



Technologieszenarien im Bereich der erneuerbaren Energien

**Massimo Moser,
DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt),
Institut für Thermische Thermodynamik**

Bozen, 22. Juli 2011

Das DLR im Überblick

- Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt
- Ca. 6900 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, 32 Institute bzw. Test- und Betriebseinrichtungen, 15 Standorten
- Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr
- Institut für Technische Thermodynamik:
 - Systemanalyse und Technikbewertung
 - Thermische Prozesstechnik
 - Elektrochemische Energietechnik
- Abteilung Systemanalyse und Technikbewertung (Ressourcen und Energiepotentiale, Energieszenarien, Förderinstrumente und Ökonomische Aspekte, Marktstrategien für solarthermischen Kraftwerken)

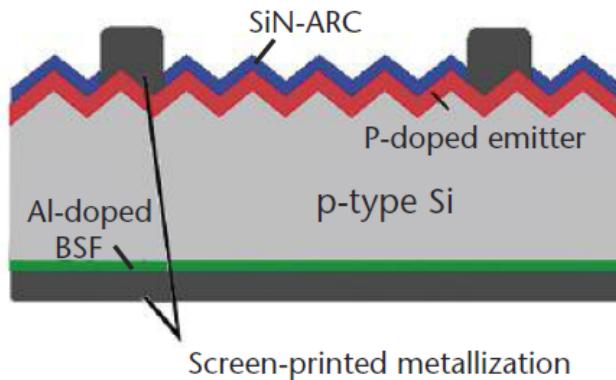
Projekt Energietechnologien 2050

- Technologiebeschreibung und Entwicklungsstand
- Zukünftige Entwicklungen und Entwicklungshemmnisse
- F&E Empfehlungen

Betrachtete Technologien:

- Photovoltaik
- Niedertemperatursolarthermie
- Konzentrierende solarthermische Kraftwerke
- Windenergie
- Geothermie
- Biomassenutzung

