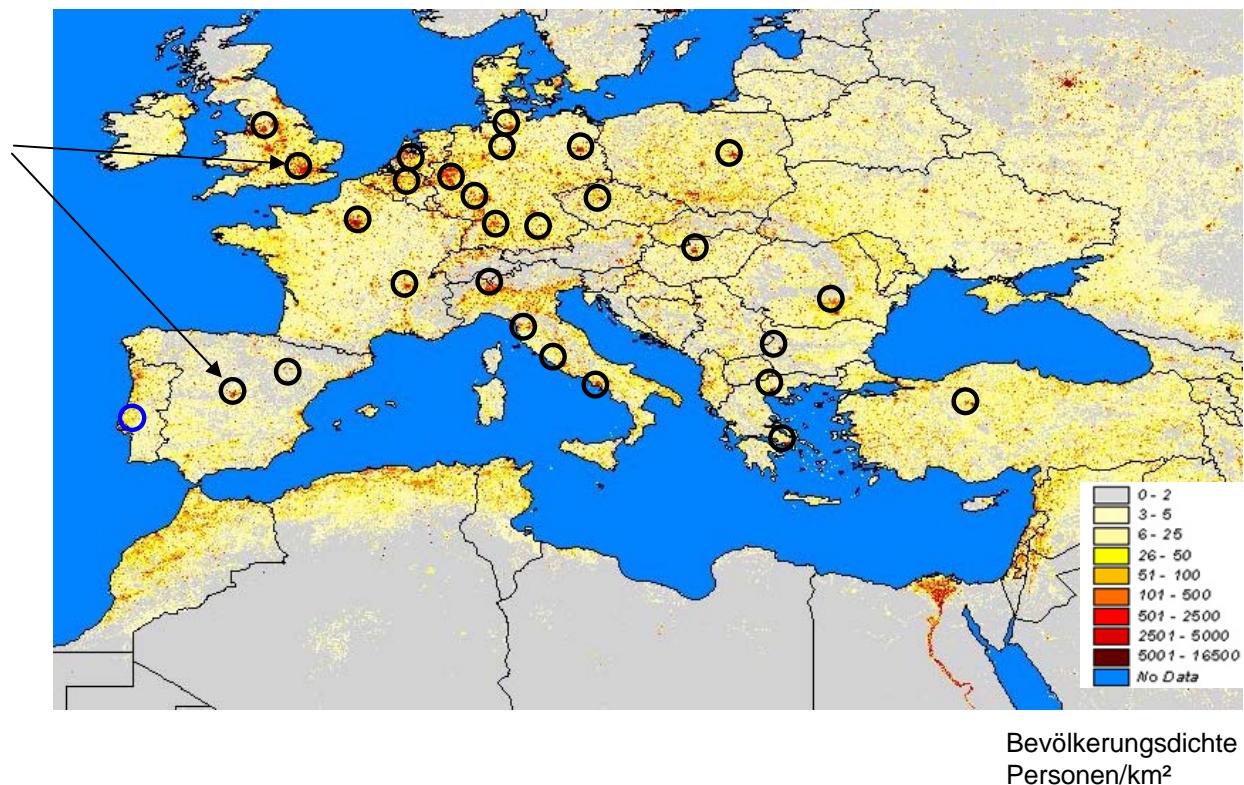
Beispiele geeigneter CSP-Produktionsstandorte





