

Wasserverbrauch und Wassereinsparung bei solarthermischen Kraftwerken

J. Dersch, C. Richter, DLR



DLR

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

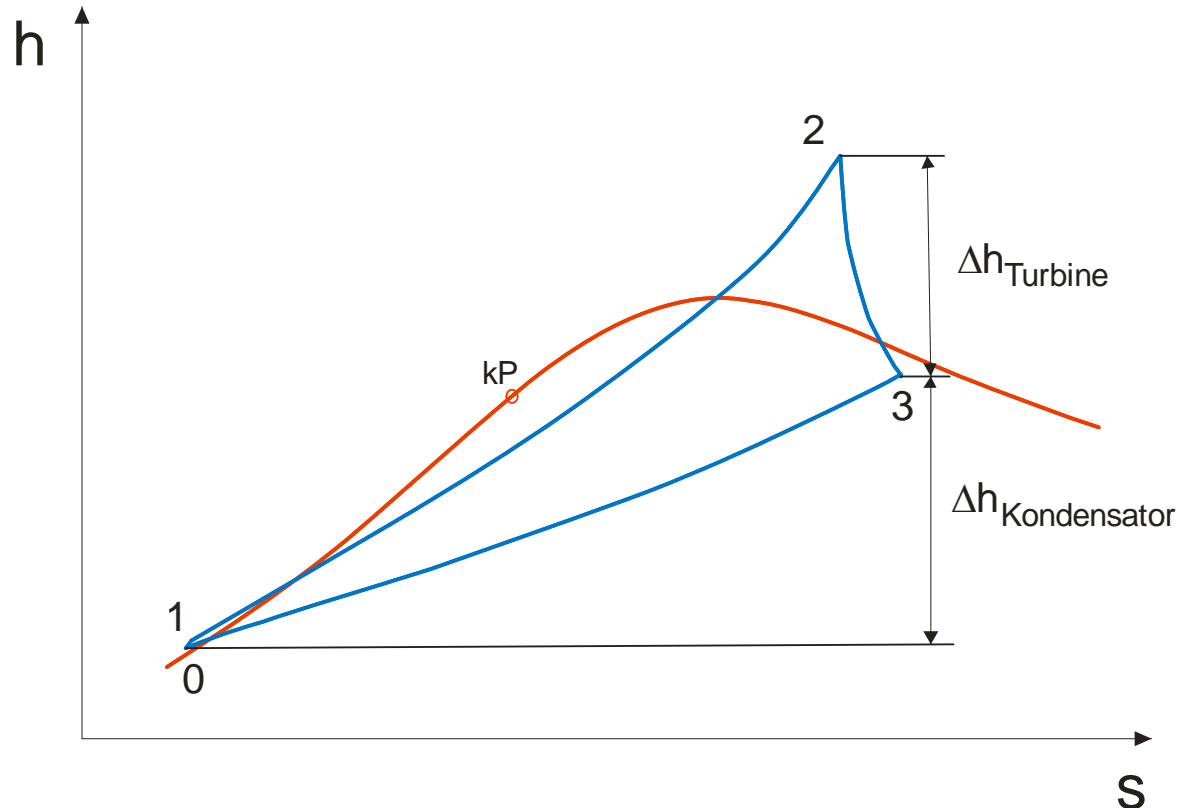


Inhalt

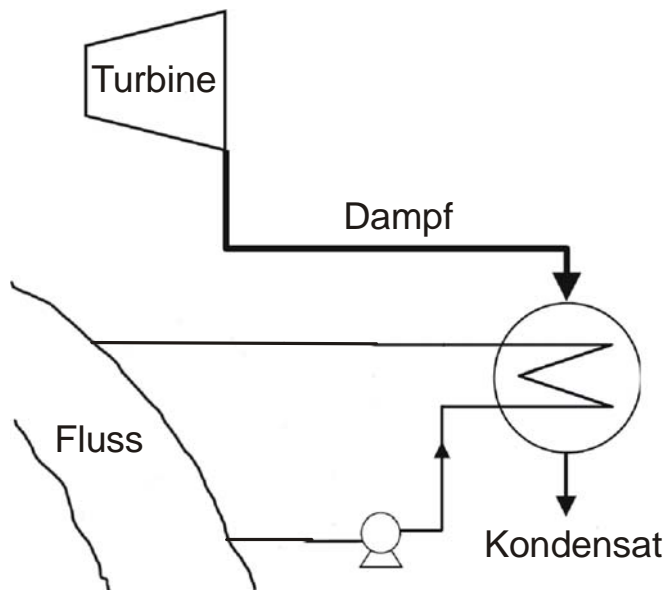
- Grundlagen Kühlung
- Typen von Kühlanlagen
- Meteorologische Daten der Standorte
- Erweiterte Ergebnisse
- Zusammenfassung