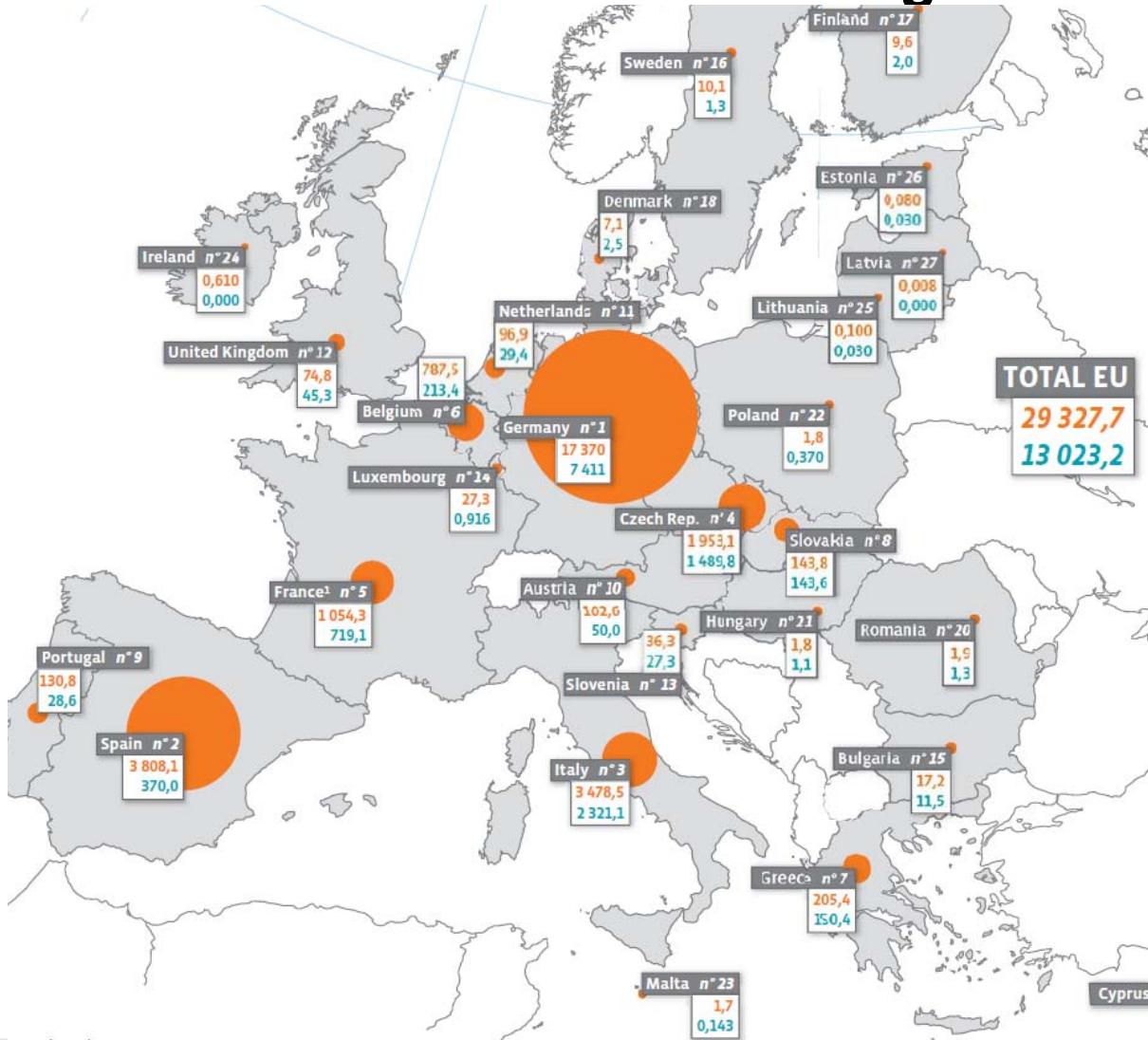
PV – Stand der Technik



- Silizium-Wafer-Solarzellen (80 % des Weltmarktes)
- Ca. 200 µm dicke multi- oder monokristalline p-dotierte Si-Scheibe
- Mit Phosphor dotierter Emitter
- Texturierte Vorderoberfläche
- Ganzflächiges Al-dotiertes BSF (back surface field)
- Mit Siebdruckverfahren aufgebrachte Front- und Rückenseitenkontakte
- η monokristallines Si 17 % - 18 %
 multikristallines Si 16 % - 17 %
- Aktuelle Entwicklungen: weitere Steigung des Wirkungsgrades durch neue Produktionsprozesse (Lasertechnik, Galvanik zur Abscheidung der Metalle) und Optimierung der Metallkontakte

PV - Kumulierte bzw. in 2010 installierte Leistung

Anlage Montalto di Castro (VT)	
Module	SunPower® 305W
Projektentwickler	SunRay RE
Leistung	24 MWp
Stromerzeugung	40 GWh/j
Landnutzung	80 ha
Investition	120 Mio. €



Weitere PV-Technologien

	Dünnschichtzellen			Konzentrierende PV	Farbstoffzellen
Eigenschaften	Automatisierte Fertigung (R2R) Monolithische und integrierte Verschaltung Leichte Gebäudeintegration			Hohe Wirkungsgrade Nachführung/Kühlung erforderlich Nur DNI anwendbar	Konjugierte Polymere / Moleküle Verteilter Heteroübergang
Typen	a-Si/ μ -Si	CdTe	CIS	III–V 3-fachstapelzelle	Farbstoff / organisch
Moduleffizienz (Ziel)	8% (15%)		10% (25%)	(>40%)	
Entwicklungsstadium	Kommerziell			Demonstration	F&E
Forschungsthemen	Neue Materialien (Chalkopyrit, Kesterite) und Herstellungsprozesse			Neue Materialien Optimale Optik / Konzentration	Erhöhung der Lebensdauer Stapelzellen



F&E Empfehlungen - Photovoltaik

- Intensive und interdisziplinäre Kooperation zwischen Forschung und Anlagenbau
 - Synergien mit bereits etablierten Produktionsprozessen (z.B. chemische Industrie)
 - Beschleunigung der Technologiezyklen
 - Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit
- Forschung der gesamten Wertschöpfungskette
 - Zellkonzepte: neue Materialien, Herstellungsprozesse
 - Systemeinbindung: intelligente Systemintegration, Prognoseverfahren

Niedertemperatur-Solarthermie – Stand der Technik

	Flachkollektoren	Standardmodule 1m x 2m (größter Teil des Marktes) Hoher Automatisierungsgrad bei der Fertigung Mit Aluminiumprofilrahmen (seltener Holzrahmen) Konversionsfaktor: 75 % - 85 %
	Vakuumkollektoren	Sydneyröhren (2 ineinander liegende Glasröhren) Selektive Absorberschicht Oft mit Reflektor hinter den Röhren Konversionsfaktor: 62 % - 82 %
 	Warmwasserspeicher	Für Trinkwassererwärmung: Tanks aus emailliertem Stahl (seltener Edelstahl / Kunststoff) Kombispeicher: 500 – 1000 m ³ , Trinkwassererwärmung mittels „tank-in-tank“ oder externer Wärmeüberträger
	Saisonale Wärmespeicherung in Wärmenetzen	Nahwärmeversorgung von Gebäudekomplexen Freistehend: teuer / nur als Pufferspeicher anwendbar
	Solare Kälte	Geschlossene wärmebetriebene Kreisläufe / Offene Verfahren Nur Pilotprojekte (in Europa ca. 400 Anlagen)

Installierte Kollektorfläche (Deutschland)

