

DESERTEC: Strom aus der Wüste für eine Klima und Ressourcen schonende Energieversorgung Europa's

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil Hans Müller-Steinhagen
Institut für Technische Thermodynamik
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)



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

Initiative der Industrie:

Am 30. Oktober 2009 wurde die Desertec Industrie Initiative (Dii) gegründet. Es ist das Ziel, bis zum Jahr 2050 15% des europäischen Strombedarfs durch Importe von nachhaltig erzeugtem Strom aus den MENA-Ländern zu realisieren.



Die grundlegenden Konzepte der Dii und wesentliche Technologien wurden von Institut für Technische Thermodynamik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) entwickelt.

DLR

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Das DLR ist das Forschungszentrum für Luft- und Raumfahrt und die Raumfahrtagentur Deutschlands.

30 Forschungsinstitute und Einrichtungen in

- 9 Standorten,
- 7 Außenstellen.

Haushalt 2010: € 1,5 Mrd.



★ Almería (Spanien)

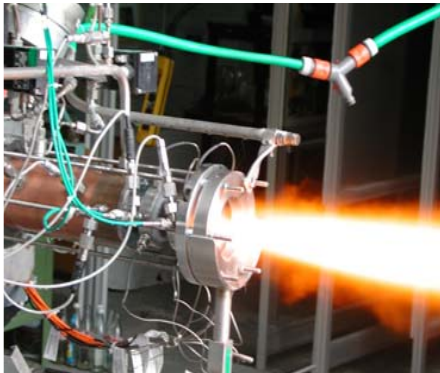
Wissenschaftliche Kompetenz des DLR

6.500 Mitarbeiter/innen

3.000 Wissenschaftler/innen

700 Doktoranden/innen und Jungwissenschaftler/innen

100 Gastwissenschaftler/innen



Raumfahrt



Luftfahrt



Verkehr

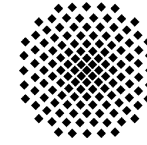


Energie





Institut für



Technische Thermodynamik Thermodynamik & Wärmetechnik

Prof. Dr. Dr.-Ing. *habil* H. Müller-Steinhagen

Solarforschung
Prof. Dr.-Ing. R. Pitz-Paal
(ITT-KP,ST,AS)

**Elektrochemische
Energietechnik**
Prof. Dr. A. Friedrich (ITT-ST)

**Thermische
Prozesstechnik**
Dr.rer.nat. R.Tamme (ITT-ST)

**Systemanalyse und
Technologiebewertung**
N.N. (ITT-ST)

TZ für Solaranlagen
Dr.-Ing. H. Drück
(ITW-ST)

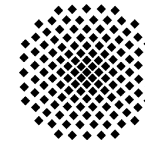
Rationelle Energietechnik
Dr.-Ing. W. Heidemann
(ITW-ST)

Wärme- und Kältetechnik
Priv. Doz. Dr.-Ing. K. Spindler
(ITW- ST)

**Lehre und
Doktorandenausbildung**



Institut für



Technische Thermodynamik Thermodynamik & Wärmetechnik

Prof. Dr. Dr.-Ing. *habil* H. Müller-Steinhagen

Solarforschung
Prof. Dr.-Ing. R. Pitz-Paal
(ITT-KP,ST,AS)

**Elektrochemische
Energietechnik**
Prof. Dr. A. Friedrich (ITT-ST)

**Thermische
Prozesstechnik**
Dr.rer.nat. R.Tamme (ITT-ST)

**Systemanalyse und
Technologiebewertung**
N.N. (ITT-ST)

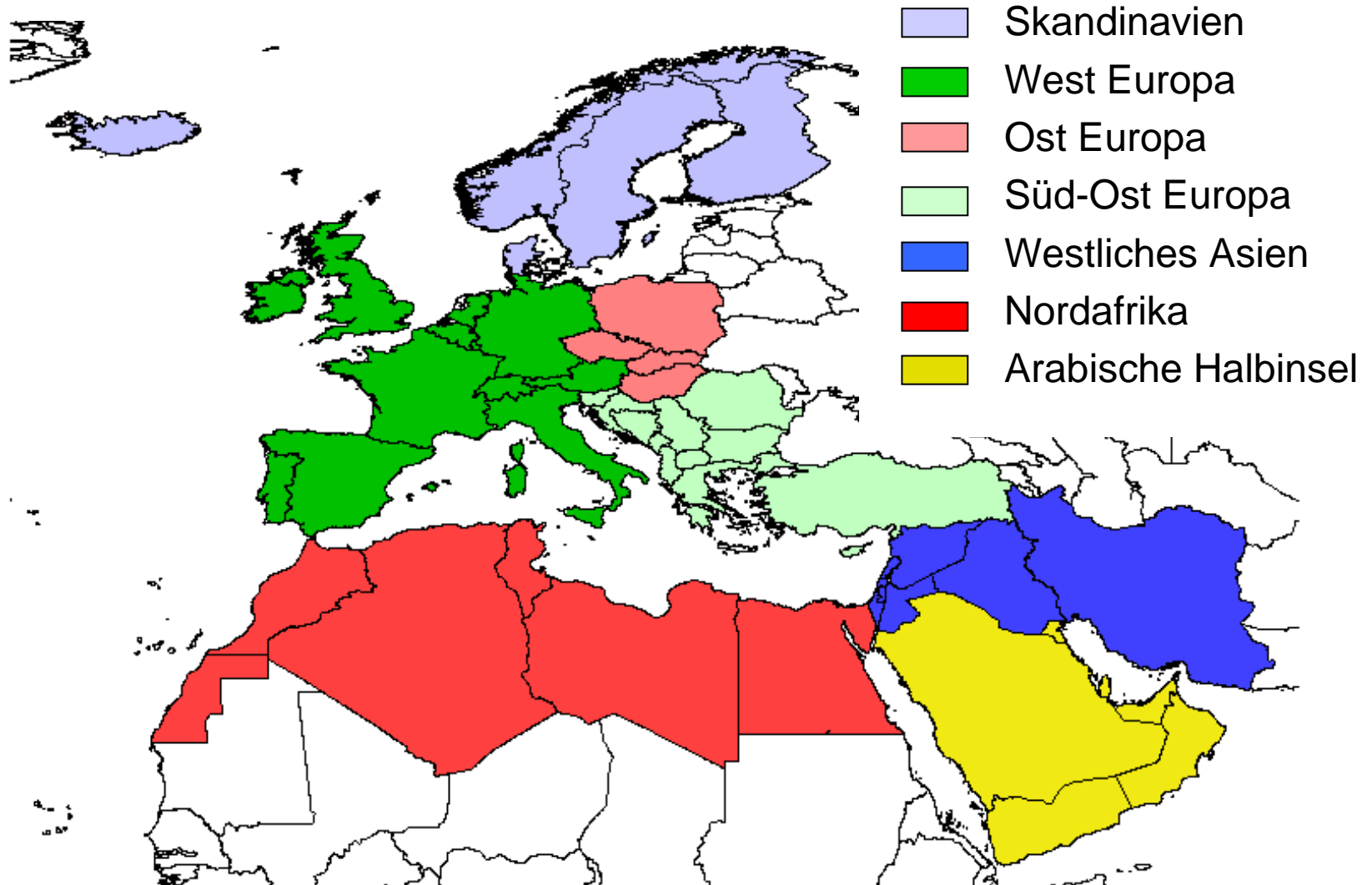
TZ für Solaranlagen
Dr.-Ing. H. Drück
(ITW-ST)

Rationelle Energietechnik
Dr.-Ing. W. Heidemann
(ITW-ST)

Wärme- und Kältetechnik
Priv. Doz. Dr.-Ing. K. Spindler
(ITW- ST)

**Lehre und
Doktorandenausbildung**

Insgesamt 50 Länder untersucht



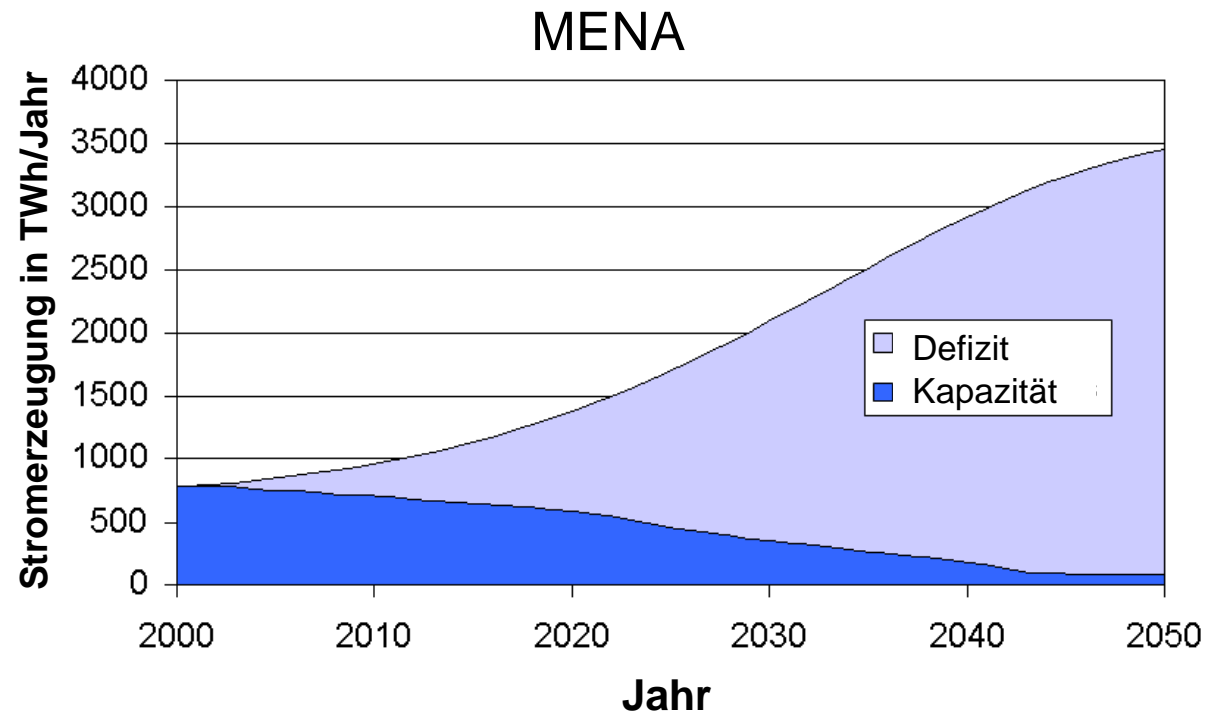


Analysierte Parameter

- Jährlicher Stromverbrauch
- Jährliche Lastkurve
- Fossile und erneuerbare Ressourcen
- Planmäßige Laufzeit der im Jahr 2000 vorhandenen Kraftwerke
- Kosten der fossilen Energieträger (nach IEA Szenario)
- Maximale Zuwachsraten der Nutzung erneuerbarer Energieträger
- Existierende Netz-Infrastruktur
- 100% Versorgungssicherheit
- 25% Reserve bei Spitzlasten
- Finanzierungsmöglichkeiten
- Politische und energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen
- Nachhaltigkeitskriterien

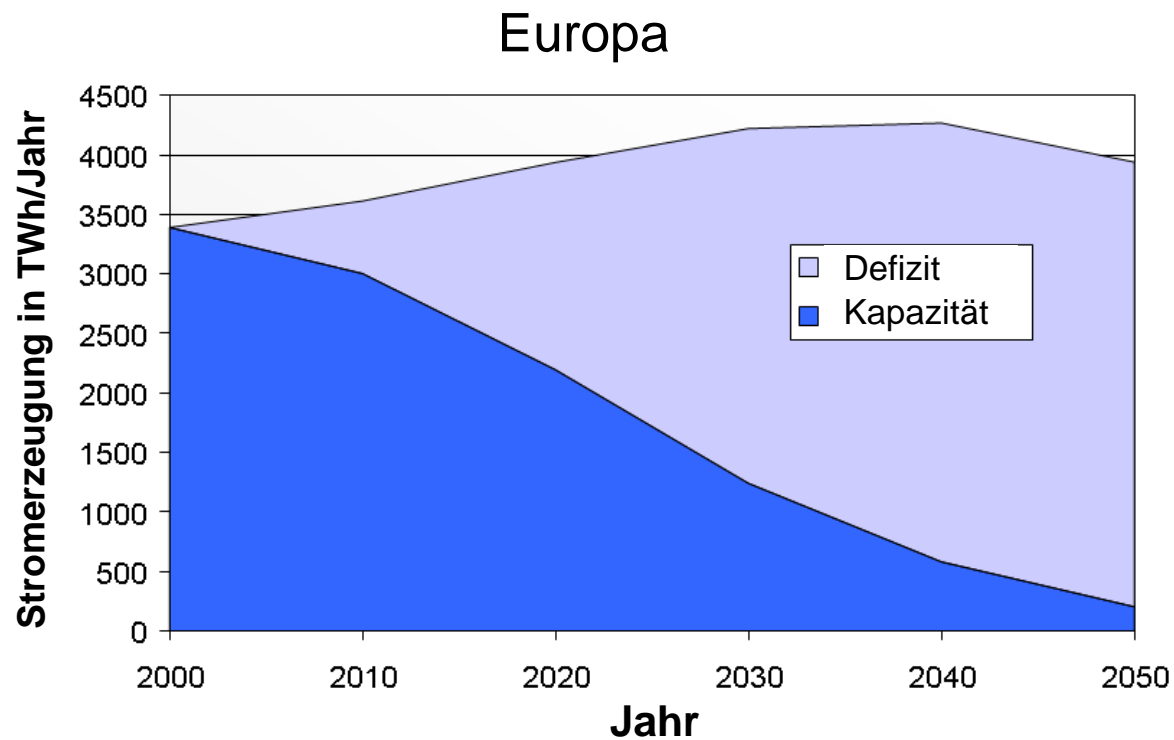
Strombedarf und Stromerzeugung in Europa, dem Mittleren Osten und Nordafrika (EUMENA)

