Energieversorgung

Franz Trieb

Ingenieurfachschaftstagung des Cusanuswerk
Gernsheim, 30. Oktober 2010

Stromversorgung, wie hätten‘s es denn gern?

GROSS UND ZENTRAL …

... oder lieber klein und dezentral …

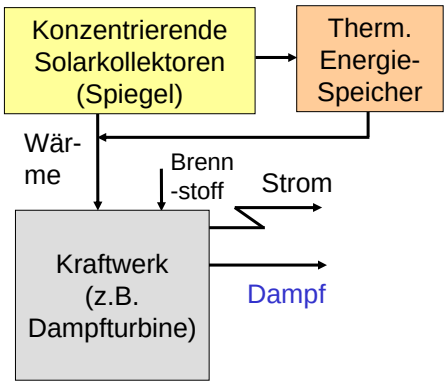
Bioenergiedorf Mauenheim

... oder doch lieber GROSS UND ZENTRAL …

Windpark-Landschaft in Mecklenburg

... oder einfach aus der Steckdose ?

Prinzip eines solarthermischen Kraftwerks

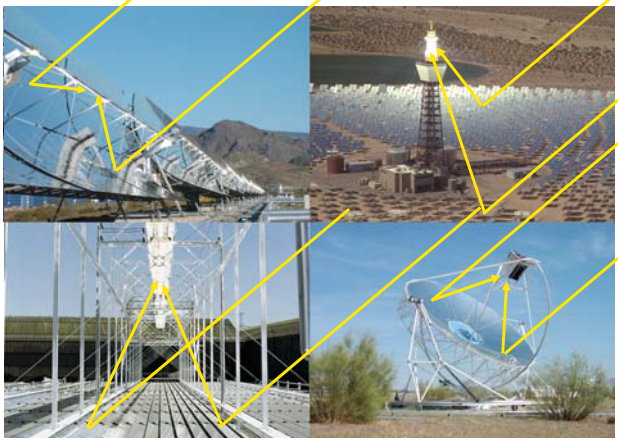


- ✓ Sonnenenergie ersetzt Brennstoff
- ✓ Sekundenreserve
- ✓ Regelleistung nach Bedarf
- ✓ Kraft-Wärme-Kopplung für Wasserentsalzung, Kälte, Fernwärme, Industrie

Konzentrierende Sonnenkollektoren

Parabolrinne (PSA)

Solarturm (SNL)



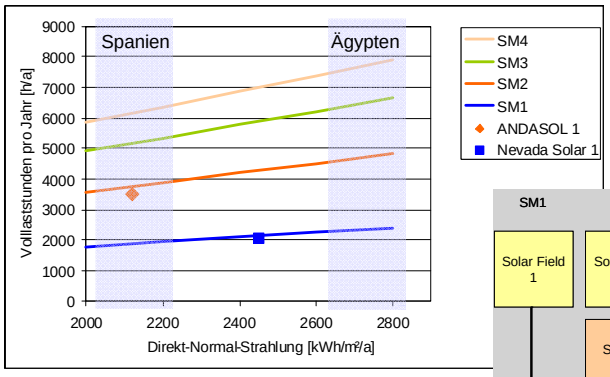
Linear Fresnel (MAN/SPG)

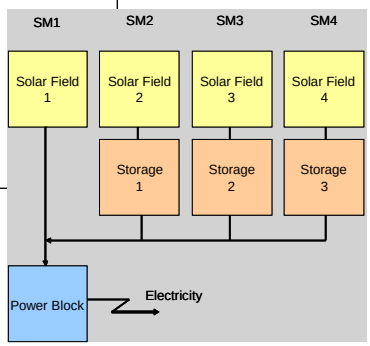
Dish-Stirling (SBP)

