



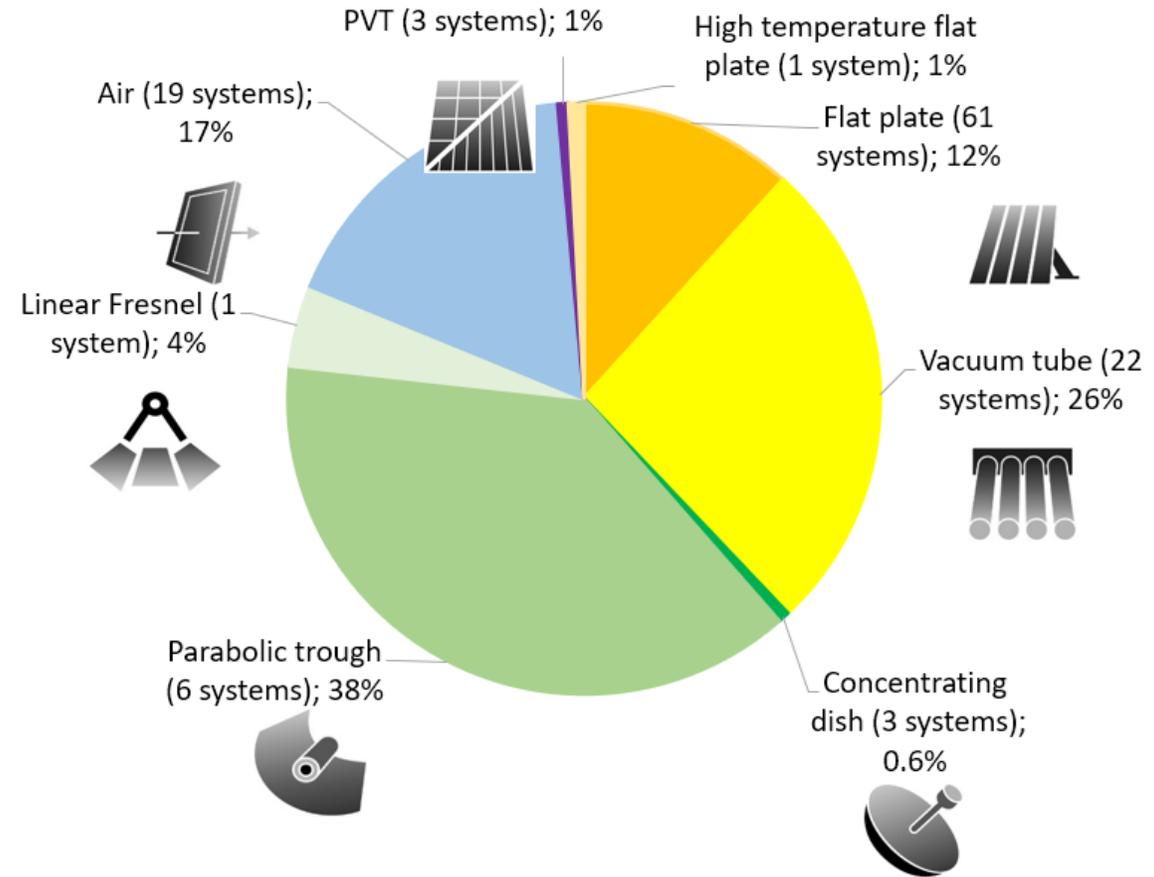
Dekarbonisierung von Wärme
**Hochtemperaturwärme mit
Solarthermie: Trends,
Umsetzungsbeispiele und
Tools**



Dirk Krüger
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
ProSolNetz Webinar am 30.01.2025

