

---

# Solarthermische Kraftwerke - Stand und Perspektiven

---



Dr. Werner J. Platzer

Bereichsleiter  
Solarthermie und Optik

Fraunhofer-Institut für  
Solare Energiesysteme ISE

Freiburg, 10. Juli 2011

---

© Fraunhofer ISE



## Inhalt

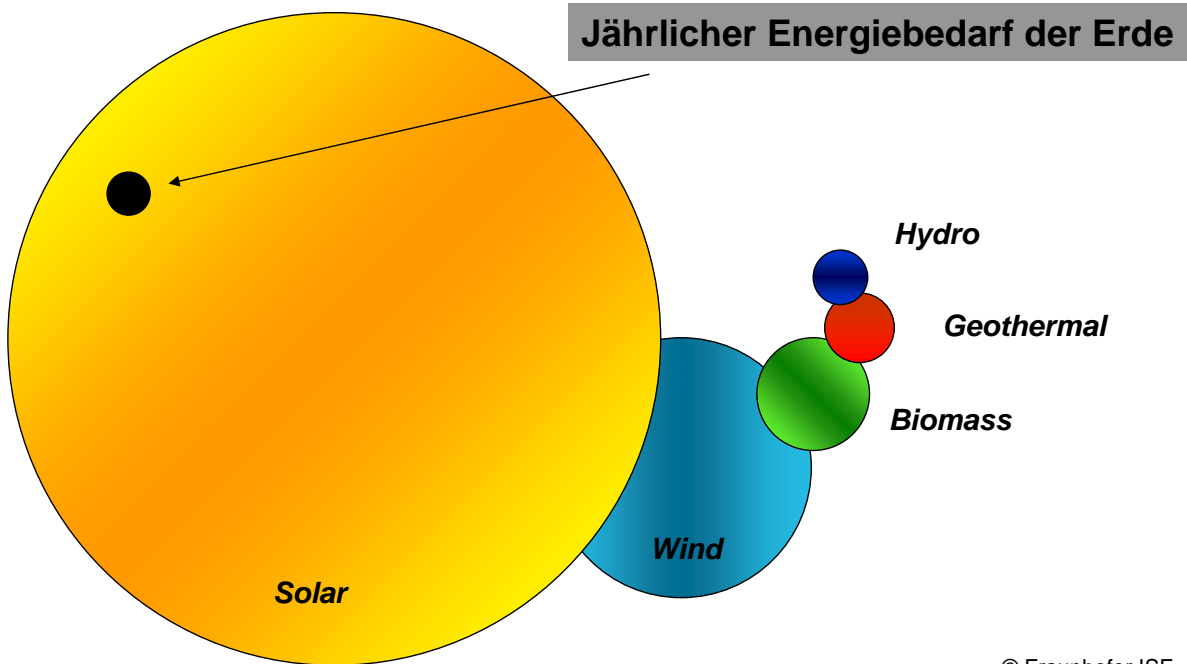
- Einführung
- Übersicht zur Technik
- Projektentwicklung und Risiken
- Kosten und Marktentwicklung
- Potenziale
- Herausforderungen
- Trends und Ausblick