Physikalische Zusammenhänge

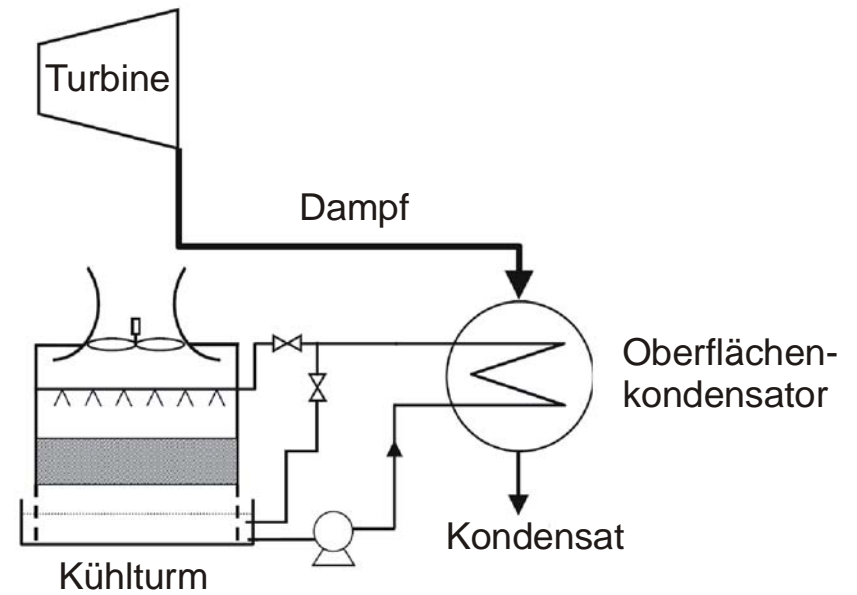
- Solarthermische Kraftwerke arbeiten in der Regel nach dem Clausius-Rankine Kreisprozess
- Die Leistung der Turbine ist umso größer, je niedriger der Kondensationsdruck ist
- Der Kondensationsdruck wiederum hängt von der Temperatur ab
- Eine Wärmesenke mit möglichst niedriger Temperatur verbessert den Wirkungsgrad



Kühloptionen 1:

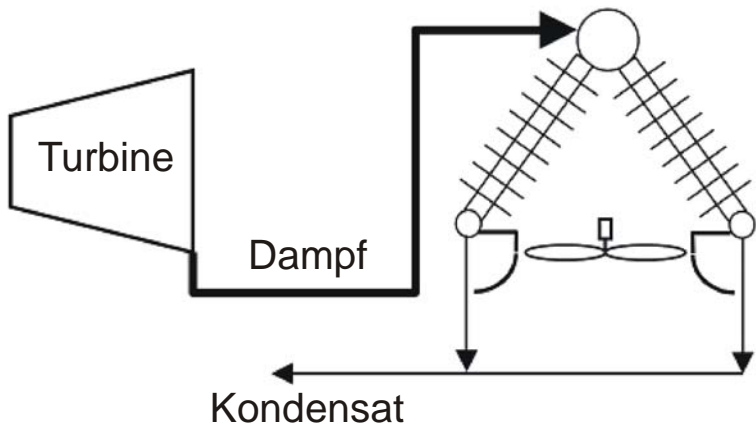


Durchlaufkühlung

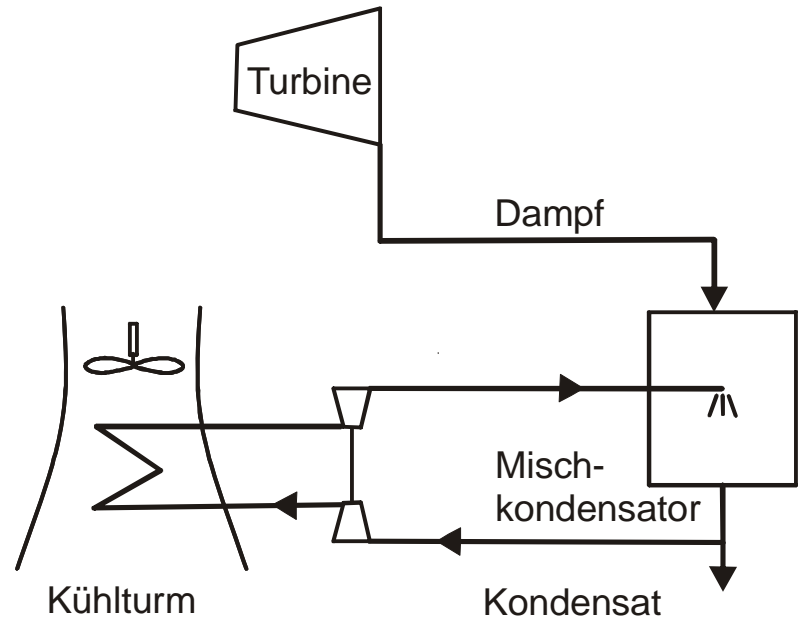


Nasskühlturm

Kühloptionen 2: Trockenkühlung



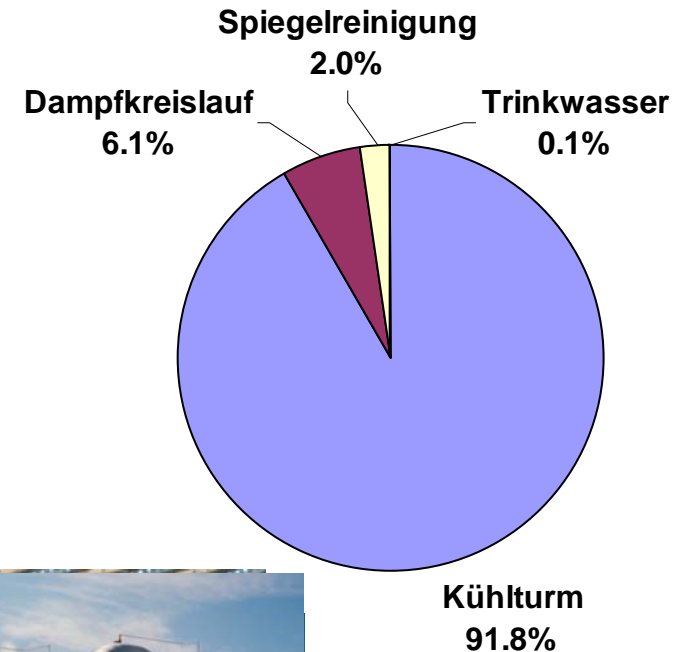
Luftgekühlter Kondensator







Heller Kühlsystem

Typischer Wasserverbrauch eines solarthermischen Kraftwerks mit Nasskühlturm

- Spez. Wasserverbrauch der SEGS-Anlagen ca. 3800 l/MWh (bezogen auf die Netto-Stromerzeugung)
- Der größte Anteil entfällt auf die Kühlung
- Der Dampfkreislauf verbraucht Wasser für Abschlammung, Entgasung, Stopfbuchsendampf...
- Die Spiegelreinigung macht nur etwa 76 l/MWh aus. (27 l/m²a)



Übergang auf Trockenkühlung

- Wasserverbrauch 
Geschlossenes Kühlsystem
- Investitionskosten 
Größere Wärmeübertragungsflächen
- Brutto-Wirkungsgrad 
Höherer Kondensatordruck
- Eigenverbrauch 
Höhere Antriebsleistung

