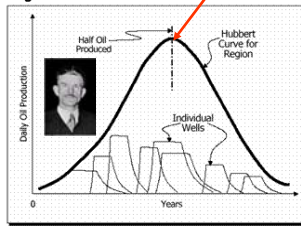


Wüstenstrom für alle?

Die Wüsten als ewige Kraftwerke für Stromsicherheit und Wasserversorgung

Dr.-Ing. Hani El Nokraschy
DESERTEC Foundation
www.DESERTEC.org

HUBBERT CURVE Regional Vs. Individual Wells



Hubbert berechnete Ende der 1940er Jahre - für die südlichen Staaten der USA - die zu erwartende Ölproduktion.

Nach der ihm vorliegenden Erfahrung, erreicht ein Ölfeld seine Maximale Produktion und dann fällt die Produktion ab.

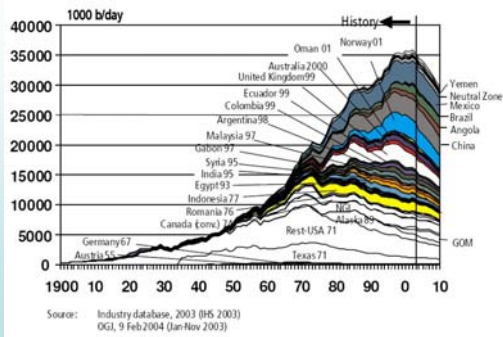
In dieser Zeit aber werden andere Ölfelder entdeckt.

Die Addition des Produktionschwund und der Neuentdeckungen ergibt eine maximale Produktion in 1971, Peak Oil genannt.

2

Hubberts Berechnungen erwiesen sich als richtig.

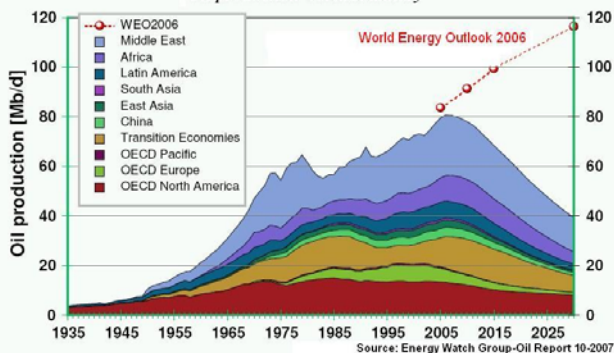
In 2004 entstand diese Statistik, die zeigt, dass in vielen Fördergebieten der Erde ein Peak Oil bereits stattfand.



3

Daraufhin entstand diese Prognose für die gesamte Erde → Peak Oil ca. 2010

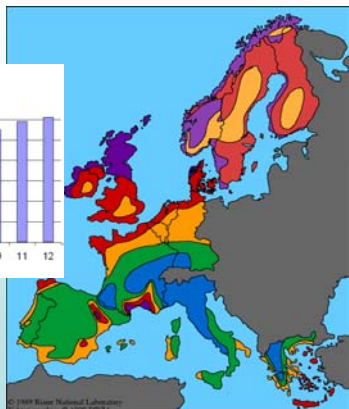
Oil production world summary



Wind in Europa

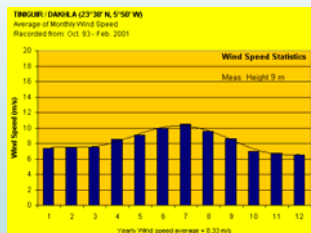


Elektrizität im Sommer
≈ 1/8
der Elektrizität im Winter

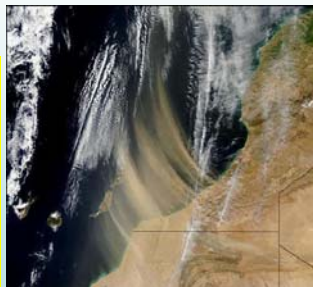


Der Passatwind in Nordafrika...

... ist genau umgekehrt



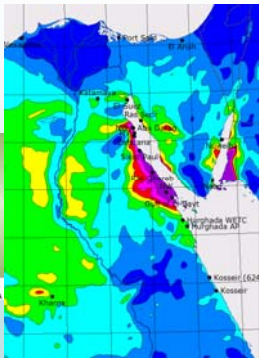
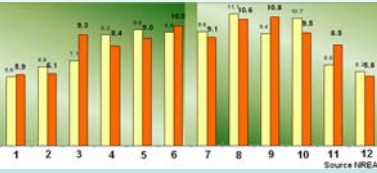
Quelle: Saharawind.com