Marktdaten 2009

Neu installiert: 1.000 MW = 1,55 Mio. m²

Gesamt installiert: .. 9.000 MW = 12,9 Mio. m²

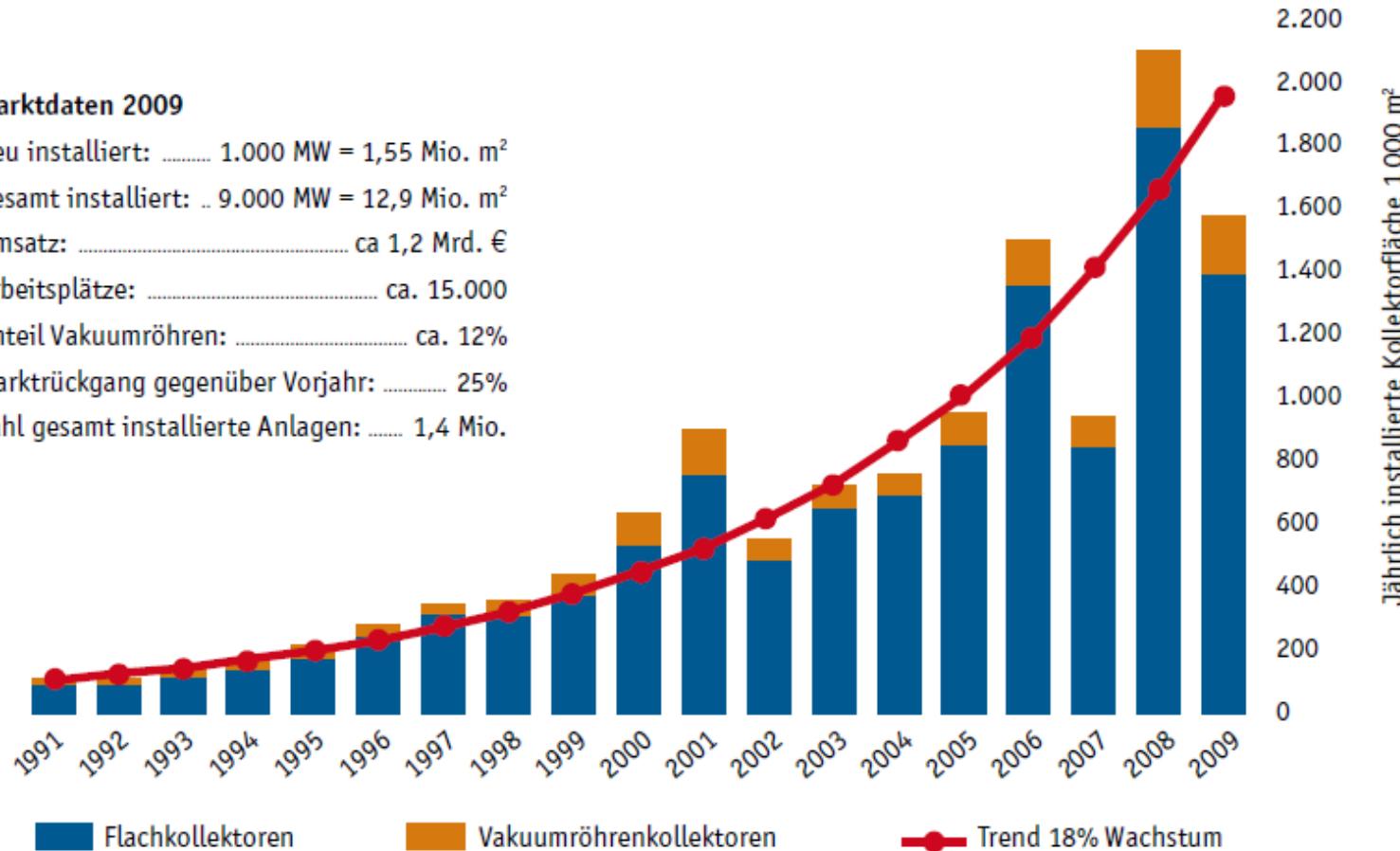
Umsatz: ca 1,2 Mrd. €

Arbeitsplätze: ca. 15.000

Anteil Vakuumröhren: ca. 12%

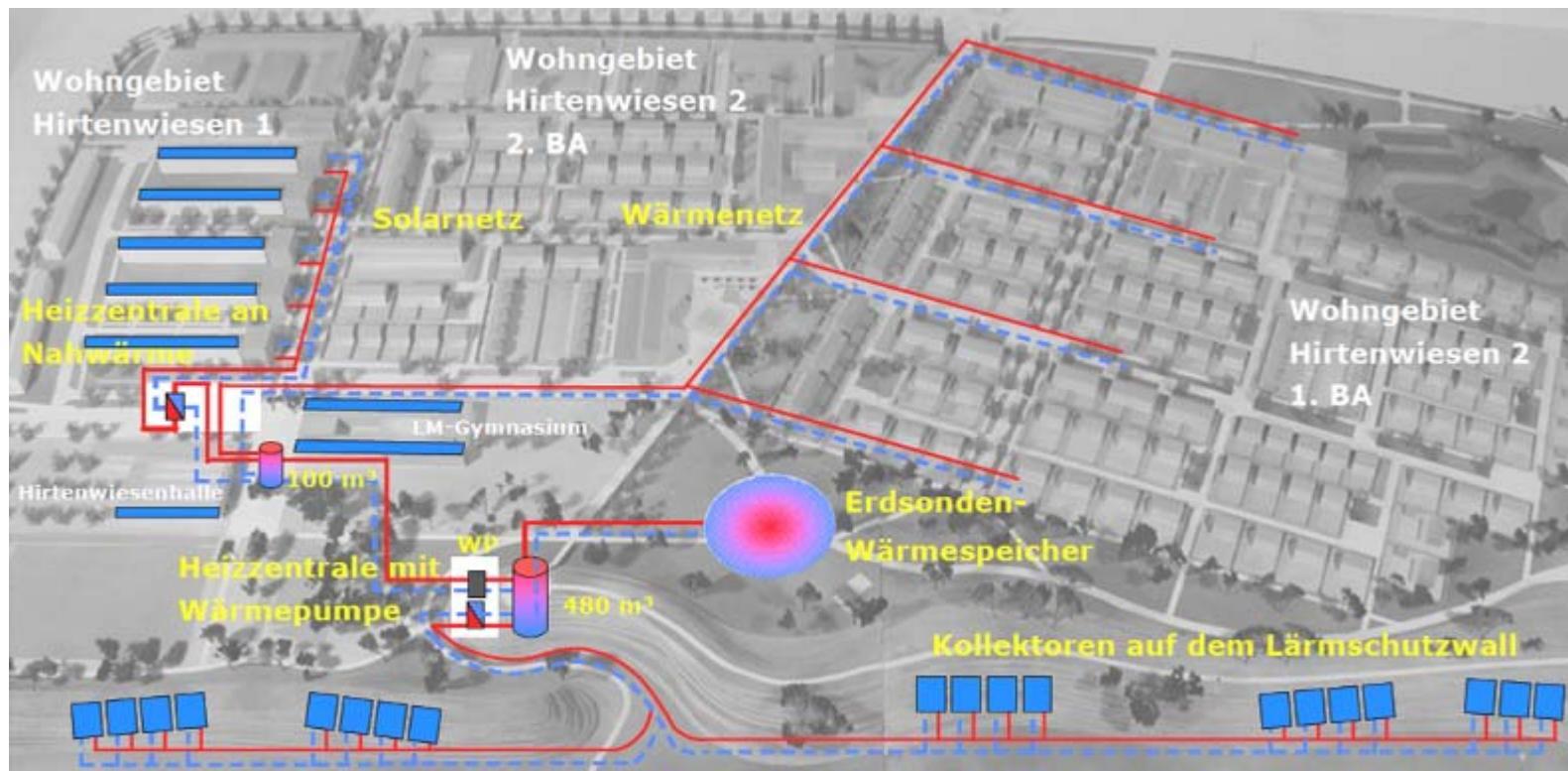
Marktrückgang gegenüber Vorjahr: 25%

Zahl gesamt installierte Anlagen: 1,4 Mio.



Solare Nahwärme Crailsheim (BW)

Leistung	7 MWth	Solarer Anteil	ca. 50 %
Kollektorfläche	10000 m ²	Back-up	Erdgas / BHKW
Pufferspeicher (2)	100 m ³ / 480 m ³	Investition	7,8 Mio. €
Erdsondenspeicher	ca. 75000 m ³	Wärmepreis	19 €cent/kWh





F&E Empfehlungen – Solare Wärme und Kälte

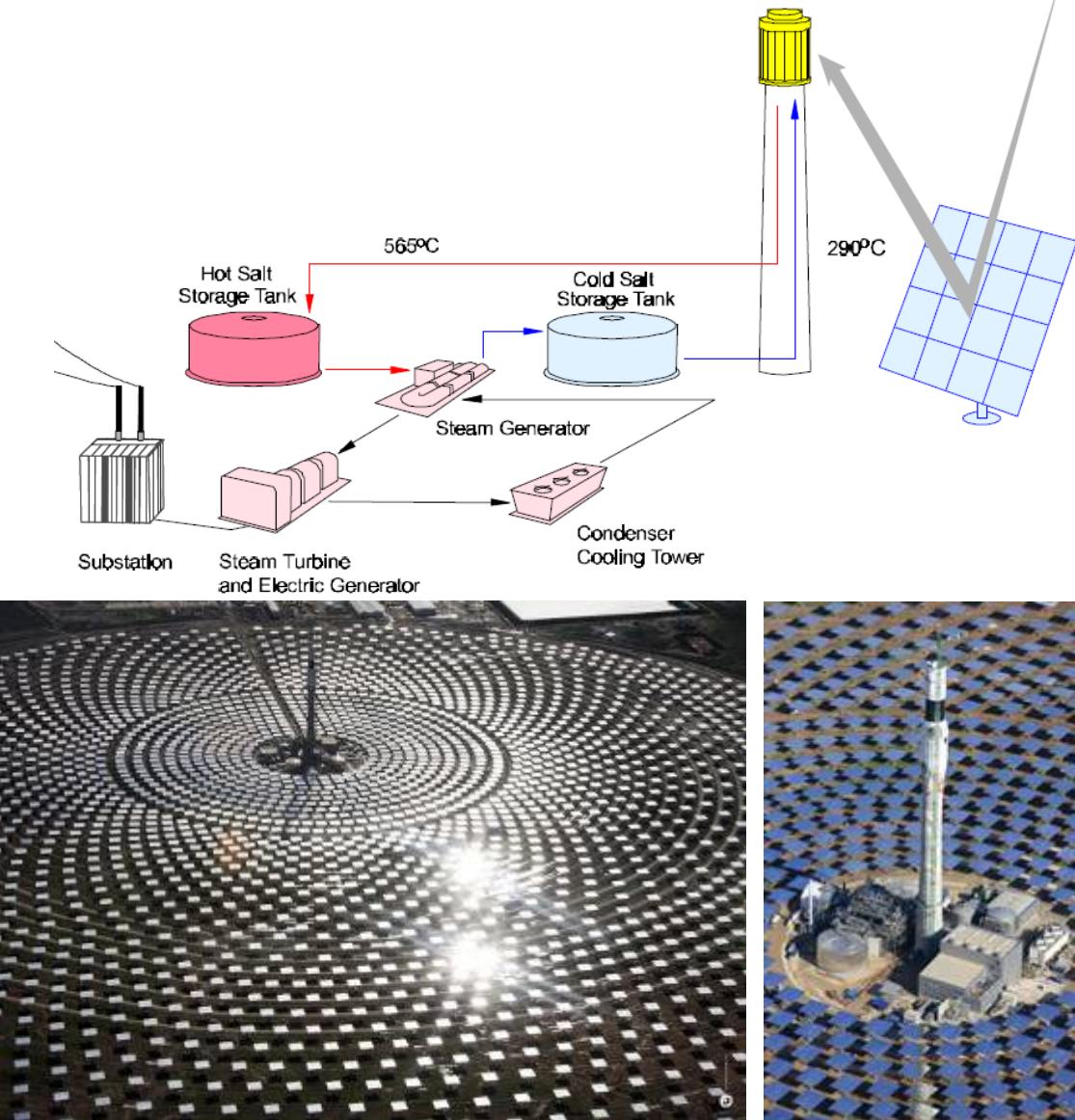
- Kollektor 2015: neue Materialien (Kunststoffe), Optimierung der Kollektorfertigung und Reduzierung des Primärenergiebedarfs, neue Kollektortypen (Luftkollektoren, PVT, Prozesswärme bis 250 °C)
- Solaraktivhaus: Gebäude- und Systemintegration, Untersuchung von Technologievarianten, Entwicklung von Planungstools, Multifunktionale Gebäudekomponenten, Pilotprojekte
- Wärmespeicher: Grundlagen-Materialforschung (Latent- und thermo-chemische Speicher), Optimierung von Speicherdesign und Betrieb, Reduzierung der Wärmeverluste (Vakuumdämmung, Nanoschäume)
- Solare Kälte: neue Materialien, effiziente Kühlungswerke, Kühlmaschinen kleiner Leistungsklassen (< 10 kW), Standardisierung
- Solare Prozesswärme: Standardisierung, Qualitätssicherung, Pilotanlagen