Quelle: SPX

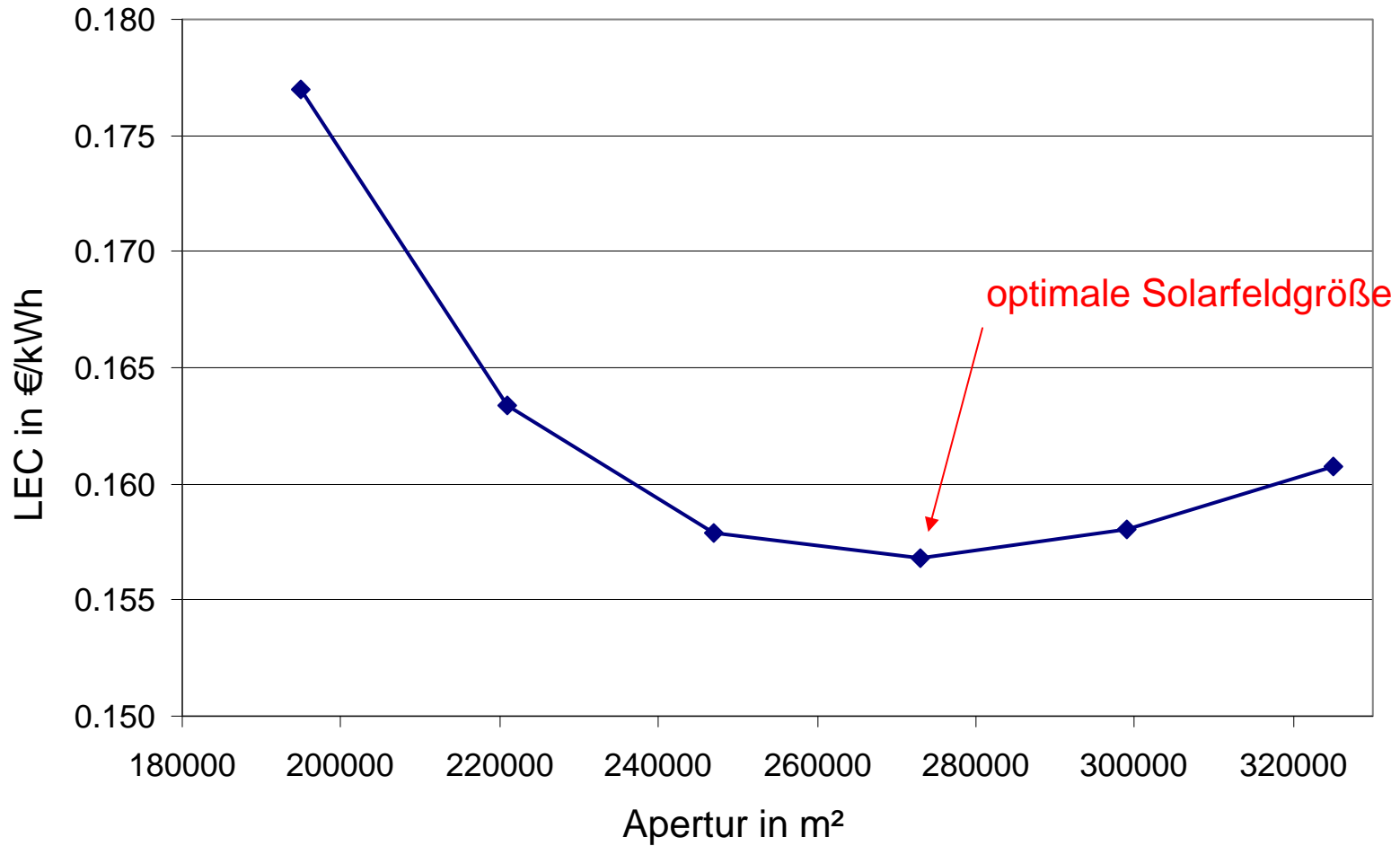


Quelle:
GEA

Das Projekt EFCOOL

- Jahressimulationen für unterschiedliche Standorte mit einem stationären Modell
- Kennlinien-Modelle für die unterschiedlichen Kühlsysteme
- Es wurden Jahresertrags-Simulationen mit stündlicher Auflösung durchgeführt
- Für jede Anlage und jeden Standort wurde jeweils die Solarfeldgröße optimiert
- Referenzsystem: Parabolrinnenkraftwerk 50 MW mit Nasskühlturm
- Vergleich Jahresertrag an Elektrizität, LEC und Wasserverbrauch
- Förderung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (FKZ: 16UM0077)
- Zwei zusätzliche Standorte