Storm over Morocco

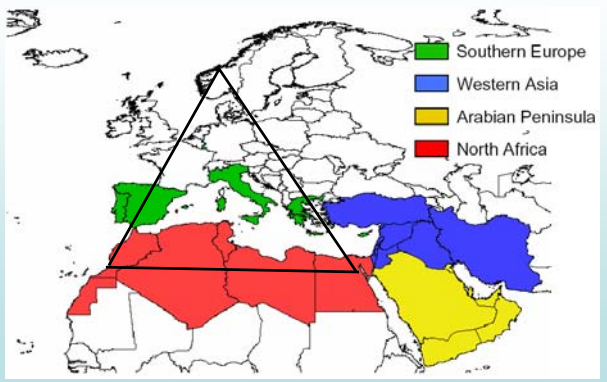
6

Dasselbe gilt für die
exzellente Windgegend
am Golf von Suez

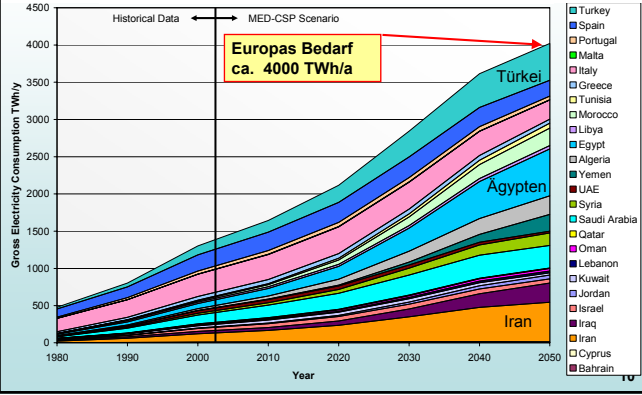


Eine Verbindung dieser 3
Gegenden vergleichmäßigt
die Windleistung

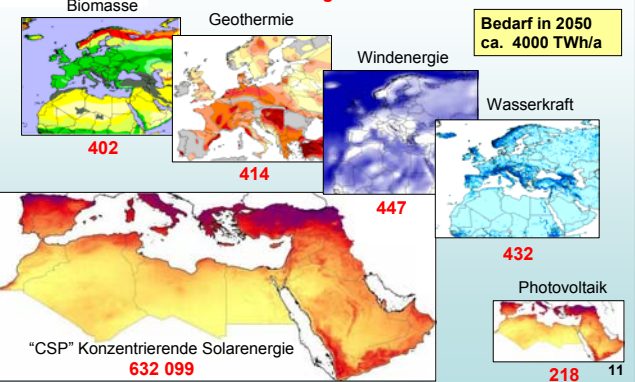
Die Länder der ersten Studie



Wachsender Energiebedarf im Südlichen EU-MENA

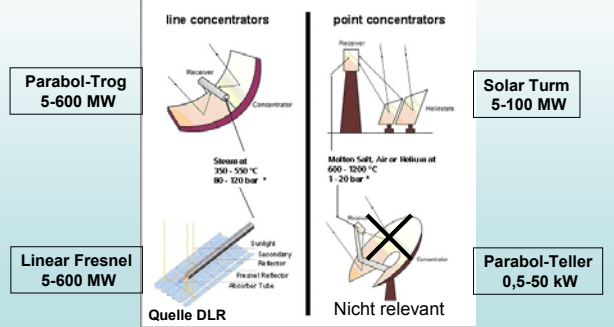


Wirtschaftliche Potentiale der
erneuerbaren Energien im Mittelmeerraum TWh/a



CSP - Technologien

5 MW bis mehrere 100 MW



KONZENTRIERENDE SOLAR-ENERGIE TECHNOLOGIEN

von 5 MW bis mehrere 100 MW

Linear Fresnel

Parabol-Trog



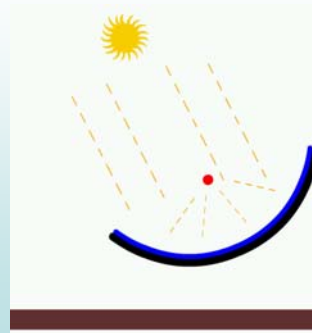
Solarturm



DESERTEC FOUNDATION

Paraboltrug Technologie

NOKRASCHY ENGINEERING
Mechanical Vibrations and Kilowatt under Control
Solar Power for Sustainable and Everlasting Energy



bewährte Technologie seit 1985

14

DESERTEC FOUNDATION

NOKRASCHY ENGINEERING
Mechanical Vibrations and Kilowatt under Control
Solar Power for Sustainable and Everlasting Energy

Solkraftwerk in Kalifornien seit 1985

15

DESERTEC FOUNDATION

NOKRASCHY ENGINEERING
Mechanical Vibrations and Kilowatt under Control
Solar Power for Sustainable and Everlasting Energy

Hybrid-Solkraftwerk mit Meerwasser-Entsalzung

Konventioneller Dampf-Kraftwerk

Meerwasser-Entsalzung (MED) mittels Abwärme

16

DESERTEC FOUNDATION

NOKRASCHY ENGINEERING
Mechanical Vibrations and Kilowatt under Control
Solar Power for Sustainable and Everlasting Energy

Hybrid-Solkraftwerk mit Meerwasser-Entsalzung

Schritt1:
Solarfeld im Hybridbetrieb für Tag- und Nachtnutzung.
Solaranteil ca. 30%

Meerwasser-Entsalzung (MED) mittels Abwärme

17

DESERTEC FOUNDATION

NOKRASCHY ENGINEERING
Mechanical Vibrations and Kilowatt under Control
Solar Power for Sustainable and Everlasting Energy

Hybrid-Solkraftwerk mit Meerwasser-Entsalzung

Schritt1:
Solarfeld im Hybridbetrieb für Tag- und Nachtnutzung.
Solaranteil ca. 30%

