

**Sichere
Stromversorgung durch
erneuerbare Energien**
Versorgungssicherheit und
die Rolle der Stromimporte



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT
MINISTERIUM FÜR FINANZEN UND WIRTSCHAFT

IHK Region Stuttgart



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt

Operation Wüstenstrom: DESERTEC

Franz Trieb
DLR-Institut für Technische Thermodynamik

Stuttgart, 23.05.2012

Wissen für Morgen

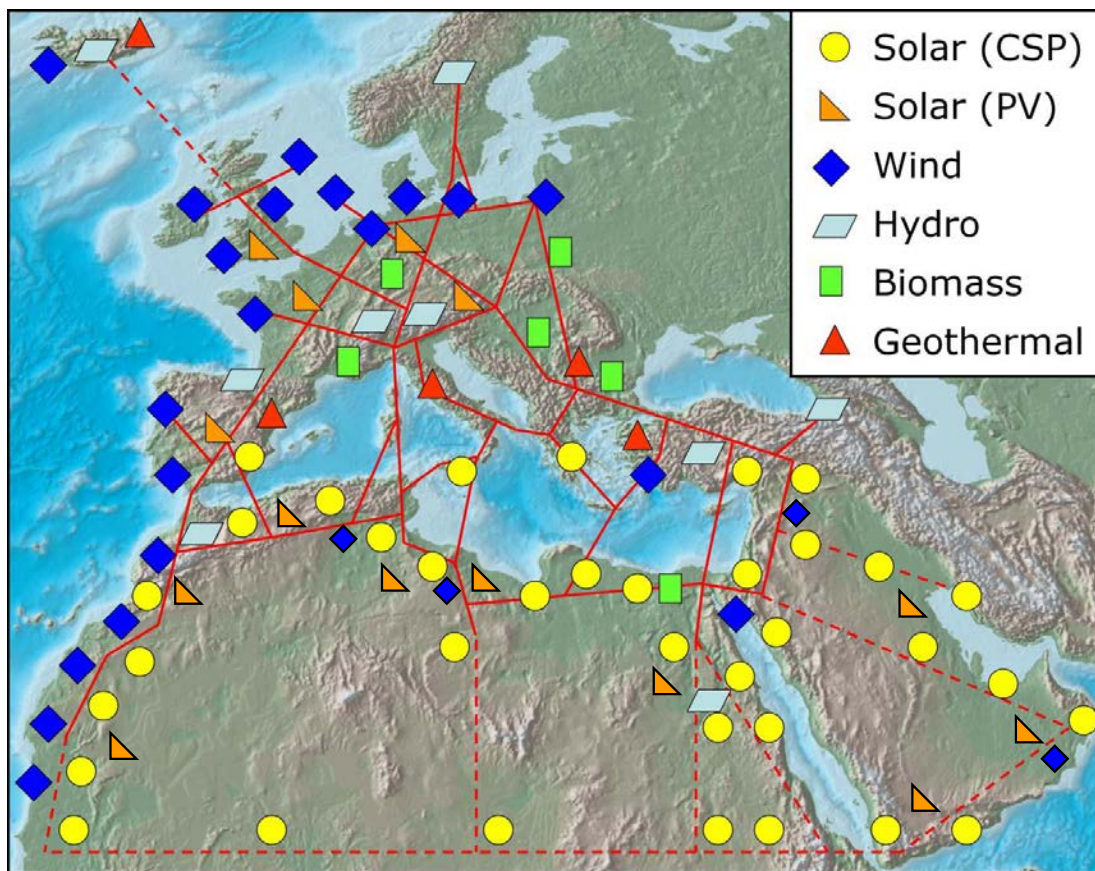


DESERTEC Vision 2003

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



EUMENA:
Europe
Middle East
North Africa



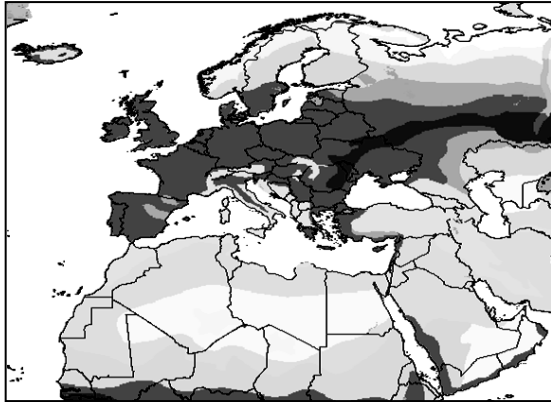
www.desertec.org



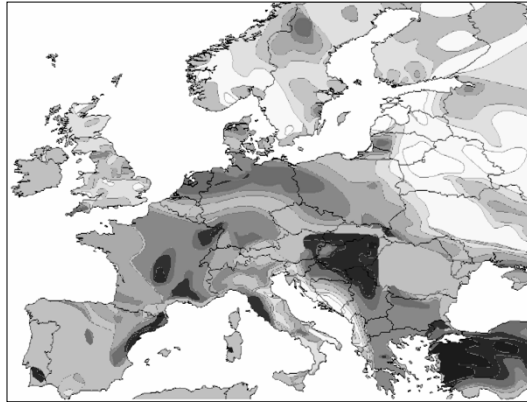
Die Begriffe DESERTEC und EUMENA wurden erstmals von Dr. Gerhard Knies eingeführt

Erneuerbare Energiepotenziale in EUMENA

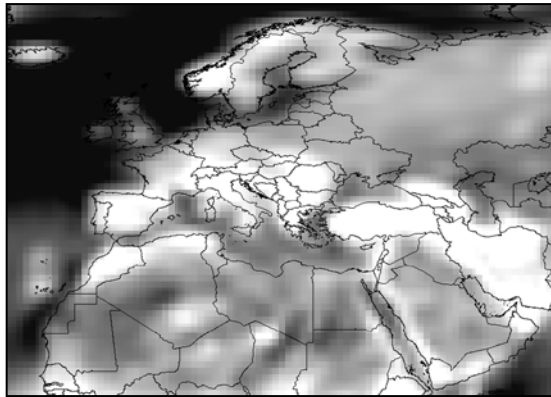
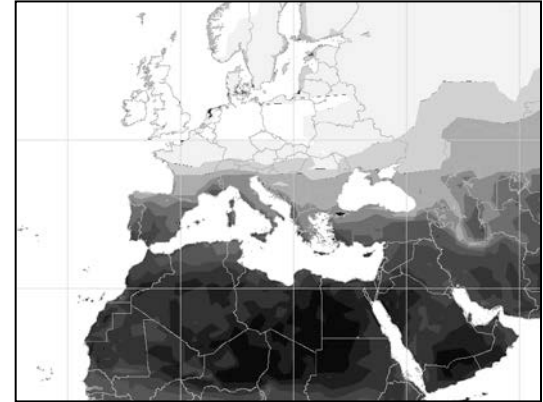
Biomasse (0-1)