- starker Anstieg des Strombedarfs in MENA
- starker Anstieg des Trinkwasserbedarfs in MENA



Strombedarf und Stromerzeugung in Europa, dem Mittleren Osten und Nordafrika (EUMENA)

- starker Anstieg des Strombedarfs in MENA
- starker Anstieg des Trinkwasserbedarfs in MENA
- moderater Anstieg des Strombedarfs in Europa
- erhebliche Investitionen um die veralteten Kraftwerke zu ersetzen
- CO₂ Reduktionsziele



Technologie-Portfolio:

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

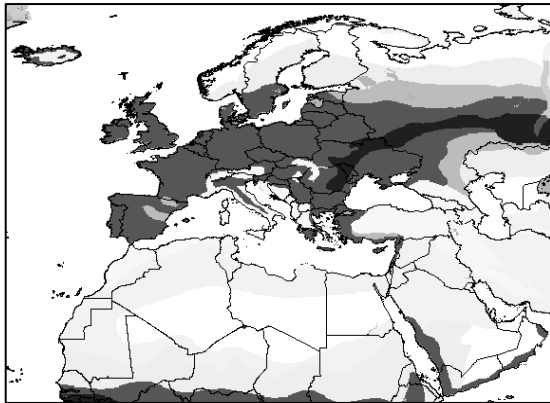
**Ideal gespeicherte
Primärenergie**

**Speicherbare
Primärenergie**

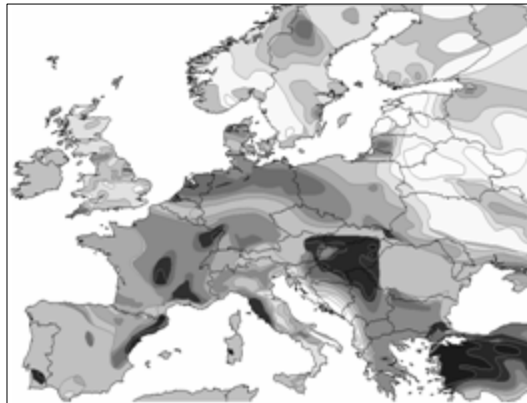
**Fluktuierende
Primärenergie**

Erneuerbare Potenziale für die Stromerzeugung in EUMENA

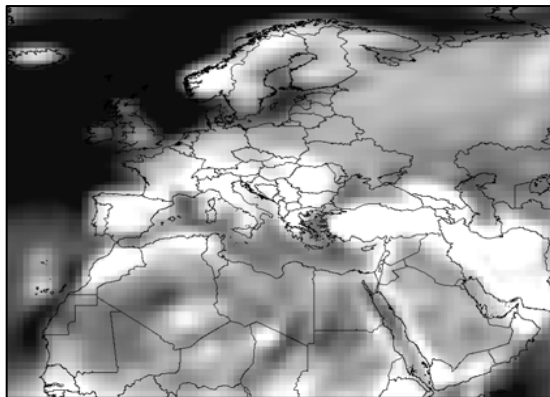
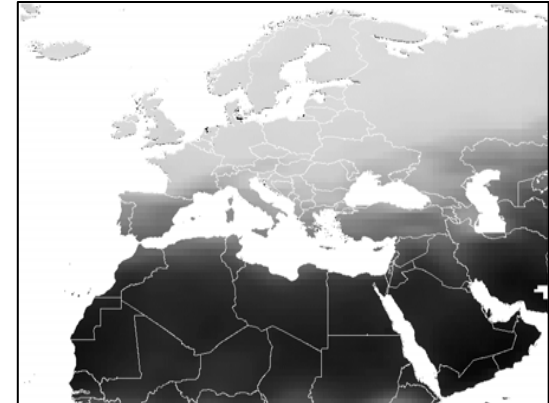
Biomasse (0-1)



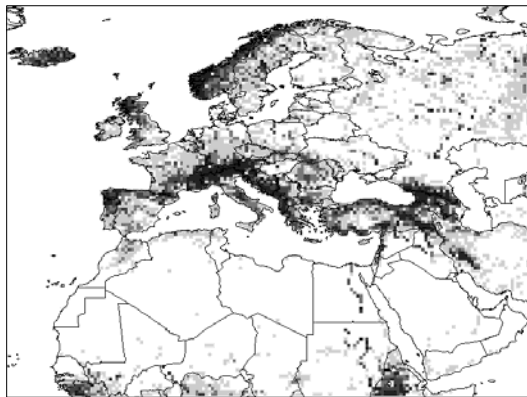
Geothermie (0-1)



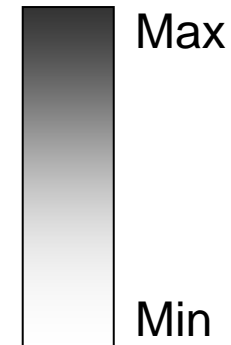
Solar (10-250)



Windenergie (5-50)

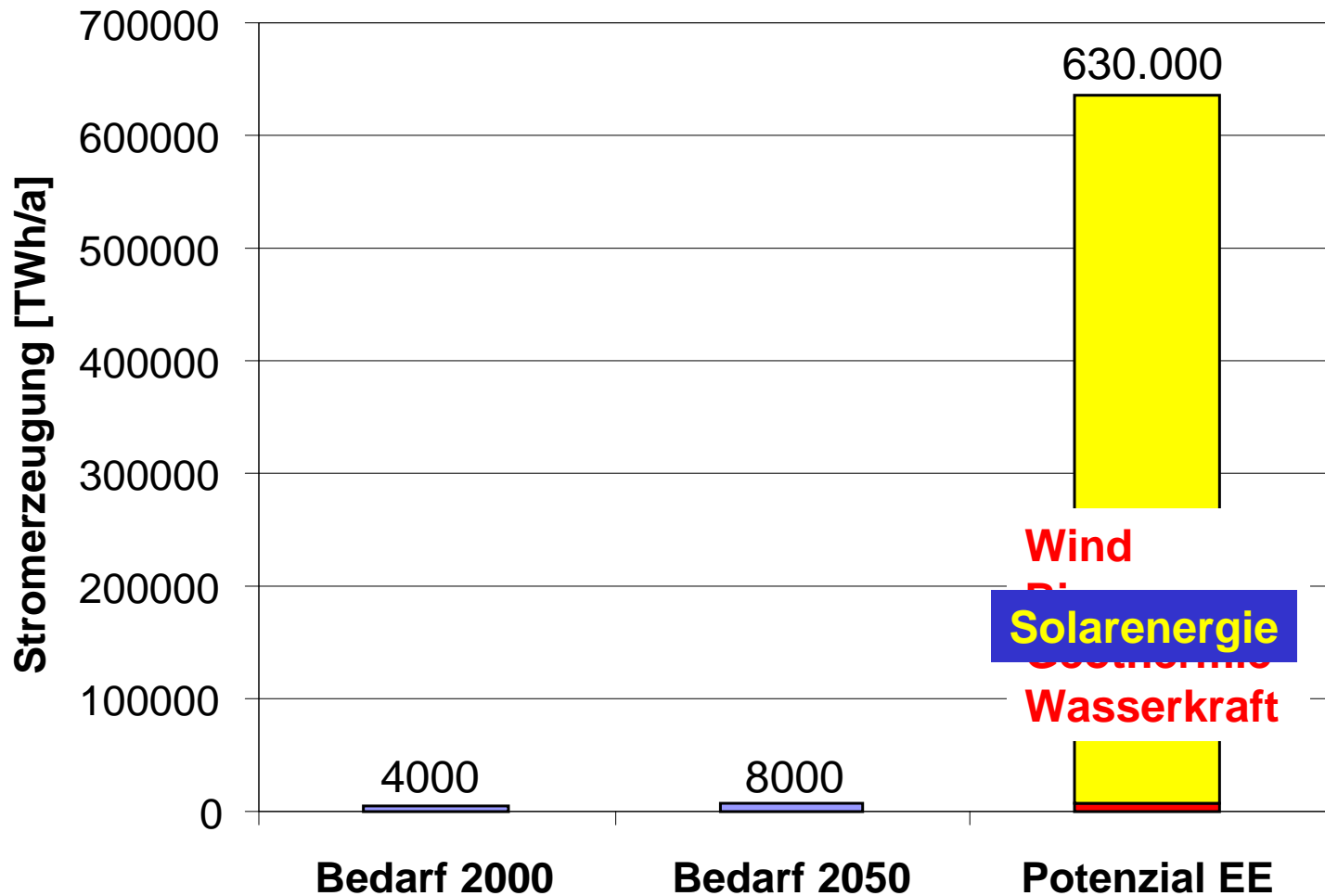


Wasserkraft (0-50)