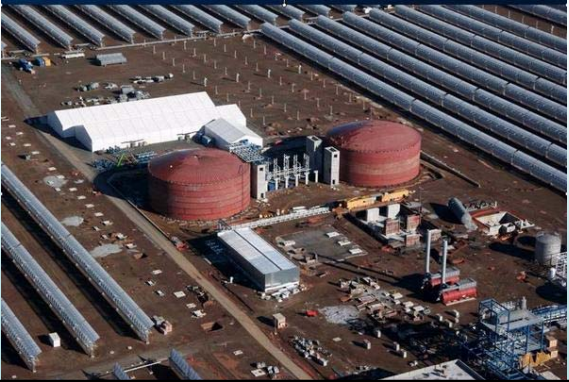
Schritt 2:
Solarfeld mit Wärmespeicher für Nachtbetrieb + Kessel als Reserve.
Solaranteil ca. 99% + 1% Biogas-/ Erdgasbefeuerung während Sandstürme / Wolken

Meerwasser-Entsalzung (MED) mittels Abwärme

18

DESERTEC FOUNDATION **ANDASOL 1** **NOKRASCHY ENGINEERING**
 Mechanical Vibrations and Kilowatt-hour under Control
 Solar Power for Sustainable and Everlasting Energy

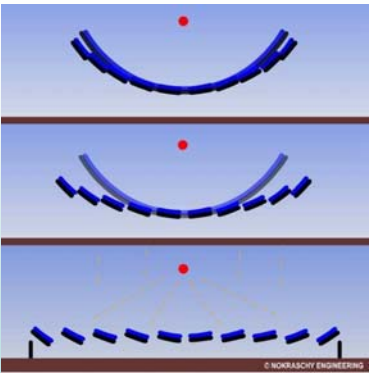
50 MW CSP Kraftwerk in Spanien
 geschmolzene Salz Mischung als Speicher für 7 h Volllastbetrieb



19

DESERTEC FOUNDATION **NOKRASCHY ENGINEERING**
 Mechanical Vibrations and Kilowatt-hour under Control
 Solar Power for Sustainable and Everlasting Energy

**Alternative:
 flache Spiegel**



Beste Sammlung der Sonnenstrahlen, einfach und kostengünstig

20

DESERTEC FOUNDATION **NOKRASCHY ENGINEERING**
 Mechanical Vibrations and Kilowatt-hour under Control
 Solar Power for Sustainable and Everlasting Energy

**Die Reinigung ist automatisiert
 ...und das Wasser ist nicht verloren**



im Schatten benötigen die Pflanzen weniger Wasser

21

DESERTEC FOUNDATION **NOKRASCHY ENGINEERING**
 Mechanical Vibrations and Kilowatt-hour under Control
 Solar Power for Sustainable and Everlasting Energy

Linear-Fresnel Solar-Dampf-Kraftwerk 1,5 MW in Spanien, März 2009



Trocken-Reinigung der Spiegel

Luft gekühlter Kondensator

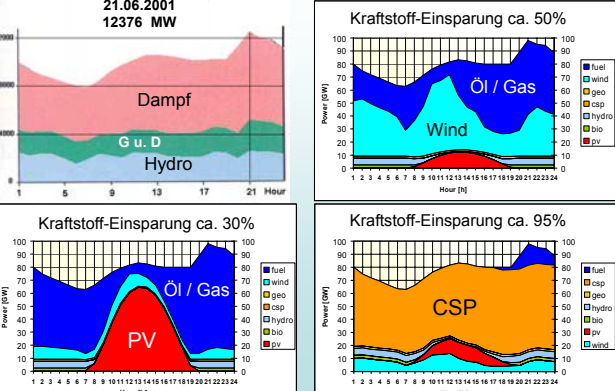
Quelle: NOVATEC Biosol

22

DESERTEC FOUNDATION **NOKRASCHY ENGINEERING**
 Mechanical Vibrations and Kilowatt-hour under Control
 Solar Power for Sustainable and Everlasting Energy