---

© Fraunhofer ISE



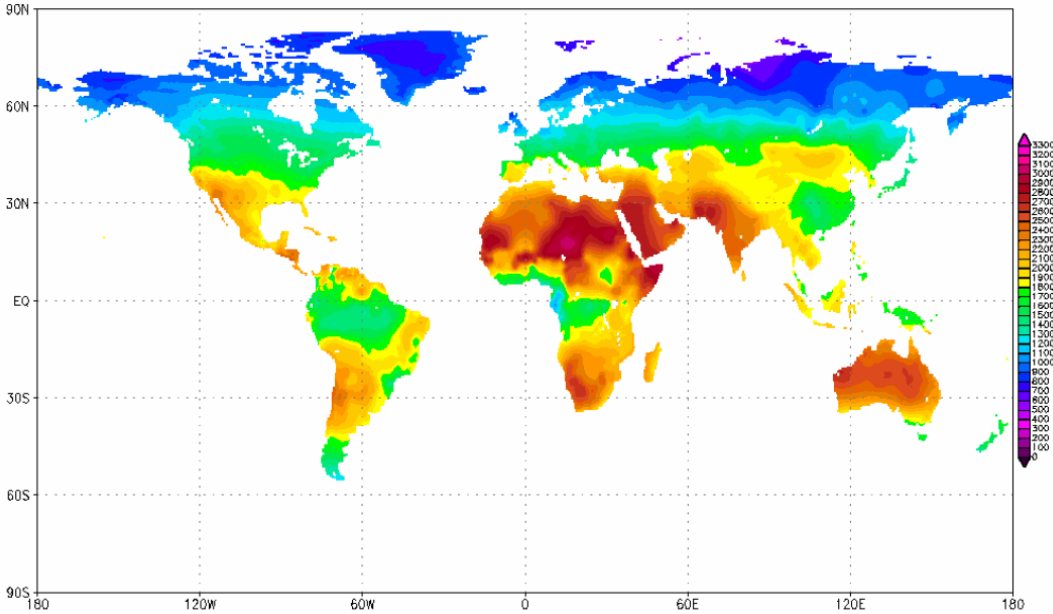
# Das Solare Potenzial



© Fraunhofer ISE



# Solare Einstrahlung weltweit



© DLR

© Fraunhofer ISE

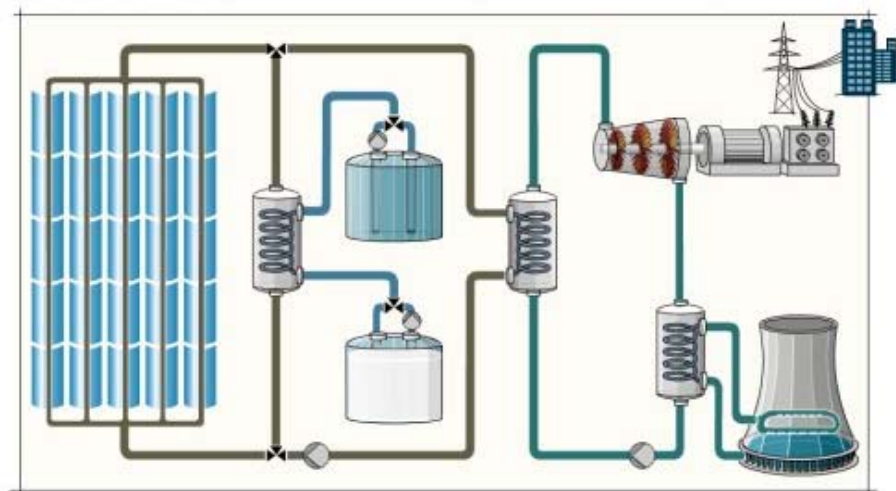


# Inhalt

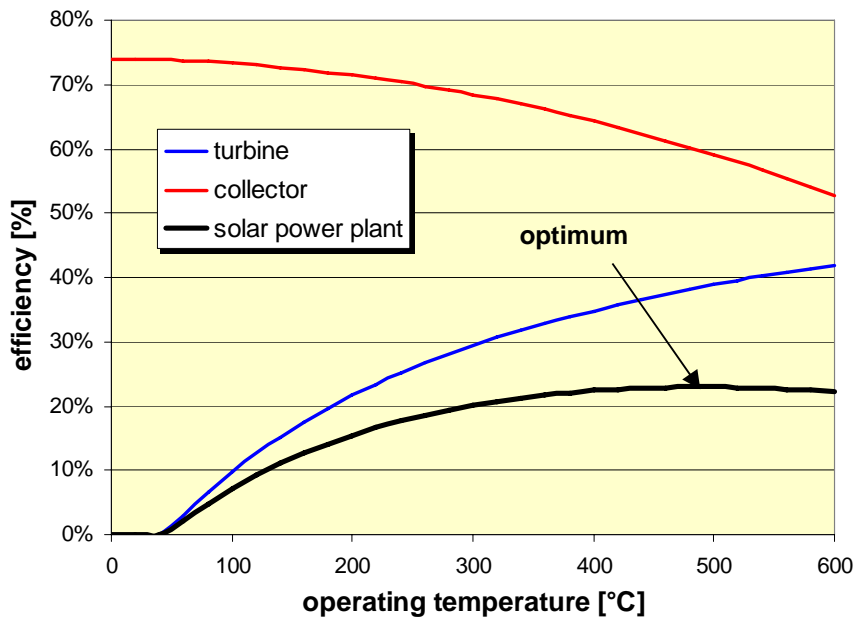
- Einführung
- **Übersicht zur Technik**
- Projektentwicklung und Risiken
- Kosten und Marktentwicklung
- Potenziale
- Herausforderungen
- Trends und Ausblick

## Parabolrinnenkraftwerk

Hauptkomponenten:  
Solarfeld  
Kraftwerksblock  
Thermische Speicher  
Kühlturm  
Verrohrung /  
Wärmetauscher



# Wirkungsgrad und Temperatur







© Fraunhofer ISE

© Fraunhofer ISE



# Kollektortechnologien

			
C ~ 70-90 kommerziell	C ~ 60 – 120 demo	C ~ 300 – 4000 demo	C ~ 500 – 1000 komm. Demo
$\eta_a \sim 12\%-14\%$	$\eta_a \sim 10\%-12\%$	$\eta_a \sim 14\%-18\%$	$\eta_a \sim 10\%-15\%$

© Fraunhofer ISE



# Parabolrinne

Verschiedene kommerzielle Anbieter:

Beispiele:

- Flagsol
- Acciona Energia
- Sener
- Abengoa Solar New Technologies
- Archimede Solar Energy



SGX2

© Acciona

## SEGS – Solar Energy Generating System

Betriebserfahrung seit mehr als 25  
Jahren

354 MW<sub>el</sub>, Inbetriebnahme 1984 -1991  
in der Mojavewüste, California



© Sandia

# Nevada Solar One



64 MWeI

In Betriebnahme 2007  
in Nevada, U.S.A.

durch Acciona Energy

© Acciona

© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**  
ISE

## Linearer Fresnel Kollektor



Aber: niedrigerer  
Wirkungsgrad <-> Kosten

- **Kosten:** Flachspiegel und höhere Konzentration
- **Betrieb:** Fixiertes Absorberrohr; geringe Windlasten
- **Wärmeträgermedium:** Vorteile Dampf/Salz (keine Übergänge, drehbare Verbindungen)
- **Landverbrauch:** Parkplatz, Shopping mall, Landwirtschaft unter dem Kollektor
- **Wirtschaft:** Lokale Wertschöpfung, lokale Anpassung
- **Flexibilität:** Auslegung und Konstruktion

© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**  
ISE

# Neue Entwicklungen



© CNIM

DSG Pilot Plant in La Seyne Sur Mer, France

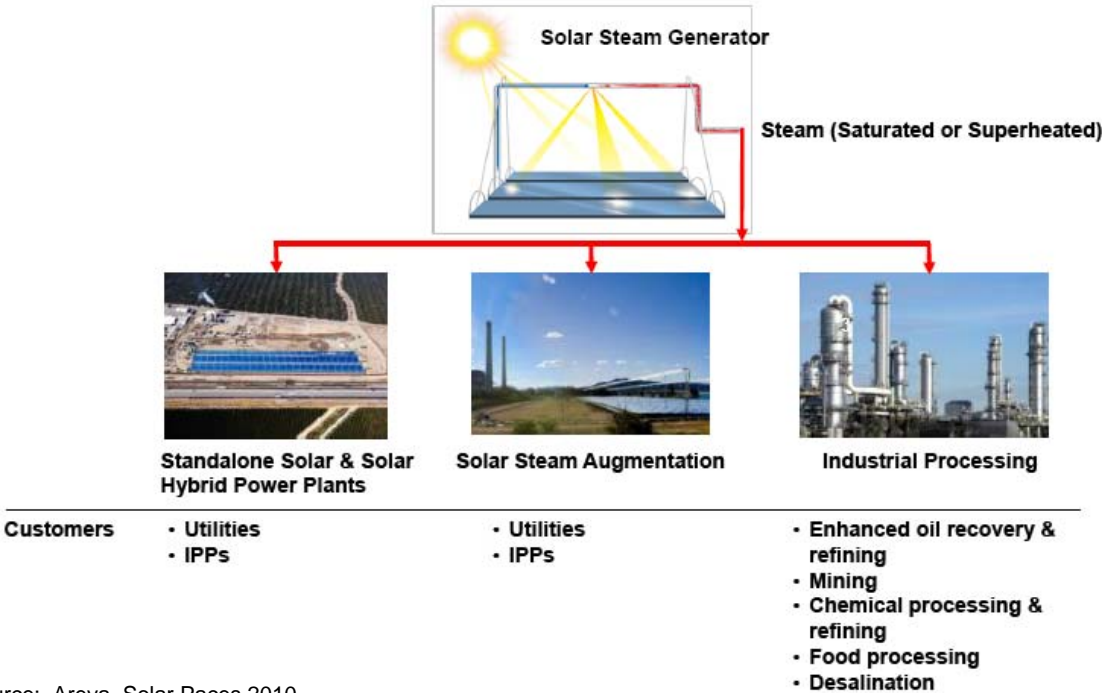


© Fera

DSG Pilot Plant in Sicily, Italy

Weitere: Euromed (F), Thermax (IND), Lotus (EGY), KG Group (IND), andere...

# Anwendung Direktverdampfung



Source: Areva, Solar Paces 2010

# Heliostaten Feld – Orientierung

## Orientierung 1:

- Asymmetrisches Feld für höhere Breitengrade und ausgerichteten-Empfänger



PS-10 /PS-20 (© Abengoa)

## Orientierung 2:

- 360° Feld für hohen Ertrag und Rundum-Receiver



GEMASOLAR design (© TorreSol Energy)

# Novatec Linear Fresnel Kollektor



PE-1 1.4 MW<sub>el</sub> Kraftwerk in Murcia, Spanien, seit 2008

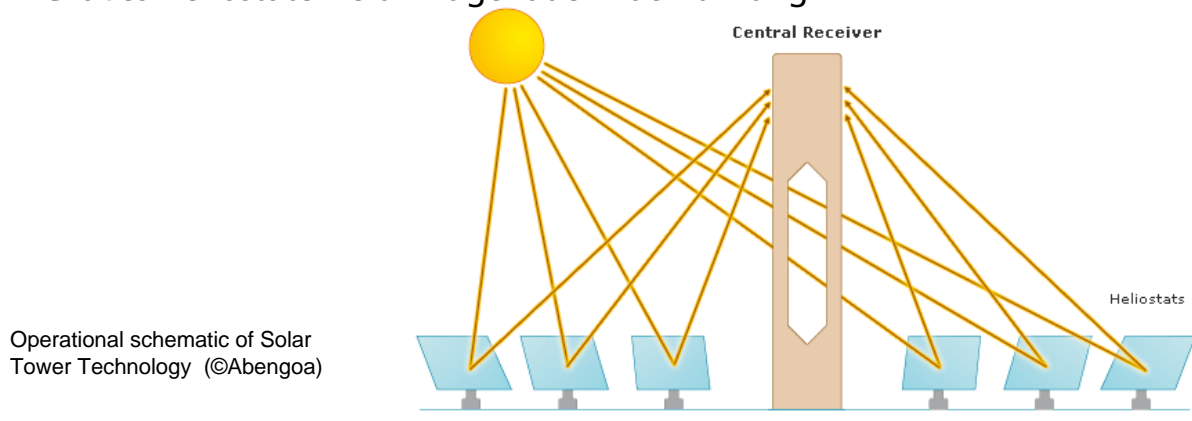
Im Bau:

PE-2, 30 MW<sub>el</sub> Kraftwerk, Murcia, Spanien, seit 2010



# Solarturm = Central Receiver System (CRS)

- Durch hohe Flussdichte erreicht sind Betriebstemperaturen bis zu 1100°C machbar  
-> auch Hochtemperaturchemie möglich!
- Materialauswahl wichtig
- Wärmeträgerfluid: Salzschnmelze, Dampf, Luft
- Großes Heliostatenfeld mit genauer Nachführung



© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**  
ISE

## Abengoa PS 20

**20 MW in Betrieb seit 2009**

1.255 Heliostaten mit je 120 m<sup>2</sup>

**Sattdampf** technologie 280°C

48,6 GWh/Jahr

Höhe 160 m.