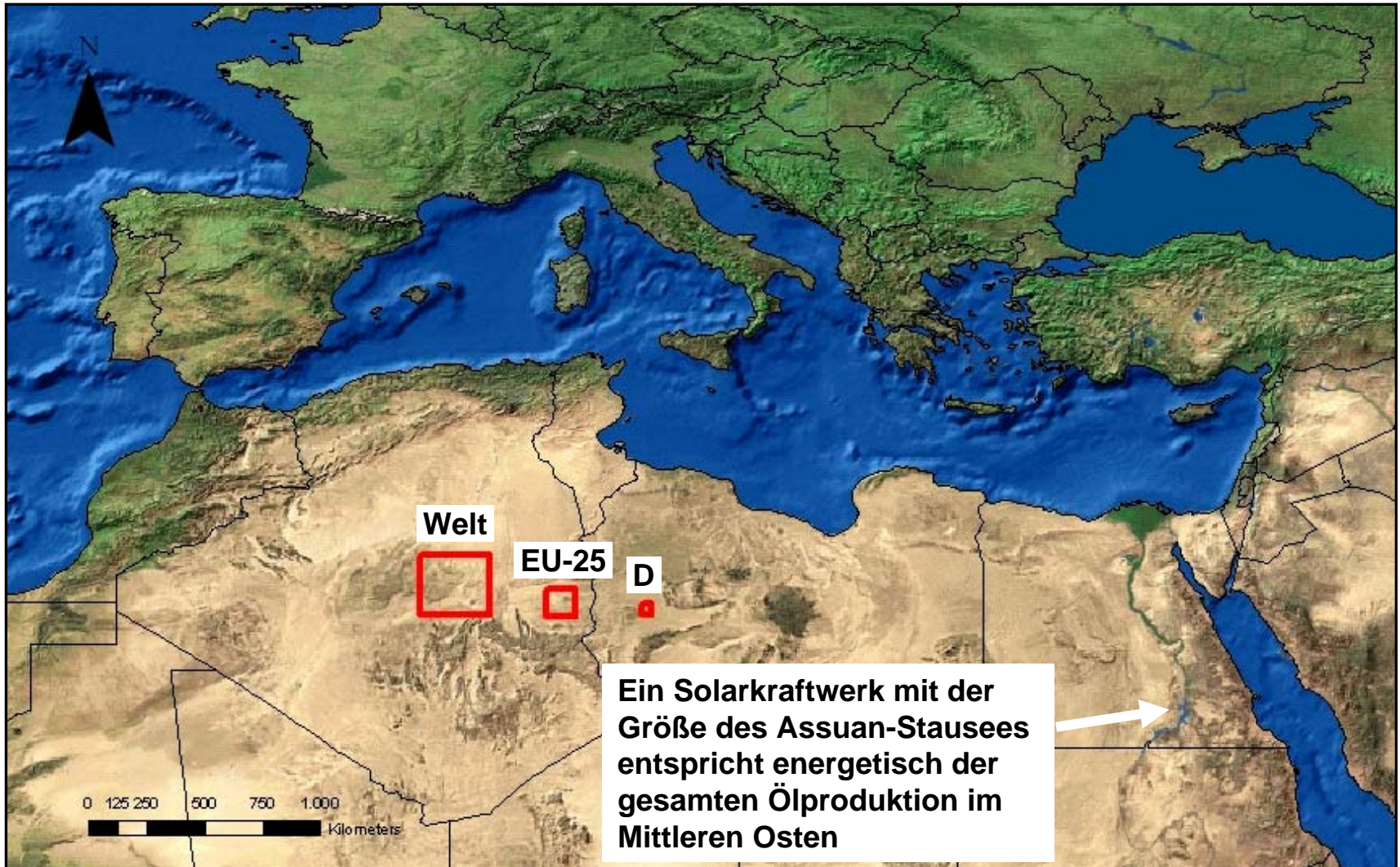


Stromertrag
in GWh/km²/a

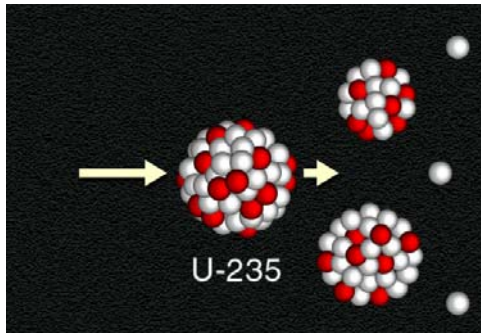
Stromerzeugung in EUMENA



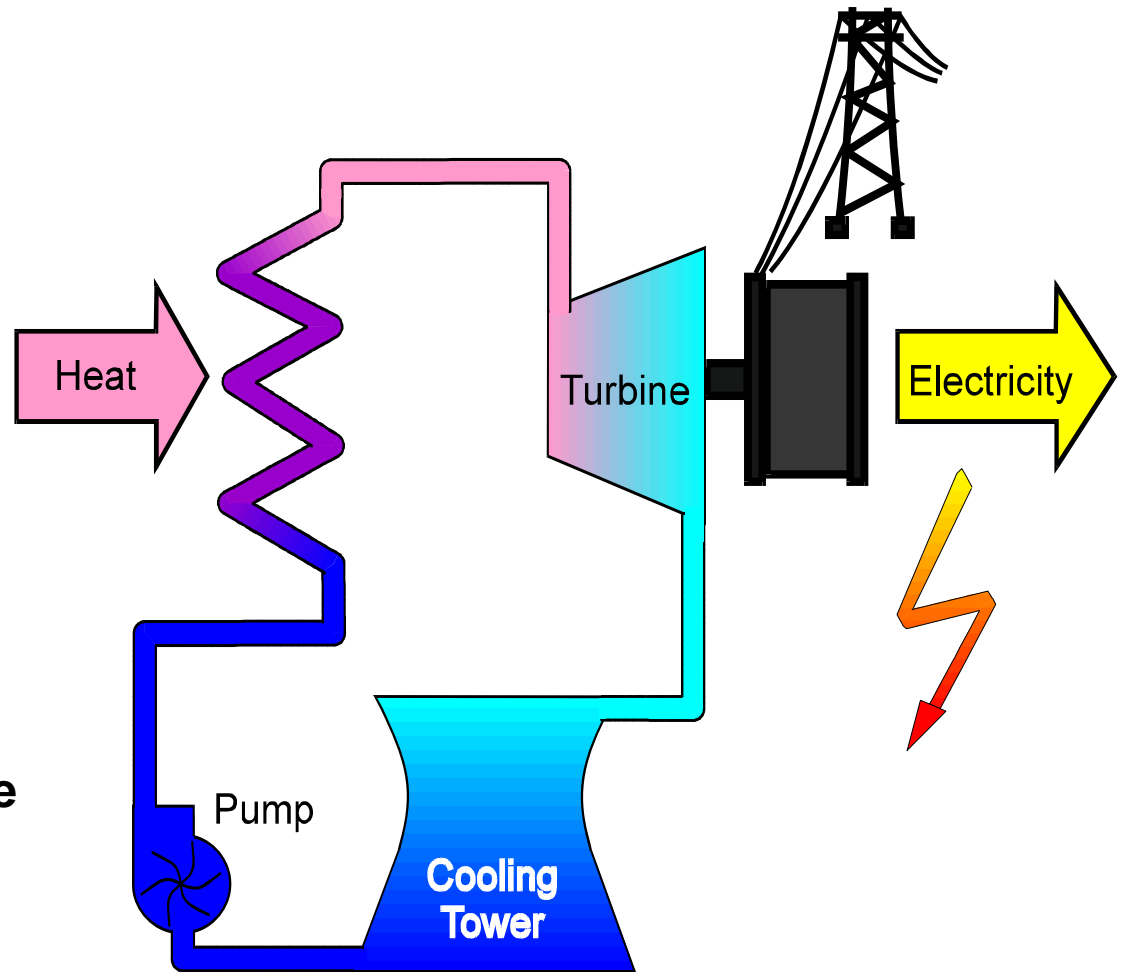
Benötigte Wüstenfläche für den Strombedarf Deutschlands, der EU-25 und der Welt



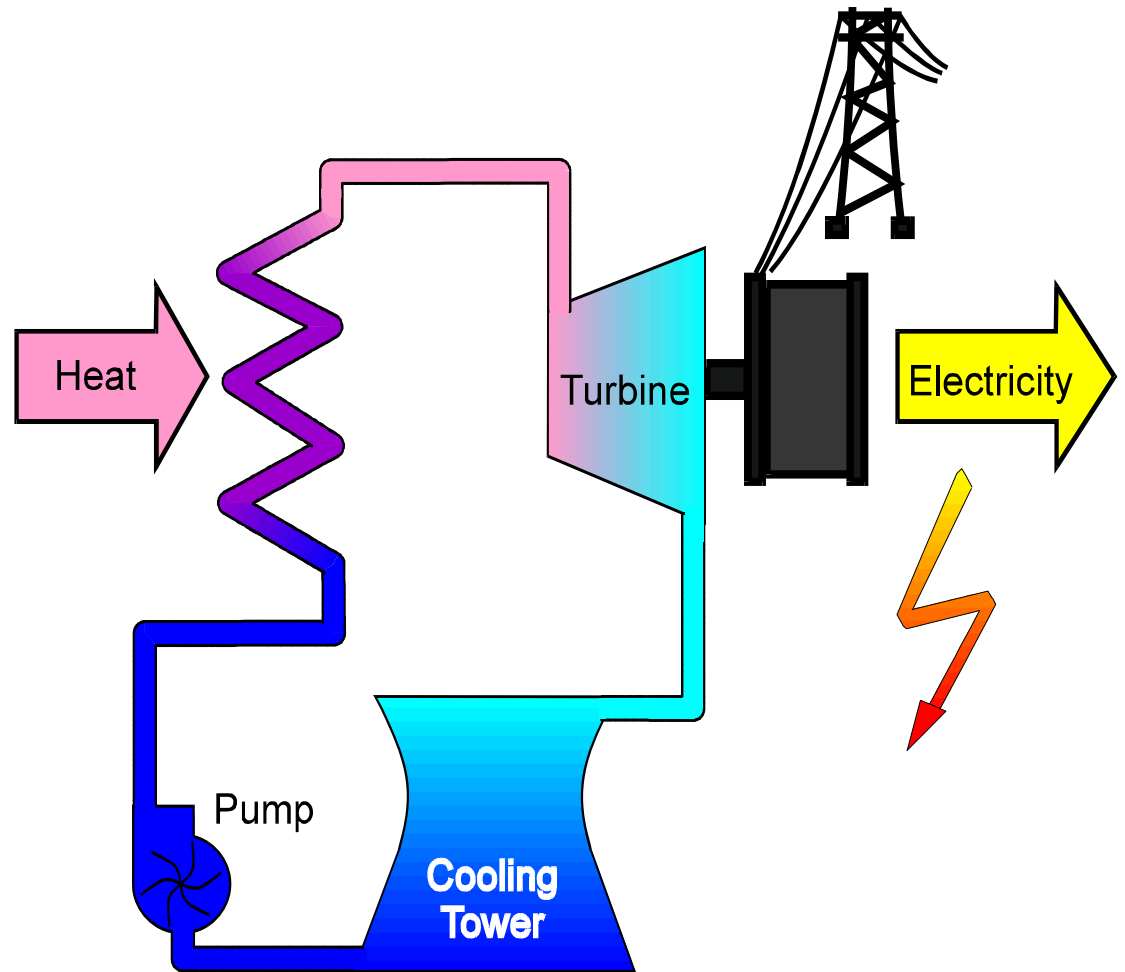
Zentrale Kraftwerke für Stromerzeugung im multi-MW Bereich



Konventionelle Kraftwerke



Zentrale Kraftwerke für Stromerzeugung im multi-MW Bereich



Solarthermische Kraftwerke



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

Strom aus der Wüste für die Energieversorgung Europa's

Folie 16 > Vortrag > Autor
Hans Müller-Steinhagen

Zentrale Kraftwerke für Stromerzeugung im multi-MW Bereich

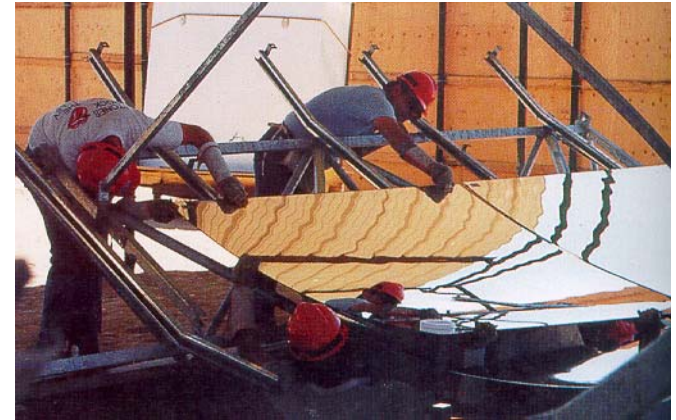


- sind eine seit 25 Jahren erfolgreich demonstrierte Technologie
- ermöglichen eine planbare Strombereitstellung, in Verbindung mit Wärmespeichern oder durch Hybridisierung
- können Strom, Wärme und Trinkwasser bereitstellen
- haben eine Energieamortisationszeit von nur 6-12 Monaten
- sind mit erheblichem Abstand die kostengünstigste Möglichkeit zur solaren Strombereitstellung
- können bereits in 10-15 Jahren wettbewerbsfähig mit konventionellen Kraftwerken sein

Solarthermische Kraftwerke



Solar Electricity Generating System - SEGS, Kalifornien, USA (354 MW, am Netz seit 1985)



Nevada Solar One, Las Vegas, USA (64 MW, 2007)



www.acciona-energia.com

Solucar, Sevilla, Spanien (10 MW + 20 MW, 2007 & 2009)



www.solucar.es

NOVATEC

Linear Fresnel

2 MW, Puerto

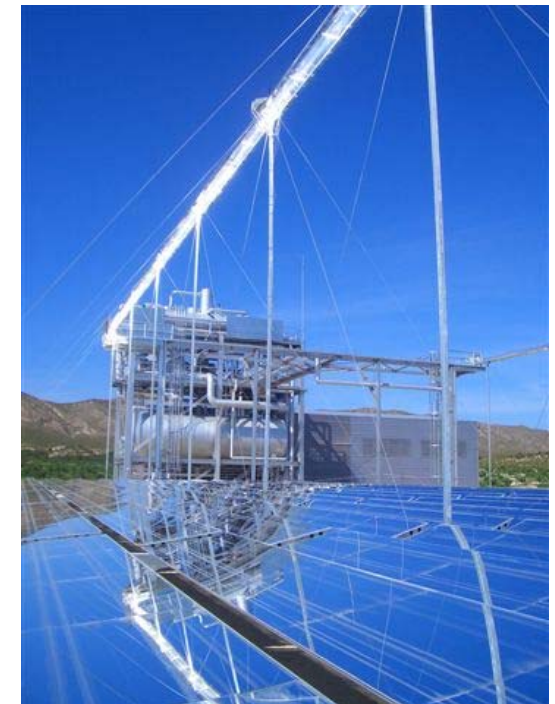
Errado, Spanien

Produktions-
automaten

Direkt-
verdampfung

Trockenkühlung

Putzroboter



www.novatec-biosol.com

ANDASOL 1, Guadix, Spanien (50 MW, 7 h Speicher, 2009)