Last Eigenschaften

21.06.2001
 12376 MW



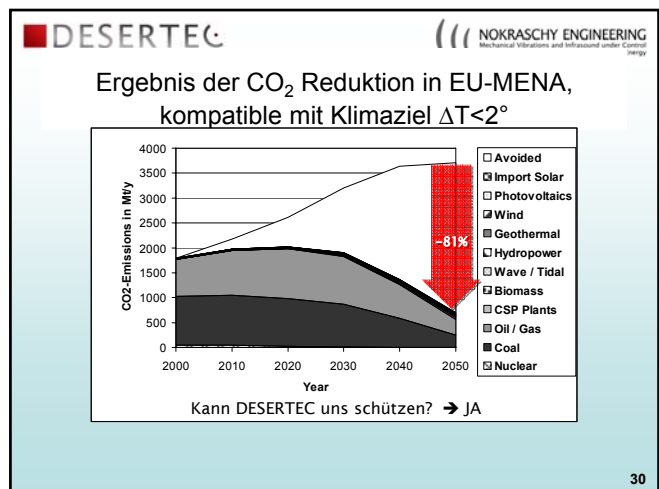
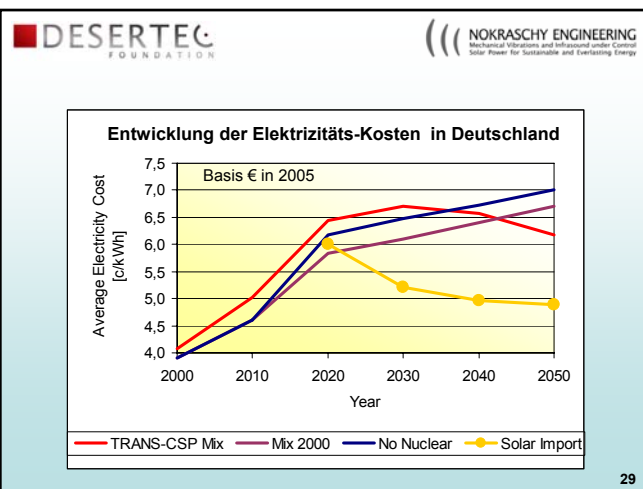
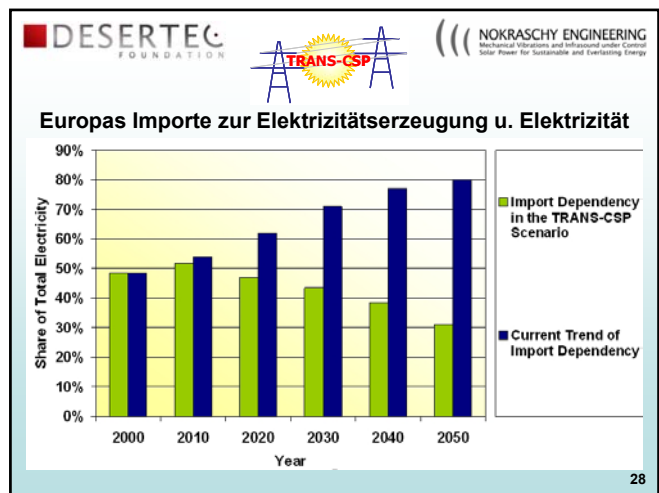
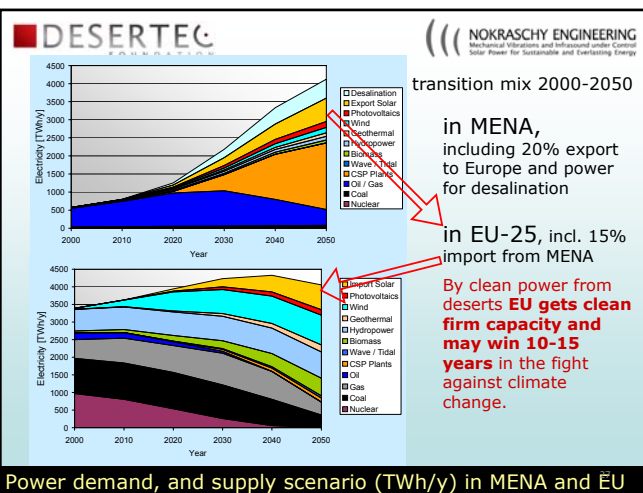
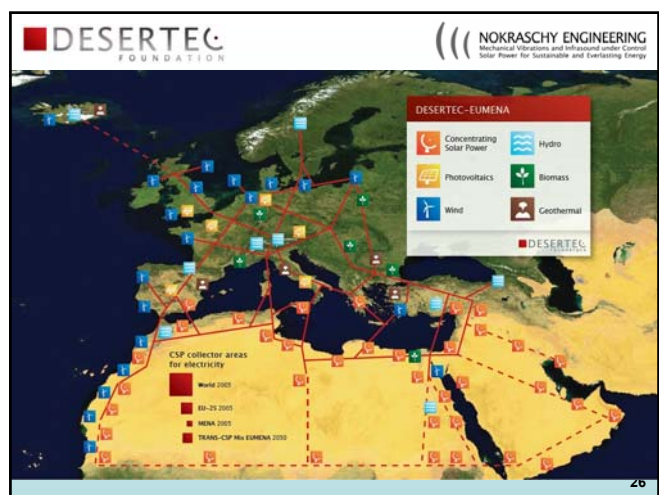
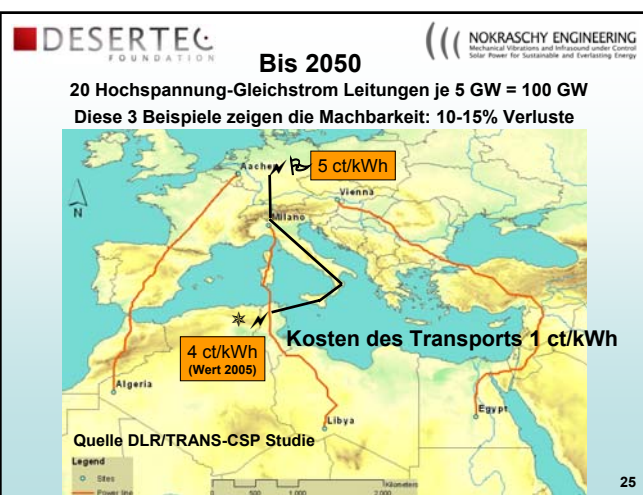
3

DESERTEC FOUNDATION **NOKRASCHY ENGINEERING**
 Mechanical Vibrations and Kilowatt-hour under Control
 Solar Power for Sustainable and Everlasting Energy