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

http://de.wikipedia.org/wiki/Andasol

Auswirkung thermischer Energiespeicher auf die Auslastung

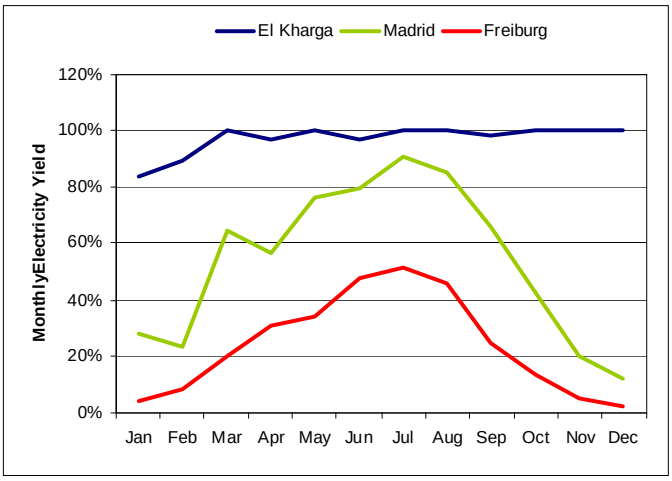




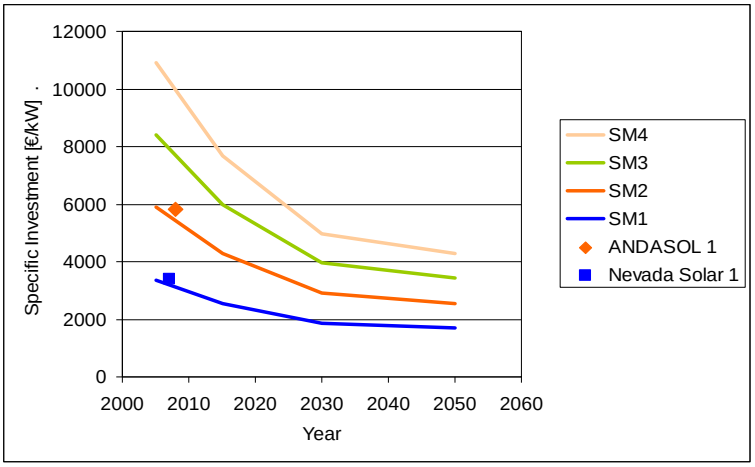
SM = Solar Multiple
1 Solarfeld = 6000 m²/MW
1 Speicher = 6 h Volllast