Neue Entwicklungen auf dem Markt für solare Prozesswärme

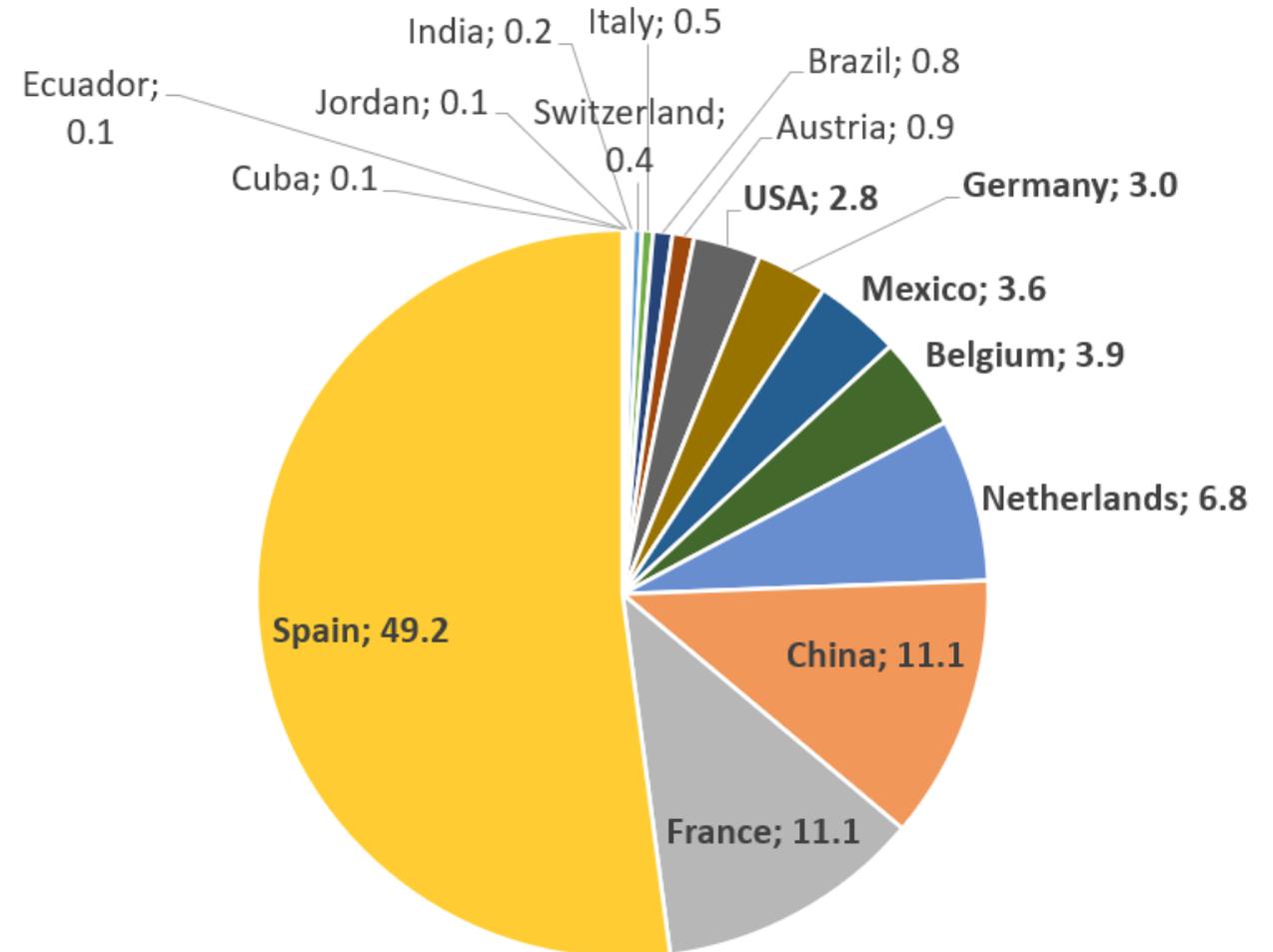
- Die drei konzentrierenden Kollektortechnologien Parabolrinne, Fresnel-Kollektor und Dish-Kollektor wurden in 43% der neu installierten SHIP-Kapazität eingesetzt
- Zum Vergleich: Im Jahr 2022 waren es nur 16 % mit konzentrierenden Kollektoren.