Ein Beispiel aus Ägypten

- Links oben:** Die Last ändert sich während des 24stündigen Tages (Kurve vom 21-06-2001): In der Nacht ist die Last gering. Sie steigt bis zu Mittags-Maximum dann fällt sie etwas, um zum Tagesspitzenlast ca. eine Stunde nach Sonnenuntergang zu steigen. Dieser Verlauf ist typisch für viele Netze.
- Rechts oben:** Wenn dieses Lastprofil auf das Jahr 2050 projiziert wird und mit der Annahme, dass der Hauptanteil durch Windkraft geliefert wird, muss ein hoher Anteil fossiler Leistung eingespeist werden, um die Fluktuationen zu kompensieren.
- Links unten:** Ein noch höherer Anteil fossiler Kraftstoffe muss eingesetzt werden, wenn der Hauptanteil der Einspeisung aus Photovoltaik (PV) besteht.
- Rechts unten:** Im Gegensatz zu den beiden vorherigen Optionen, wenn ausreichende solarthermische Kraftwerke (CSP) mit Speicherung im Netz vorhanden sind, werden diese den erforderlichen Ausgleich übernehmen. Nur in während der Abendspitzen muss mit Verbrennung von Gas abgedeckt werden. **Nur hier sind die Investitionen signifikant niedriger.**

24

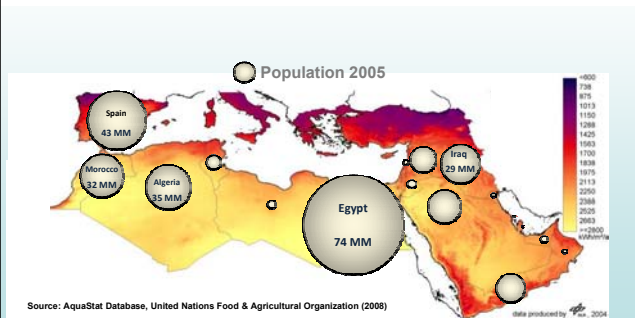


Die Bedürfnisse in MENA sind anders als in Europa...

- Nicht nur Elektrizität wird benötigt ...
... 6-8% Zunahme jährlich
- Wasser wird auch gebraucht ...
... mehr als zwei Nile in 2050



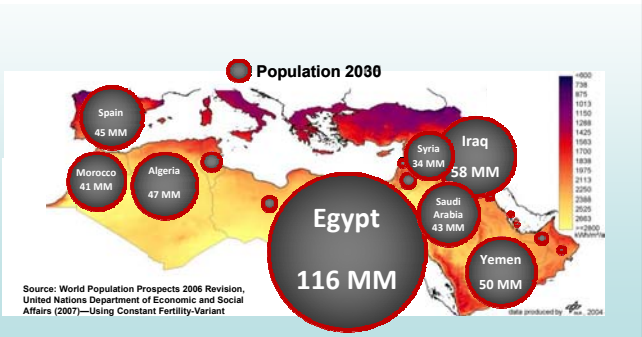
Why Should the MENA Adopt Concentrating Solar Power?



Source: AquaStat Database, United Nations Food & Agricultural Organization (2008)



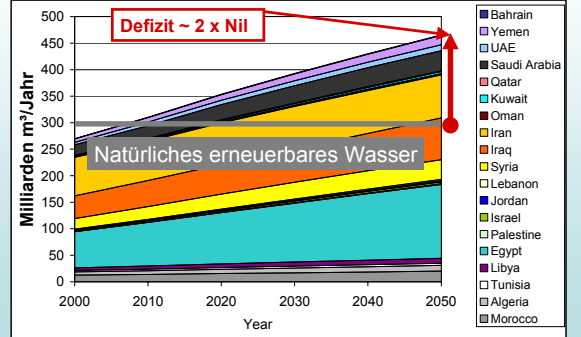
Why Should the MENA Adopt Concentrating Solar Power?



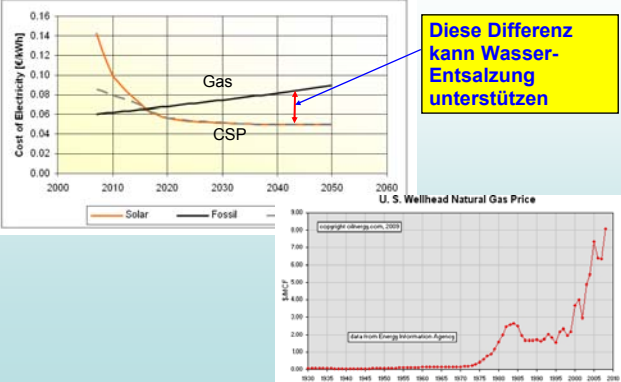
Source: World Population Prospects 2006 Revision, United Nations Department of Economic and Social Affairs (2007)—Using Constant Fertility-Variant



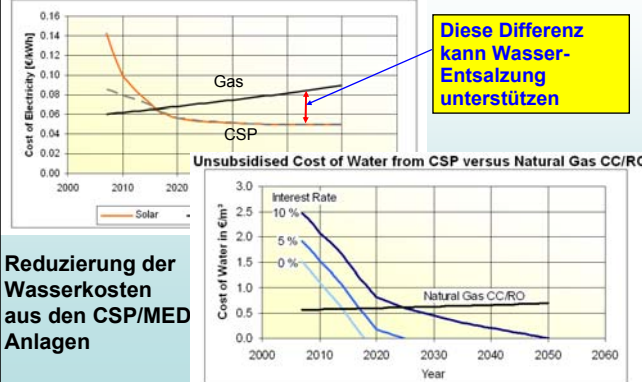
Wasser-Bedarf in den MENA Ländern



Unsubsidised cost of electricity of CSP versus natural gas CC



Unsubsidised cost of electricity of CSP versus natural gas CC



Was muss man tun?