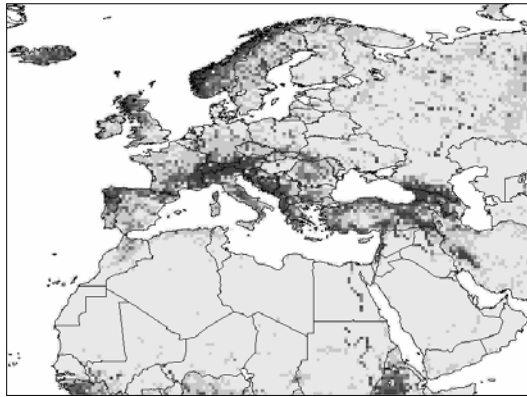
Geothermie (0-1)



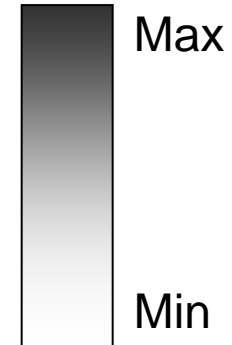
Solar (10-250)



Windkraft (5-50)



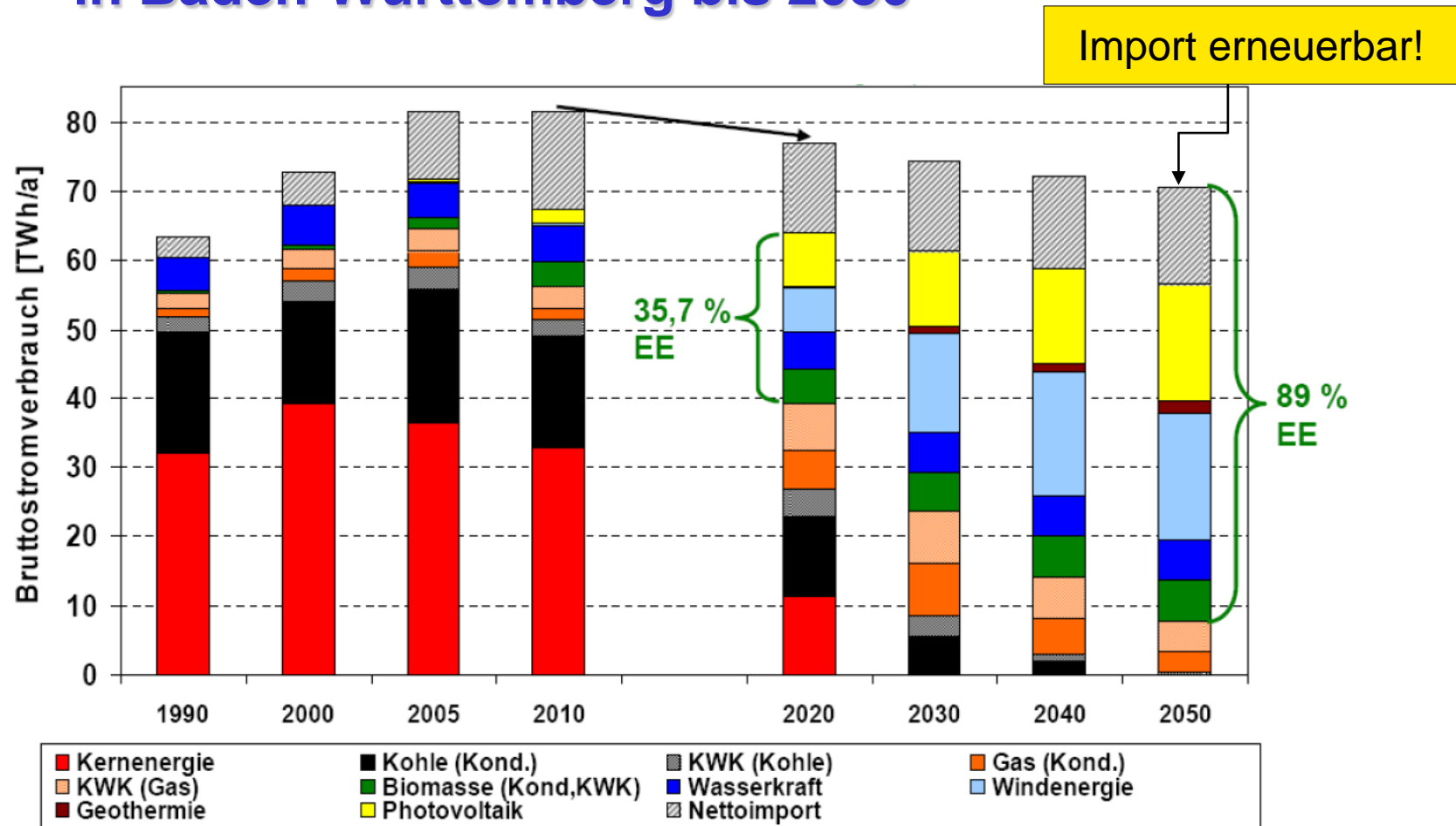
Wasserkraft (0-50)