Konzentrierende solarthermische Kraftwerke

	Parabolrinne	Fresnel-Reflektor	Solarturm
			
Anlagen in Betrieb (EU)	605 MW	2,4 MW	49 MW
Wärmeträger-fluid	Thermoöl / SalzsSchmelze	Wasser-Dampf	Wasser-Dampf / SalzsSchmelze
Speicher	2-Tank Salzspeicher	-	2-Tank Salzspeicher
Max. Temp	390 °C (565 °C)	450 °C	565 °C

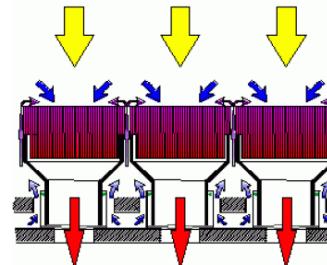
Gemasolar

Gemasolar (Fuentes de Andalucía)	
Projektentwickler	Torresol Energy
Heliostaten	2650 @ 120 m ²
Turmhöhe	150 m
Leistung	19,9 MW
Speicherkapazität	15 Std.
Stromerzeugung	ca. 100 GWh/j
Landnutzung	185 ha
Investition	ca. 230 Mio. €



F&E Empfehlungen - Solarthermische Kraftwerke

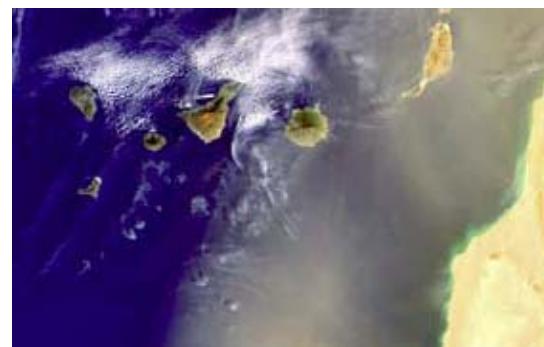
- Wärmeträgermedien und Receiver für höhere Betriebstemperaturen (Direktverdampfung, neue Medien und Receiverkonzepte)



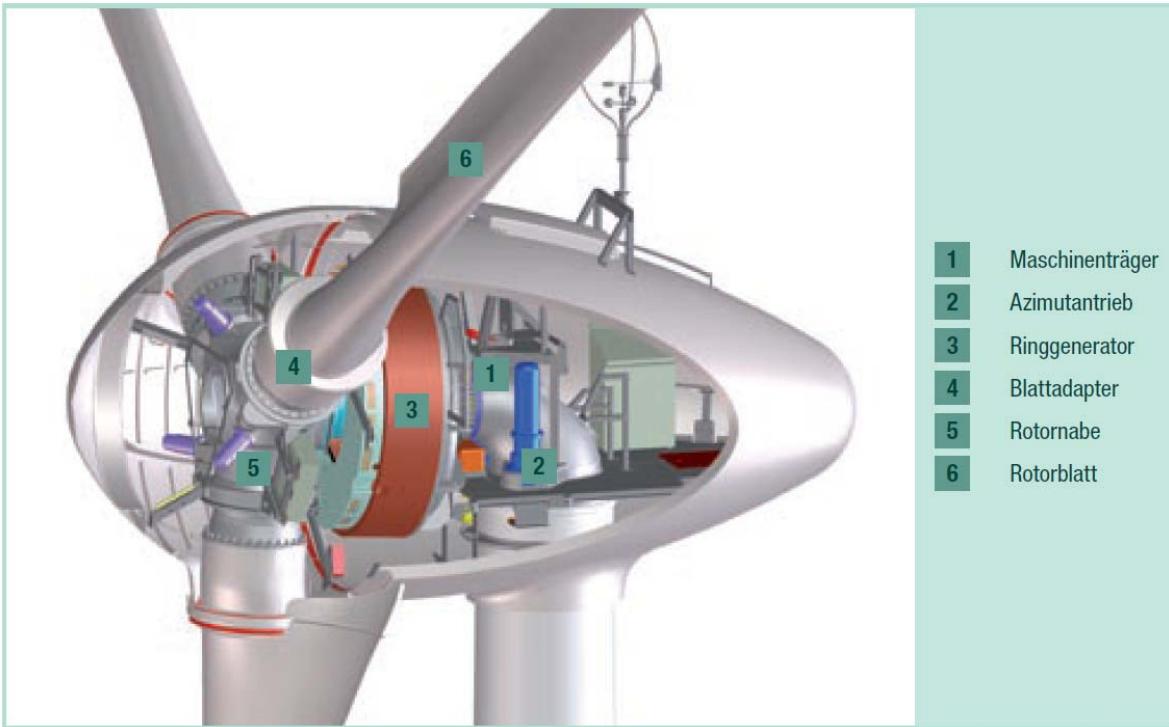
- Thermische Speicher (sensible, latente, thermo-chemische Speicher), neue Speichermaterialien