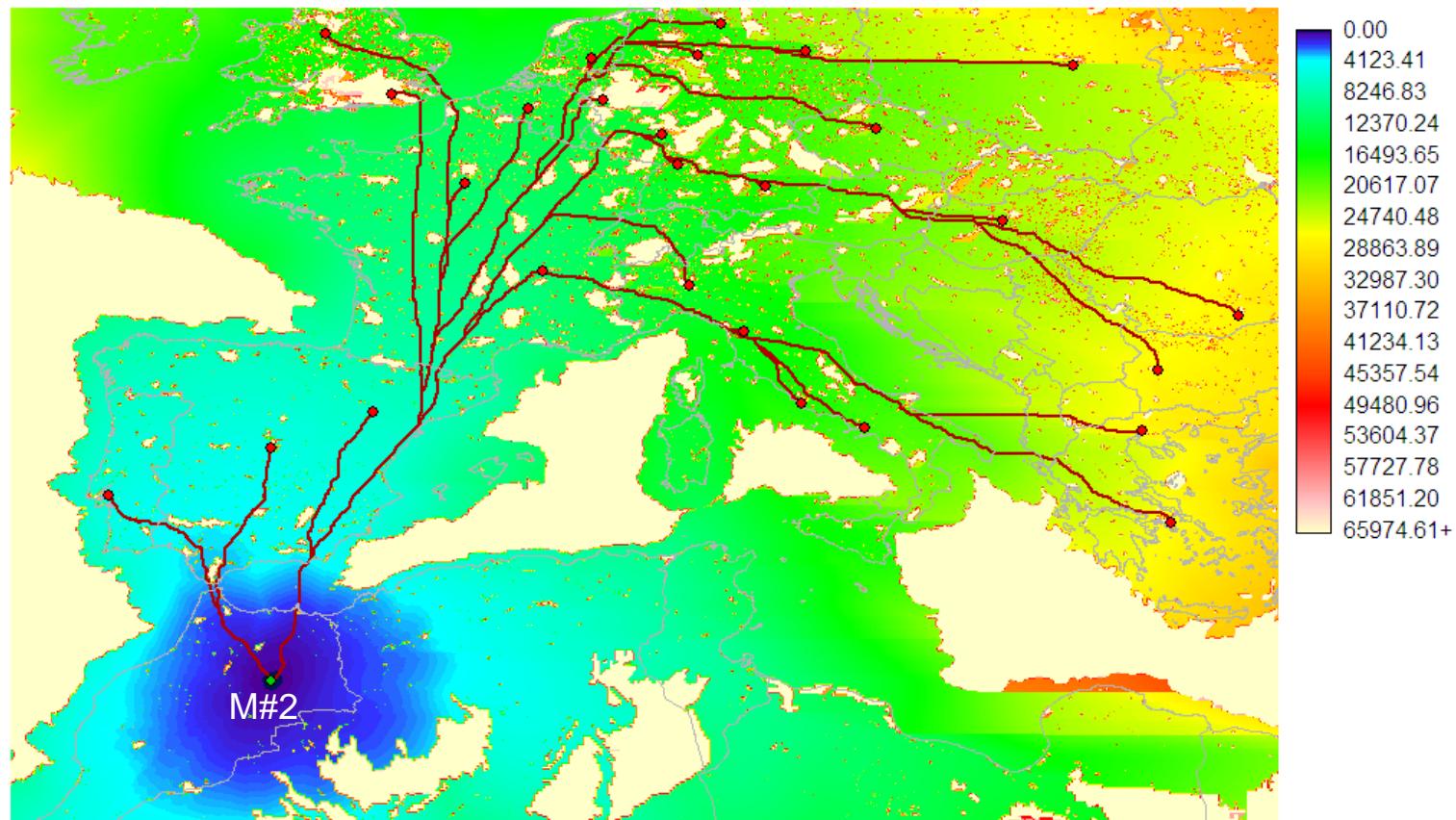
Beispiele geeigneter Ballungszentren

Verbrauch, Land,
Infrastruktur
(Verteilungsnetz)