Verteilung der Kollektortypenfläche auf dem SHIP-Weltmarkt 2023 (Gesamt: 94 MW) Quelle: solrico

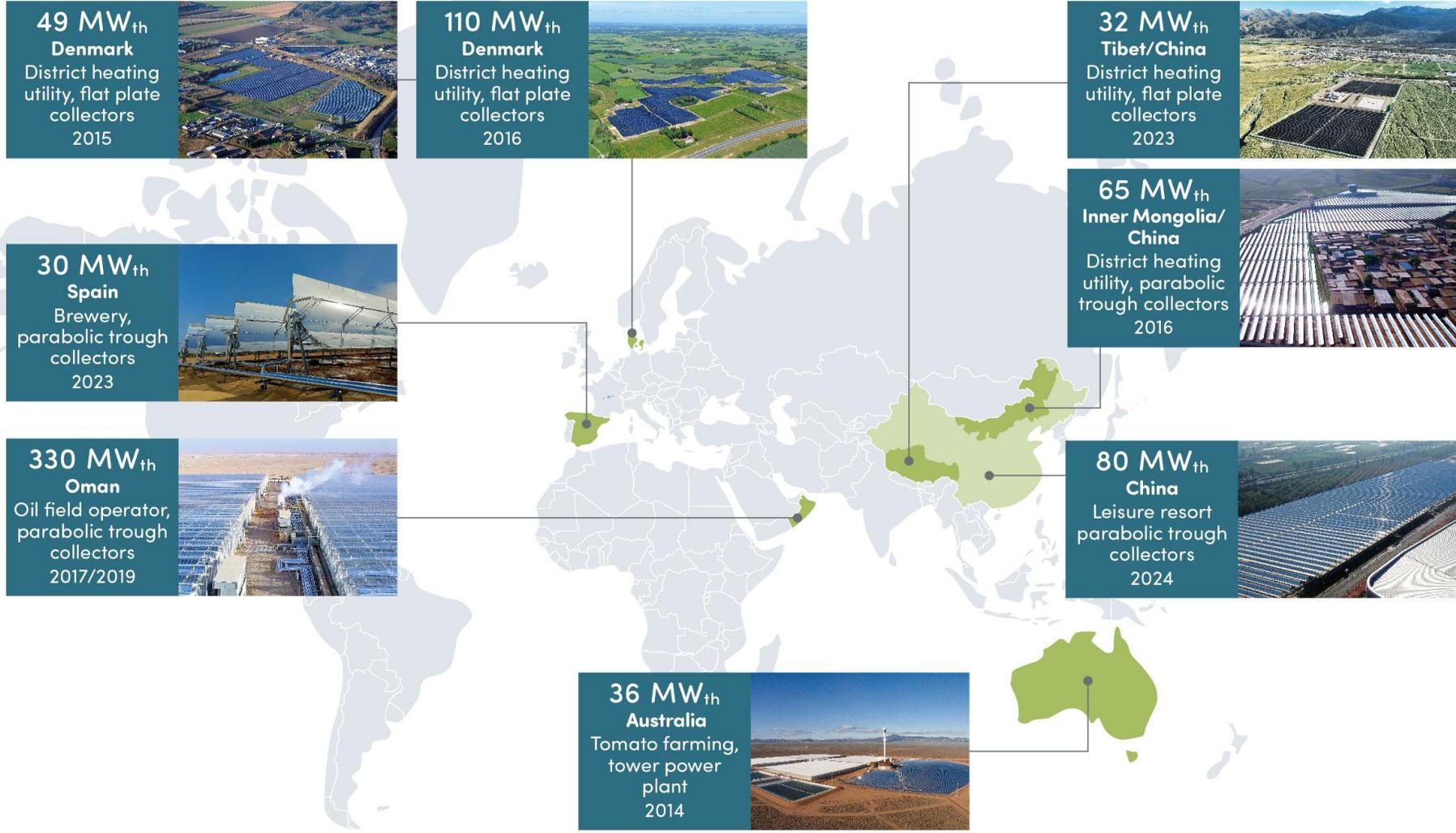
Neue Entwicklungen auf dem Markt für solare Prozesswärme

- In 2023 meldeten die Projektentwickler 116 Anlagen mit einer Kapazität von 94 MW
- Ein Jahr zuvor waren ebenfalls 116 Anlagen, aber mit nur 31 MW Leistung, die weltweit neu in Betrieb genommen wurden.