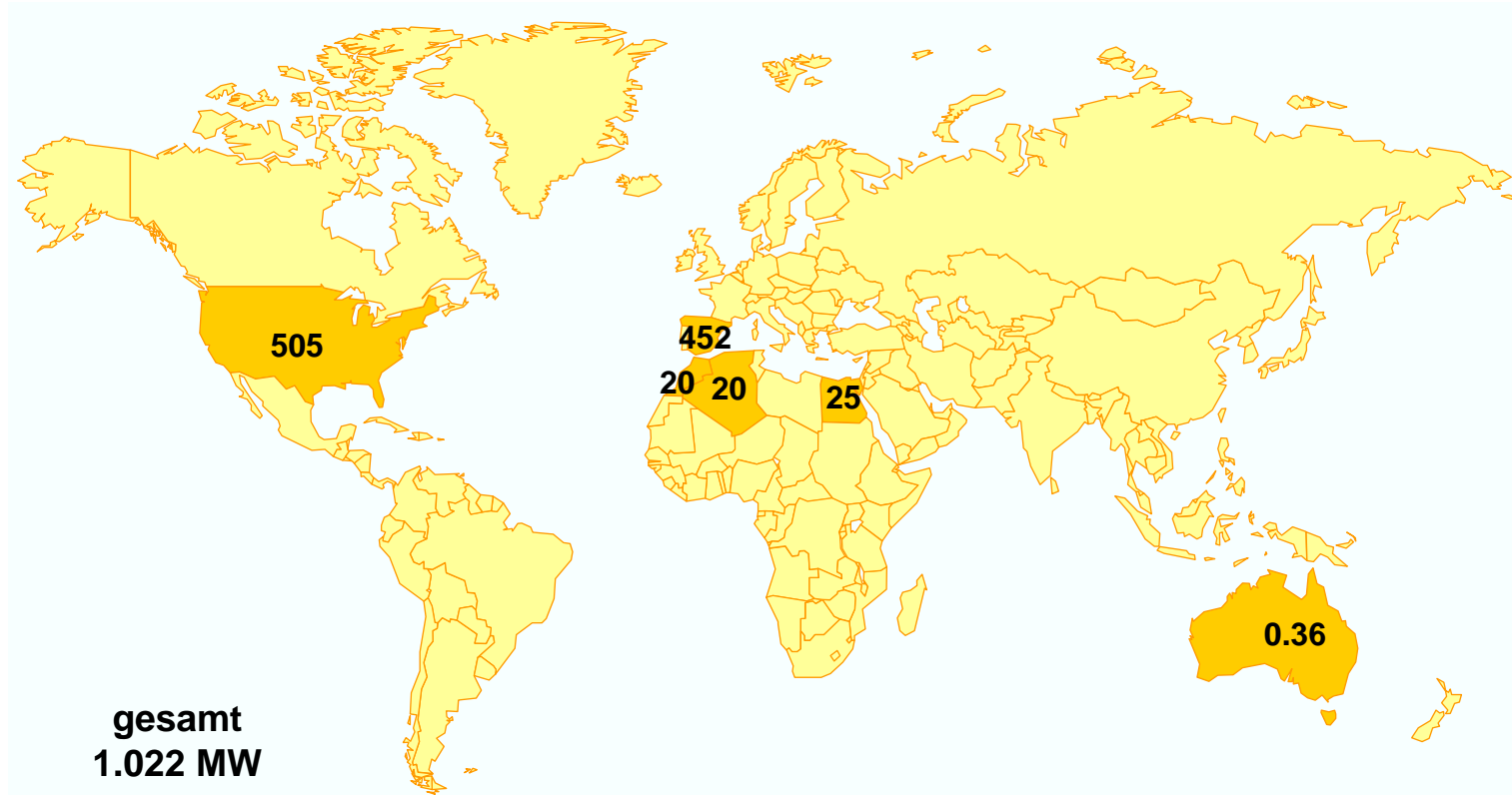




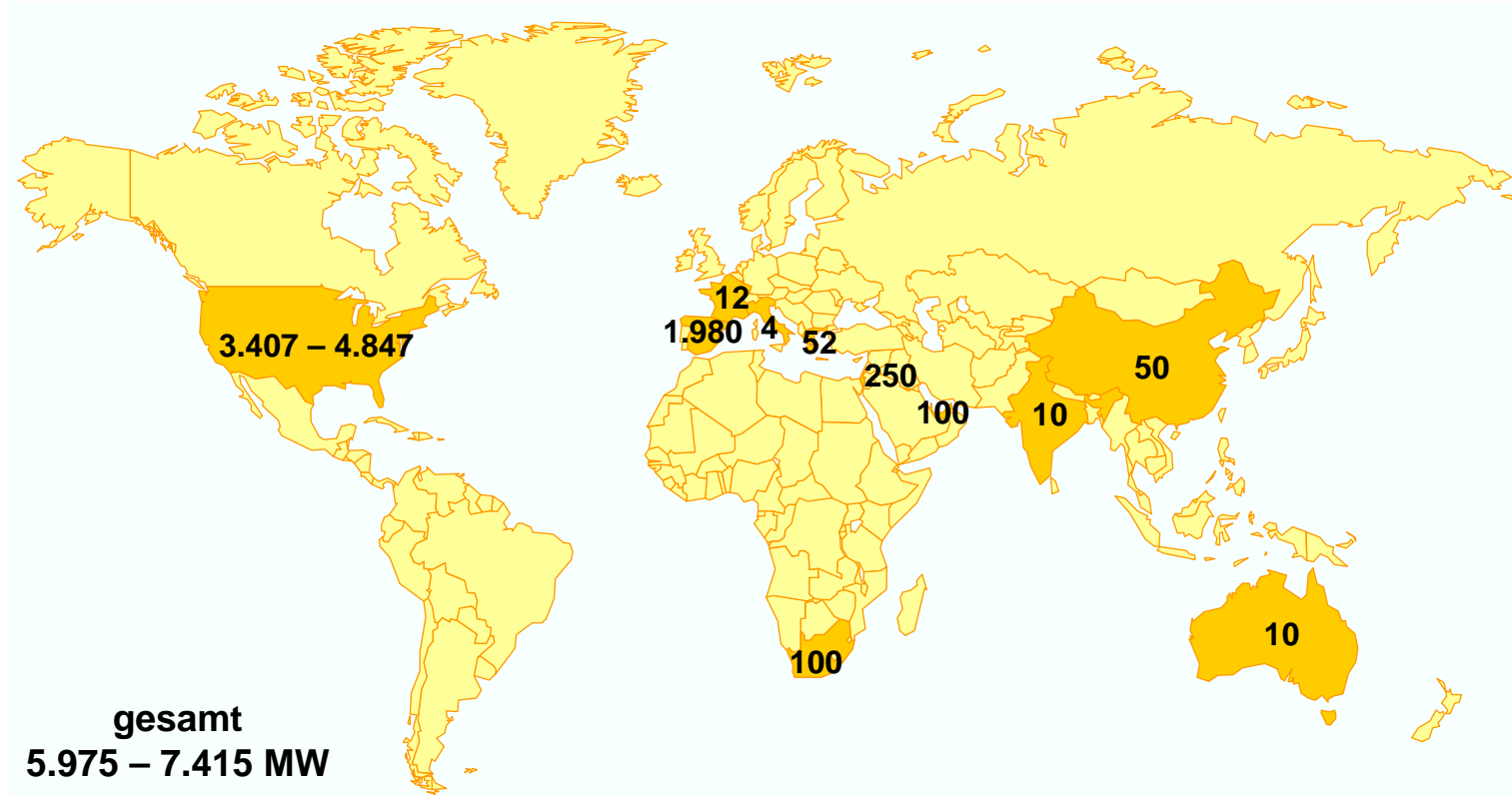
ENERGIE DER ZUKUNFT



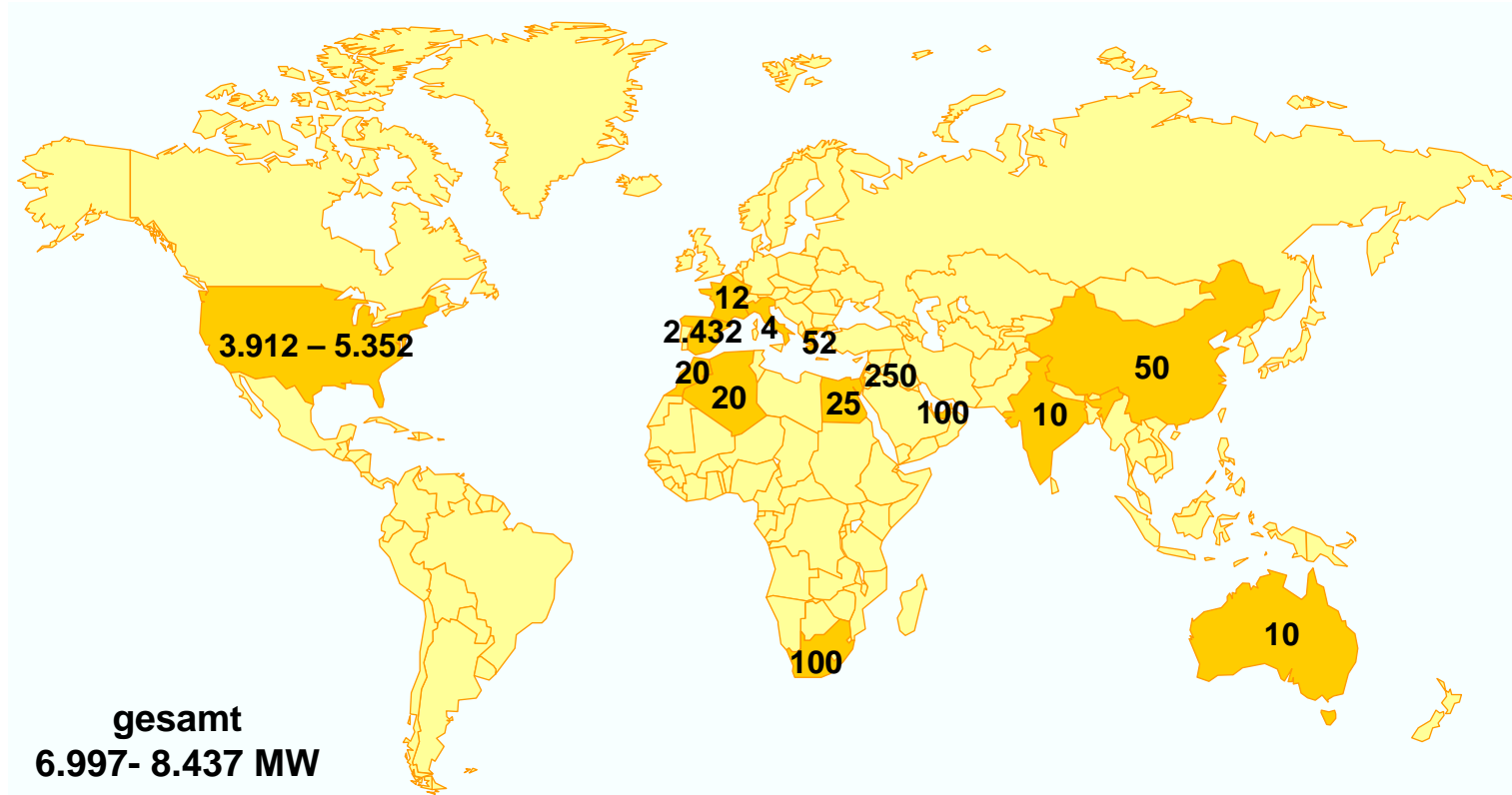
Solarthermische Kraftwerke: in Betrieb oder im Bau