Landverbrauch: 90 ha



Picture of PS 20 still under construction  
(©Abengoa)

© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**  
ISE

# Sierra SunTower

**5 MW in Betrieb seit 2009**  
(Lancaster, California), operated by **eSolar**

24,000 1m<sup>2</sup> Heliostaten, etwa 8 ha Landbedarf

HTF: Überhitzter Dampf (440°C, 60bar)



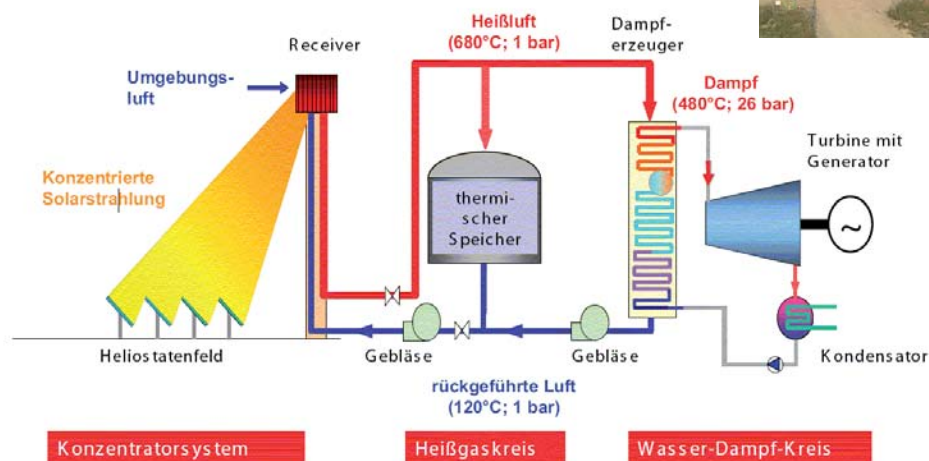
Aerial view of the 5 MW Sierra SunTower power plant © eSolar



© eSolar

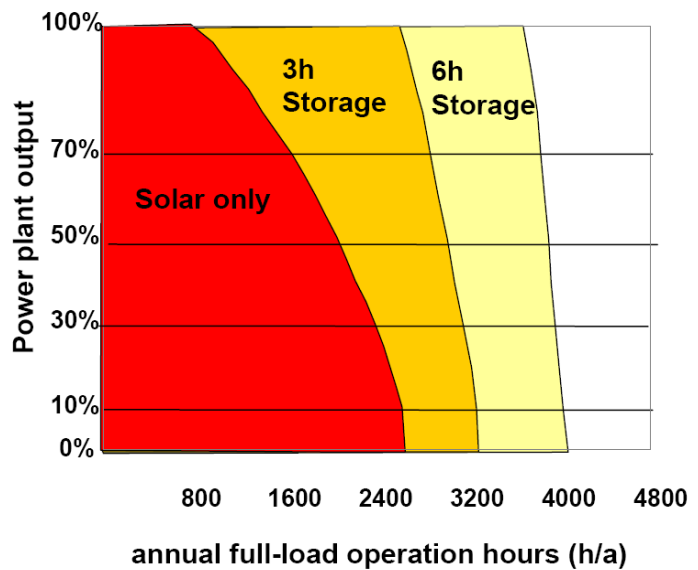
# Demonstrationskraftwerk in Deutschland

Jülich (Stadtwerke Jülich / KAM)  
Offener volumetrischer Luftreceiver  
1.5 MWe



# Erhöhung der Volllaststunden mit TES

- Ausnutzung Turbine
- Wirkungsgraderhöhung bei Vollast
- Stromerzeugung auch nachts und nach Bedarf



© DLR

© Fraunhofer ISE

Fraunhofer  
ISE

## Kommerzielle Speicher für CSP

Dampfspeicher („Ruthspeicher“)

- teuer
- typisch 0.2-0.5 h Kapazität



Zweitank Salzspeicher

- Indirekter Speicher bei Parabolrinnen mit Thermoöl
- Direkter Speicher bei Solarturm mit Salzschnmelzen