- Energiemeteorologie (Einfluss von Aerosolen auf DNI, Verbesserung von Satellitendaten und Integration mit Bodenmessungen)



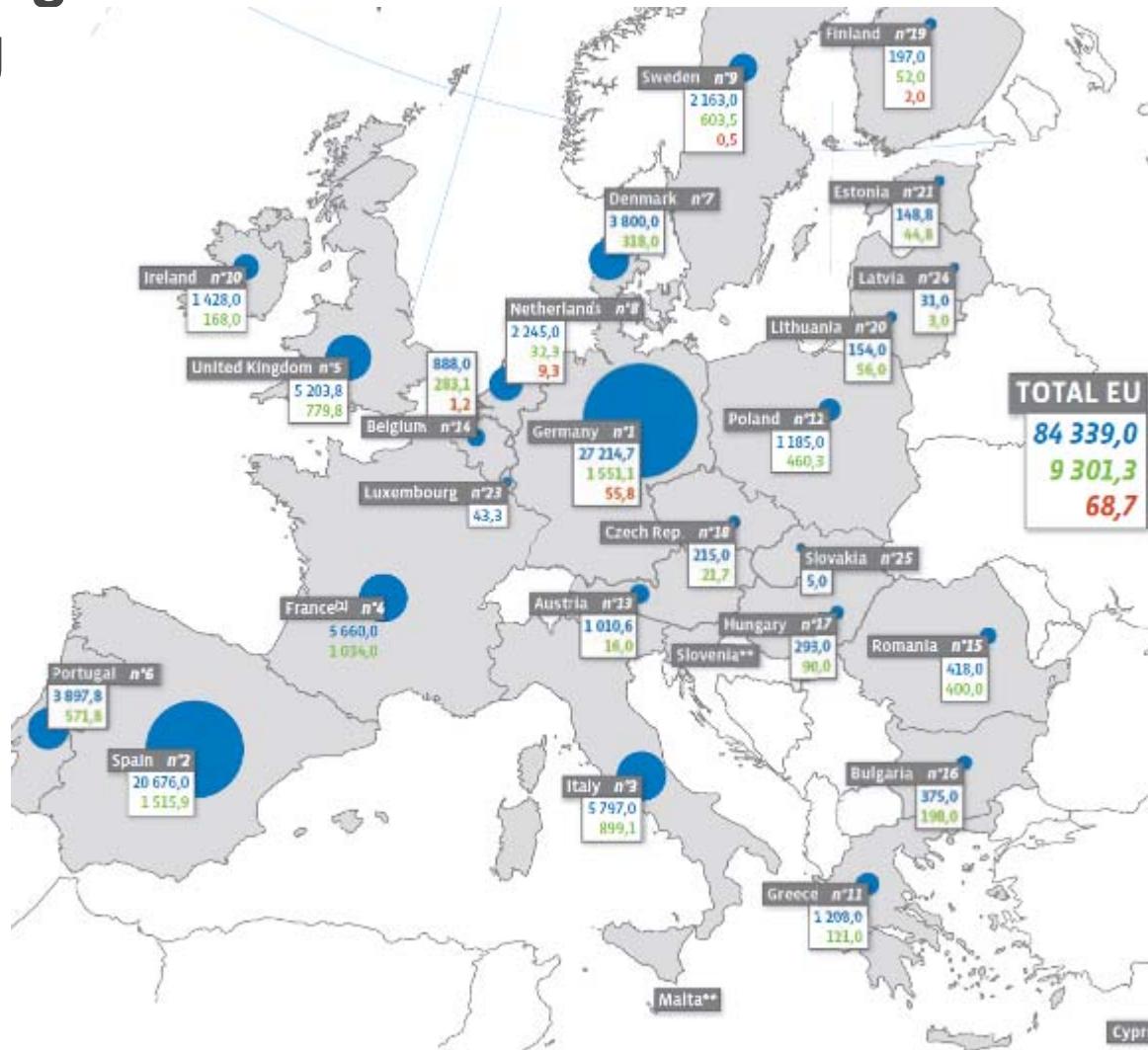
Windenergie – Stand der Technik



E-126

Firma	enercon
Nennleistung	7,5 MW
Rotordurchmesser	127 m
Nabenhöhe	135 m
Abschaltgeschw.	> 28 m/s
Anlagenkonzept	Getriebelos, Einzelblatt- verstellung