Solarthermische Kraftwerke an verschiedenen Standorten

SM = 4



CSP Systemkosten und Lernkurven



Photovoltaik Anwendungen

Dachanlage

Großanlage

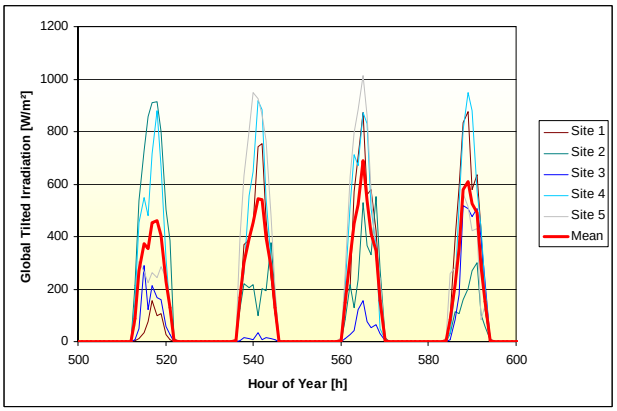
Fassaden

dezentral

Geräte

Bordversorgung

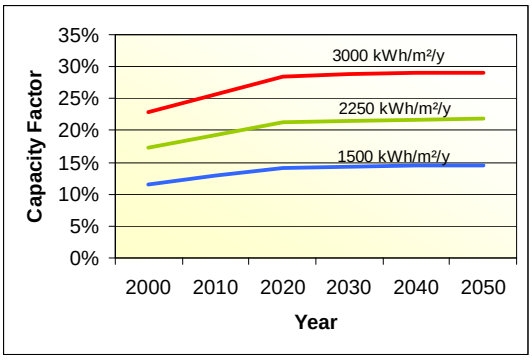
Photovoltaik Ressourcen



Beispiel: Globalstrahlung an 5 Standorten und Mittelwert

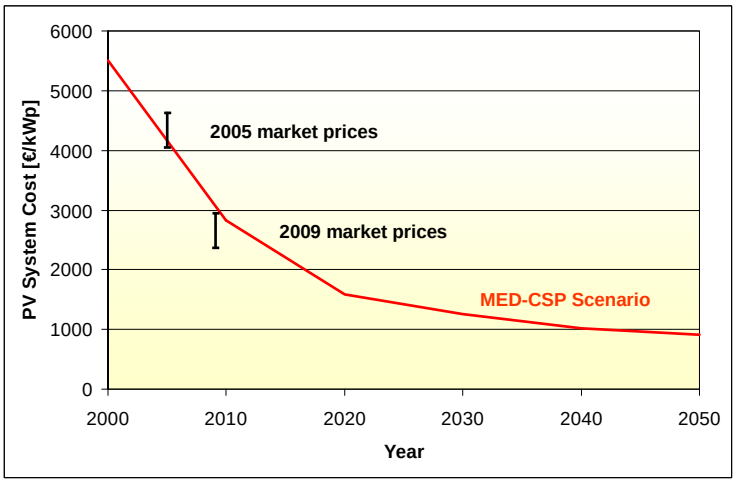
Photovoltaik Szenario Modell

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



CF x 8760 = jährliche äquivalente Vollaststunden

Photovoltaik Systemkosten



MED-CSP 2005, LBBW 2009, ECOFYS 2009

Windkraftanlagen

On-Shore Wind Park

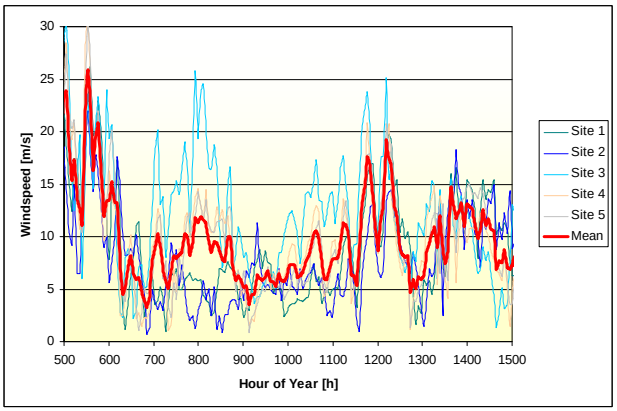
Off-Shore Wind Park

Stand-alone Windrad

dezentrale Stromversorgung

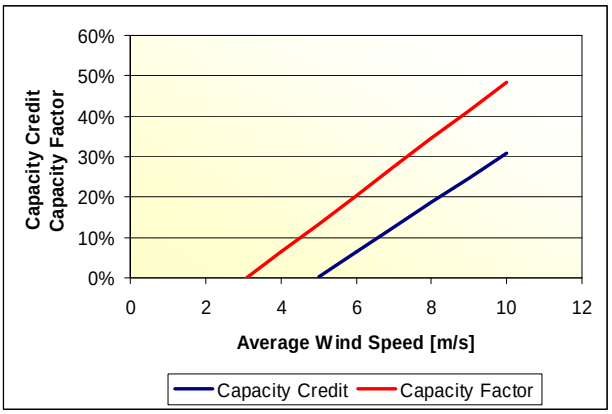
WIKI Wind 2009, BMU 2009

Wind Energie Ressourcen



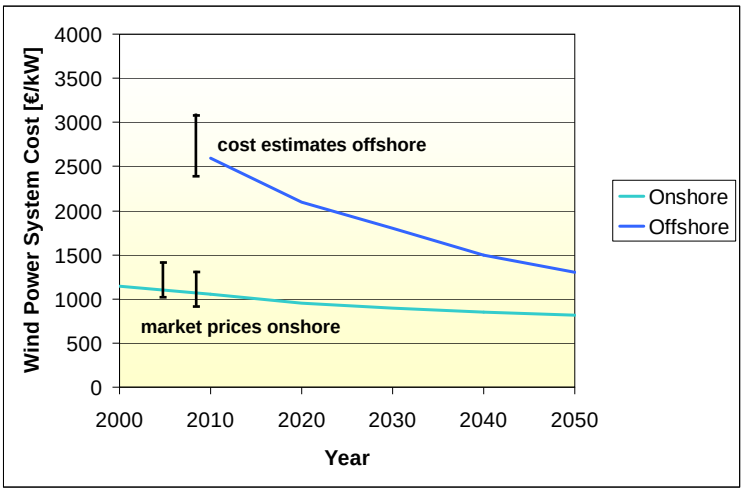
Beispiel: Windgeschwindigkeit in 80 m Höhe für 5 Standorte und Mittelwert

Einfaches Windparkmodell



nur für große Regionen mit mehreren Windparks

Windkraft Systemkosten und Lernkurven



MED-CSP 2005, ECOFYS 2009, Lead Study 2009

Wasserkraftanlagen

Speicherkraftwerk

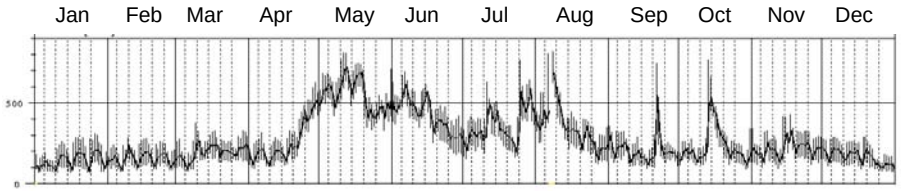
Kleinwasserkraft

Laufwasserkraft

Pumpspeicher

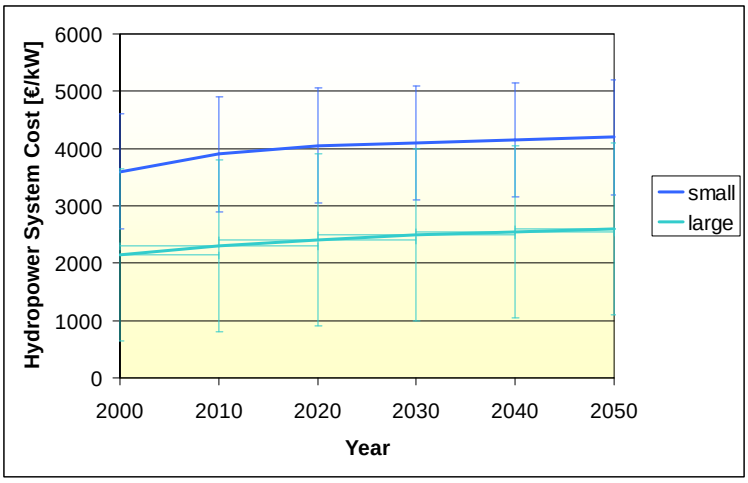
www.erneuerbare-energien.de/inhalt/44732/5466/

Wasserkraft Ressourcen (Laufwasserkraft)