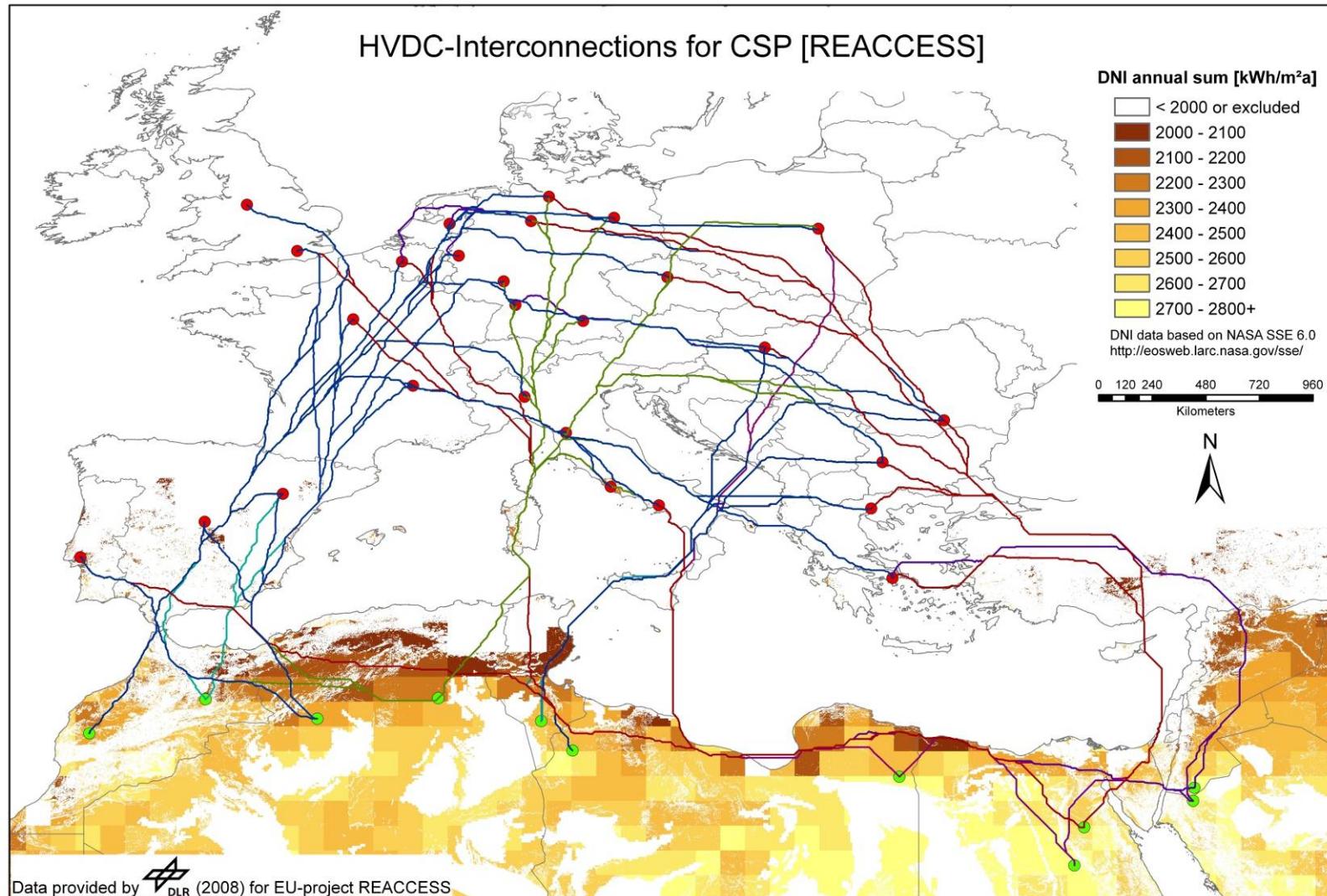
Korridore mit geringsten Umweltkosten



Optimale Pfade durch die Kosten-Entfernungs-Topographie für Standort Marokko #2



Solare Energiekorridore für Europa - Kartierung





Solare Energiekorridore für Europa - Basisdaten

Import Country	Start Point	End Point	Overhead Line Length	Underground Cable Length	Sea Cable Length	Start Year	Full Load Production	Net Import Capacity	Net Import Electricity	Total Investment	Import Electricity Cost	Solar Multiple	Total Length
			km	km	km	a	h/a	MW	TWh/a	M€	€/kWh		km
Germany / Denmark	Morocco #1	Karlsruhe, Germany	2,506	278	132	2020	6,679	3,440	23.0	32,005	0.116	3.5	2,917
	Morocco #2	Jülich, Germany	2,075	231	149	2030	6,943	3,522	24.5	25,355	0.086	3.5	2,455
	Tunisia #1	Mainz, Germany	1,634	182	344	2040	6,584	3,587	23.6	23,048	0.081	3.5	2,160
	Algeria #1	Hannover, Germany	2,384	265	202	2045	6,967	3,456	24.1	22,370	0.077	3.5	2,851
	Algeria #2	Munich, Germany	1,427	159	413	2050	6,883	3,620	24.9	21,813	0.073	3.5	1,998
France	Morocco #1	Paris, France	1,957	217	132	2020	5,284	3,547	18.7	23,055	0.102	2.5	2,306
	Morocco #2	Paris, France	1,611	179	149	2030	5,492	3,613	19.8	18,560	0.078	2.5	1,939
	Tunisia #1	Paris, France	1,666	185	344	2040	5,962	3,581	21.3	20,221	0.079	3.0	2,195
	Algeria #1	Lion, France	1,480	164	202	2045	6,967	3,633	25.3	21,655	0.071	3.5	1,847
	Algeria #2	Lion, France	1,805	201	202	2050	6,883	3,569	24.6	21,416	0.073	3.5	2,208
United Kingdom	Morocco #1	London, UK	2,125	236	282	2030	5,284	3,498	18.5	19,481	0.088	2.5	2,643
	Morocco #2	London, UK	1,835	204	265	2040	6,287	3,557	22.4	20,089	0.075	3.0	2,304
	Algeria #1	Newcastle, UK	2,196	244	308	2050	6,967	3,481	24.3	22,075	0.068	3.5	2,748
Spain	Morocco #2	Madrid, Spain	853	95	16	2040	5,492	3,775	20.7	15,698	0.063	2.5	964
	Algeria #1	Zaragoza, Spain	879	98	202	2050	6,451	3,750	24.2	18,545	0.064	3.1	1,178
Italy	Algeria #2	Milano, Italy	1,057	117	413	2030	5,454	3,693	20.1	19,034	0.079	2.5	1,587
	Tunisia #1	Firenze, Italy	980	109	344	2040	5,208	3,715	19.3	16,935	0.073	2.5	1,432
	Libya #1	Roma, Italy	1,305	145	312	2050	5,626	3,655	20.6	17,189	0.070	2.7	1,761
Poland	Egypt #1	Warszaw	2,574	286	665	2030	5,625	3,369	18.9	21,246	0.093	2.5	3,525
	Jordan #1	Warszaw	3,053	339	108	2040	5,435	3,335	18.1	17,833	0.082	2.5	3,500
	Egypt #2	Warszaw	2,837	315	665	2045	6,655	3,317	22.1	21,589	0.081	3.0	3,817
	Saudi Arabia #1	Warszaw	3,130	348	108	2050	7,158	3,320	23.8	22,154	0.078	3.5	3,586
Turkey	Jordan #1	Ankara, Turkey	2,050	205	0	2030	5,435	3,546	19.3	18,332	0.079	2.5	2,255
	Saudi Arabia #1	Ankara, Turkey	2,100	210	0	2040	5,663	3,537	20.0	16,604	0.069	2.5	2,310
	Saudi Arabia #1	Ankara, Turkey	2,100	210	0	2050	5,838	3,537	20.6	16,221	0.065	2.6	2,310
Czech Republic	Algeria #2	Prague, Czech Republic	1,635	182	413	2040	5,445	3,580	19.5	17,714	0.076	2.5	2,230
	Libya #1	Prague, Czech Republic	1,629	181	344	2050	5,303	3,588	19.0	16,552	0.072	2.5	2,154
Belgium	Morocco #1	Brussels, Belgium	2,232	248	132	2030	5,447	3,493	19.0	19,646	0.086	2.6	2,612
Netherlands	Morocco #2	Appledorn, Netherlands	2,082	231	149	2040	6,287	3,521	22.1	19,892	0.075	3.0	2,462
Romania	Jordan #1	Bukarest, Romania	2,154	239	108	2030	4,512	3,511	15.8	15,900	0.084	2.0	2,502
	Algeria #2	Bukarest, Romania	2,255	251	413	2040	5,445	3,458	18.8	18,226	0.081	2.5	2,918
Greece / Bulgaria	Egypt #2	Sophia, Bulgaria	1,974	219	655	2030	6,168	3,487	21.5	21,925	0.085	2.7	2,849
Hungary / Slovakia	Libya #1	Budapest, Hungary	1,388	154	712	2040	6,883	3,596	24.7	24,115	0.081	3.5	2,254

2020 bis 2050: 116 GW 700 TWh/a 667 Mrd.€





Solare Energiekorridore für Europa - Materialverbrauch

	gesamter Verbrauch	Mittlerer jährlicher Verbrauch	weltweite jährliche Produktion	% der weltweiten Jahres- produktion
	Mt	Mt/a	Mt/a	
Stahl	89.2	2.97	1200	0.2%
Aluminium	0.9	0.03	25	0.1%
Kupfer	1.0	0.03	20	0.2%
Blei	0.9	0.03	7.6	0.4%
Glas	27.8	0.93	58	1.6%
Beton	262.6	8.75	3240	0.3%