Windenergie - Kumulierte bzw. in 2010 installierte Leistung



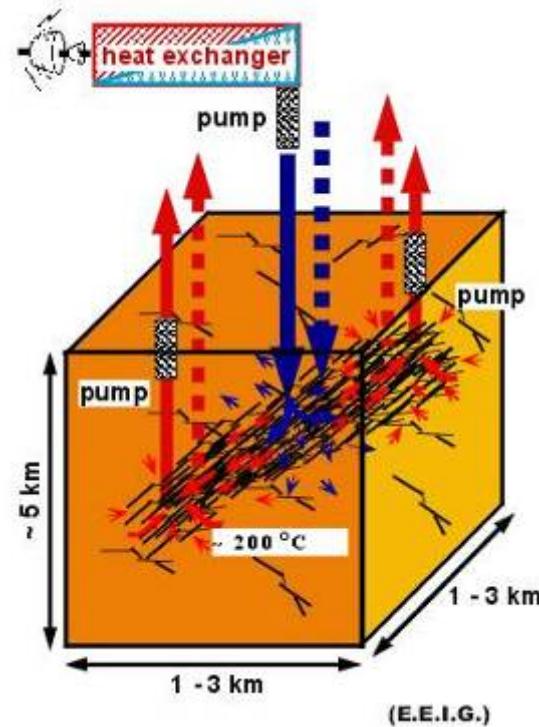
F&E Empfehlungen - Windenergie

- Permanent-erregte getriebelose / supraleitende Generatoren (Reduktion der Turmkopfmasse)
- Prognosemethoden (zeitlich und räumlich hochauflöste Potentialanalysen, Off-shore Windenergiemeteorologie)
- Lastreduzierung mit neuen Rotoren und Anlagenregelungen (Einzelblattverstellung, aktive Turmschwingungsdämpfung)
- Neue Konzepte für schwimmende Windenergieanlagen für tiefes Wasser
- Netzintegration (Regelbarkeit, Bereitstellung von Systemdienstleistungen)

Geothermie

- Heißwasseraquifere sind selten und mit hohen Bohrkosten verbunden (ca. 1 Mio. €/km)
- Unkonventionelle Systeme (Enhanced geothermal systems, EGS): trockene Gesteininformationen („hot dry rock“) außerhalb vulkanisch aktiver Zonen (3-5 km Tiefe). Technische und wirtschaftliche Barrieren erschweren die Nutzung von EGS Systemen

Anlage Soultz-sous-Forêts (Elsass)	
Fördertemperatur	175 °C
Tiefe	5 km
El. Leistung	1,5 MW
Kreisprozess	ORC
Probetrieb	2008





F&E Empfehlungen - Geothermie (Enhanced Geothermal Systems)

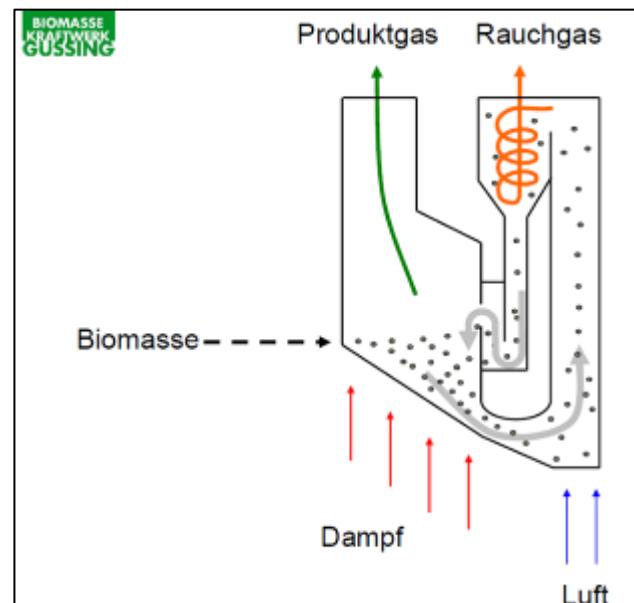
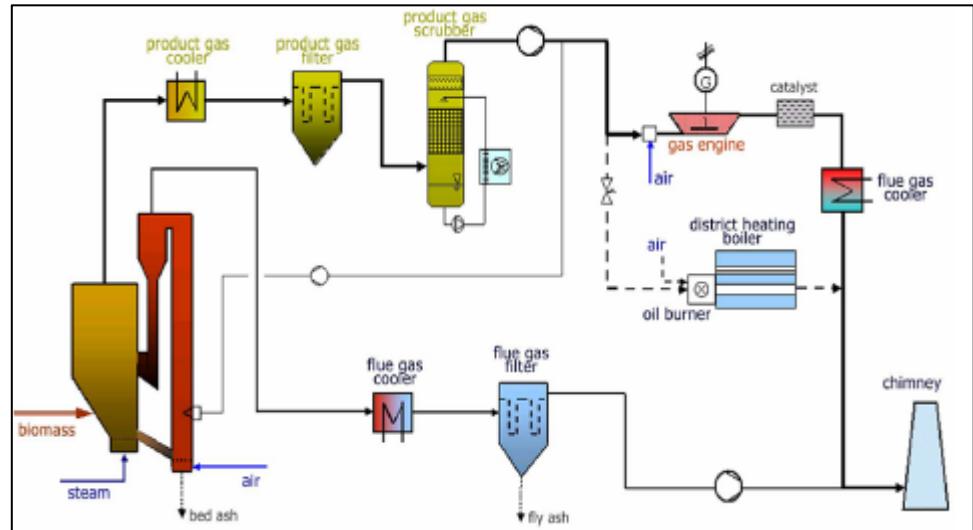
- Minderung von Kosten und Risiken bei der Erschließung von Lagerstätten (Methoden zur Erkundung der geologischen Struktur, Bohr- und Fördertechnologien)
- Planungssicherheit für langfristig F&E-Vorhaben
- Bau von 1-2 Pilotanlagen zur Demonstration der Realisierbarkeit von EGS