Solarthermische Kraftwerke: in Planung Ende 2009

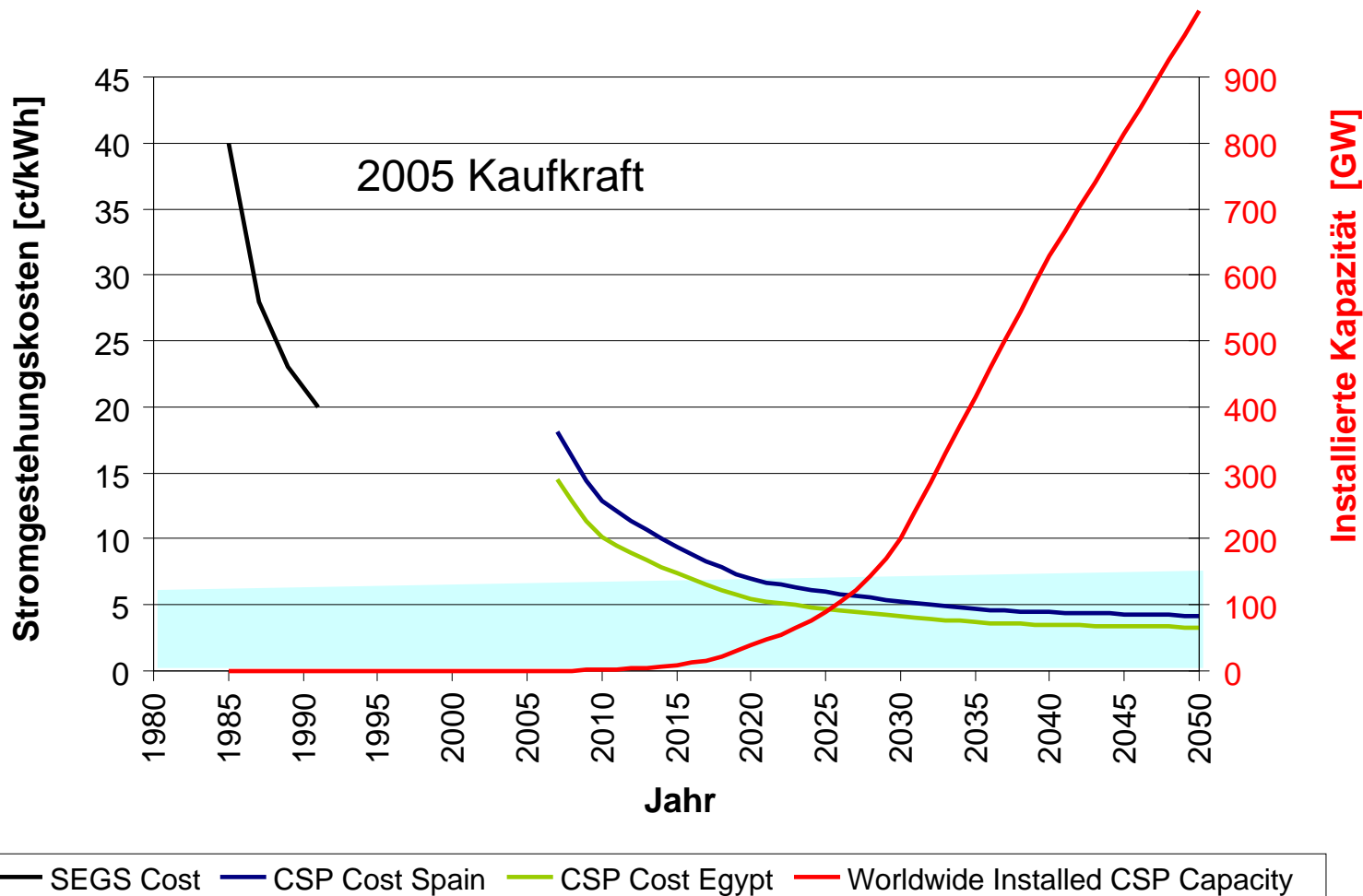


Solarthermische Kraftwerke: insgesamt



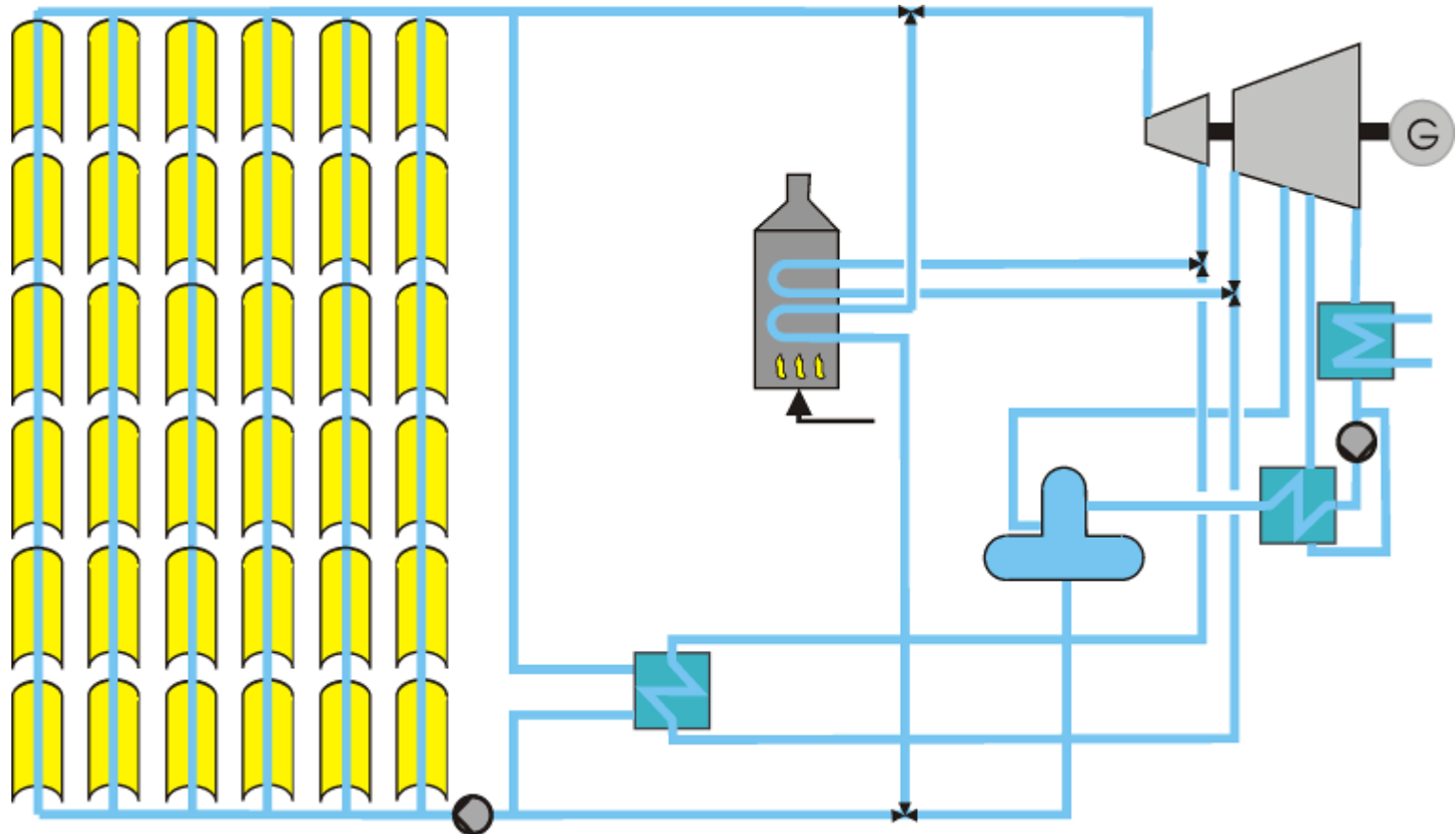
Investition: $8.000.000 \text{ kWe} * 4.000 \text{ €/kWe} = 32 \text{ Milliarden €}$

Stromgestehungskosten von solarthermischen Kraftwerken

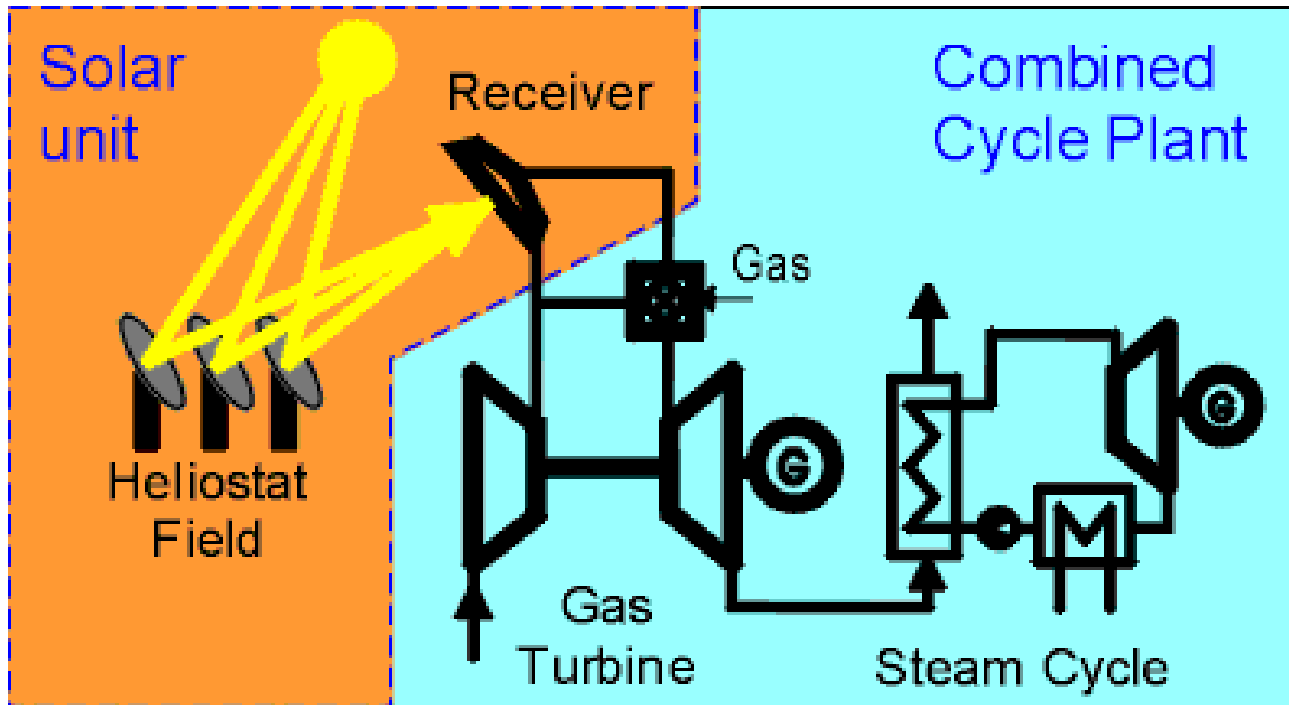


Source: EU-IP NEEDS (New Energy Externalities Developments for Sustainability)

Direktverdampfung



GuD Kraftwerk mit Turbineneintrittstemperatur bis 1100°C

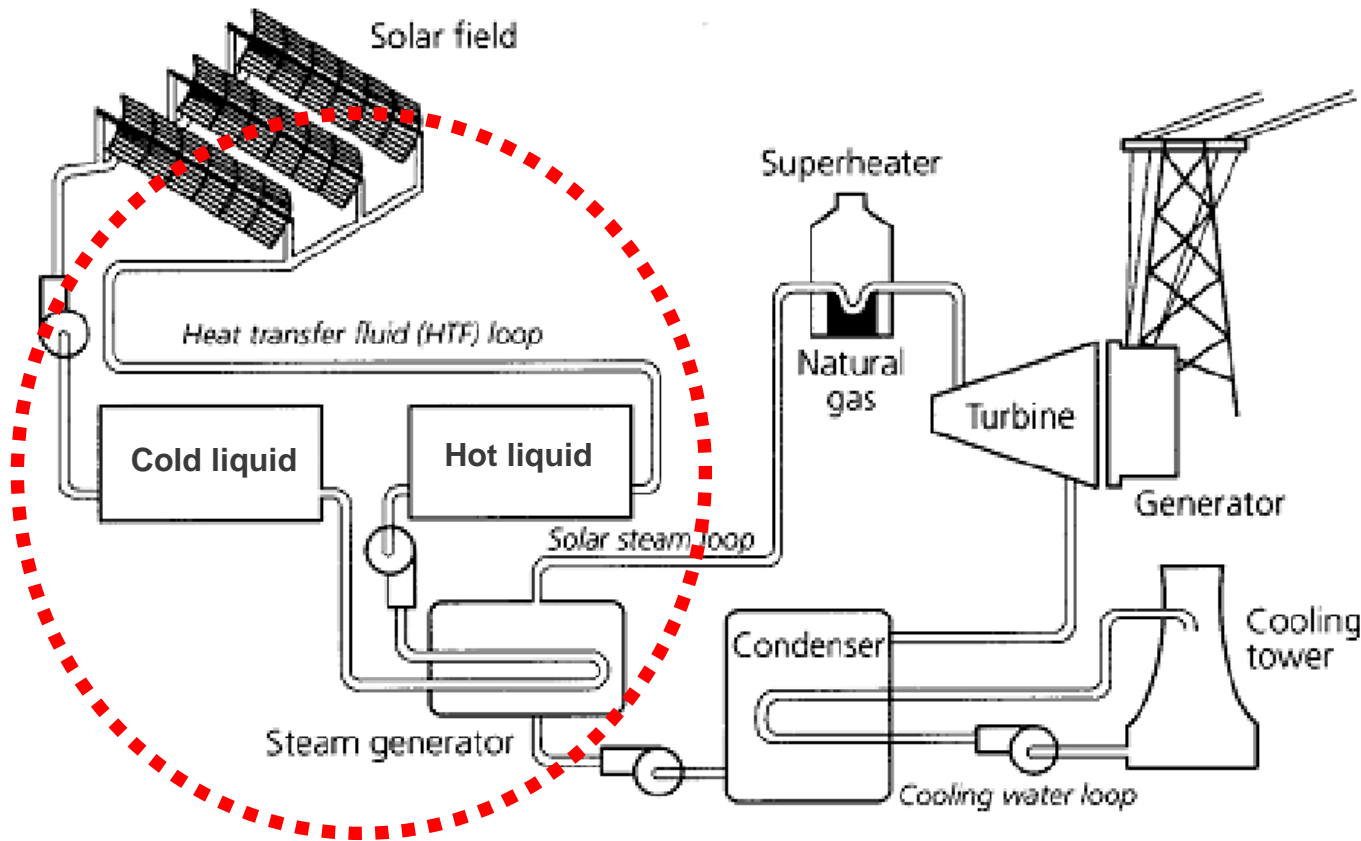


Stand der Technik

- 400 kW Modul über 500 Std bei bis zu 15 bar und 850°C betrieben
- 1 MW Receiver-Set mit 250 kW Gasturbine installiert und betrieben
- 4.5 MW Pilotanlage in Konstruktion



Flüssigsalz-Wärmespeicher



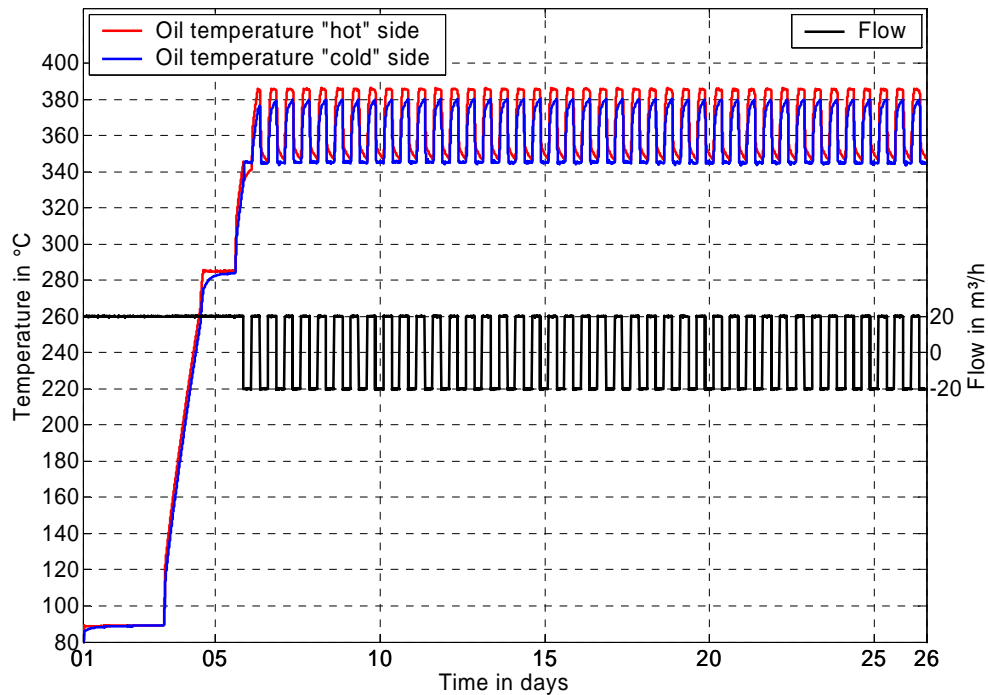
Öltank (Barstow)



Flüssigsalztank
Andasol 1 (Spanien)