Beispiel: Tagesabfluss am Rhein bei Diepoldsau in m³/s

Wasserkraft Systemkosten und Lernkurven



Biomasse Anlagen

Biogas

Feste Biomasse

Kraftstoffe

→ Möglichkeiten der Verstromung von Biomasse

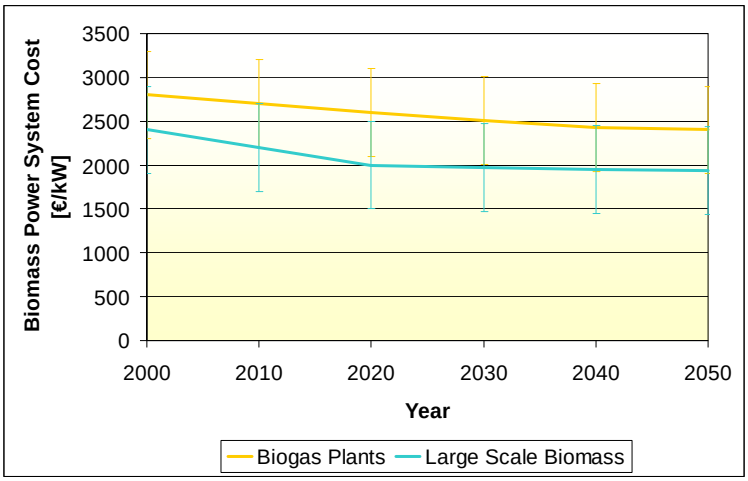
FESTE BIOMASSE

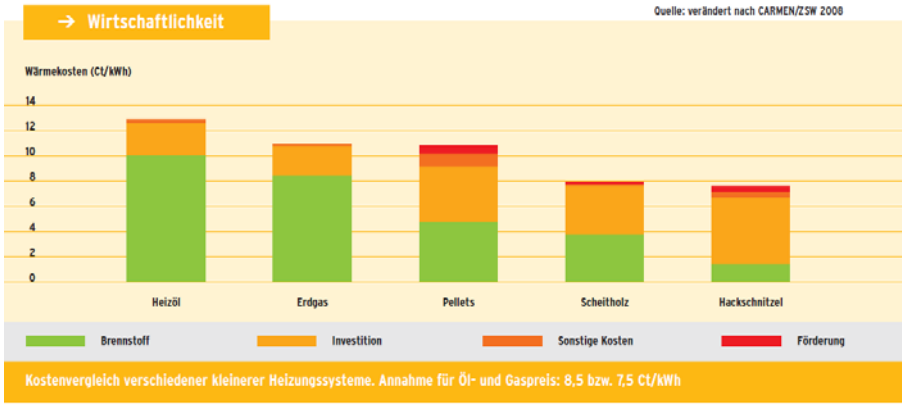
- Verbrennung
- Vergasung
- Verflüssigung

	Elektrischer Wirkungsgrad
>> Kohle-/Gaskraftwerk	30–40 %
> Dampfturbine oder -motor	15–30 %
> Stirlingmotor	10–15 %*
> Gasturbine/Gas- und Dampfanlage	20 (GT)–30 %
>> Gas-Otto-Motor (BHKW)	ca. 25 %
>> Brennstoffzelle	30–45 %**

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

Biomasse Systemkosten und Lernkurven





Geothermiekraftwerke

Hydrothermales Kraftwerk

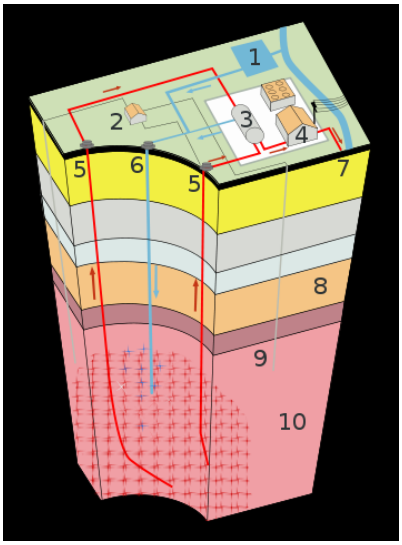
Blue Lagoon, Reikjawik, Island

Hot Dry Rock

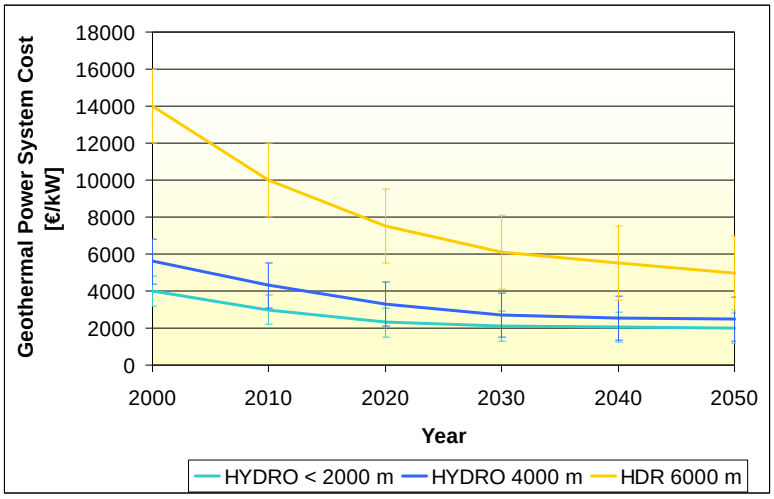
HDR Anlage in Basel, Schweiz

Hot Dry Rock System Kraft-Wärme-Kopplung

1: Reservoir
2: Pump house
3: Heat exchanger
4: Turbine hall
5: Production well
6: Injection well
7: Hot water to district heating
8: Porous sediments
9: Observation well
10: Crystalline bedrock