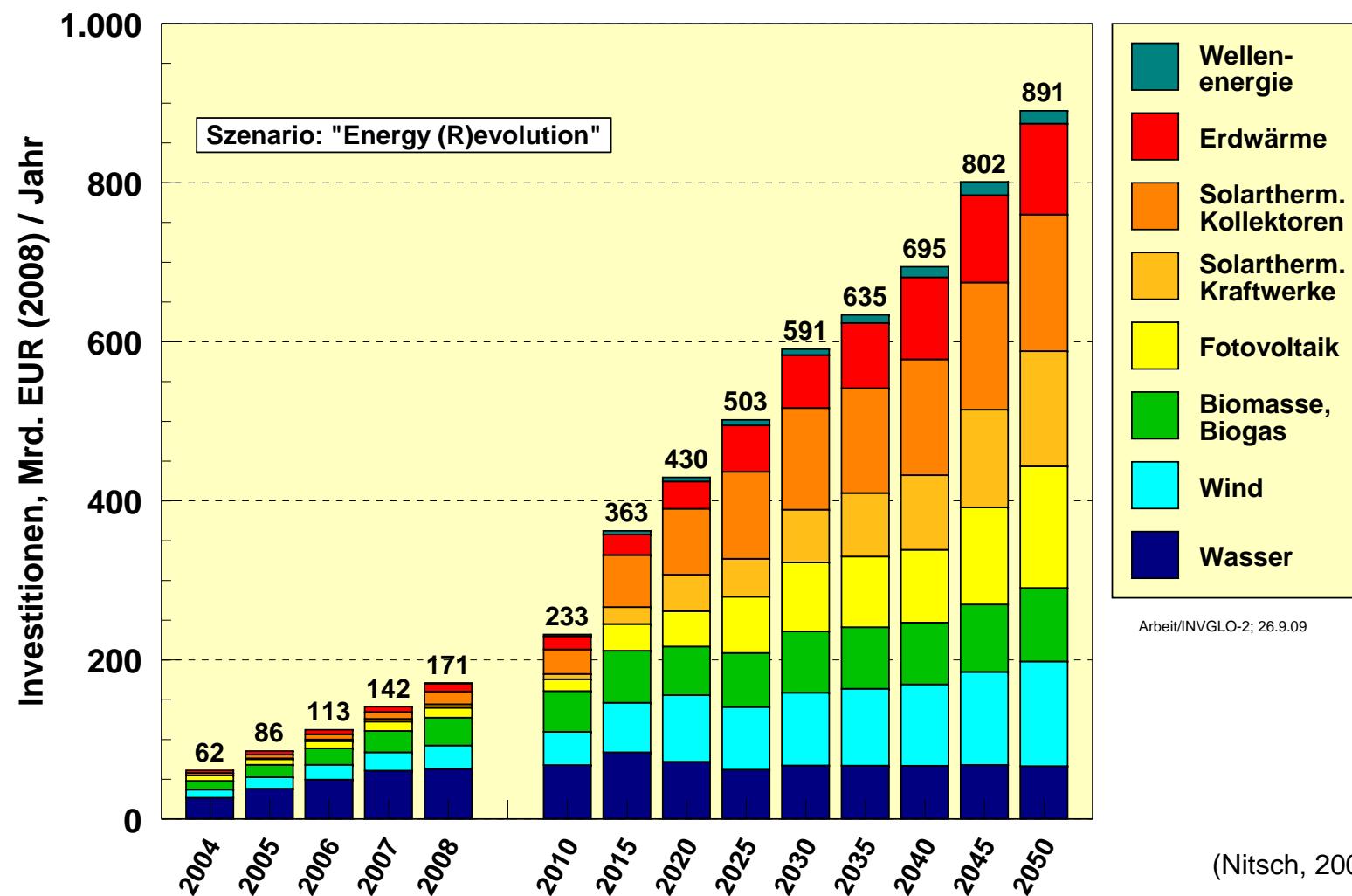
33 x CSP Parabolrinnen-Dampfkraftwerke mit Speicher (SM 2.5 - 3.5) in MENA

33 x HGÜ ±600 kV, 4000 MW, Freileitung + Erdkabel + Seekabel mit durchschnittlich 2400 km Länge
Gesamter Ausbau 2020 - 2050

A → B HGÜ-Verbindungen, keine HGÜ-Netze!

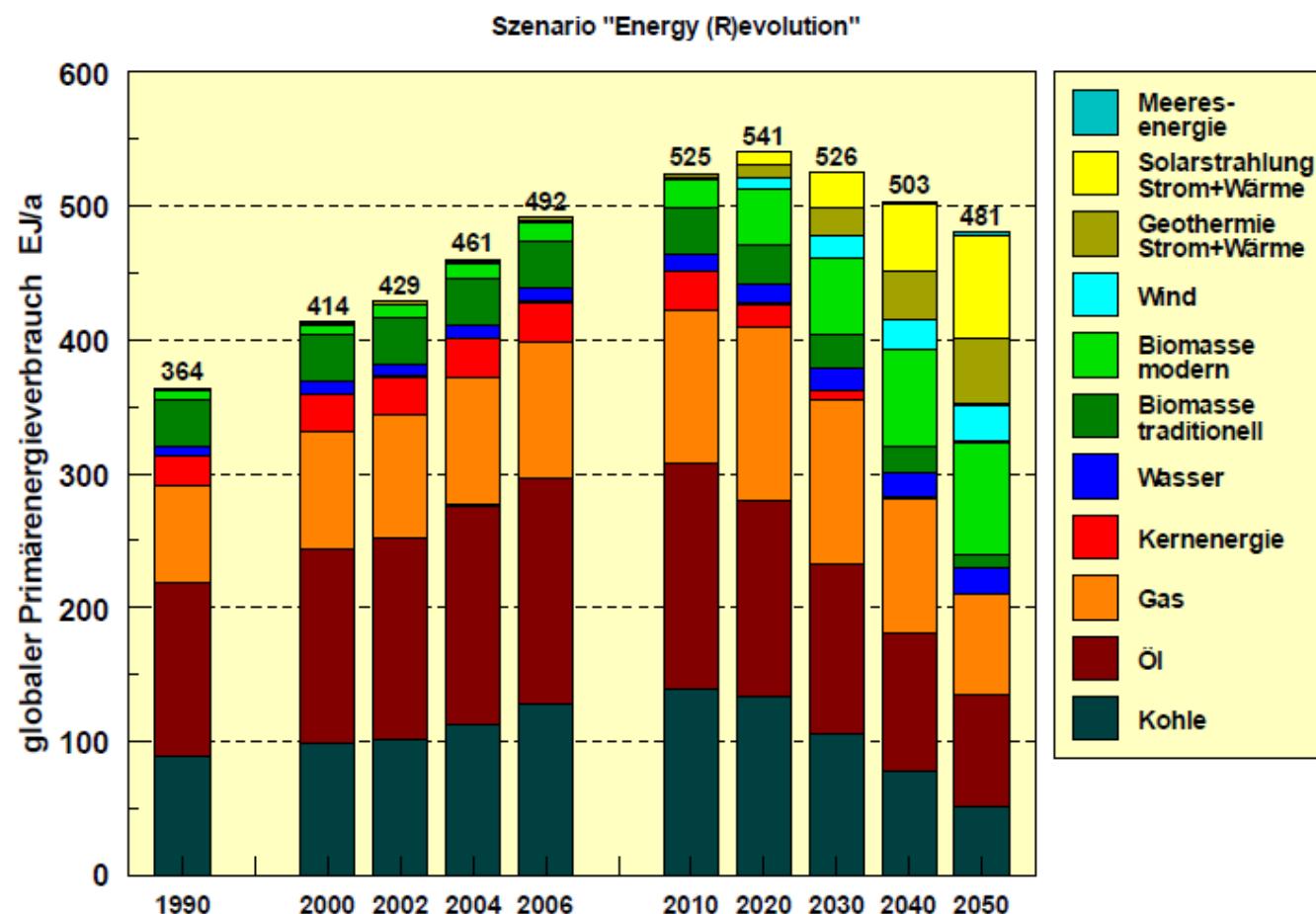


Globale EE- Investitionen für Strom und Wärme





E[R] 2008 – Primärenergieverbrauch





Eine Kilowattstunde Solar- oder Windstrom vermeidet etwa:

2-3 kWh Primärenergie aus Gas-, Kohle- und Kernkraftwerken

3-4 kWh aus Heizöl und Erdgas für Raumheizung (Wärmepumpe)

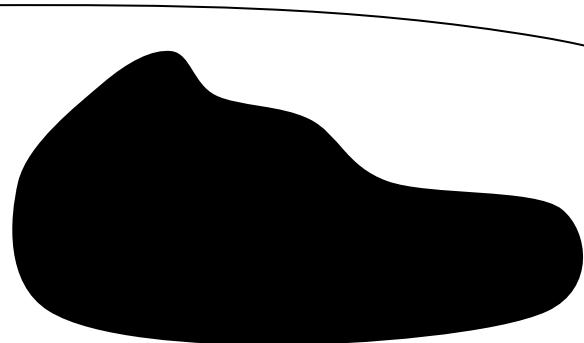
4-5 kWh Benzin und Diesel im Fahrzeug

zzgl. der gesamten Verlustkette bei der Produktion dieser Energieträger



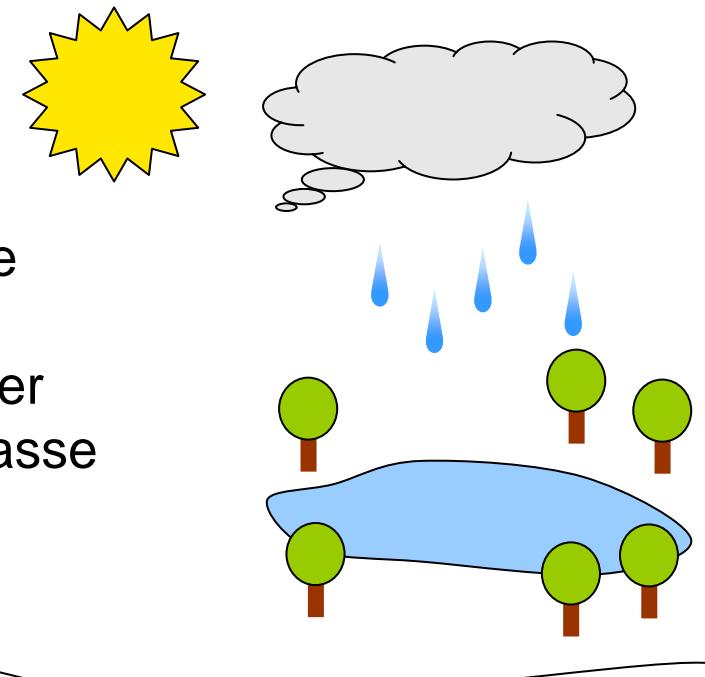
Fossile Energiequellen

Erdöl
Erdgas
Braunkohle
Steinkohle



Erneuerbare Energiequellen

Sonne
Wind
Wasser
Biomasse

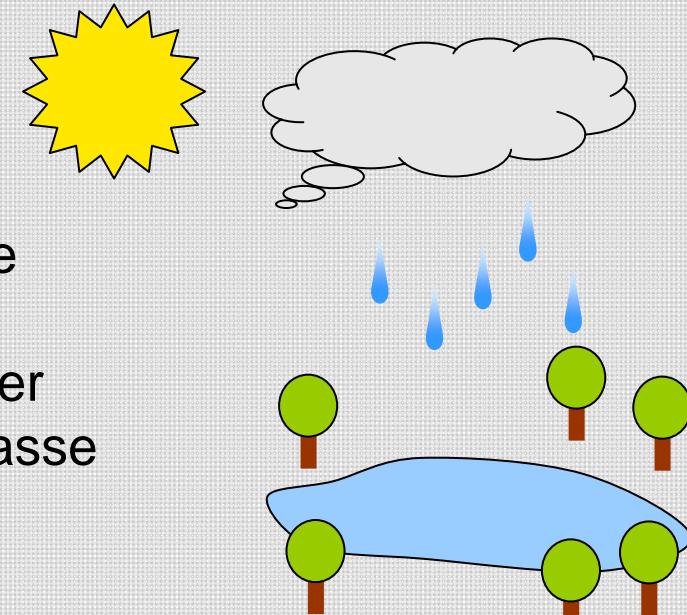


Fossile Energiequellen ~~speicher~~

Erdöl
Erdgas
Braunkohle
Steinkohle

Erneuerbare Energiequellen

Sonne
Wind
Wasser
Biomasse



500 Jahre später

Wer findet
den Fehler?



Homo sapiens sapiens, der weise, weise Mensch,
ist die einzige Spezies, die auf die Nutzung der
globalen Energiequellen verzichtet und statt dessen
weltweit die Energiespeicher leert.