Wir stellen uns einen praktischen Fall vor:

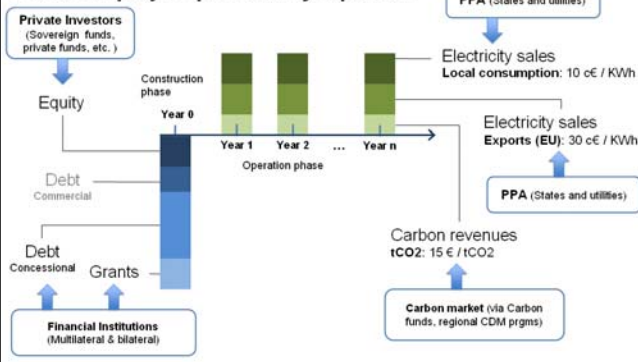
- **Solar-Hybrid** Konzept ist zu bevorzugen, weil es Elektrizität nach Bedarf liefert und anfänglich preiswerter ist.
- Eine europäische Firma gründet zusammen mit einer Firma aus MENA ein **Solar-Kraftwerk** in einem MENA-Land.
- Der solare Anteil des Stromes, mindestens **25%**, wird nach Europa transportiert, während der konventionelle Anteil in dem MENA-Land konsumiert wird.
- Neben Elektrizität wird aus der Abwärme des Kraftwerks **entsalztes Wasser** produziert. Dies ist der Garant für eine echte **Partnerschaft**.

Ein Rahmenwerk soll diese Kooperation regeln

37

The Mediterranean Solar Plan Union for the Mediterranean 2. links with EU policy on renewables

Focus on project profitability equation



Was kann das MENA-Land tun?

- Subventionen für Öl/Gas zur Elektrizitäts-Erzeugung **verschieben** auf die Elektrizität direkt für die Verbraucher.
- Die Subventionen mit **erneuerbaren Energien und lokaler Herstellung koppeln**.
- Freies Land und Infrastruktur zur Verfügung stellen.
- Den konventionellen Elektrizitätsanteil kaufen
- Das entsalzte Wasser aus der Abwärme kaufen
- Garantiert per Gesetz: Kapitalsicherheit.
- Steuerfreiheit für die ersten 10 Jahre.

39

Was kann das Europa tun?

- Eine Quote für saubere Elektrizität setzen, die jedes Jahr um **1%** Punkte erhöht wird, über dem aktuellen Wert für jeden Elektrizitätsproduzenten. Dies ist kompatibel mit dem Ziel **20% Erneuerbare Energien bis 2020**.
- Die Unterstützung für saubere Elektrizität ausdehnen auf Lieferungen von außerhalb Europas.
- Einem Vorschlag des Mediterranean Solar-Plans folgend, soll die EU den sauberen Strom aus MENA für **30 ct/kWh** kaufen. In MENA wird es für **10 ct/kWh** verkauft.

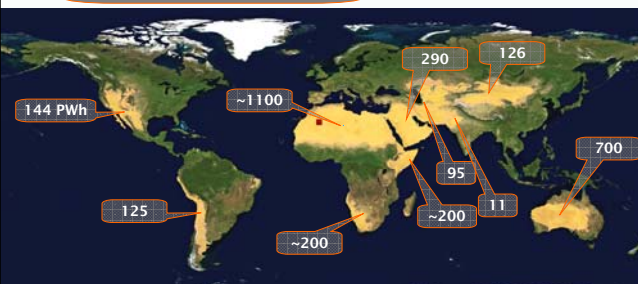
40

Was können beide Partner tun?

- Alle einigen sich, dass Export-Elektrizität mit entsalztem Wasser gekoppelt wird.
z.B. 20-40 m³ / MWh exportierte Elektrizität
- Gründen eine gemeinsame Gesellschaft zum Bau und Verwalten der Stromleitungen.
- Gründen eine europäische Gesellschaft zum Kauf der sauberen Elektrizität des Südens und Einspeisen in das europäische Netz.

41

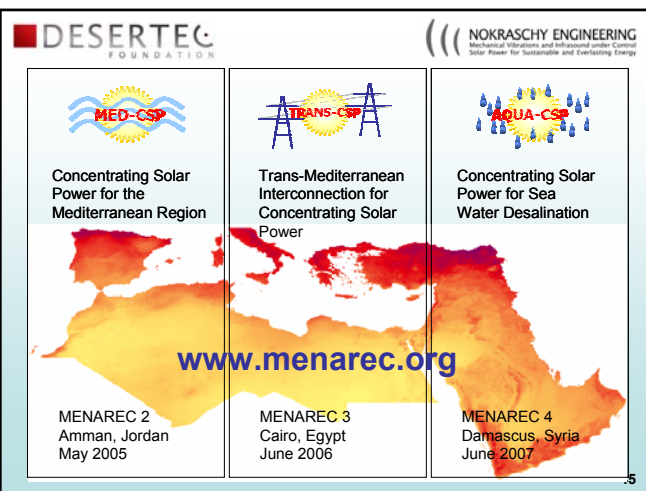
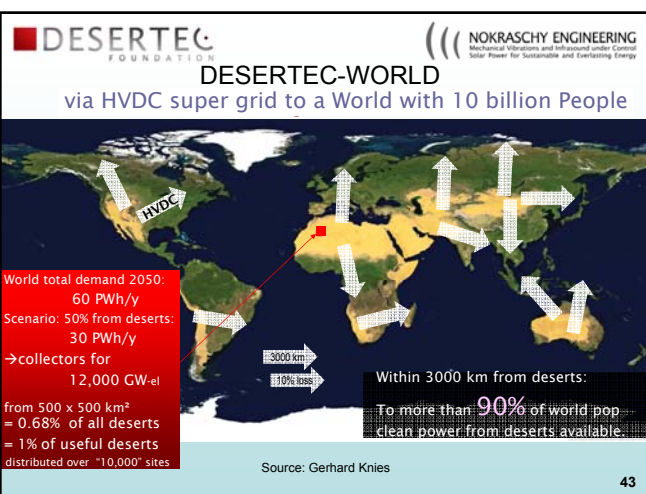
Desert Potential: 3000 PWh/y