Stromertrag
in GWh/km²/a



Entwicklung der Bruttostromerzeugung in Baden-Württemberg bis 2050

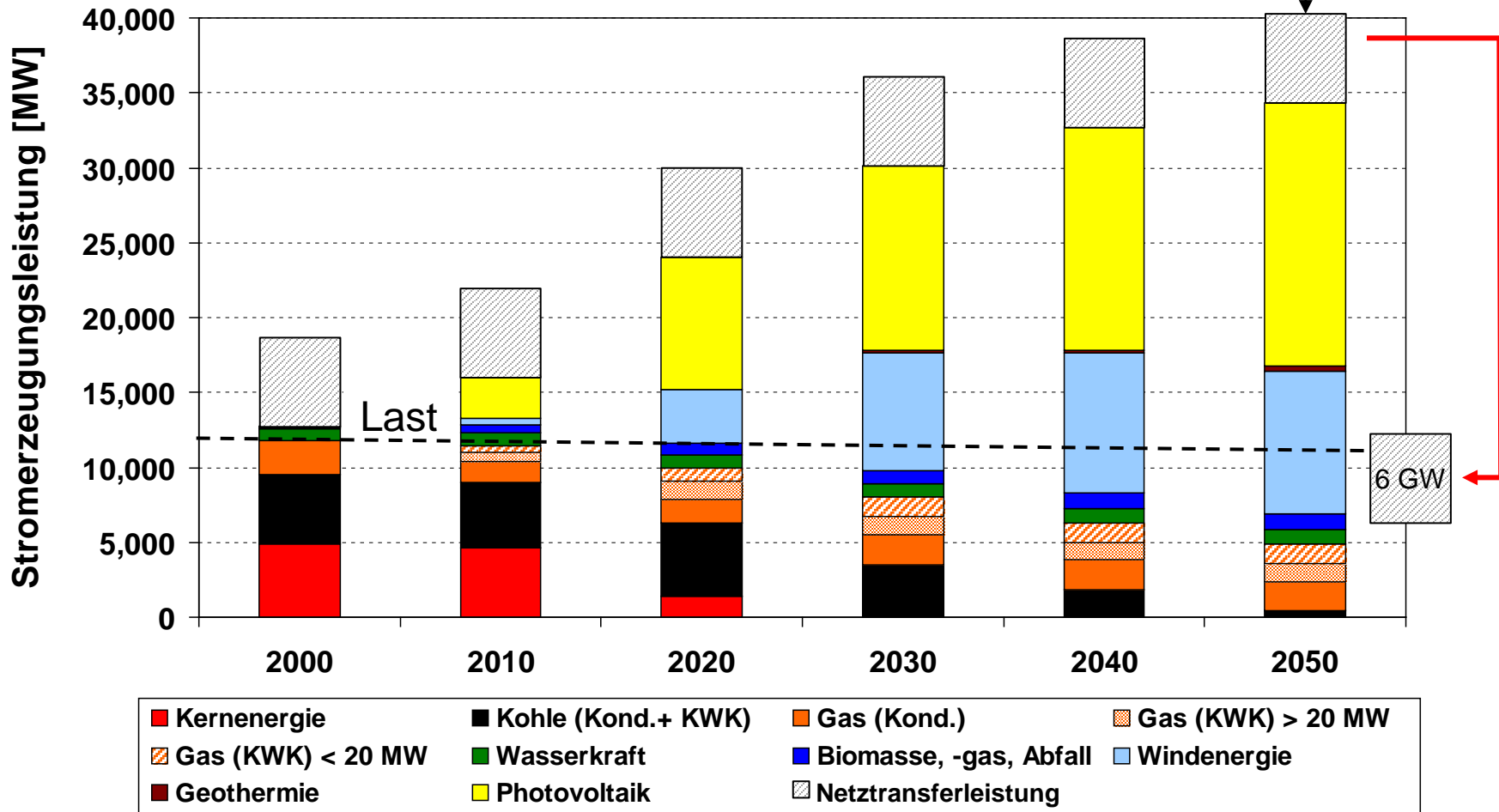


http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/90866/Gutachten_zum%20Klimaschutzgesetz_BW_2012-02-03.pdf



Entwicklung der Kraftwerksleistung in Baden-Württemberg bis 2050

Import erneuerbar und flexibel abrufbar!

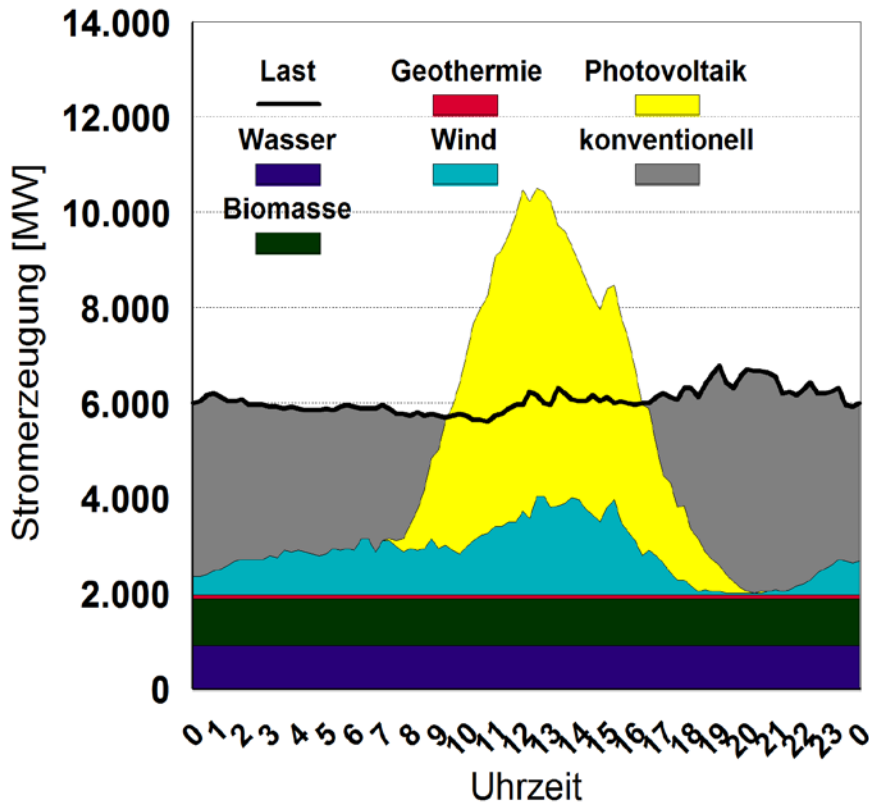


http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/90866/Gutachten_zum%20Klimaschutzgesetz_BW_2012-02-03.pdf

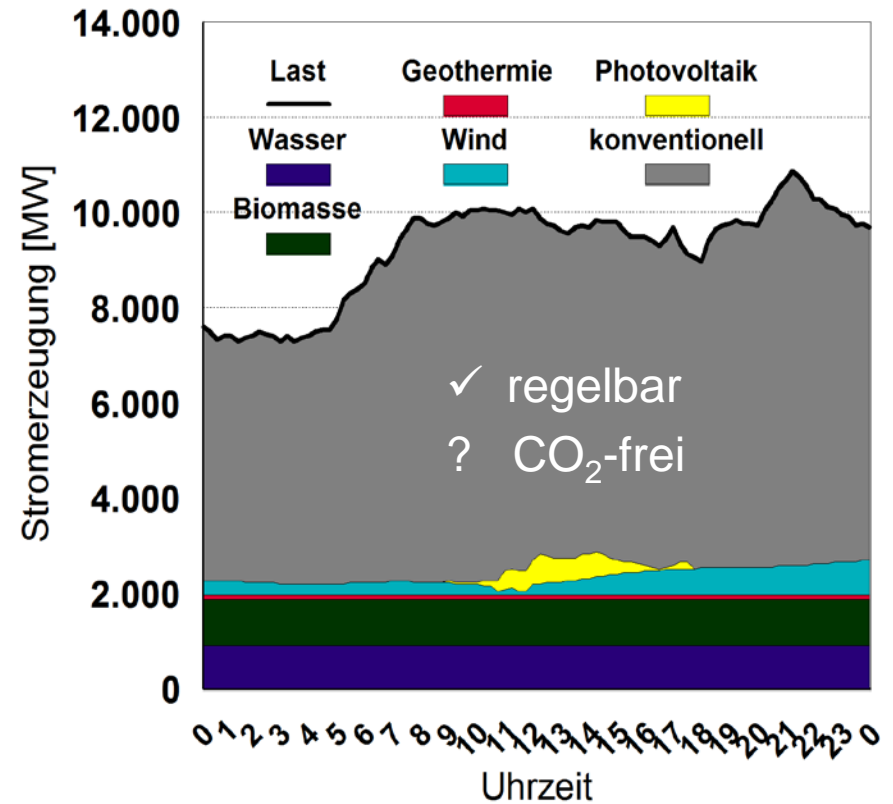


Zunehmende Flexibilität konventioneller Kraftwerke und des Netzmanagements gefordert