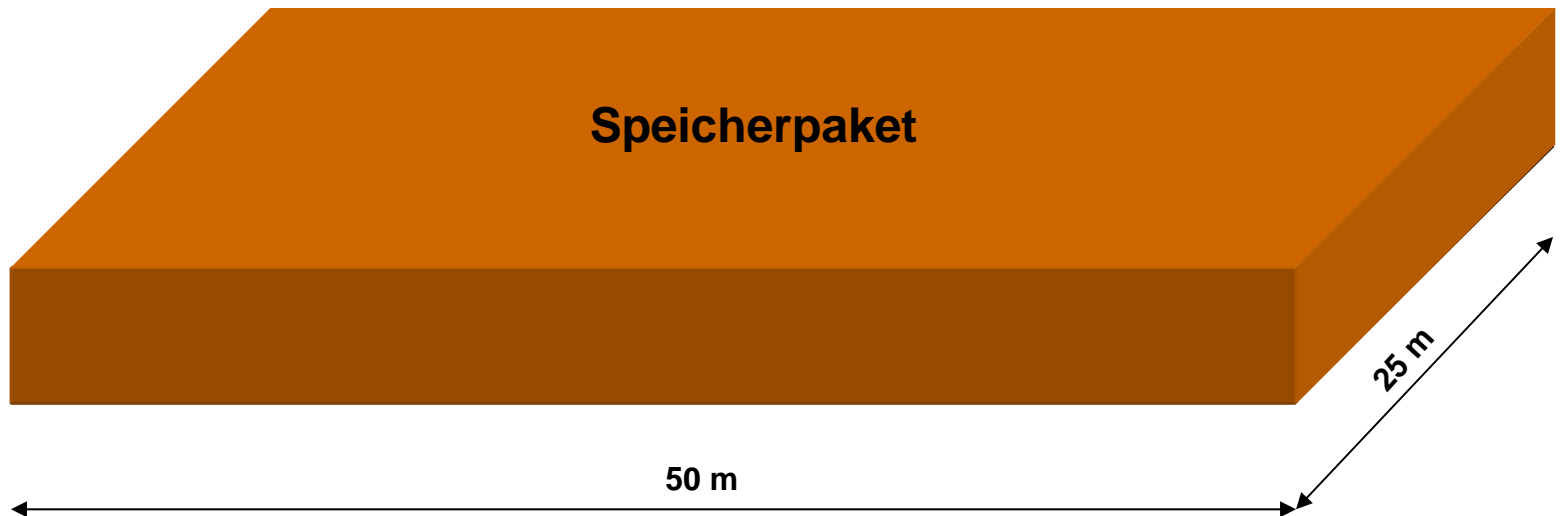
Betonwärmespeicher

Temperature and Flow 01.11 - 26.11.2008



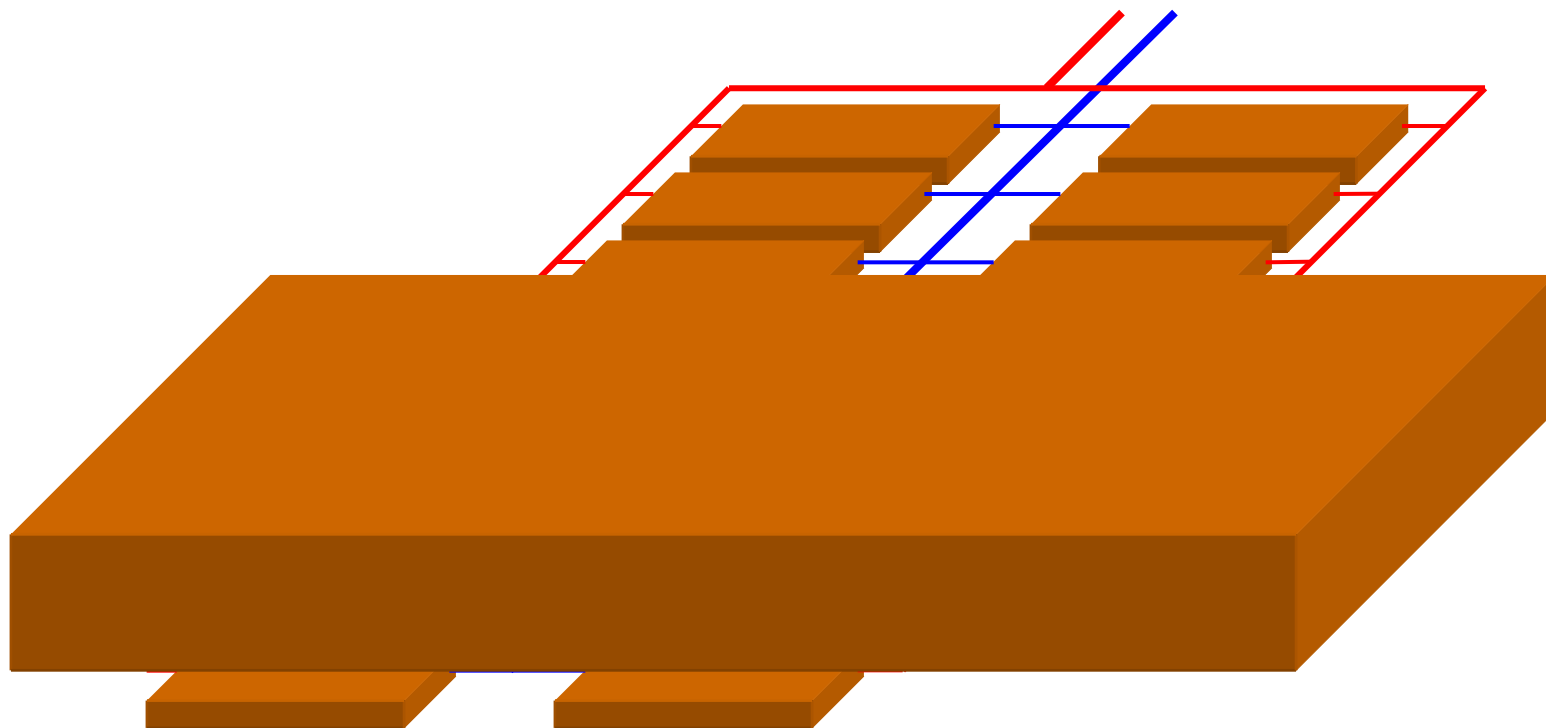
In Betrieb seit Mai 2008

Betonwärmespeicher - Konstruktion



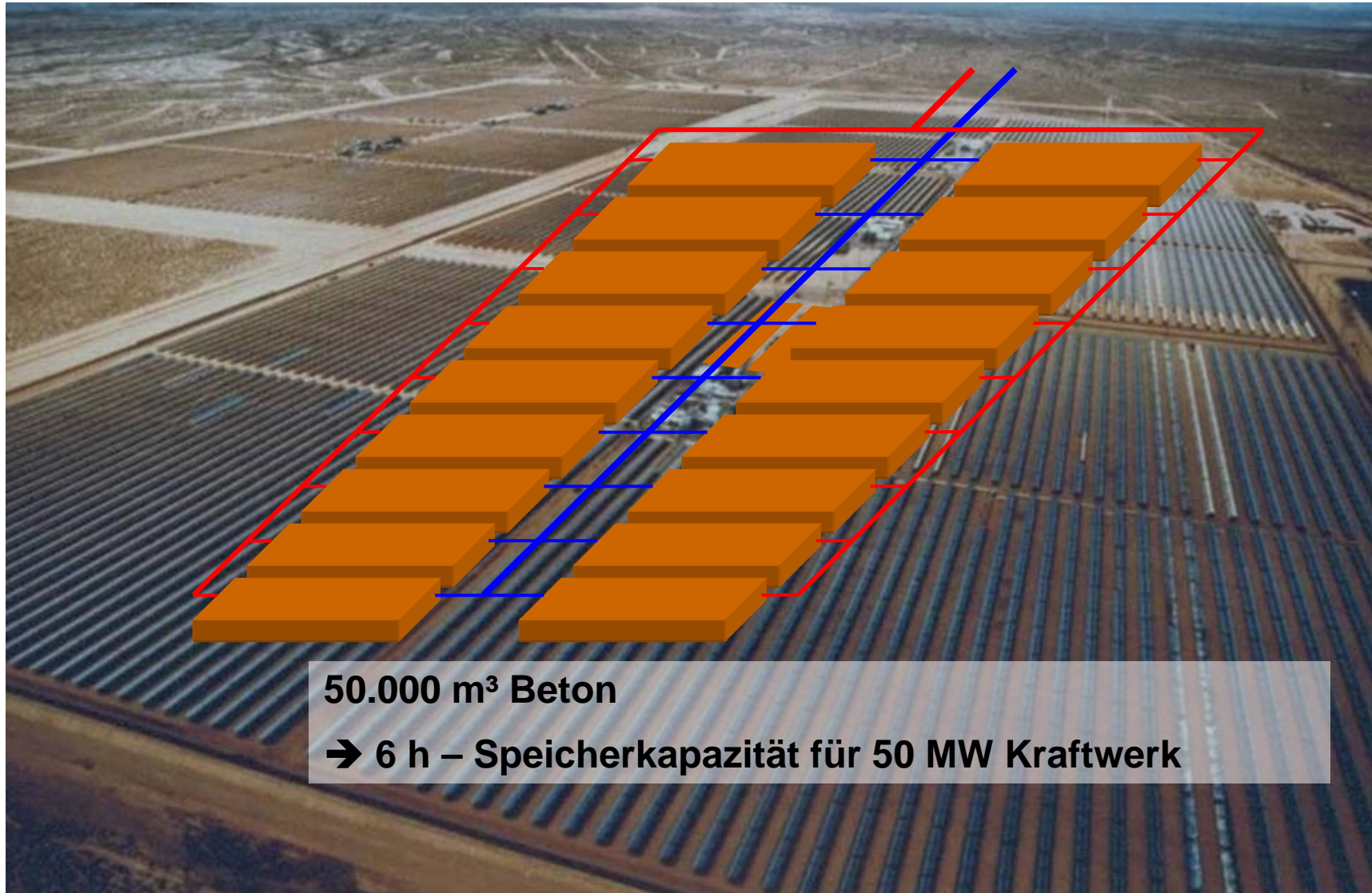
Betonwärmespeicher- Konstruktion

Verrohrung



Betonwärmespeicher

Integration in das Kraftwerk



50.000 m³ Beton

→ 6 h – Speicherkapazität für 50 MW Kraftwerk

Phasenwechselwärmespeicher

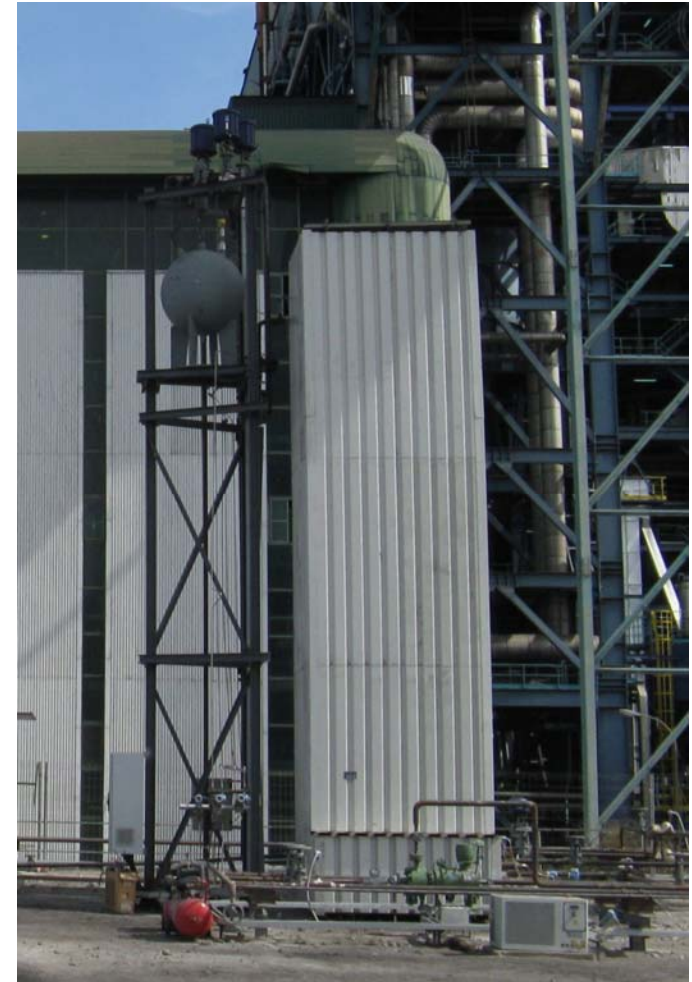
Deutsch/spanisches Demonstrationsprojekt in Carboneras

1 MWh Speicherkapazität







700 kWh PCM @ 306°C

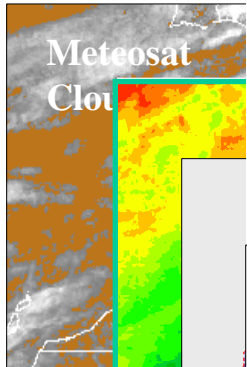
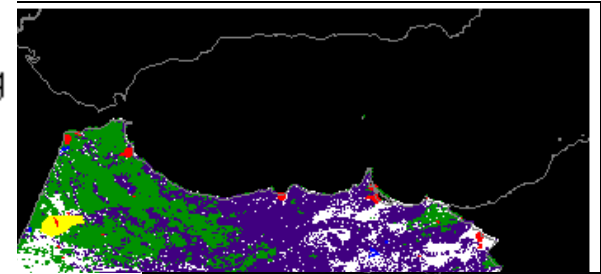
300 kWh Betonwärmespeicher

Project partners: ENDESA, Milenio Solar, Flagsol, SCHOTT, Senior Berghöfer GmbH, MAN, DLR