Annual economic potential, in PWh (= 1000 TWh)

Global demand (2008): 18 PWh/y

Source: Trieb et al., DLR, 2009



Kommentare zum Impulsvortrag am 13.01.2011 in Hannover

Folie 1:

Die Antwort auf die Frage (Titel der Veranstaltung) ist Ja, denn die Wüsten können als ewige Kraftwerke wirken, Erläuterung wird in den Folien 30-31 gegeben.

Folien 2-4:

Das Öl-Zeitalter ist bald zu Ende. Auch die IEA hat dies letztes Jahr anerkannt.

Folien 5-8:

zeigen die Notwendigkeit von starken Netzen, die z.B. unterschiedliche Windkraft Gebiete miteinander verbinden, um die saisonalen Fluktuationen zu minimieren.

Die Karte zeigt die Länder um das Mittelmeer, die bei der DLR Studie MED-CSP berücksichtigt wurden.

Folie 9-10:

Die Studien des DLR von 2004-2006 MED-CSP, TRANS-CSP und AQUA-CSP werden erläutert. Die Zunahme des Elektrizitätsbedarfs in MENA (Middle-East/North-Africa) bis 2050 unter der Annahme, dass die betroffenen Völker (s. Folie 5) den Lebensstandard von EU im Jahre 2050 anstreben. In EU wächst das Brutto Sozialprodukt um 1,2% deshalb muss es bei den anderen um mehr anwachsen, z.B. Ägypten 4,5%. Tatsächlich wurde 6-6,5% erreicht, in der Krise 2008/2009 auf 4% gesunken und jetzt wieder 5%. Das heißt diese Vision kann realistisch sein.

Folie 11:

Aufzählung der wirtschaftlichen Potentiale der heute praktikablen erneuerbaren Energien (EE) in dem betrachteten Gebiet. Sie reichen ohne CSP nicht aus. CSP ist jedoch reichlich vorhanden (ca. 160x den Bedarf), hauptsächlich in den Wüsten. Dort sind direkte Sonnenstrahlen vorhanden, die man – im Gegensatz zu diffusen Strahlen - bündeln kann und somit hohe Temperaturen erreicht.

Folien 12-15:

Die 4 vorhandenen Technologien und die Funktion der Paraboltrug-Technik wird durch eine Animation gezeigt. Bei der Präsentation bewegt sich der Parabolspiegel mit der Sonne von links nach rechts und kehrt zurück zur Ausgangsposition links in der Nacht.

Folien 16-18:

Zeigen wie die CSP-Technologie ein fossiles Dampf-Kraftwerk in Schritten auf Solarbetrieb umgestellt werden kann. Der fossile Kessel bleibt und dient als Reserve für 2-4 Tage im Jahr (1% der Betriebszeit) in denen der Himmel bedeckt ist oder Sandstürme eine Bündelung der Sonnenstrahlen verhindern. Somit ist Elektrizitätsversorgung auch bei widrigen Wetterumständen gesichert. Außerdem ist es eine regelbare Elektrizität, die dazu geeignet ist die Fluktuationen der anderen EE auszugleichen. D.h. sie ermöglicht eine stärkere Einbindung von fluktuierenden EE wie Wind und PV in das Netz.

Wenn die Anlage in der Nähe vom Meer ist, ist es sinnvoll die Abwärme der Dampfturbine (aus dem Kondensator) für Meerwasserentsalzung zu nutzen. Der elektrische Ertrag wird dabei geringer, aber die Wirtschaftlichkeit erheblich erhöht, weil hier eine „Kraft-Wärme-Kopplung“ entsteht.

Ist die Anlage aber weit entfernt vom Meer, dann muss die Kühlung mit Luft vorgenommen werden. Der hierdurch reduzierte elektrische Ertrag (niedriger Wirkungsgrad + Lüfterleistung ca. 10-15%) wird überkompensiert durch höhere Sonneneinstrahlung in einem anderen Ort weiter südlich vom Mittelmeer (ca. 25% höher wenn 500-600 km südlich platziert ist).

Folie 19:

Die vorherige Skizze ist keine Vision mehr, dies ist realisiert in Spanien. ANDASOL 1 ist seit Anfang 2009 mit Erfolg in Betrieb, ANDASOL 2 und 3 mit gleicher Konzeption sind im Bau.