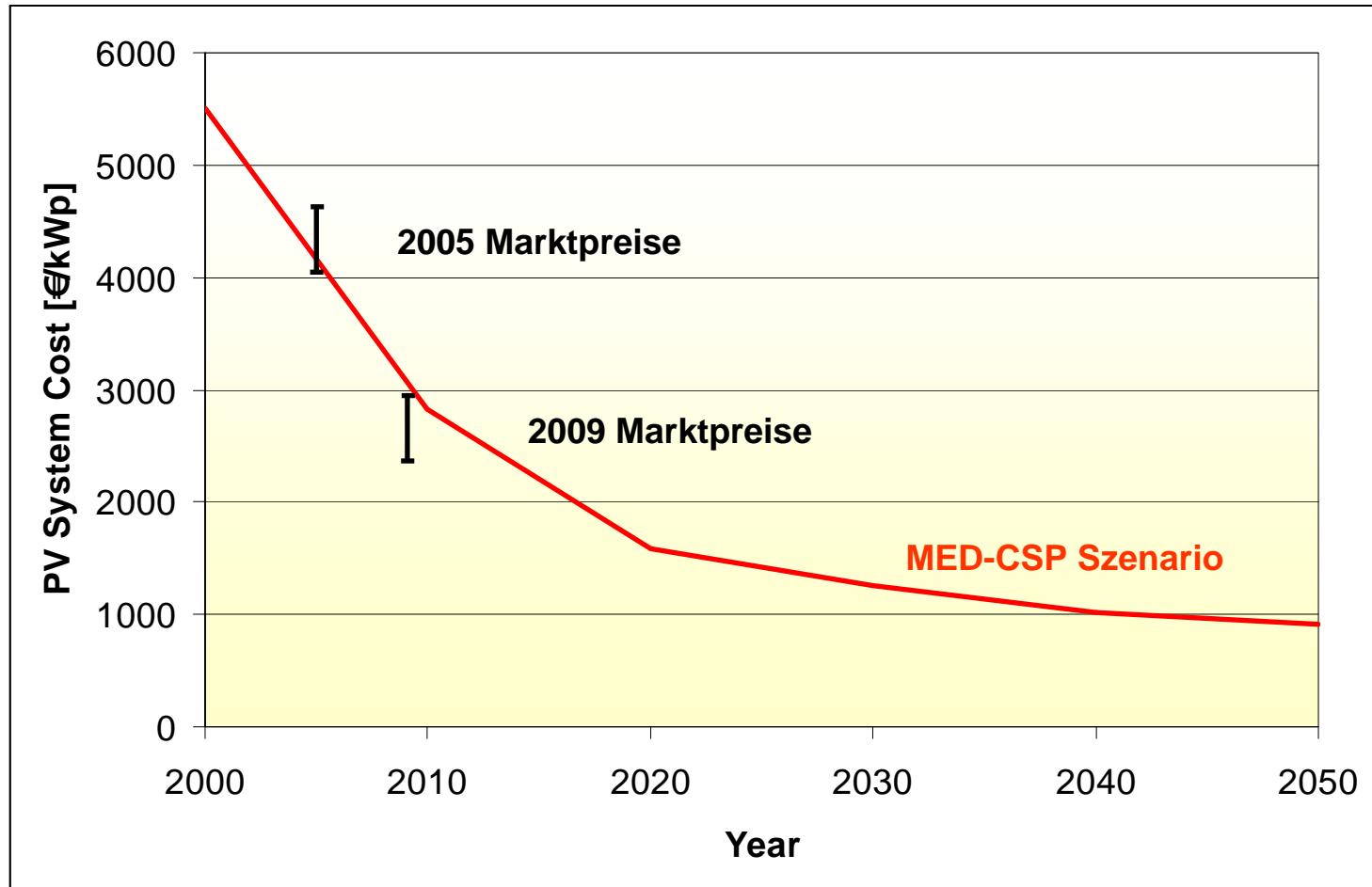


Vielen Dank!