Sonntag, 30. August 2020



Montag, 23. November 2020



Flexibilitätsoptionen für den weiteren Ausbau Erneuerbarer Energie

1. Abbau unflexibler konventioneller Leistung (Kernkraft, Braunkohle)
2. Flexible Kraftwerke auf der Basis von Erdgas
3. Netzausbau für Stromimport und -export
4. Ausbau flexibler Erneuerbarer (Biomasse, Speicherwasserkraft)
5. Speicher (Pumpspeicher, Druckluftspeicher, Wasserstoff, Methan)
6. Stromgeführte Kraft-Wärme-Kopplung mit Wärmespeicher
7. Lastmanagement (intelligente Verbraucher und Netze)
8. Import flexibler Erneuerbarer (DESERTEC, Speicherwasserkraft)



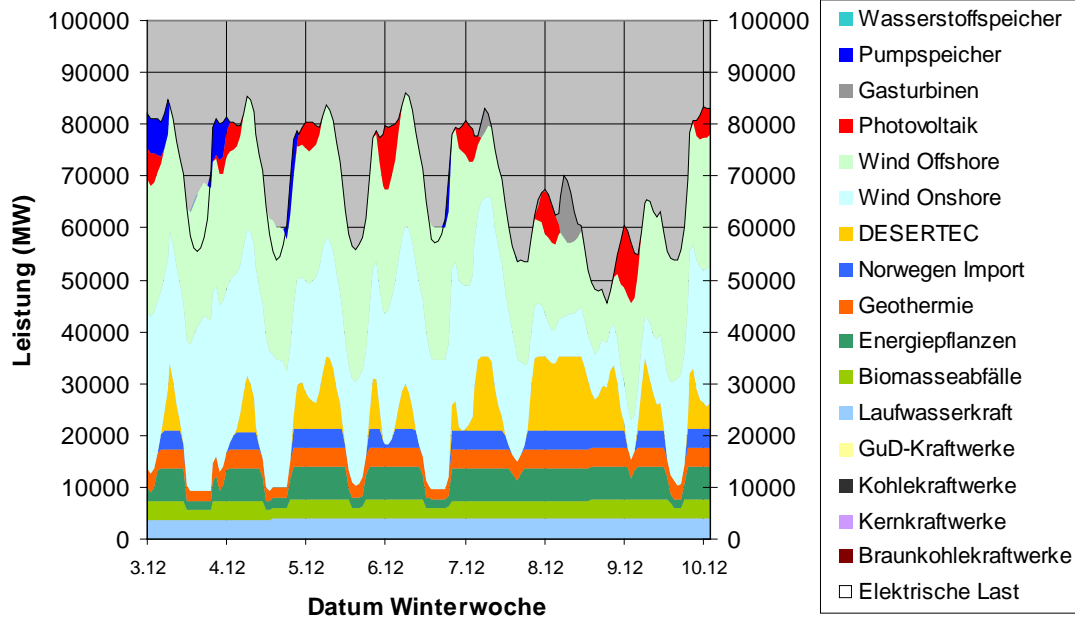
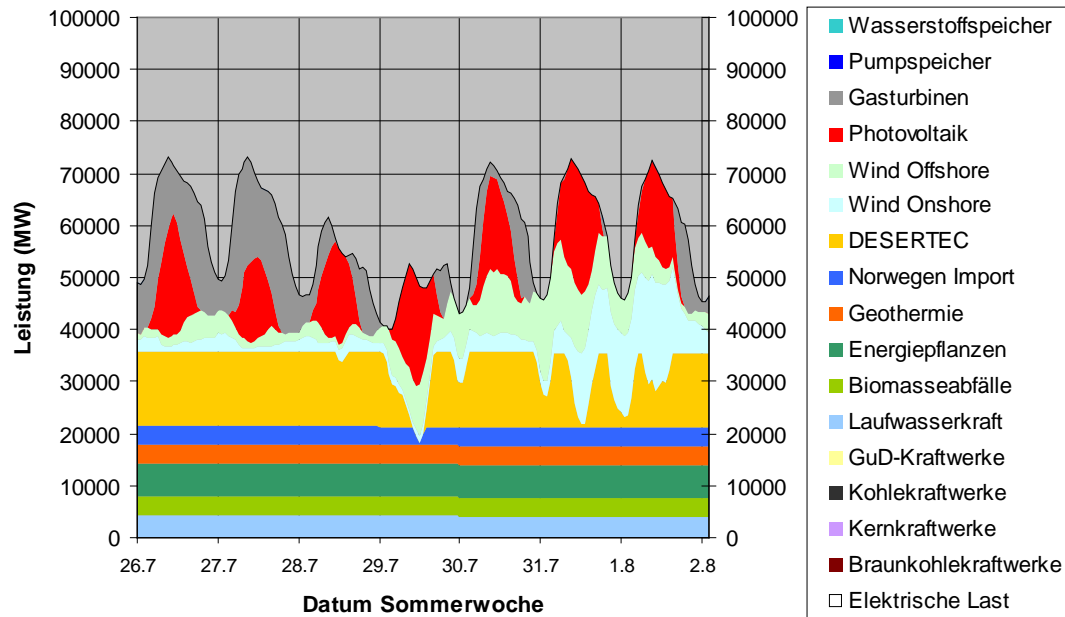
Deutschland 2050

Die Rolle variabler und flexibler Energiequellen in einem 90% EE Szenario für Deutschland für 2050.

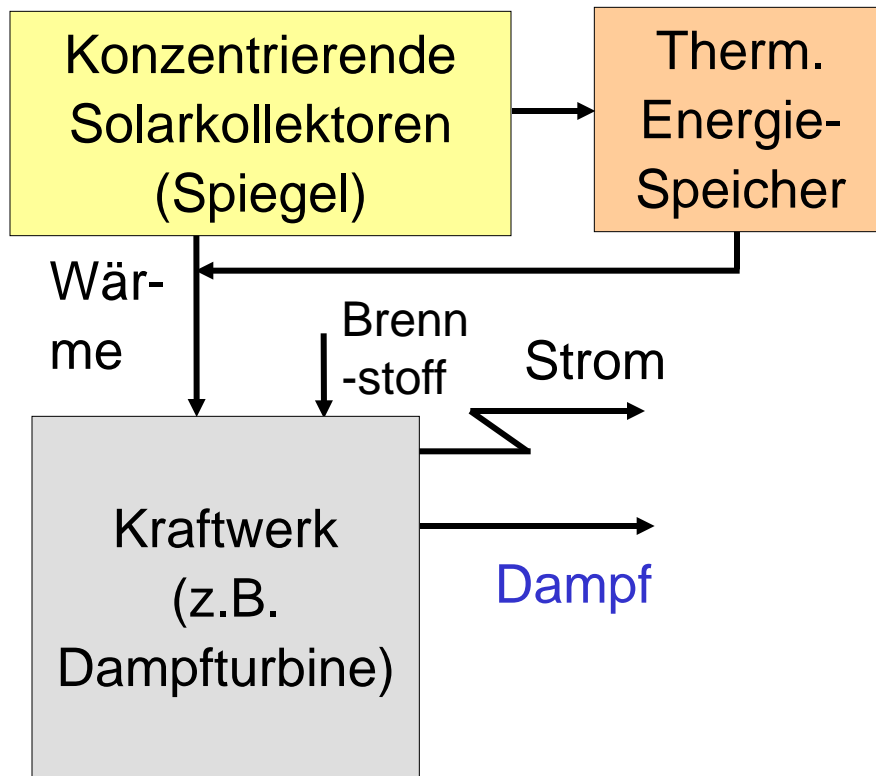
Installierte Leistung:

Energie:

Photovoltaik:	45 GW	} 50% var. EE
Wind Onshore:	40 GW	
Wind Offshore:	27 GW	
Laufwasser:	6 GW	} 40% flex. EE
DESERTEC:	16 GW	
Import Norwegen	4 GW	
Geothermie:	4 GW	
Biomasse:	7 GW	} 10% flex. konv.
Abfälle:	4 GW	
Pumpspeicher:	9 GW	
Erdgas:	63 GW	



Prinzip eines solarthermischen Kraftwerks



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





ANDASOL 1+2, Guadix, Spanien,
je 50 MW, 7 Std. Speicher
3500 Volllaststunden pro Jahr





Gemasolar
Sevilla, Spanien
20 MW
15 Std. Speicher
5500 Volllast-
stunden pro
Jahr



Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung in China



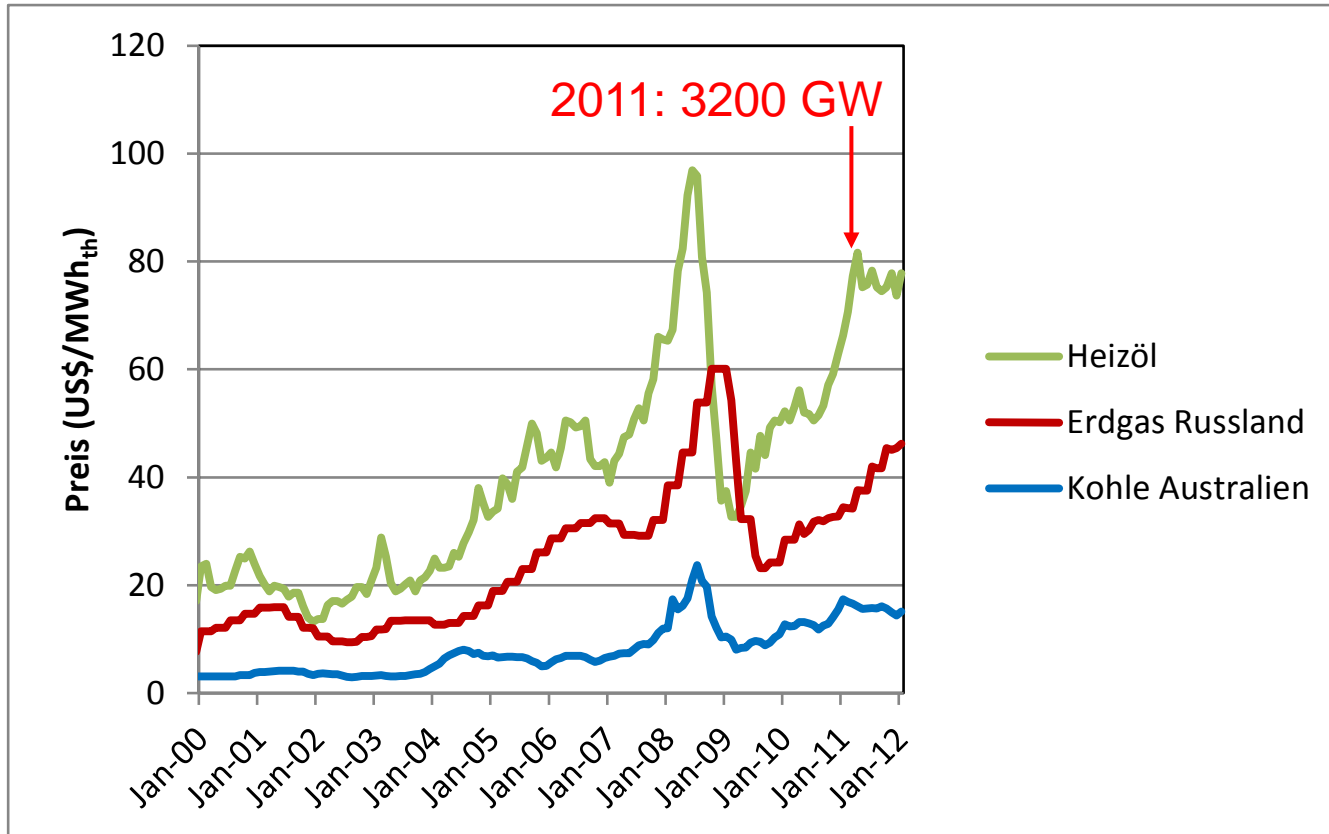
Spannung: ± 800.000 Volt
Leistung: 6400 Megawatt
Quelle: Wasserkraft
Verluste: 7%
Bauzeit: 2 Jahre
Kosten HGÜ: 400 €/kW
Kosten WK: 4000 €/kW



Technische Voraussetzungen für die Energiewende

1. Gut regelbare Kraftwerke auf der Basis fossiler Brennstoffe.
2. Gut regelbare Kraftwerke auf der Basis erneuerbarer Energiequellen bis spätestens 2020 erschließen:
Speicherwasserkraft, Biomasse, Geothermie, DESERTEC.
3. Einsatz aller weiteren verfügbaren Flexibilitätsoptionen wie Lastmanagement, Netzausbau, Stromspeicher, Power-to-Gas, usw.

Entwicklung der Brennstoffpreise seit dem Jahr 2000



Umrechnung aus Originaldaten:

8.14 MWh_{th}/t Kraftwerkskohle

9.6 MWh_{th}/1000 m³ Erdgas

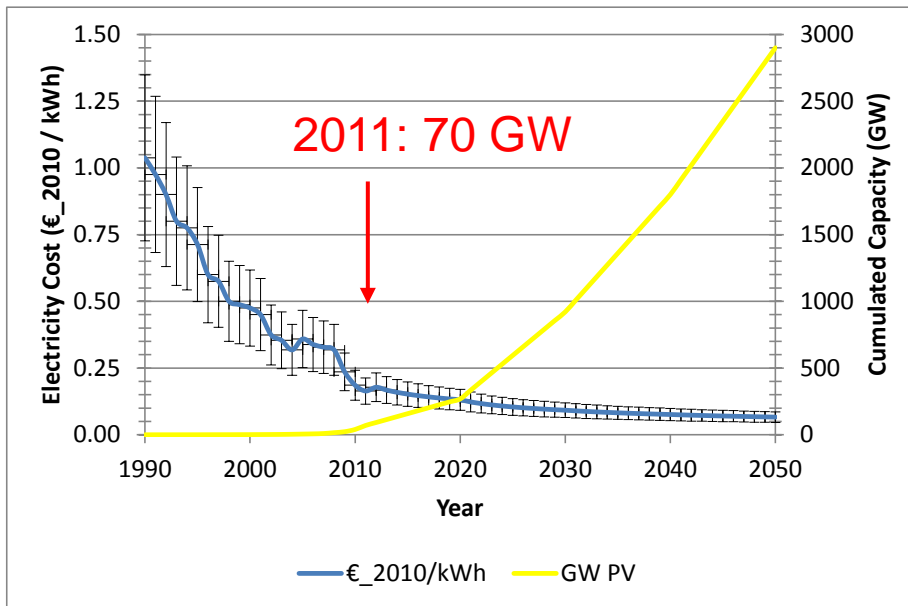
0.0392 MWh_{th}/gal Heizöl

www.indexmundi.com

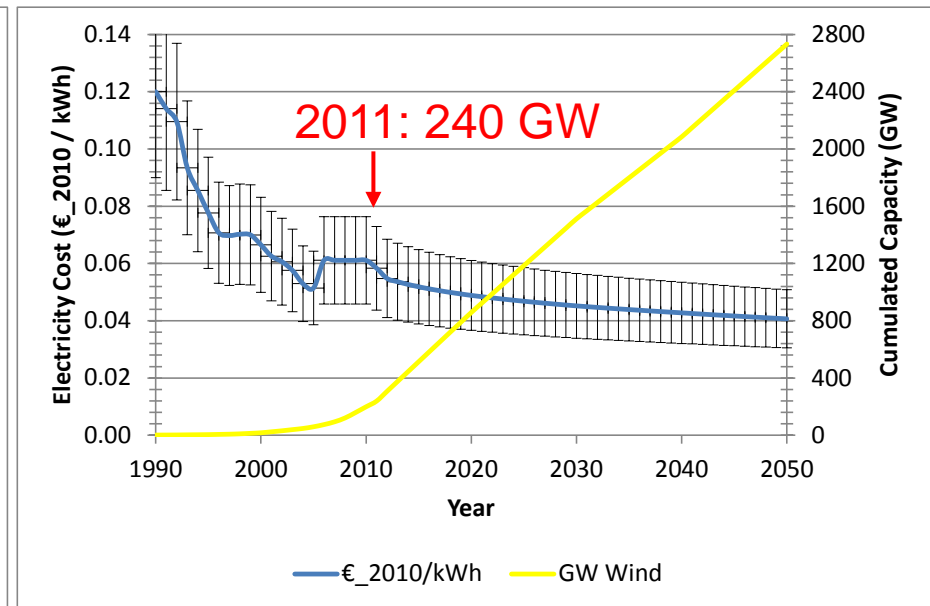


Erneuerbare Energiequellen wirtschaftlich erschließen heißt, in ihren Ausbau zu investieren, bis sie konkurrenzfähig sind:

Photovoltaik



Windkraft (on-shore)

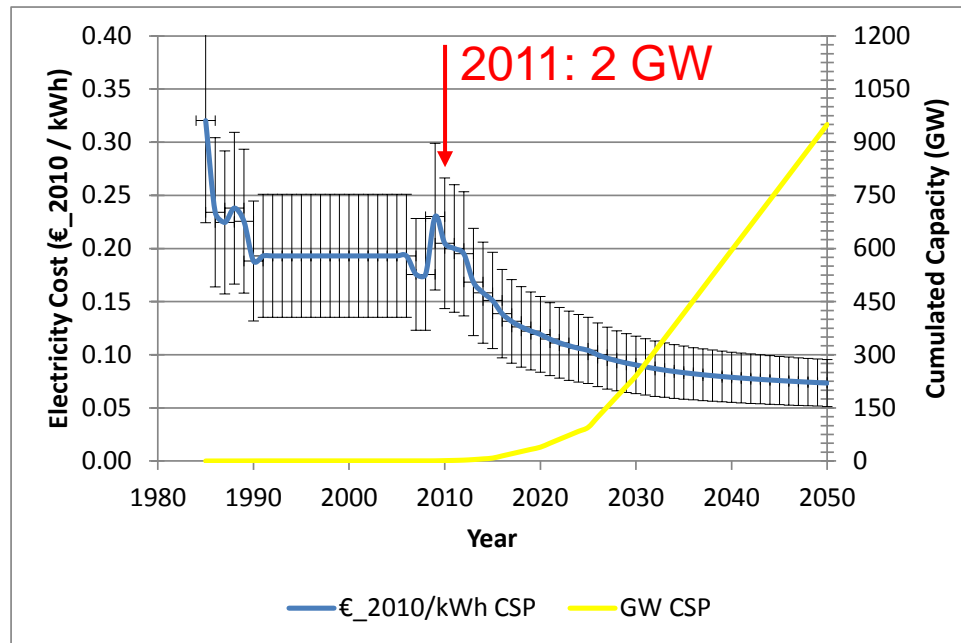


Quellen: IER, RISO, WWEA, eigene Berechnungen
 Globaler Ausbau nach Energy (R)evolution, Greenpeace 2010
 Lernraten: PV 18%, Windkraft 10%



Erneuerbare Energiequellen wirtschaftlich erschließen heißt, in ihren Ausbau zu investieren, bis sie konkurrenzfähig sind:

Solarthermische Kraftwerke



Quellen: KJC, Pilkington, DLR, AT Kearney, NREL, IEA, Greenpeace, eigene Berechnungen
Globaler Ausbau nach Trieb et al. 2011
Lernrate: solarthermische Kraftwerke 9%



Kostenvergleich Windkraft, Photovoltaik und DESERTEC: Sind Wind und PV wirklich billiger?

	Kosten 2020-2050 Wind / PV €cent ₂₀₁₀ /kWh	Kosten 2020-2050 DESERTEC €cent ₂₀₁₀ /kWh
Erzeugung	3-6 / 5-15	5-15
Ext. Speicher	0-25 *	0 / intern
Ext. Backup	0-15 *	0 / intern
Ext. Netzkosten	0-5 *	0 / intern
Fernübertragung	0-4	1-2
Gesamtkosten:	3-20 / 5-40	6-12