Die optimale Solarfeldgröße

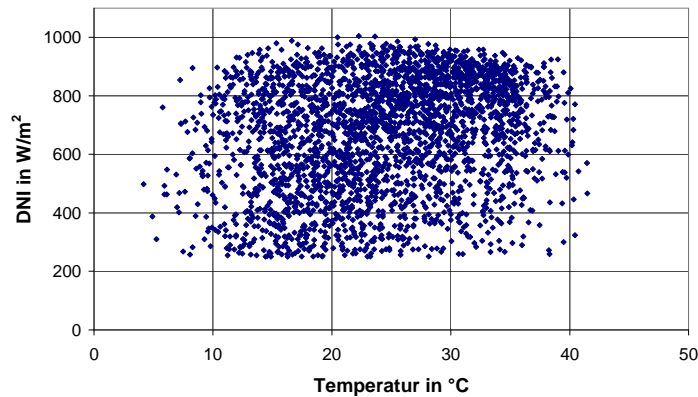


Tabellarischer Vergleich der Standorte

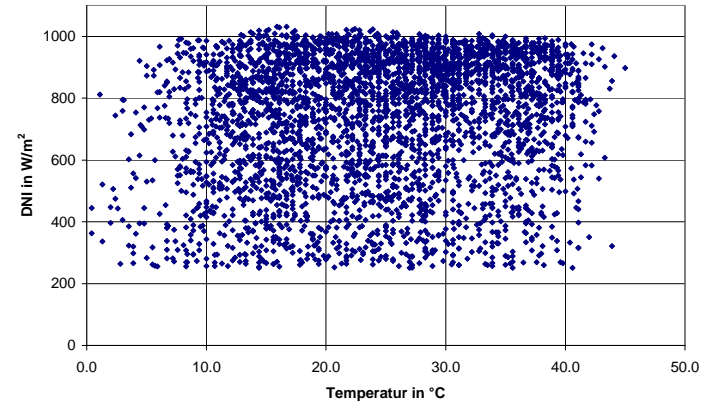
Standort	Breiten-grad	mittlere Umgebungs-temperatur in °C	mittlere relative Luftfeuchte in %	mittlere Umgebungs-temperatur bei DNI > 250 W/m ² in °C	mittlere relative Luftfeuchte bei DNI > 250 W/m ² in %	mittlere Feuchtkugel-temperatur bei DNI > 250 W/m ² in °C	Jahres-summe Direkt-strahlung in kWh/m ²
Spanien	37	19.6	65	24.2	43	16.6	2015
Kalifornien	35	19.8	33	24.3	25	14.4	2791
Marokko	34	16.7	57	20.7	43	13.0	1945
Ver. Arabische Emirate	24	29.5	38	34.1	27	21.0	2128

Temperaturen

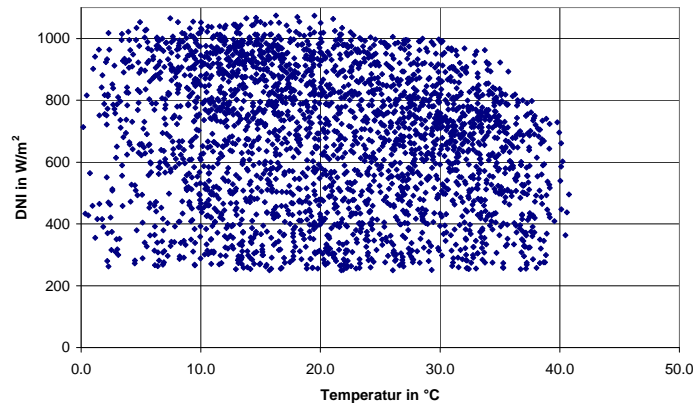
Spanien, T_m : 24.2°C, DNI Jahressumme 2128 kWh/m²



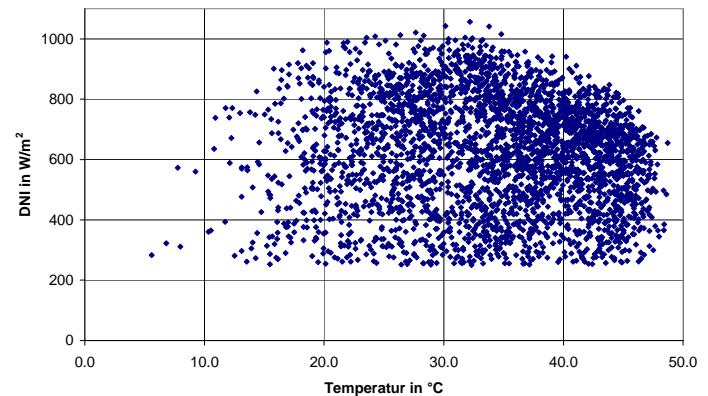
Kalifornien, T_m : 24.3°C, DNI Jahressumme 2791 kWh/m²