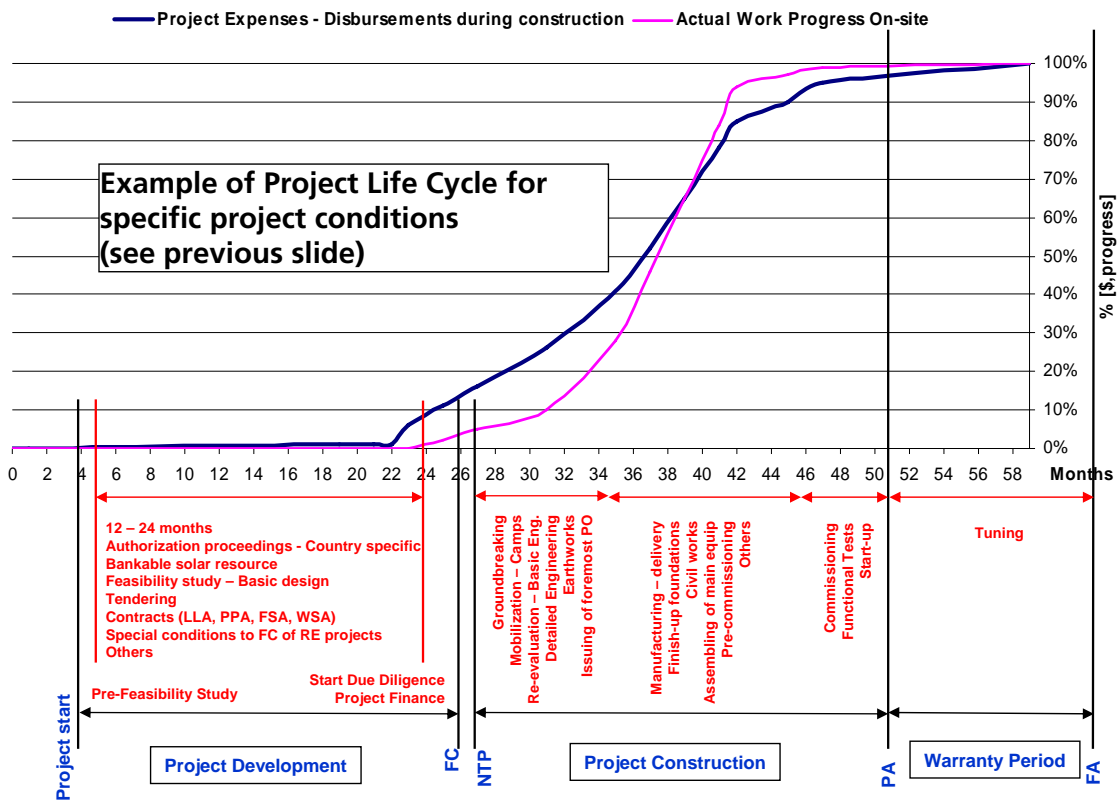
© Fraunhofer ISE

Fraunhofer  
ISE

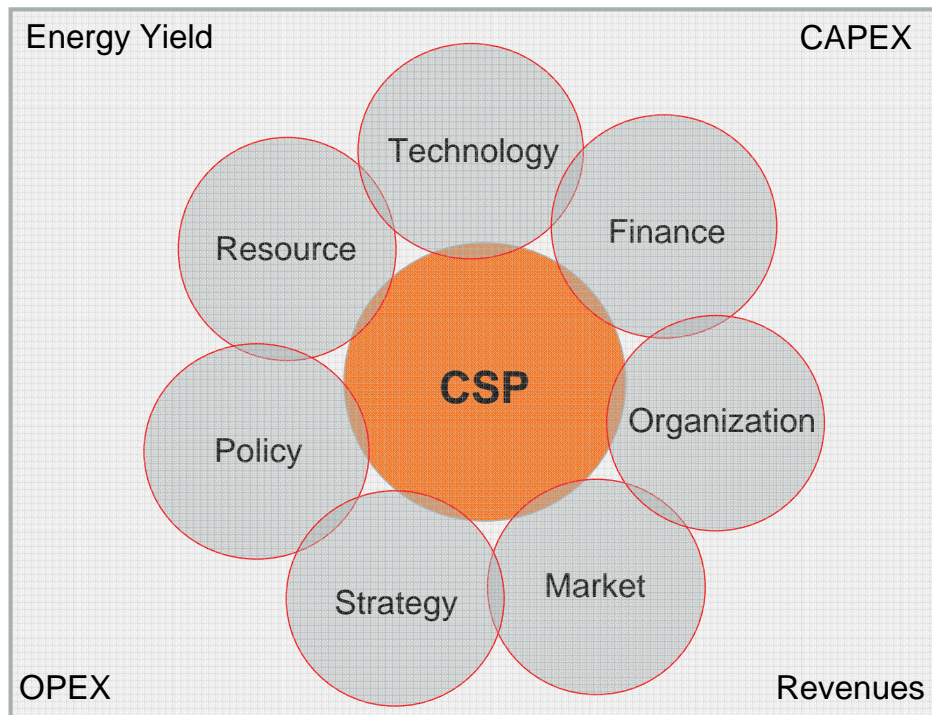
# Inhalt

- Einführung
- Übersicht zur Technik
- Projektentwicklung und Risiken
- Kosten und Marktentwicklung
- Potenziale
- Herausforderungen
- Trends und Ausblick

## Typischer Projektzeitplan



# CSP Projekt Risikokategorien



© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**  
ISE

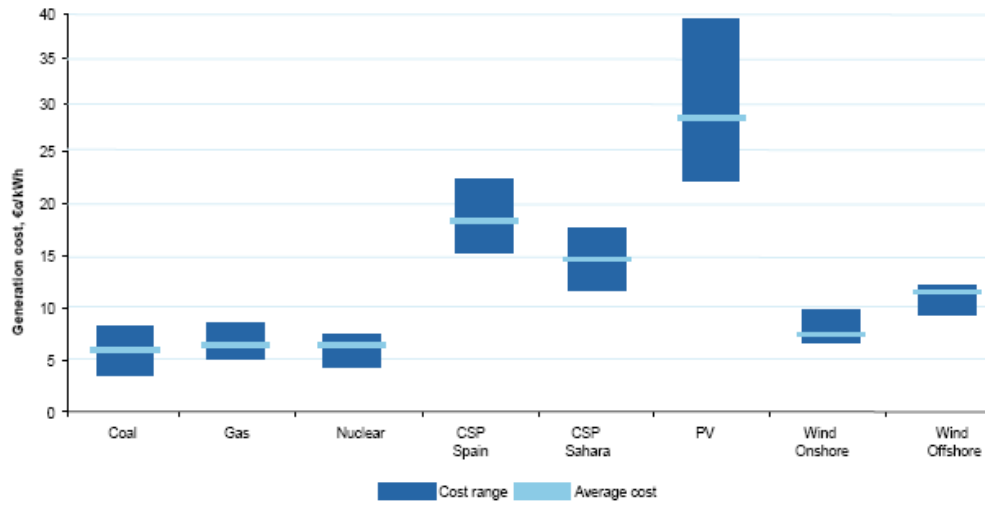
## Inhalt

- Einführung
- Übersicht zur Technik
- Projektentwicklung und Risiken
- **Kosten und Marktentwicklung**
- Potenziale
- Herausforderungen
- Trends und Ausblick

© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**  
ISE

# Comparison of LCOE conventional and renewable energy

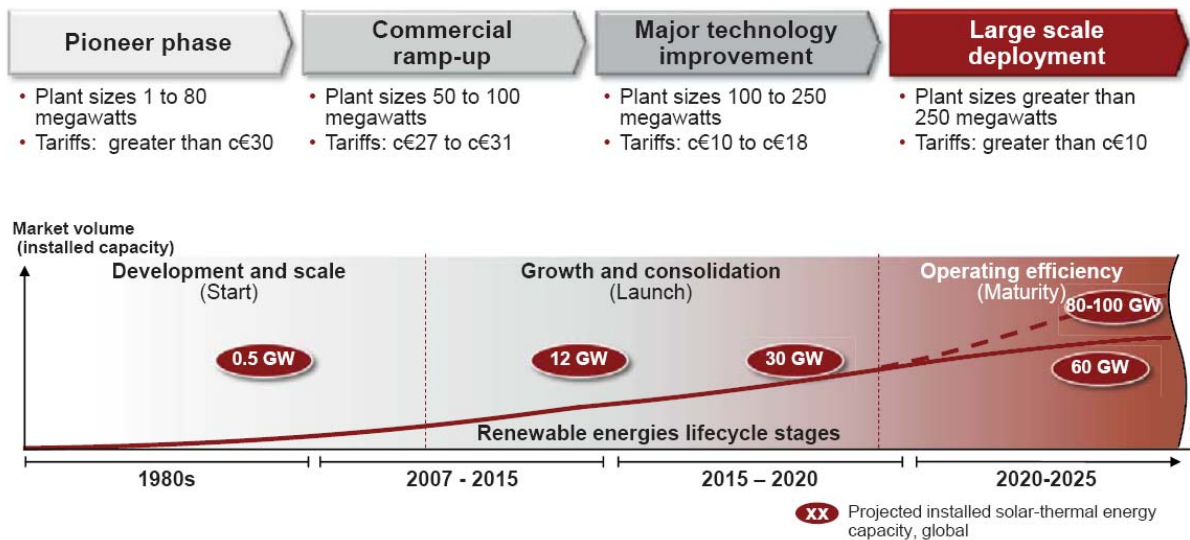


Source: PWC 2010

© Fraunhofer ISE



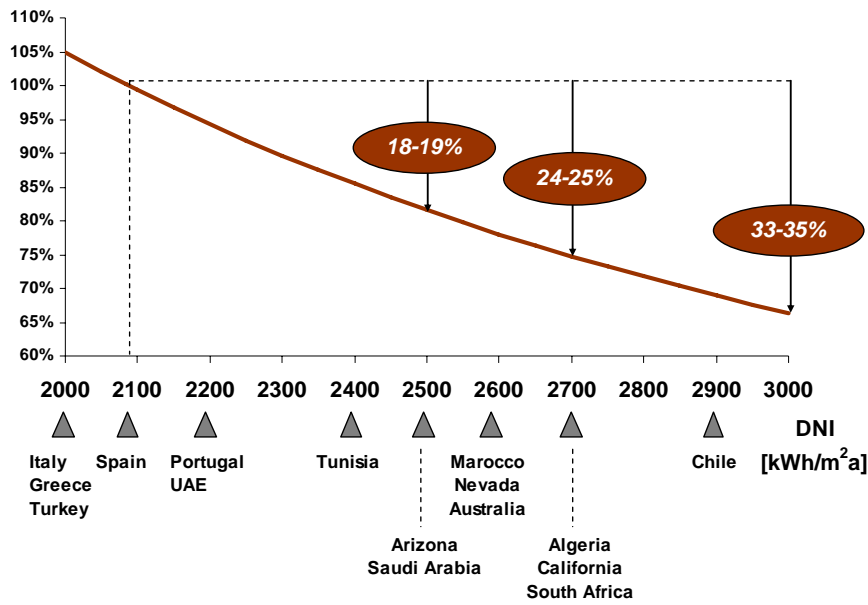
## ESTELA Roadmap der CSP-Industrie



© Fraunhofer ISE



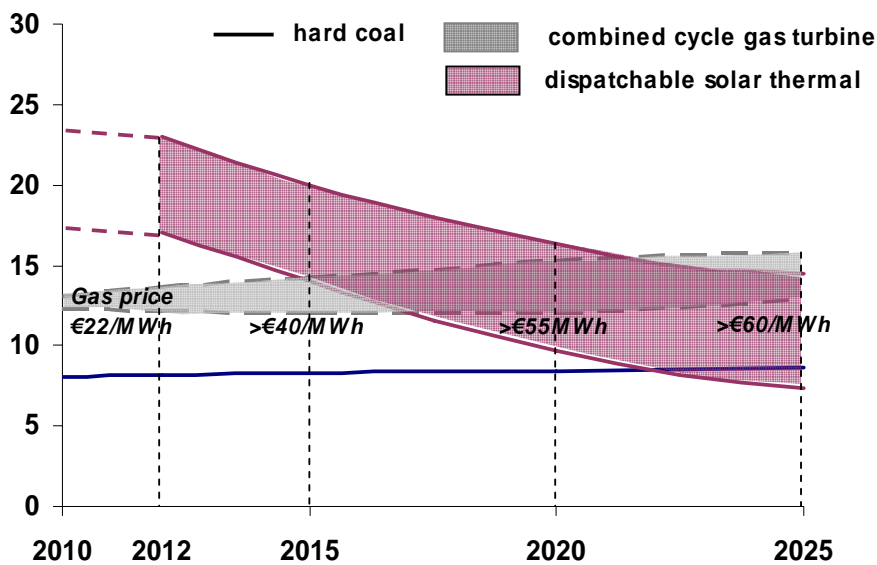
# Einfluss der Einstrahlung



Output in comparison to reference plant in Spain (100%)