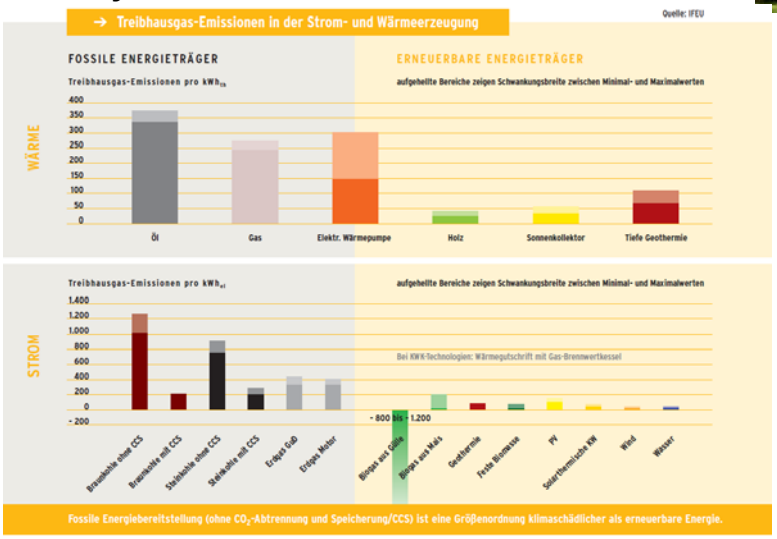
Geothermie Systemkosten und Lernkurven



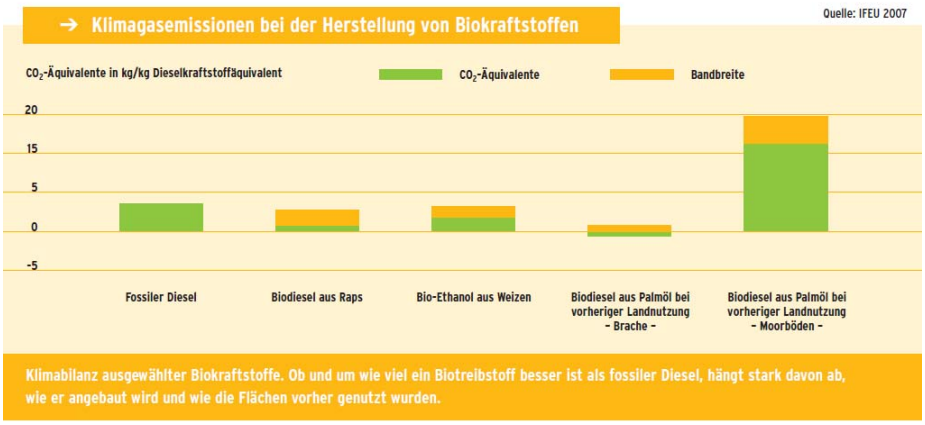
ECOFYS 2009, own estimates

Umwelteffekte / Klimaschutz

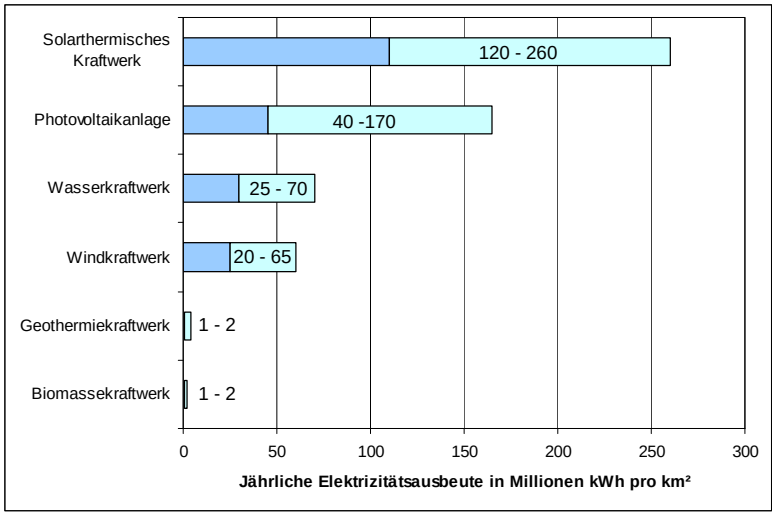
Lebenszyklus Emissionen



Lebenszyklus Emissionen Biokraftstoffe

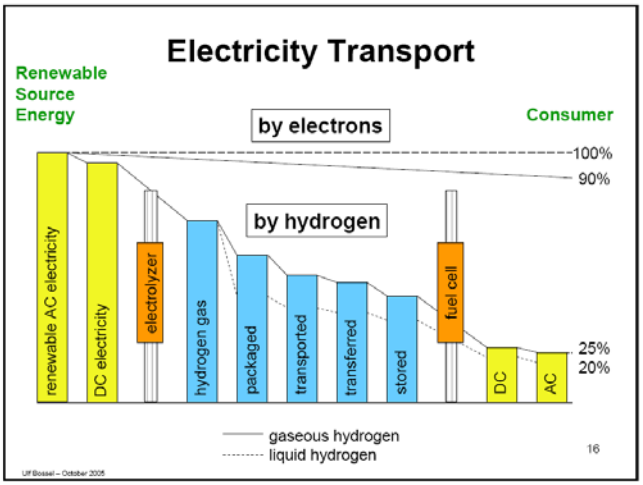


Energieausbeute pro Landfläche

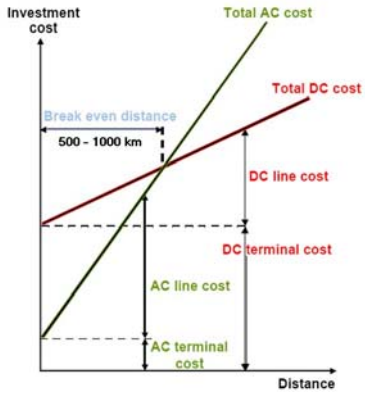


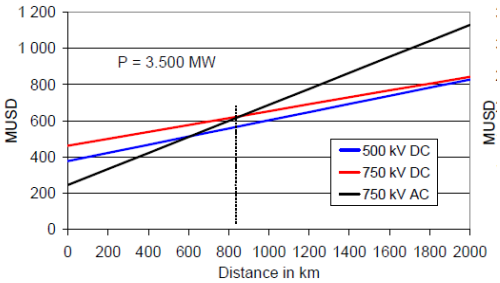
HGÜ Stromautobahnen

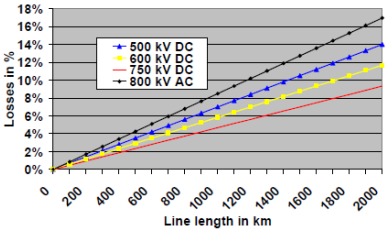
Solarstromimporte durch Wasserstoff sind möglich, aber 75% würden verloren gehen



Kosten und Verluste: HGÜ (HVDC) oder Wechselstrom (HVAC)







HVDC High Voltage Direct Current
HVAC High Voltage Alternating Current