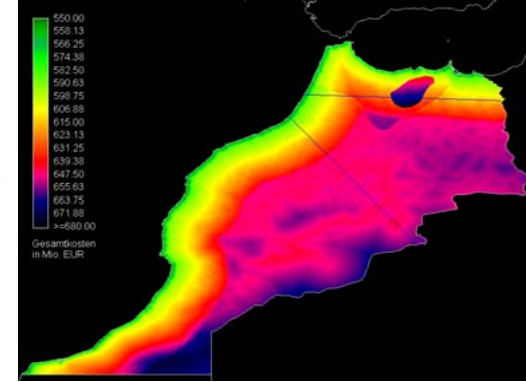
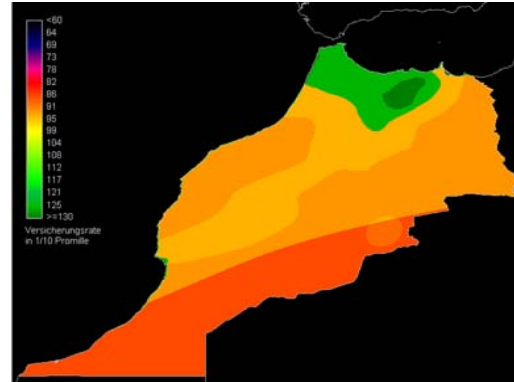
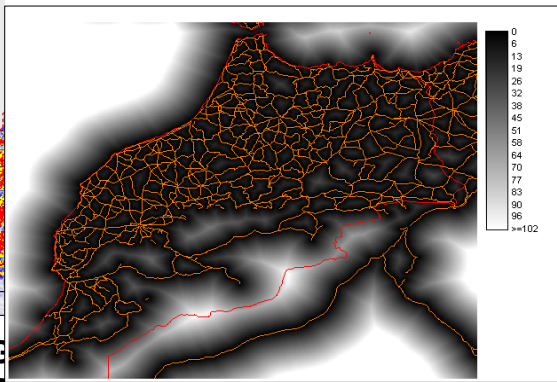


Standortwahl: DLR Projekte STEPS und SOLEMI

-  kein Ausschlussmerkmal
-  Industrielle, infrastrukturelle oder militärische Nutzung
-  Hydrografisches Ausschlussmerkmal
-  Schutzgebiet
-  Landbedeckung als Ausschlussmerkmal
-  Gesamtbedeckung als Ausschlussmerkmal



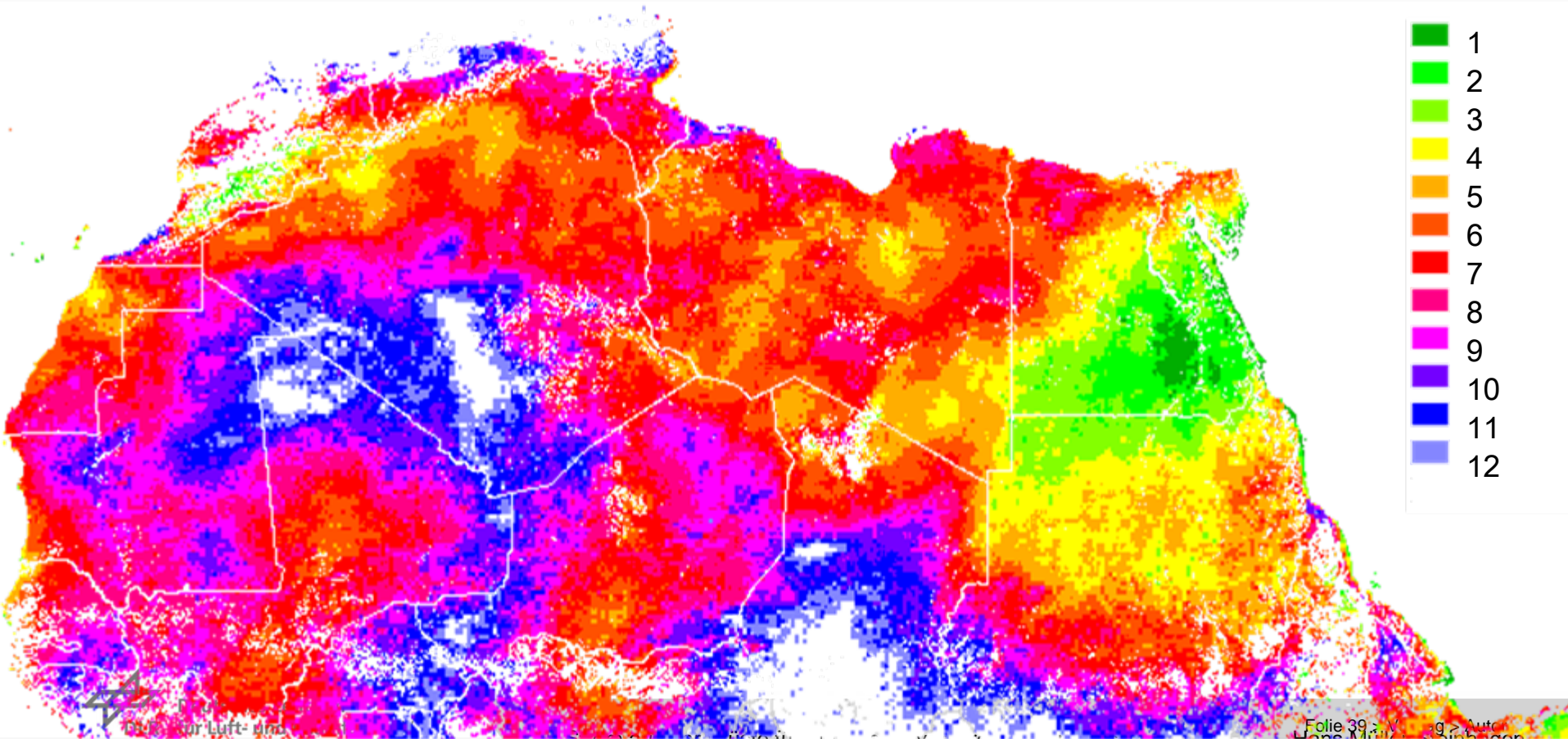
Wolke
2,5 x 2



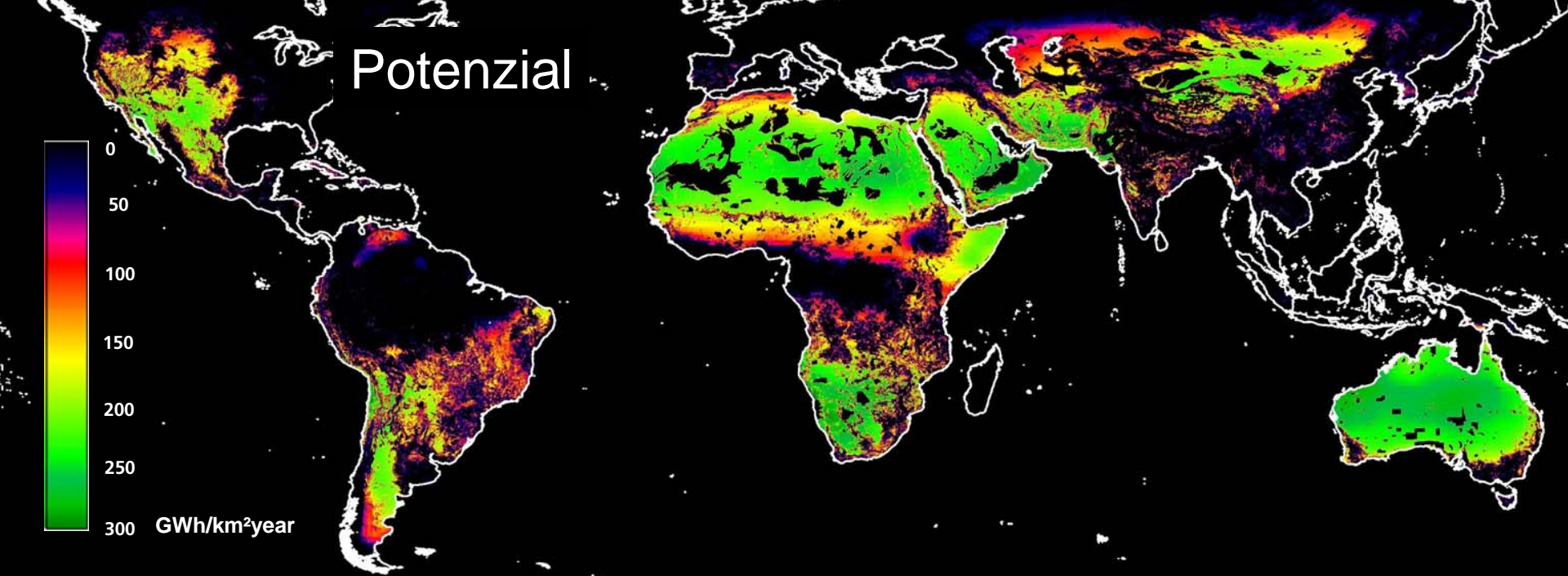
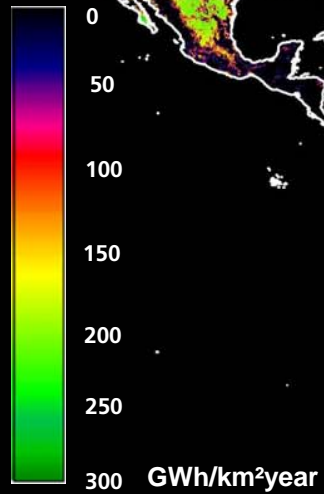
Standortwahl: DLR Projekte STEPS und SOLEMI

Flächendeckende Ermittlung der Stromgestehungskosten
aus den Gesamtkosten und Stromerträgen

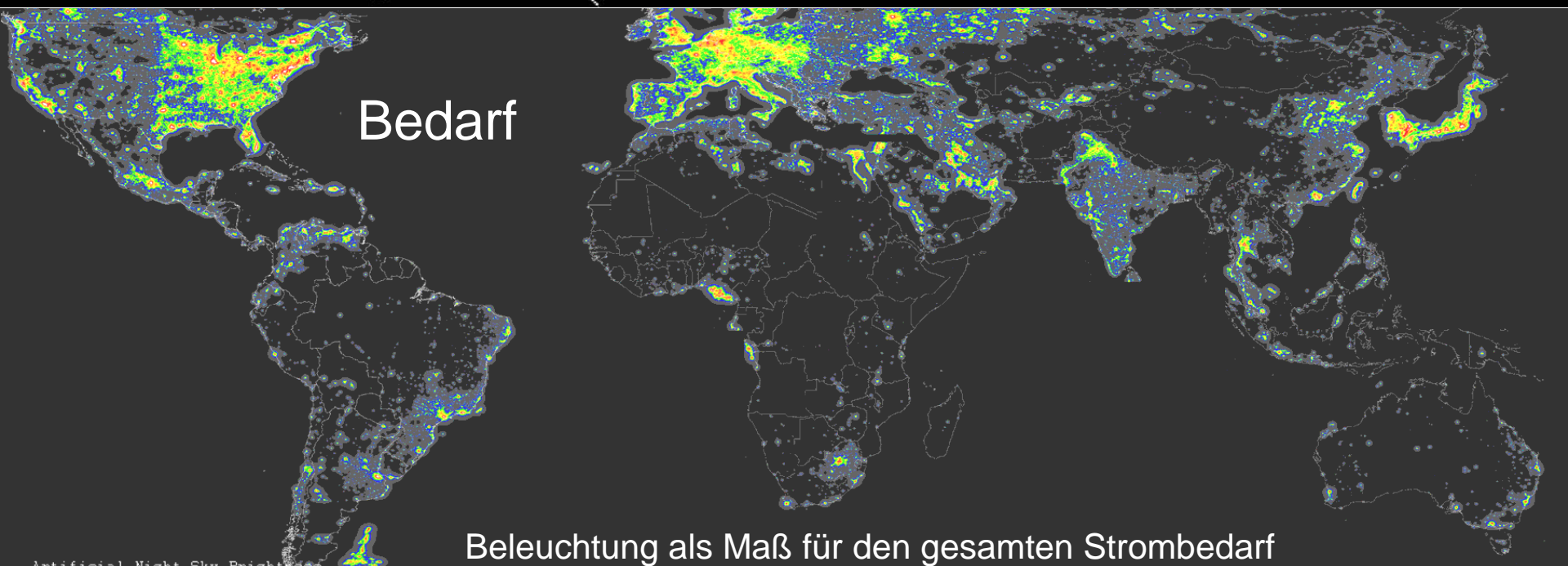
North Africa - Solar Thermal Electricity Costs per kWh



Potenzial



Bedarf



Beleuchtung als Maß für den gesamten Strombedarf

Möglichkeiten für den Stromtransfer über eine Distanz von über 3000 km

Transport über:	Wasserstoff
Verluste	75 %
Kosten	sehr hoch
Umwandlung für den Verbrauch	zuerst in H ₂ und danach in Wechselstrom
Übersee-Transport	Tanker oder Rohrleitungen
Sichtbarkeit	sehr niedrig
Materialbedarf und Emissionen	mäßig
bevorzugte Anwendung	möglicherweise Treibstoff