Marokko, T_m : 20.7°C, DNI Jahressumme 1945 kWh/m²

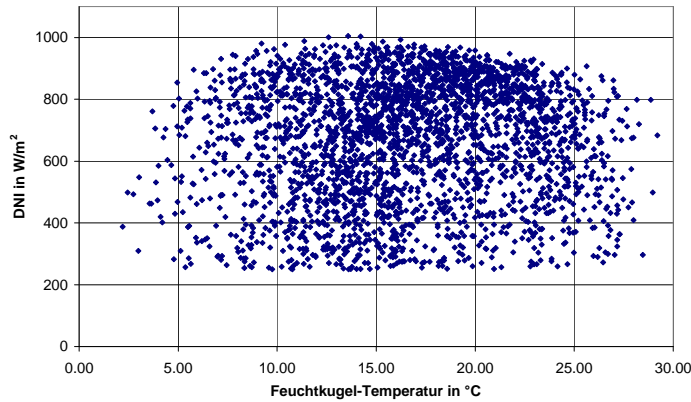


Ver. Arabische Emirate, T_m : 34.1°C, DNI Jahressumme 2128 kWh/m²

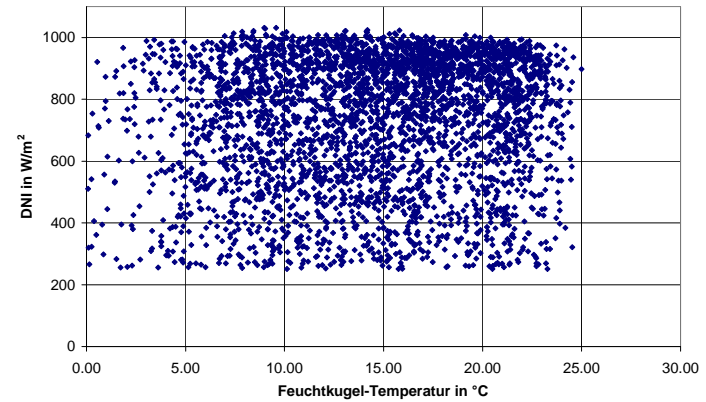


Feuchtkugel-Temperaturen

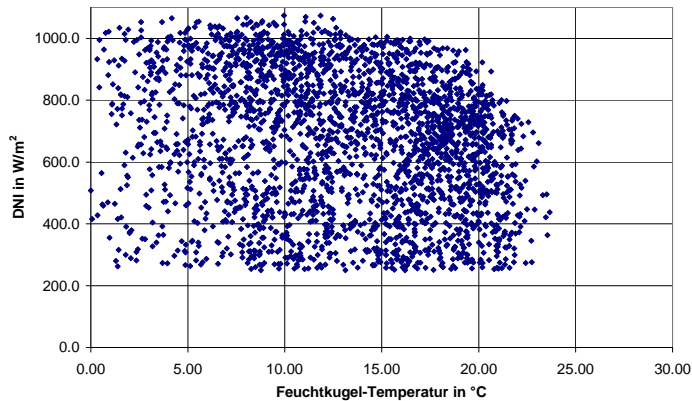
Spanien, DNI Jahressumme 2128 kWh/m²



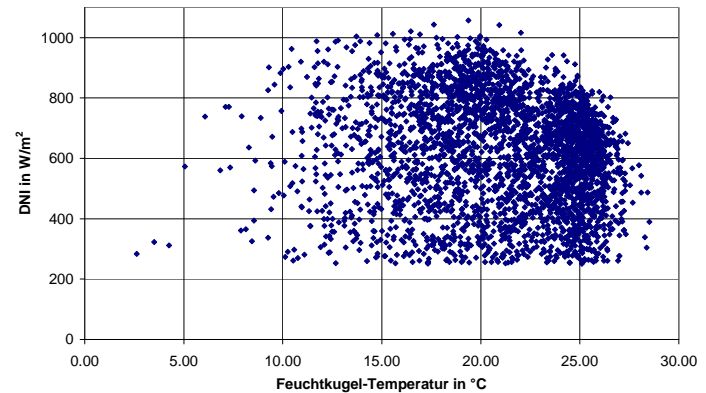
Kalifornien, DNI Jahressumme 2791 kWh/m²