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	Umwandlung 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 regio-nale Versorgung	Ferntransport

HGÜ-Leitungen in China

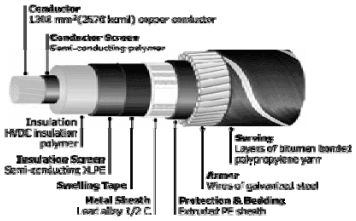
HGÜ Hochspanungs-Gleichstrom-Übertragung
HVDC High-Voltage-Direct-Current Transmission

Spannung:	± 800.000 Volt
Leistung:	6400 Megawatt
Länge:	2070 km
Quelle:	Wasserkraft
Verlust:	7%
Bauzeit	2 Jahre

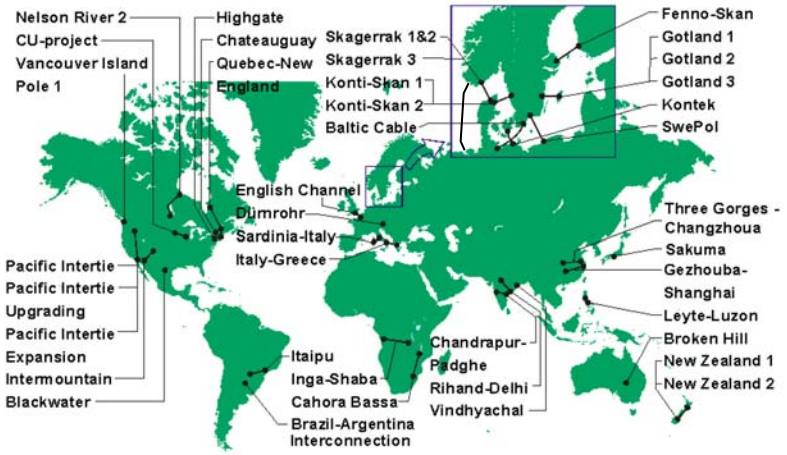
http://www.abb.com
http://www.siemens.com

HVDC Light Erdkabel

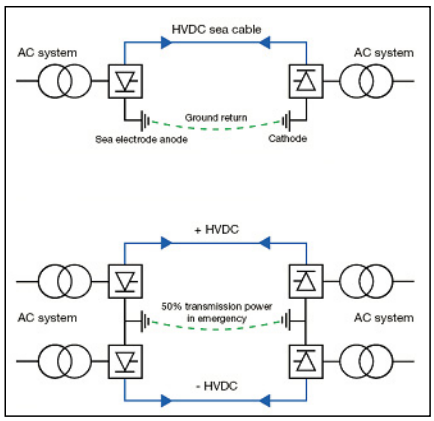
HVDC Light Seekabel



HVDC is well established, transmitting over 100 GW world wide, mainly remote hydro- and geothermal power