Source: ESTELA/Kearney

# Vergleich Stromgestehungskosten



Includes cost and efficiency improvements and economies of scale

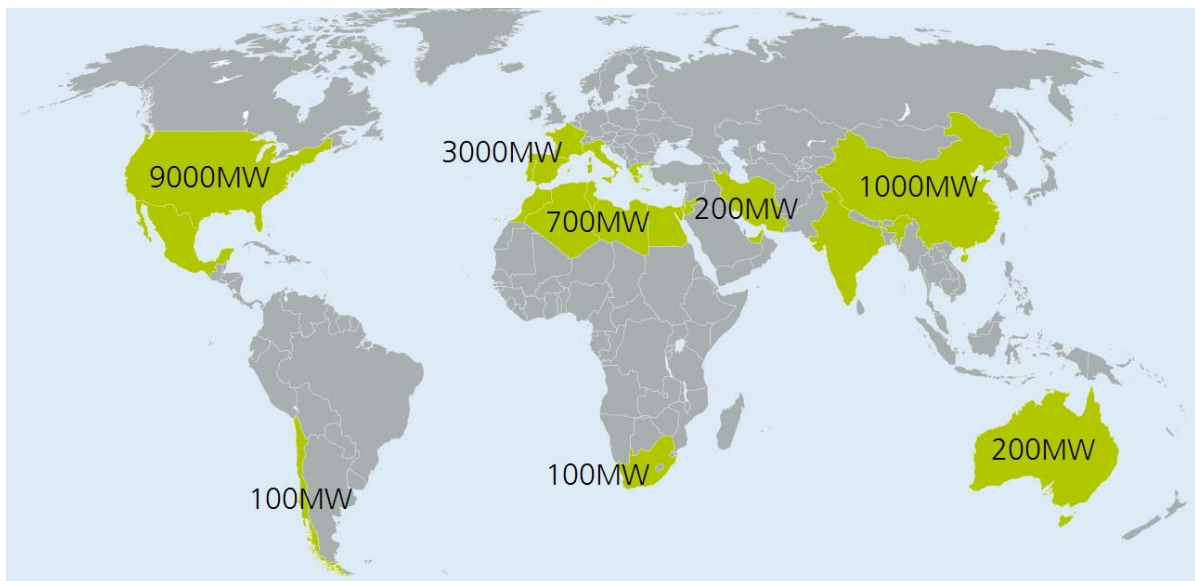
Source: ESTELA/Kearney

# Inhalt

- Einführung
- Übersicht zur Technik
- Solarthermische Kraftwerke im Netz
- Kosten und Marktentwicklung
- **Potenziale**
- Herausforderungen
- Trends und Ausblick