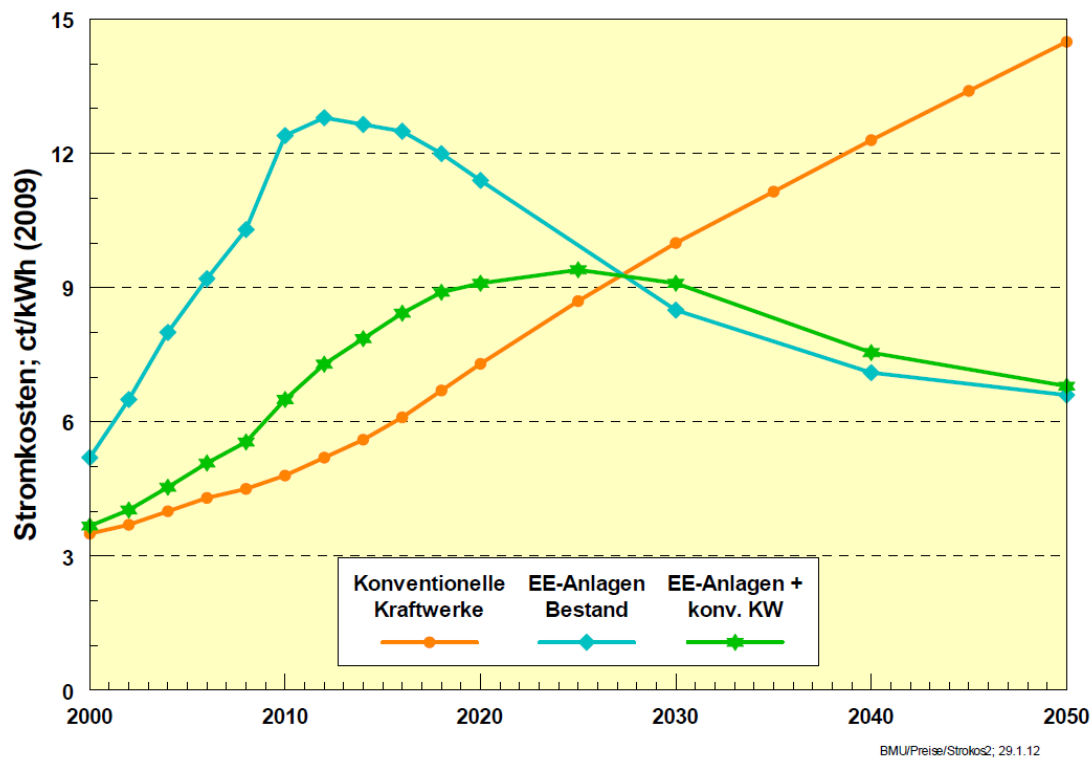
Quellen: AT Kearney, IER, eigene Berechnungen

* Zusatzkosten steigen mit dem jeweiligen Anteil an der Versorgung, nicht voll additiv



Langfristszenario Deutschland in der Leitstudie 2011:

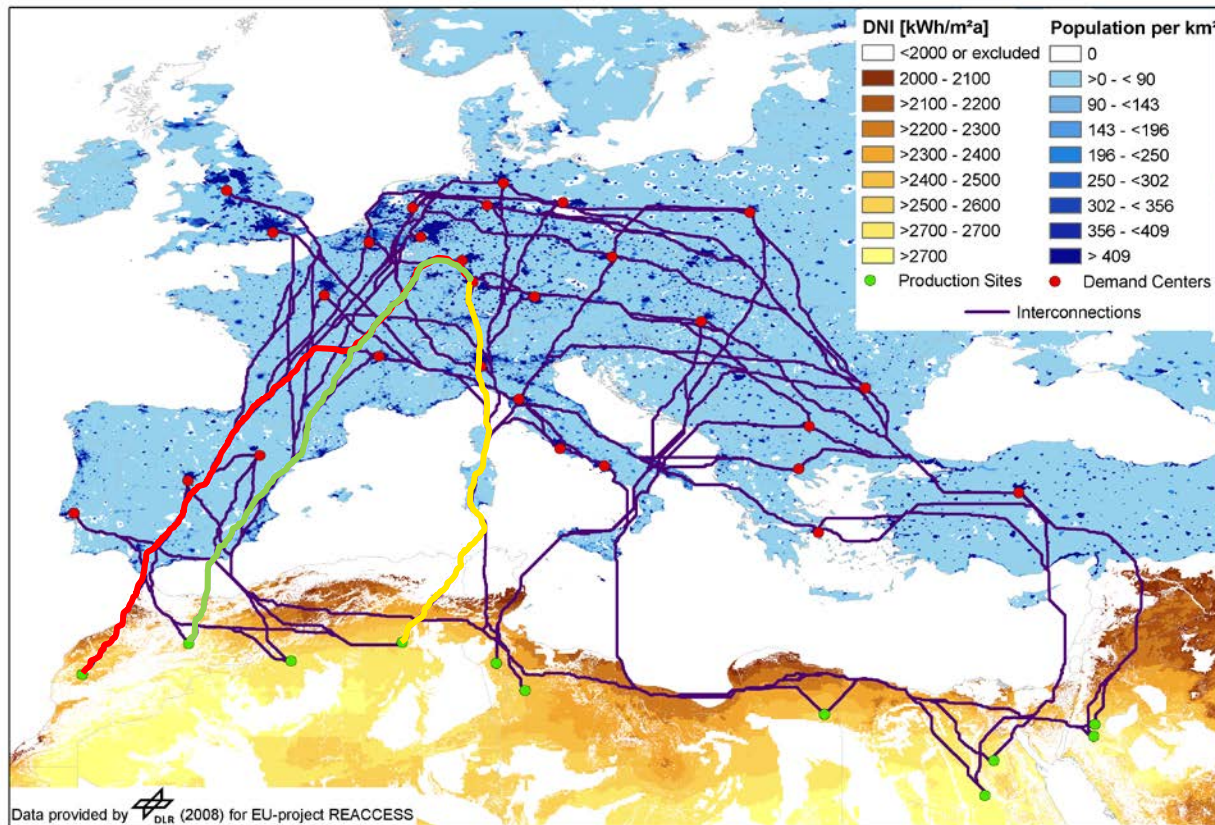
Nach anfänglicher Förderung führt der Ausbau erneuerbarer Energiequellen zu einer Stabilisierung der Energiepreise und zu einer Entlastung der öffentlichen und privaten Haushalte.



http://erneuerbare-energien.de/erneuerbare_energien/doc/48514.php



Modellierung des DESERTEC Konzepts – Flexibler Solarstrom und 30 zusätzliche Energiekorridore für Europa