Interconnecting HVDC* to the AC** System



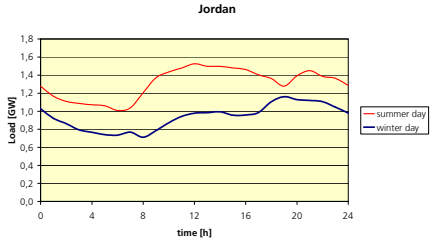
Monopolar HVDC System, e.g. sea cable

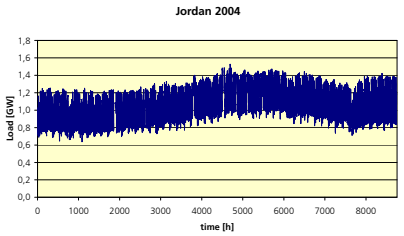
Bipolar HVDC System, e.g. overhead line

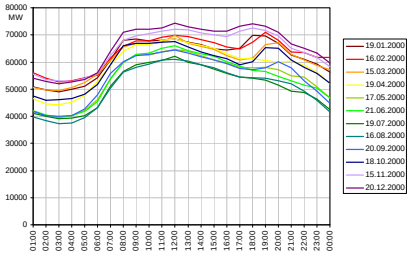
* HVDC High Voltage Direct Current (electricity flows steadily from a negative to a positive pole)
** AC Alternating Current (the flow direction is reversed 50 or 60 times per second)