## Existierende und geplante Solarthermische Kraftwerke

1 GW in Betrieb, 3 GW im Bau, >10 GW in Entwicklung

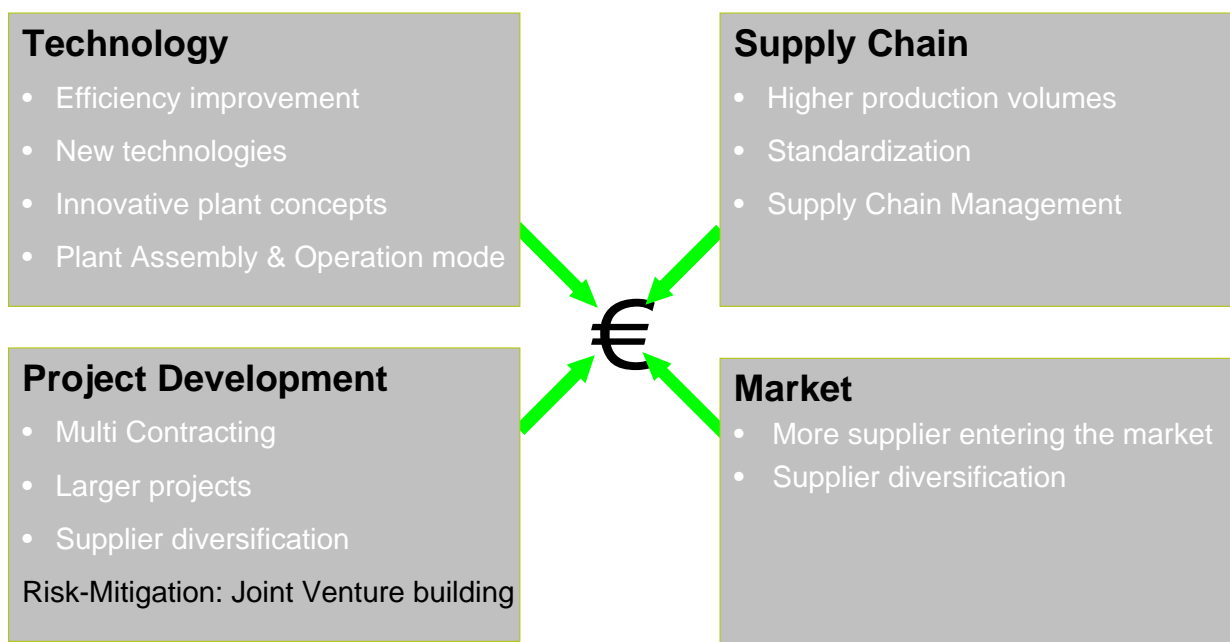




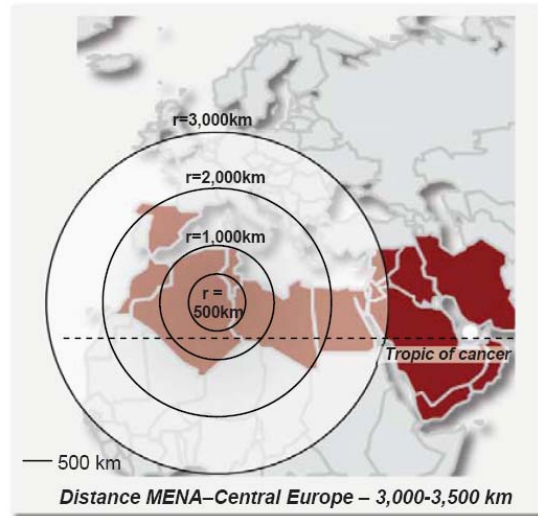
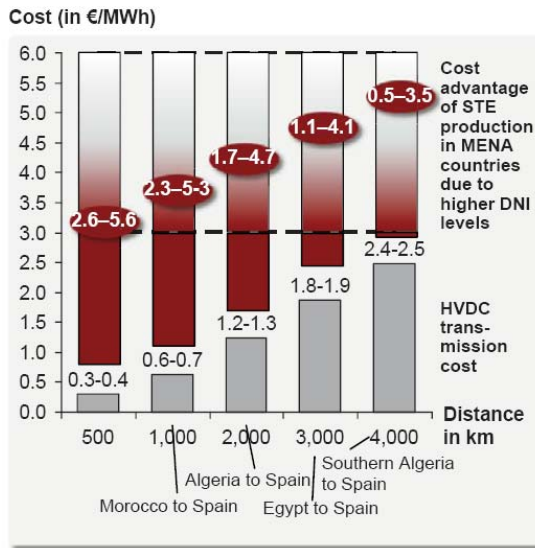
# Inhalt

- Einführung
- Übersicht zur Technik
- Projektentwicklung und Risiken
- Kosten und Marktentwicklung
- Potenziale
- Herausforderungen
- Trends und Ausblick

## Kostenreduktion



# Leitungskosten vs. Einstrahlungspotential



(1) Includes cost of transmission losses –  
Note: transmission cost for HVAC not considered; cost efficient HVDC connection considered as prerequisite for large scale deployment STE in MENA region;  
Sources: A.T. Kearney analysis; Industry analysis

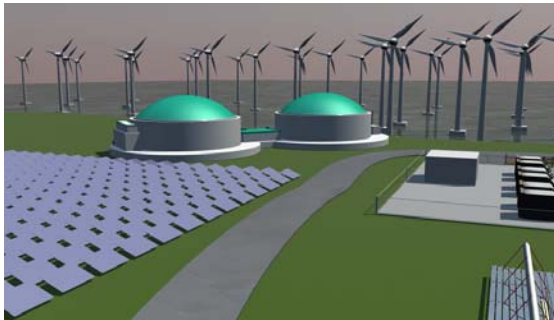
## Inhalt

- Einführung
- Übersicht zur Technik
- Projektentwicklung und Risiken
- Kosten und Marktentwicklung
- Potenziale
- Herausforderungen
- Trends und Ausblick

# Desertec - Vision eines Stromverbundes



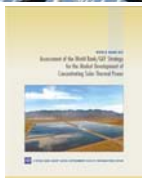
Desertec Foundation



© Fraunhofer ISE

- Stromproduktion aus EE:
  - Photovoltaik
  - Wind
  - Solarkraftwerke
- Stromtransport nach Europa via HGÜ
- Fraunhofer assoziiertes Mitglied Desertec Industrial Initiative  
Vertreter: Prof. Eicke Weber

## Solarthermische Kraftwerke ISE-Aktivitäten im Überblick



- Material- und Komponentenentwicklung
  - Vakuumabsorberrohre
  - Luftstabile- und Hochtemperaturabsorber
  - Sekundärspiegel
- Experimentelle Qualifizierung
  - Optische Qualität und Konzentration
  - Thermische Performance und Wärmeverluste
- Kraftwerke & Kollektoren
  - Kollektordesign
  - Techno-Ökonomische Modellierung
  - Solare Polygeneration (KWK/KWKK)
  - Hochtemperaturspeicherung
- Studien, Gutachten, Seminare

# Fraunhofer Gesellschaft und Desertec

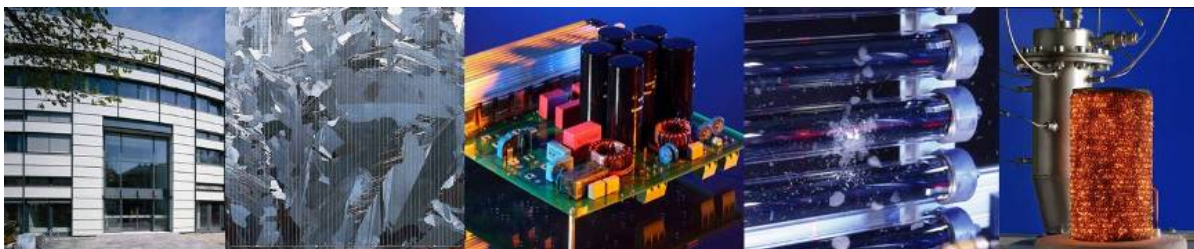
- Solarthermische Kraftwerke
- Photovoltaische Kraftwerke
- Windenergie
- Elektrische Netze und Übertragungstechnik
- Energiespeicher und Speichersysteme
- Energiewirtschaftliche und politische Rahmenbedingungen
- Projekt- und Produktionsorganisation
- Ganzheitliche Bewertung und Evaluierung der Nachhaltigkeit



© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**  
ISE

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



### Fraunhofer-Institut für Solare Energie Systeme ISE

[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)

Dr. Werner Platzer

[werner.platzer@ise.fraunhofer.de](mailto:werner.platzer@ise.fraunhofer.de)

© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**  
ISE