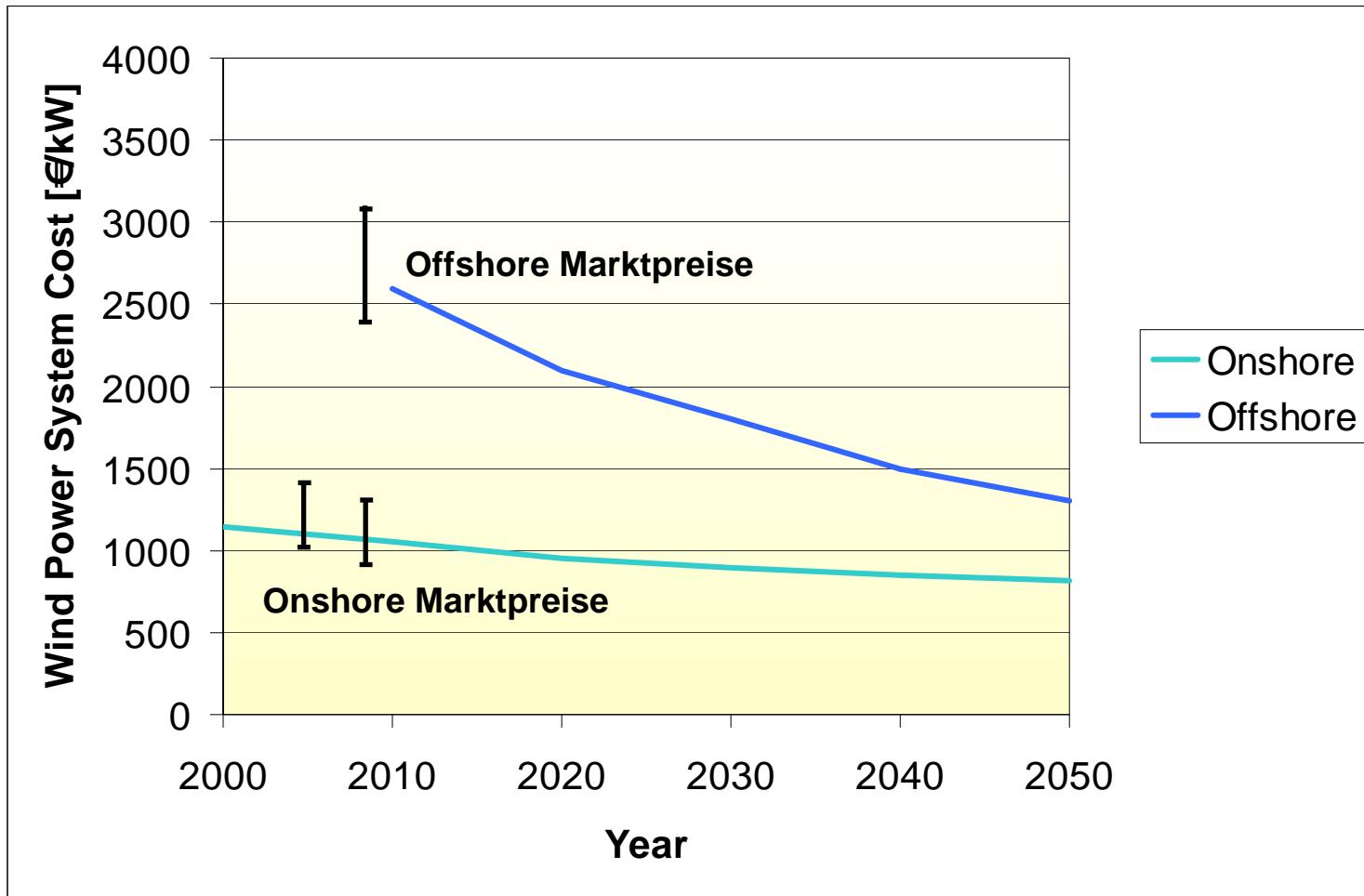


Photovoltaik Systemkosten



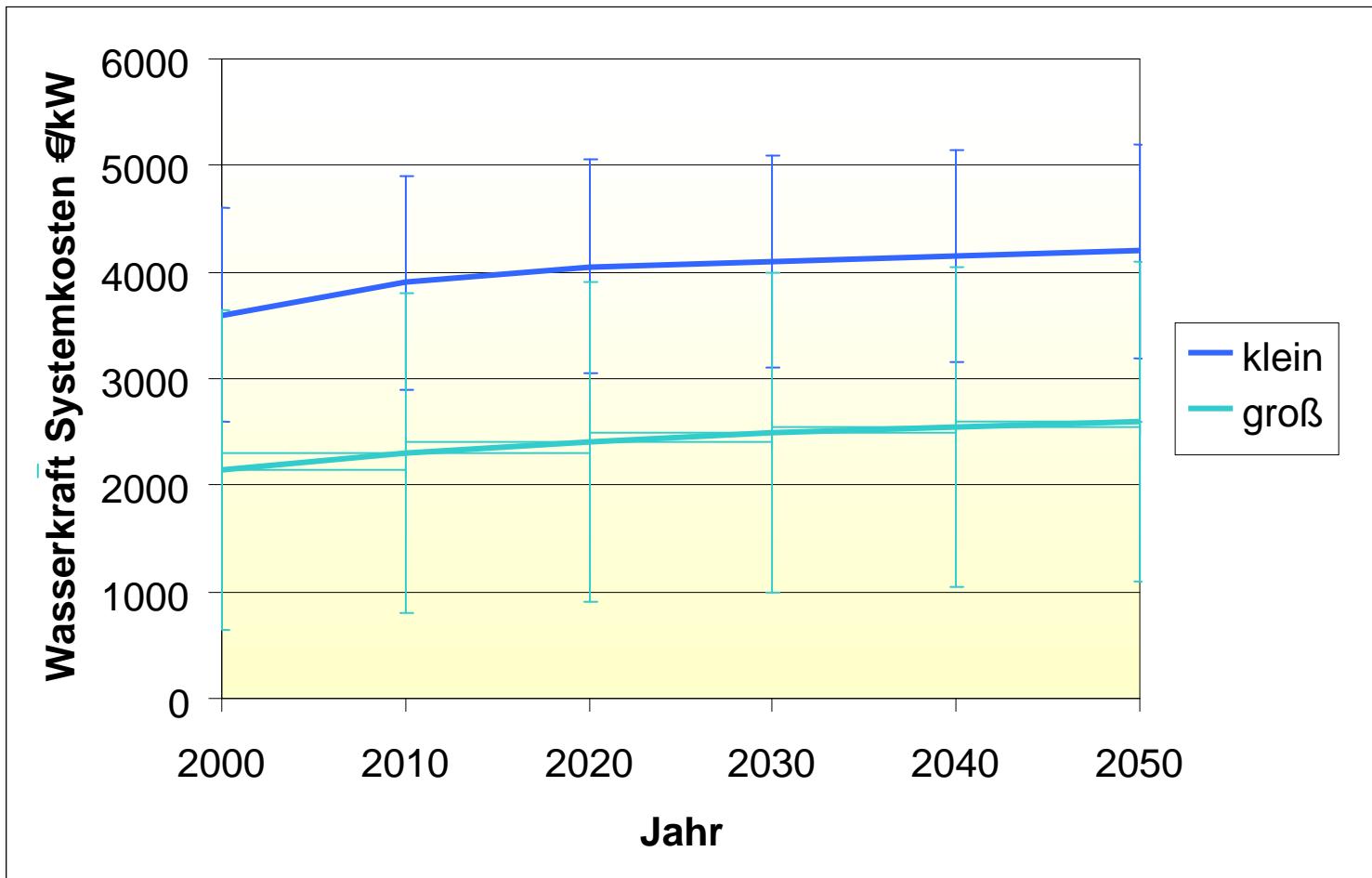


Windkraft Systemkosten und Lernkurven



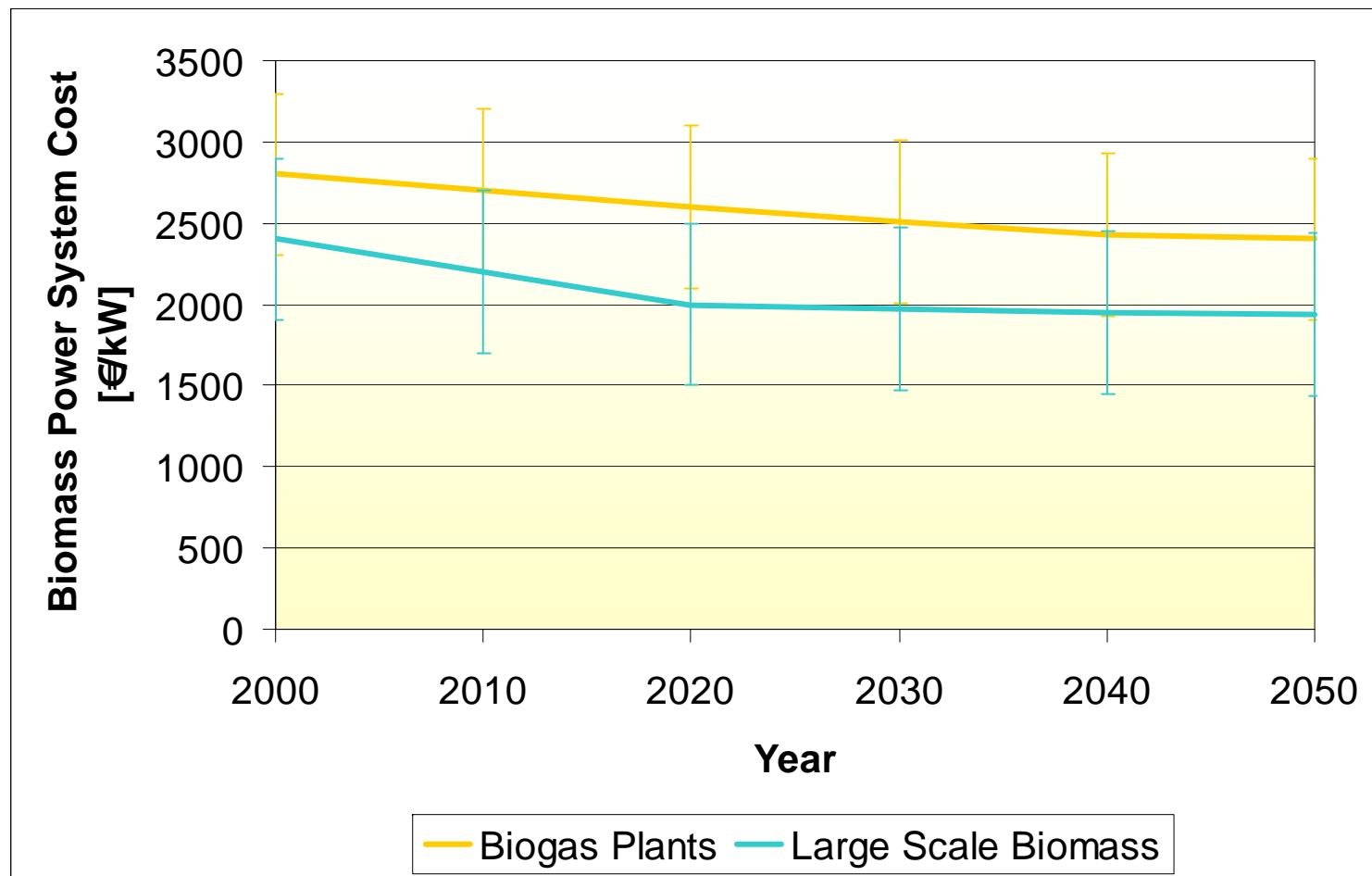


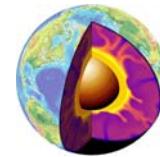
Wasserkraft Systemkosten und Lernkurven



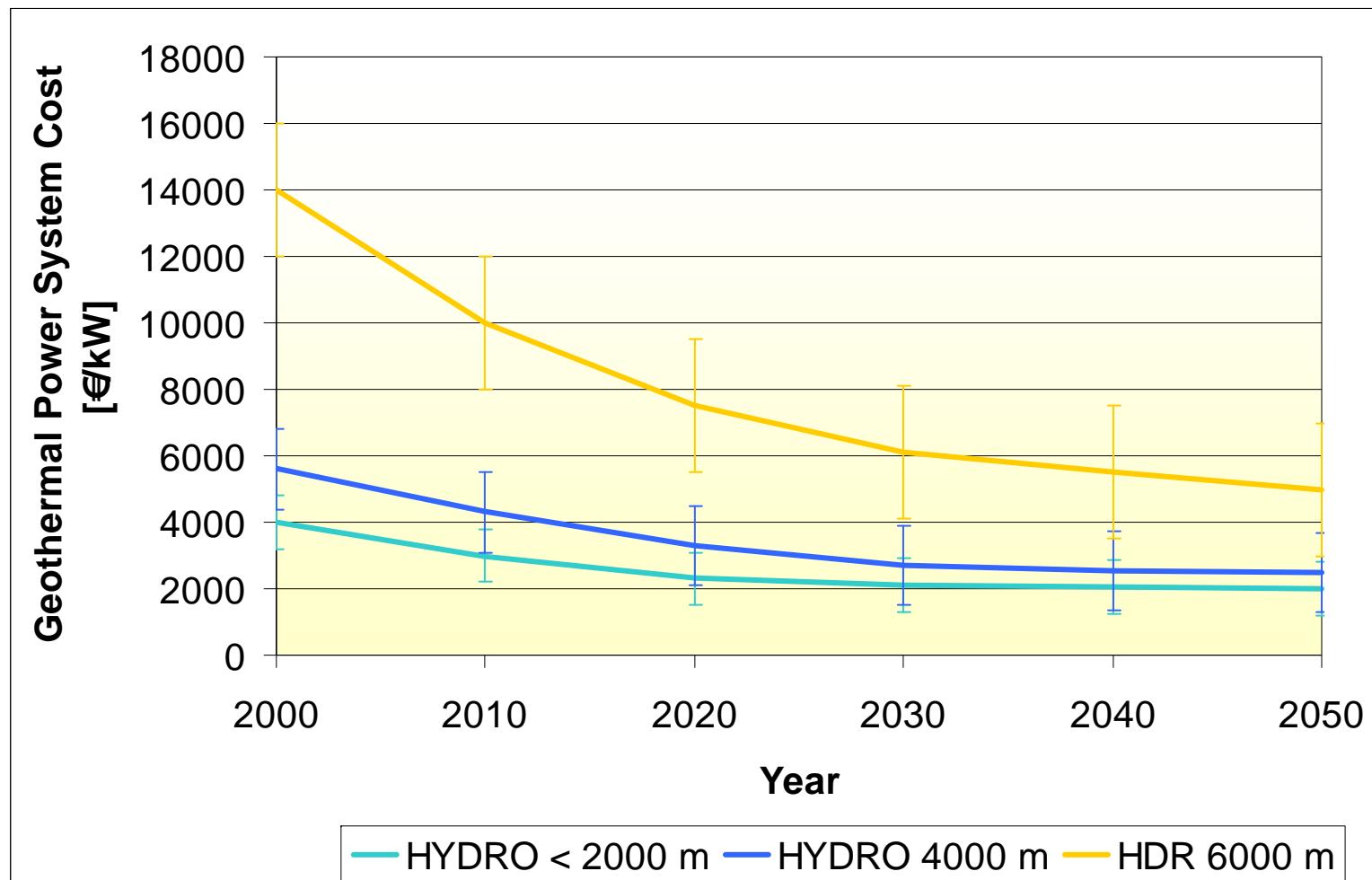


Biomasse Systemkosten und Lernkurven





Geothermie Systemkosten und Lernkurven





EU-MENA HGÜ Verbindungen 2020 – 2050

Jahr	2020	2030	2040	2050	
Leitungen x Leistung GW	4 x 2.5	16 x 2.5	28 x 2.5	40 x 2.5	
Transfer TWh/y	60	230	470	700	
Auslastung	60%	67%	75%	80%	
Landfläche * km x km	CSP HGÜ	15 x 15 3100 x 0.1	30 x 30 3600 x 0.4	40 x 40 3600 x 0.7	50 x 50 3600 x 1.0
Kum. Investition Mrd. €	CSP HGÜ	42 5	134 16	245 31	350 45
Strompreis ** € ₂₀₀₀ /kWh	CSP HGÜ	0.050 0.014	0.045 0.010	0.040 0.010	0.040 0.010

* linear Fresnel

** konstanter Geldwert des Jahres 2000, 5% Diskontrate, 40 Jahre Lebensdauer