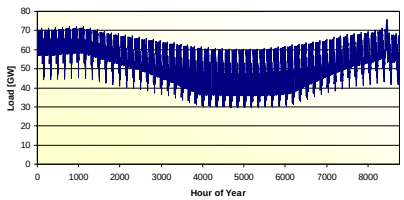
Versorgungsmodelle

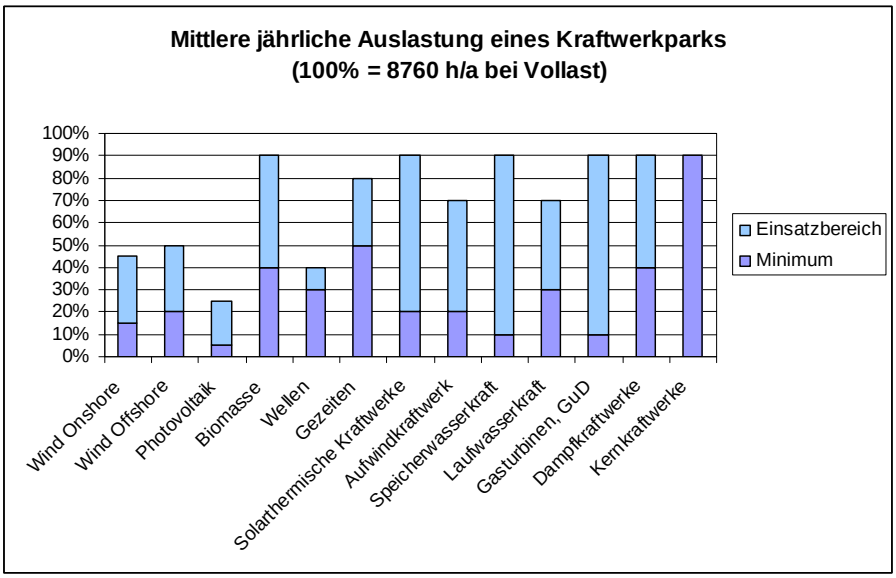
Lastkurven der Stromversorgung

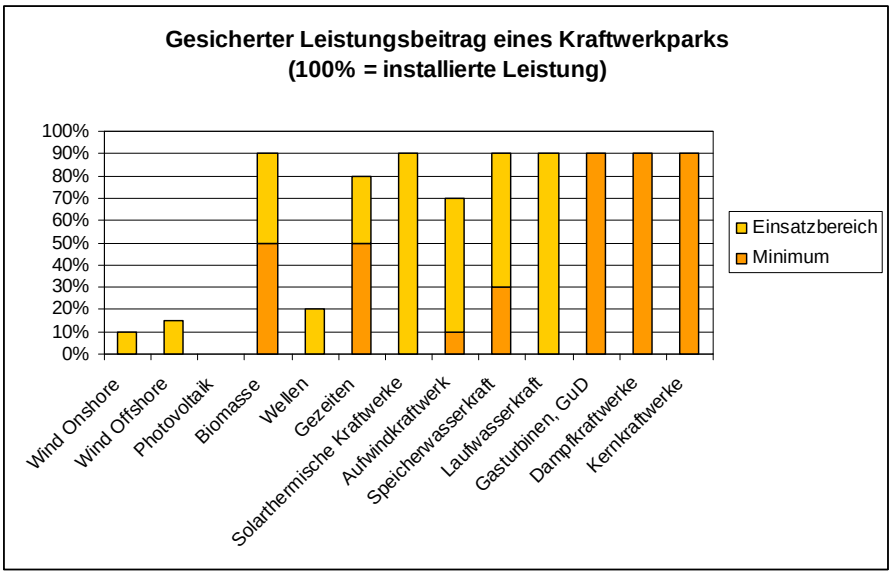




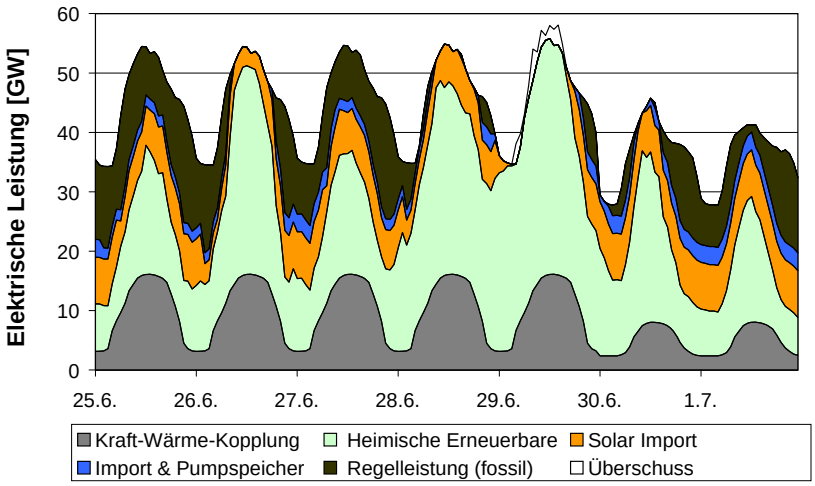





Mittlere jährliche Auslastung eines Kraftwerkparks
(100% = 8760 h/a bei Vollast)
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
Wind Onshore
Wind Offshore
Photovoltaik
Biomasse
Wellen
Gezeiten
Solarthermische Kraftwerke
Aufwindkraftwerk
Speicherwasserkraft
Laufwasserkraft
Gasturbinen, GuD
Dampfkraftwerke
Kernkraftwerke
Einsatzbereich
Minimum


Gesicherter Leistungsbeitrag eines Kraftwerkparks
(100% = installierte Leistung)
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
Wind Onshore
Wind Offshore
Photovoltaik
Biomasse
Wellen
Gezeiten
Solarthermische Kraftwerke
Aufwindkraftwerk
Speicherwasserkraft
Laufwasserkraft
Gasturbinen, GuD
Dampfkraftwerke
Kernkraftwerke
Einsatzbereich
Minimum

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



Stundenmodellierung Deutschland 2050

Woche 19 (07/05/2007 bis 13/05/2007)

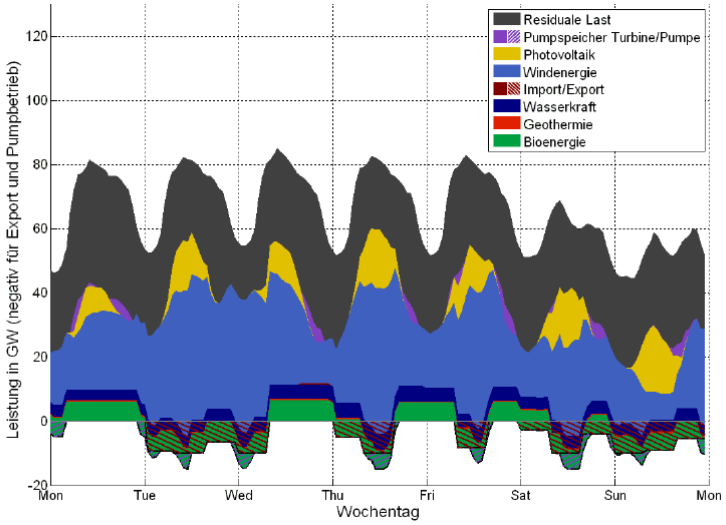
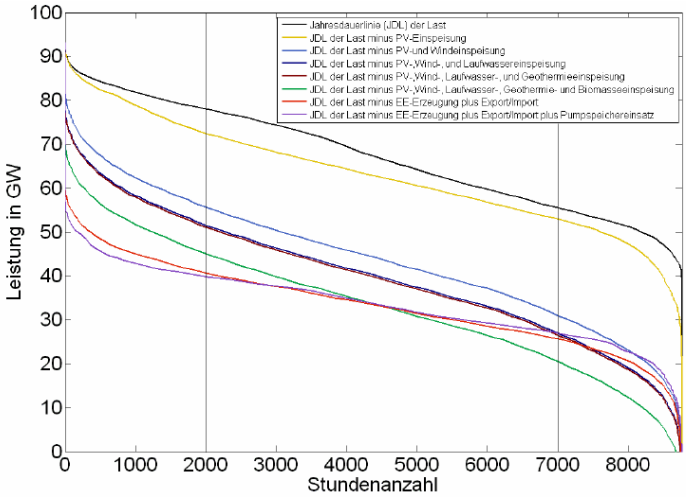


Abb. 5: Woche mit dem Moment der maximalen EE-Einspeisung (2020)

Jahresdauerlinien der Last für ein Szenario von 2020 (FhG-IWES)

Abbildung 6-3: Jahresdauerlinie der Last, der Last mit erneuerbarer Stromeinspeisung sowie der Last mit erneuerbarer Einspeisung sowie Pumpspeicher und Einsatz von Import/Export. Quelle: eigene Berechnungen nach BEE-Szenario.



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 Volllaststunden 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.

Spherical Utility-Scale Nuclear Fusion Reactor (SUN 1)

Vollautomatisch

Erprobt

Kostengünstig

Umweltfreundlich

bisher geschaffene Arbeitsplätze:
ca. 6.500.000.000

http://www.wetter-foto.de/foto-2956-Experiment-Sonne-2.html

PAUSE

www.dlr.de/tt/trans-csp