Import Country	Start Point	End Point	Net Import Electricity TWh/a	Total Length km
Germany / Denmark	Morocco #1	Karlsruhe, Germany	23,0	2.917
	Morocco #2	Jülich, Germany	24,5	2.455
	Tunisia #1	Mainz, Germany	23,6	2.160
	Algeria #1	Hannover, Germany	24,1	2.851
	Algeria #2	Munich, Germany	24,9	1.998
France	Morocco #1	Paris, France	18,7	2.306
	Morocco #2	Paris, France	19,8	1.939
	Tunisia #1	Paris, France	21,3	2.195
	Algeria #1	Lion, France	25,3	1.847
	Algeria #2	Lion, France	24,6	2.208
United Kingdom	Morocco #1	London, UK	18,5	2.643
	Morocco #2	London, UK	22,4	2.304
	Algeria #1	Newcastle, UK	24,3	2.748
Spain	Morocco #2	Madrid, Spain	20,7	964
	Algeria #1	Zaragoza, Spain	24,2	1.178
Italy	Algeria #2	Milano, Italy	20,1	1.587
	Tunisia #1	Firence, Italy	19,3	1.432
	Libya #1	Roma, Italy	20,6	1.761
Poland	Egypt #1	Warszaw	18,9	3.525
	Jordan #1	Warszaw	18,1	3.500
	Egypt #2	Warszaw	22,1	3.817
	Saudi Arabia #1	Warszaw	23,8	3.586
Turkey	Jordan #1	Ankara, Turkey	19,3	2.255
	Saudi Arabia #1	Ankara, Turkey	20,0	2.310
	Saudi Arabia #1	Ankara, Turkey	20,6	2.310
Czech Republic	Algeria #2	Prague, Czech Republic	19,5	2.230
	Libya #1	Prague, Czech Republic	19,0	2.154
Belgium	Morocco #1	Brussels, Belgium	19,0	2.612
Netherlands	Morocco #2	Appledorn, Netherlands	22,1	2.462
Romania	Jordan #1	Bukarest, Romania	15,8	2.502
	Algeria #2	Bukarest, Romania	18,8	2.918
Greece / Bulgaria	Egypt #2	Sophia, Bulgaria	21,5	2.849
Hungary / Slovakia	Libya #1	Budapest, Hungary	24,7	2.254

2020: Marrakech-Karlsruhe, 2917 km, 32 Mrd.€, 23 TWh/a, 12 ct/kWh (5% Realzins, 40 a)

Energy Policy 42 (2012) 341-353



Wirtschaftliche Voraussetzungen für Solarimporte

1. Konkurrenzfähigkeit mit alternativen CO₂-freien und flexiblen Stromquellen wie z.B. Kernenergieimporten aus den Nachbarländern.
2. Garantierter langfristiger Stromabnahmevertrag zu einem kostendeckenden Tarif, der Leistung, Funktion und Verfügbarkeit des Importstroms definiert.
3. Absicherung des Projekts auf AAA Rating zur Minimierung des Investitionsrisikos und damit der Kapitalkosten (Zinsen).



Energie,
Wasser,
Nahrung,
Arbeit und
Einkommen

(Lebensraum)

für weitere
300 Mio.
Menschen
in MENA

(artist view created with
Google Earth)



Politische Voraussetzungen für Solarimporte

1. Politischer Wille in einer wirtschaftlich starken Importregion (erneuerbare Regelenergie) und in einer verlässlichen Exportregion (Lebensraum).
2. Zustimmung der Transitländer (gemeinsame Entwicklung und Kooperation in EUMENA).
3. Geeignete politische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für Investoren und Industrie.



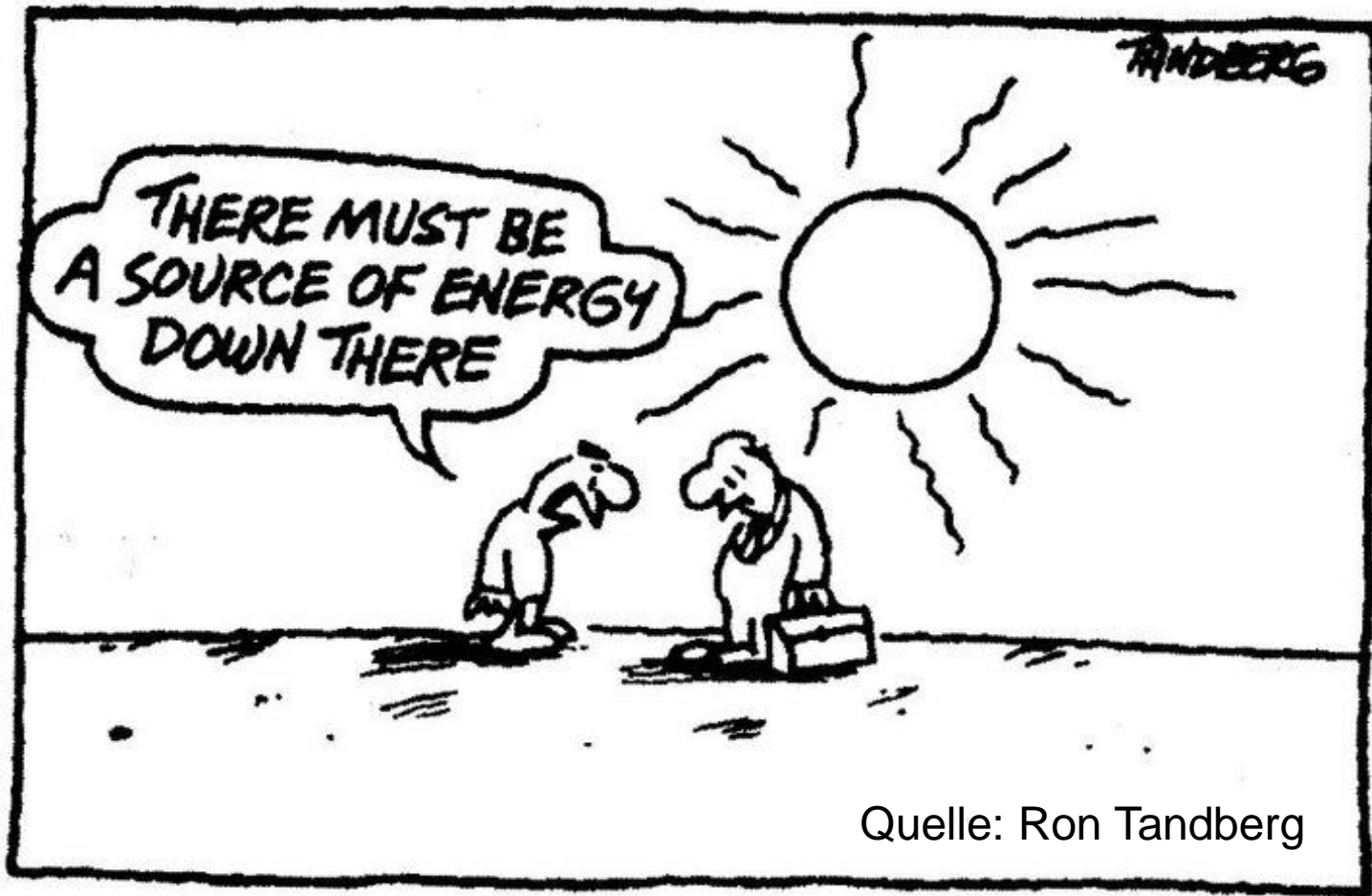
Zeit für Tacheles

Nordafrika und die Mittelmeerunion erwarten jetzt ein deutliches Signal aus Europa:

- Wer kauft flexiblen Solarstrom zu welchem Tarif?
 - Wer sind die DESERTEC Partnerstädte in EUMENA?
 - Wer übernimmt die Risikobegrenzung auf AAA?
 - Welcher der 4 Motoren Europas springt als erster an?
- ➔ BaWü hat alle Voraussetzungen und den Bedarf.



Vielen Dank!



Quelle: Ron Tandberg

www.dlr.de/desertec