Biomassenutzung

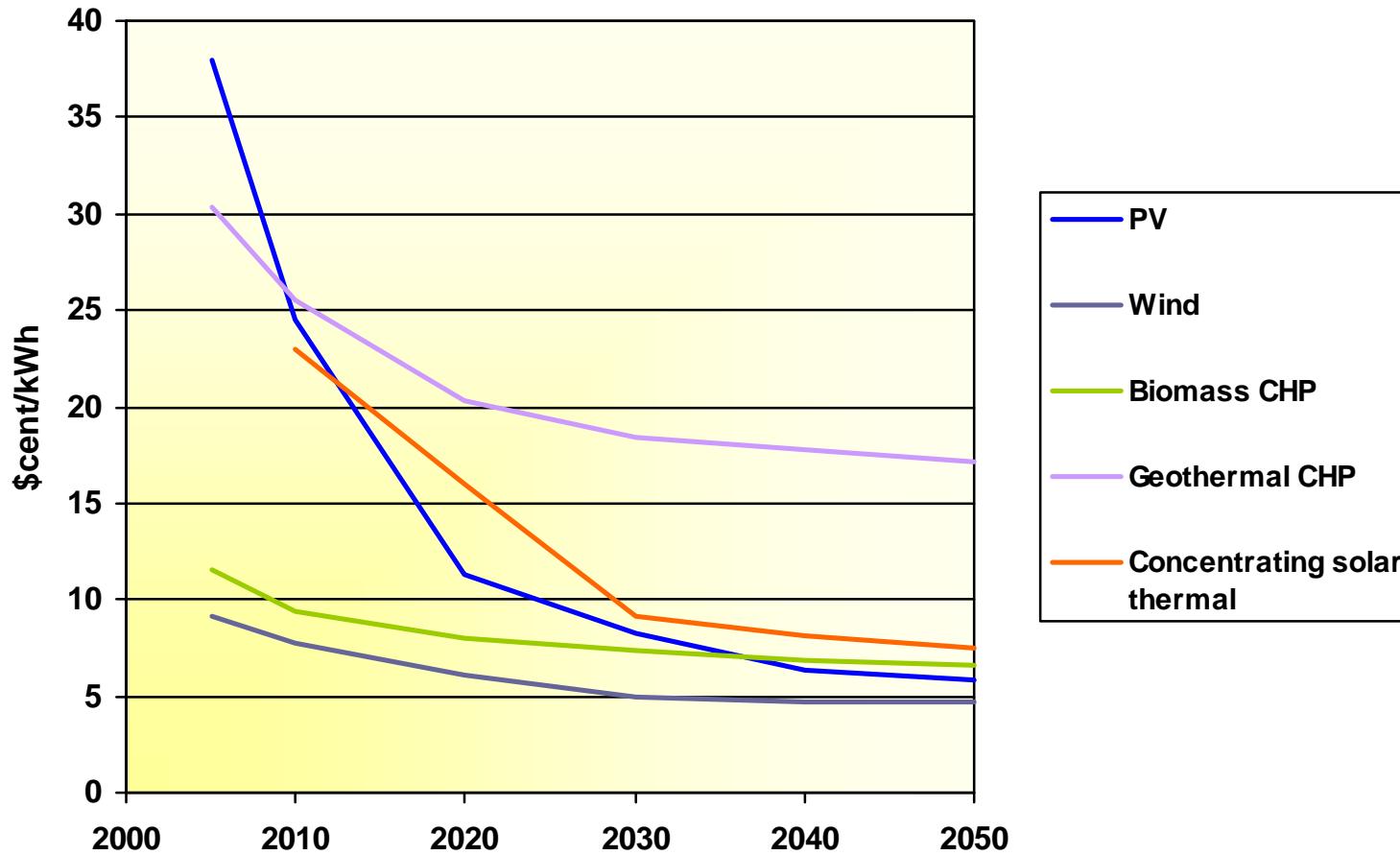
- Einziger erneuerbarer Energieträger, der bei allen Energiebereichen einen Beitrag leisten kann (Deutschland 2009: 5,2 % Strom; 7,7 % Wärme; 5,5 % Kraftstoffe)
- Probleme bzw. Optimierungspotentiale:
 - effizientere Nutzung von Abfällen, Altholz, Halmgut (KWK)
 - Beachtung von Nutzungskonkurrenzen (Naturschutz, Biodiversität)
 - Kaskadennutzungen (genauere Untersuchung der Potentiale erforderlich, Schaffung von geeigneten Anreizinstrumenten)
- Die thermochemische Vergasung ist eine Schlüsseltechnologie für die energetische Nutzung von Biomasse (hohe Rohstoffflexibilität, „Bioraffinerie“)
→ Pilotprojekte starten

Biomassenutzung

Demoanlage Güssing (AT)	
Verfahren: Wirbelschicht-Wasserdampf-Vergasung	
Brennstoff	Holzhackschnitzel
El. Leistung	2 MW
Th. Leistung	4,5 MW
η gesamt	80 %
Investition	9 Mio. €
Inbetriebnahme	Sept. 2001



Ausblick: Entwicklung der Stromgestehungskosten





Ausblick

- Alle Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien sind notwendig, um die langfristigen Ausbauziele zu erreichen
- Sinnvoll aufeinander abgestimmte F&E Aufwendungen und Unterstützung der Markteinführung sichern erfolgreiche Innovation
- Die Prioritäten von F&E Schwerpunkten werden von energie-, umwelt- und industriepolitischen Zielsetzungen beeinflusst
- Sichere und langfristige Rahmenbedingungen müssen geschaffen werden, um den weiteren Ausbau der EE und die damit verbundenen Kostensenkungen zu ermöglichen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!