Hochspannungs-Gleichstromleitungen

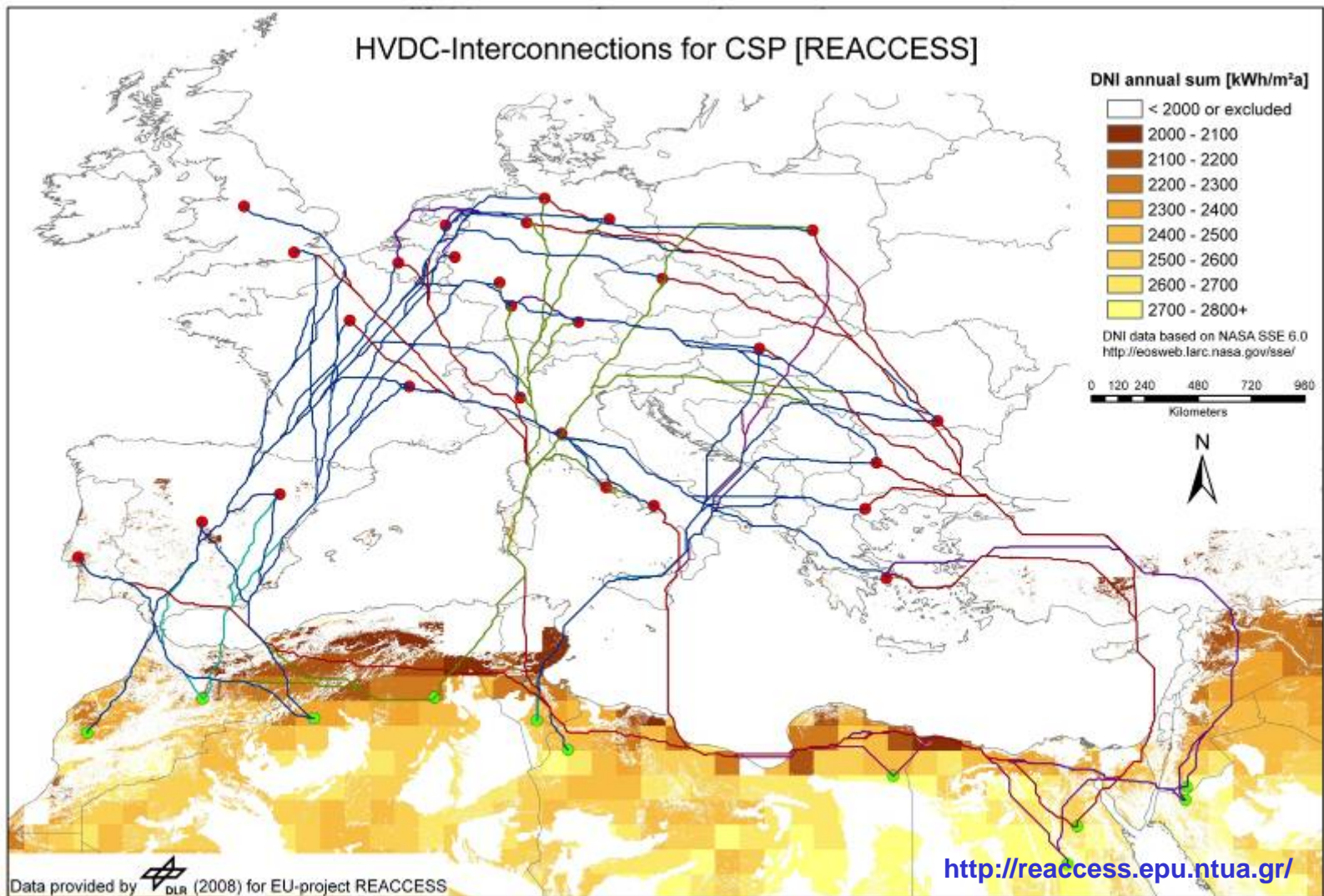


<http://www.abb.com>
<http://www.siemens.com>

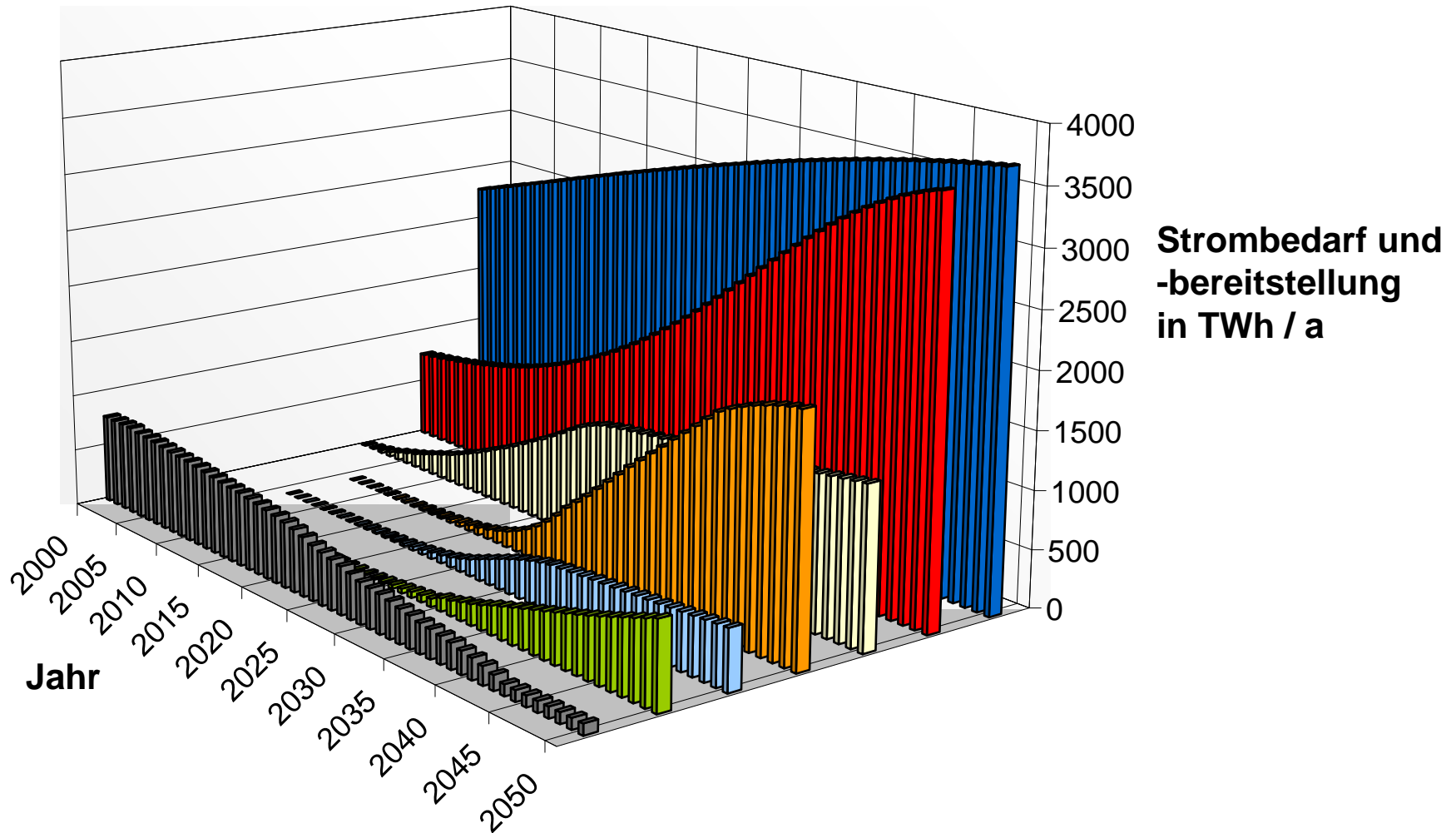
Spannung: ± 800.000 Volt
Leistung: 6400 MW
Länge: 2070 km
Verluste: 7%



HGÜ Leitungen als Energiekorridore



Szenario für die Strom- und Trinkwasserbereitstellung in den MENA Ländern

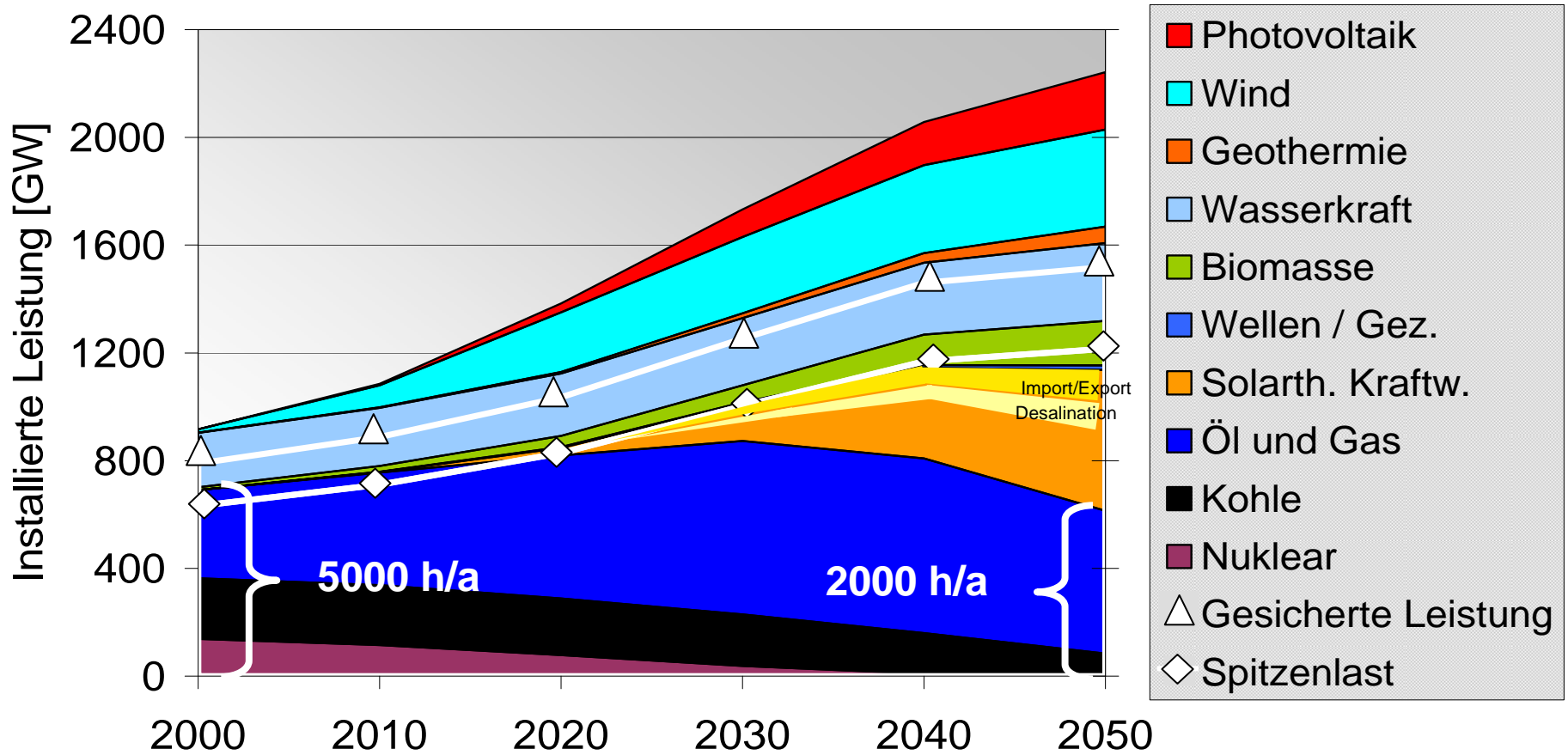


vorh. Kraftw. MENA
 Solarstromexport
 solares Trinkwasser
 Solarstrom MENA
 neue Kraftw. MENA
 ges. Bedarf MENA
 ges. Bedarf EU

Szenario für eine EU-MENA HGÜ-Vernetzung 2020 – 2050

Jahr		2020	2030	2040	2050
Kapazität, GW		2 x 5	8 x 5	14 x 5	20 x 5
Stromtransfer, TWh/a		60	230	470	700
Auslastung		0.60	0.67	0.75	0.80
Landbedarf 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
Investitionskosten Mrd €	CSP HGÜ	42 5	134 16	245 31	350 45

Installierte Leistung vs. Spitzenlast in EU-MENA



➔ **38 % weniger Emissionen und 40% weniger EU Import als im Jahr 2000 !**



Zusammenfassung und Ausblick

- **Solarthermische Kraftwerke sind bereits heute eine verlässliche und über 25 Jahre erfolgreich betriebene Technologie.**
- **Durch den Einsatz von Wärmespeichern können diese Kraftwerke planbaren Strom und Regelleistung liefern.**
- **Mit der derzeitigen Ausbau- und Entwicklungsdynamik wird Strom aus solarthermischen Kraftwerken in 10-15 Jahren wettbewerbsfähig mit Mittellaststrom aus konventionellen Kraftwerken sein.**
- **Stromimporte aus den MENA Ländern werden einen Beitrag zu einem zukünftigen Elektrizitätsmix liefern und die Versorgung aus fluktuierenden heimischen erneuerbaren Stromquellen stabilisieren.**
- **Die DESERTEC Industrie Initiative zielt darauf hin, bis zum Jahr 2050 15% der europäischen Stromversorgung durch Importe aus den MENA-Ländern zu realisieren.**
- **Nach der Gründung der Dii Geschäftsstelle im Oktober 2009 werden die finanziellen und politischen Rahmenbedingungen über die nächsten 3 Jahre erarbeitet.**
- **Mit zunehmender Zahl an Mitgliedsfirmen wird sich die Dii zu einem Gemeinschaftsprojekt von EU und MENA entwickeln. Weitere europäische und nordafrikanische Firmen haben bereits ihre Teilnahme signalisiert.**
- **Die MENA Ländern profitieren von diesem Konzept durch nachhaltige Schaffung von Arbeitsplätzen, eigene Stromversorgung, Stromexporte und Trinkwassererzeugung.**
- **Die größere Zahl an Energiequellen und die verstärkte Nutzung der erneuerbaren Energien reduziert die Möglichkeit von Versorgungsengpässen und politischen Konflikten.**



Thank you for your attention





For more information refer to

www.DLR.de/tt

www.DLR.de/tt/med-csp

www.DLR.de/tt/trans-csp

www.DLR.de/tt/aqua-csp