Folien 20-22:

Zeigt eine Alternative Technologie, bei der der Parabolspiegel in Streifen aus flachen Spiegeln bestehen. Vorteile: Preiswertere Spiegel, bessere Nutzung der Sonnenstrahlen (weil sich die Spiegelreihen enger an einander gebracht werden können, da sie sich gegenseitig nicht verschatten), stehendes Receiver-Rohr dadurch weniger Dichtigkeitsprobleme, Boden unter den Spiegeln nutzbar, Reinigen der Spiegeln einfacher, das Wasser für die Reinigung (wenn überhaupt benutzt) ist nicht verloren. Letzte Folie ist ein Prototyp in Spanien, seit März 2009 in Betrieb. Ein weiteres 30-MW-Kraftwerk ist im Bau.

Folien 23-24:

Wie sieht es aus, wenn am Beispiel Ägyptens eine Dominanz einer einzigen Sorte von EE herrscht. Bei CSP mit ausgewogenem Mix von anderen EE ist die größte Einsparung von fossilen Kraftstoffen und

dazu dieselbe Einsparung in fossilen Kraftwerks-Investitionen. Bei den anderen sind die fossilen Kraftwerke ständig in Bereitschaft oder in Betrieb. Es kommt noch die Erschwernis dazu, dass sie ständig herauf und herunter gefahren werden müssen, damit sie die Last einregeln.

Folie 25:

Das Ergebnis der Studie TRANS-CSP erläutert am Beispiel von 3 Linien von NA nach EU (aus der Gesamtheit von 20 Linien). In 2050 werden die Gestehungskosten für Strom ca. 4 €/kWh geschätzt (nach der Währung in 2005), vorausgesetzt dass die gedachte Menge an Kraftwerken tatsächlich gebaut wird, um 100 GW nach EU zu exportieren und ca. 500 GW für MENA Eigenbedarf zur Verfügung stehen. Die Massenproduktion wird die Kosten nach Unten treiben, wie wir es erlebten mit Windenergie und PV. (10-20% Reduzierung bei jeder Verdoppelung der Installationen, PV hat sogar 25% geschafft).

Folie 26:

Die Vision von DESERTEC, alle Orte, in denen EE ergiebig und somit wirtschaftlich sind, sollen miteinander durch ein starkes Netz verbunden sein. Dabei werden alle Sorten von EE genutzt. Und je nach Launen der Natur, sich gegenseitig unterstützen und Ergänzen, denn nur ein ausgewogener Mix kann die Anforderungen einer modernen Gesellschaft gerecht werden. In so ein Netz findet sich der kleine Produzent, der mal an seinen Nachbarn seinen Überschuss liefern kann, dafür zu einer anderen Zeit vom Netz seine Grundbedürfnisse erhalten kann. D.h. Die Vernetzung ermöglicht die wirtschaftliche Nutzung der EE, da sie im Wesentlichen fluktuierend sind.

Folie 27:

Zeigt wie die EE in MENA entwickelt werden können. Es sind alle Sorten beteiligt. Ein Teil – ca. 20% – wird für den Export nach EU vorgesehen und ca. 15% für Meerwasserentsalzung benötigt. In die EU soll die Elektrizität bis 2050 auf ca. 80% Erneuerbar umgestellt sein, da die meisten EE in EU aus fluktuierenden Quellen - wie Wind und Photovoltaik kommen - muss eine Regelleistung zu den vorhandenen Wasser-Kraftanlagen von ca. 15% aus MENA importiert werden. Diese entsprechen ca. 20% der Produktion in MENA und gelten als Anreiz für die MENA-Länder den Weg der EE zu begehen.

Folie 28:

Entwicklung der Abhängigkeit Europas von Energie-Importen mit und ohne DESERTEC

Folien 29-30:

Den Preisvorteil am Beispiel Deutschlands. Die Elektrizitäts-Gestehungskosten werden durch die sinkenden Kosten der Solarimporte stabilisiert. In EU wird außerdem das 2 Grad-Plus Ziel erreicht weil die CO2 Emissionen um 81% reduziert werden. Hier ist berücksichtigt worden, dass viele fossile Anwendungen, wie Raumheizung und PKW-Mobilität auf Elektrizität umgestellt werden, zum Einen, weil der Umweltbewusstsein stärker wirkt und zum Zweiten, weil die Preise der fossilen Kraftstoffe explodieren werden (hauptsächlich wegen ihrer Rarität).

Folien 31-34:

Zeigen die drohende Wasserkrise in MENA, die hauptsächlich durch Bevölkerungsexplosion entsteht.

Folien 35-36:

Zeigen wie durch Meerwasserentsalzung innerhalb eines Elektrizitätswerks mit Abwärme-Meerwasserentsalzung einen Gewinnzuschuss generiert werden kann, der das zweite Produkt, Wasser, unterstützt und somit billiger macht. Dabei können hier die Banken ihr soziales Engagement beweisen, in dem sie die Zinsen für Meerwasserentsalzung niedrig halten. Wir, das Volk, haben kürzlich die Banken „über Wasser“ gehalten, sie könnten sich erkenntlich zeigen.

Folien 37-41:

Zeigen eine Weg, die Stagnation zu überwinden; mit einem Vorschlag des MSP ergänzt vom Verfasser.

Folien 42-43:

Zeigt das Potential der Wüsten und wie sie im Umkreis von 3000 km ca. 90% der Menschen erreichen können.

Folie 44:

Die DESERTEC Stiftung gründete am 30. Okt. 2010 in Tunesien das „DESERTEC University Network“. Die Uni Hannover ist herzlich eingeladen, sich daran anzuschließen.

Folien 45:

Die DLR-Studien können über Links in die Web Site www.menarec.org heruntergeladen werden.