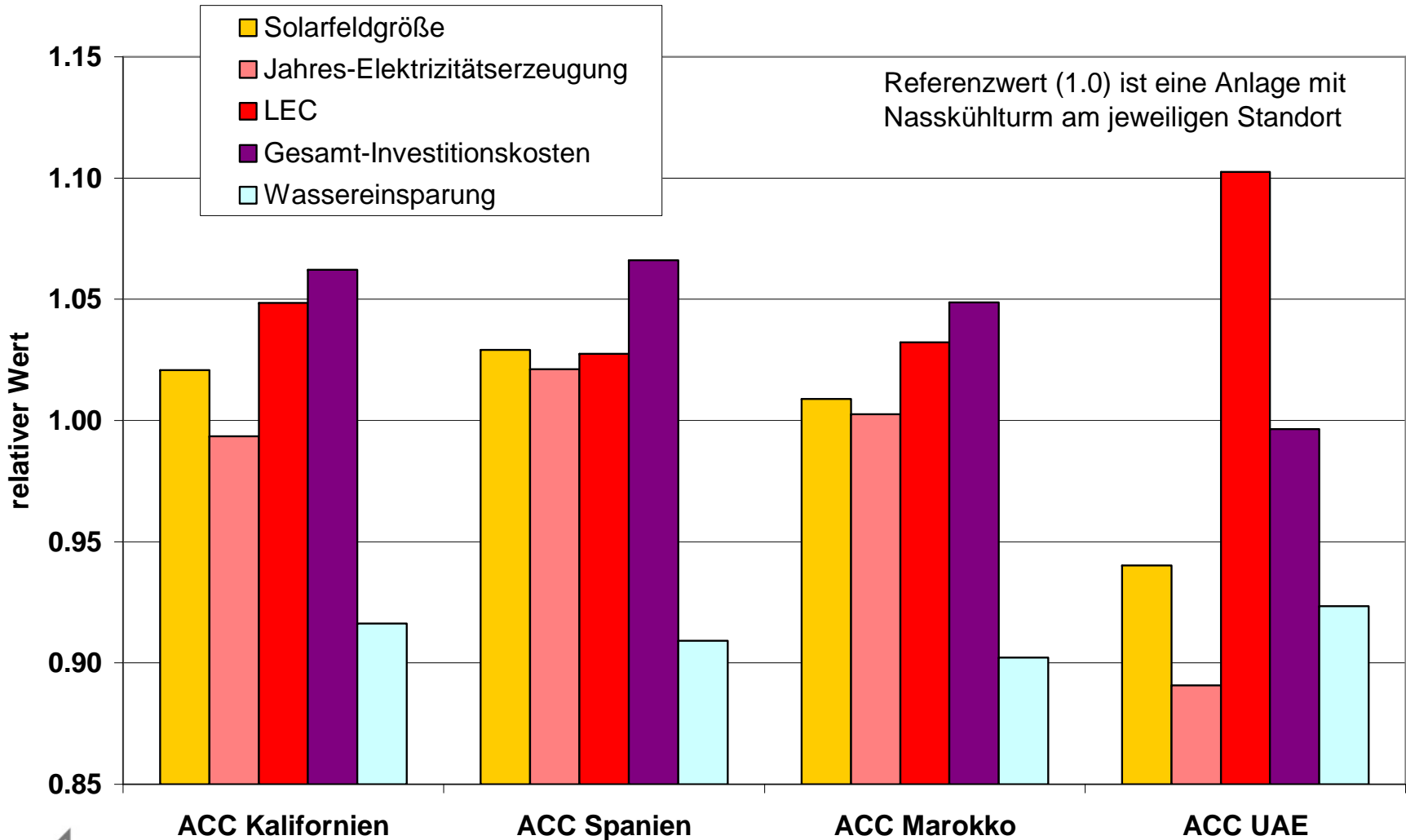
Marokko, DNI Jahressumme 1945 kWh/m²



Ver. Arabische Emirate, DNI Jahressumme 2128 kWh/m²



Ergebnisse der Jahresrechnungen





Zusammenfassung

- Der Übergang von nasser Rückkühlung auf Trockenkühlung erhöht die Investitionskosten und verringert den Wirkungsgrad von (solarthermischen) Kraftwerken
- Die Stromgestehungskosten steigen um ca. 3-10%
- Die Wassereinsparung beträgt mehr als 90%
- Der Einfluss der Umgebungsbedingungen am einzelnen Standort ist dominant, so dass quantitative Aussagen nur für den Einzelfall gelten
- Eine standortspezifische Auslegung und Optimierung ist unverzichtbar