Ausbau der SHIP-Kapazität im Jahr 2023 in MW pro Land.
(Insgesamt: 94 MW) Quelle: Solrico

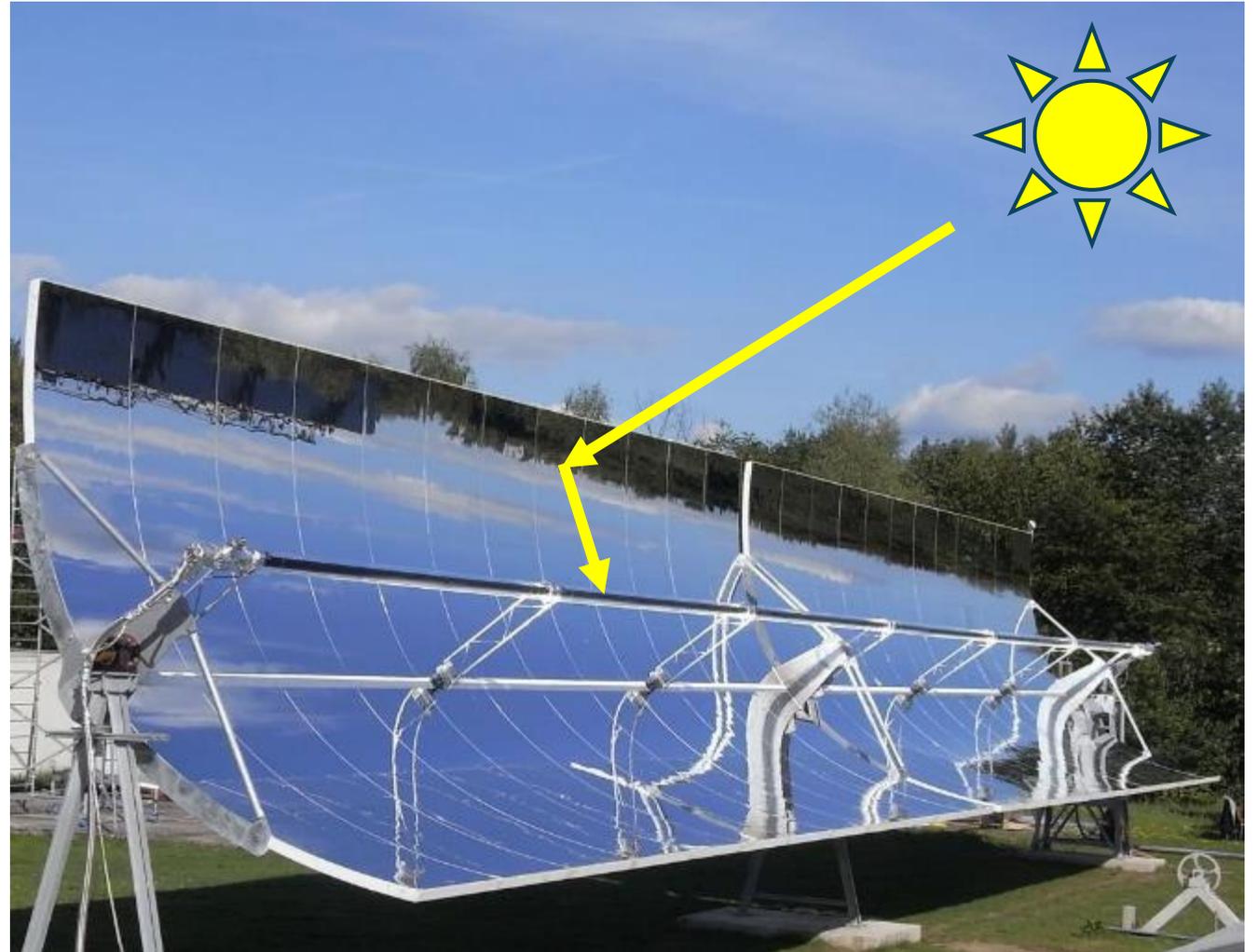
World's largest solar heat plants



Photos: Aalborg CSP, Arcon Sunmark, China Solar Thermal Alliance, AEE INTEC/Wolfgang Gruber-Glatzl, GlassPoint, Mongolia XuCheng Energy, SolarEast Group

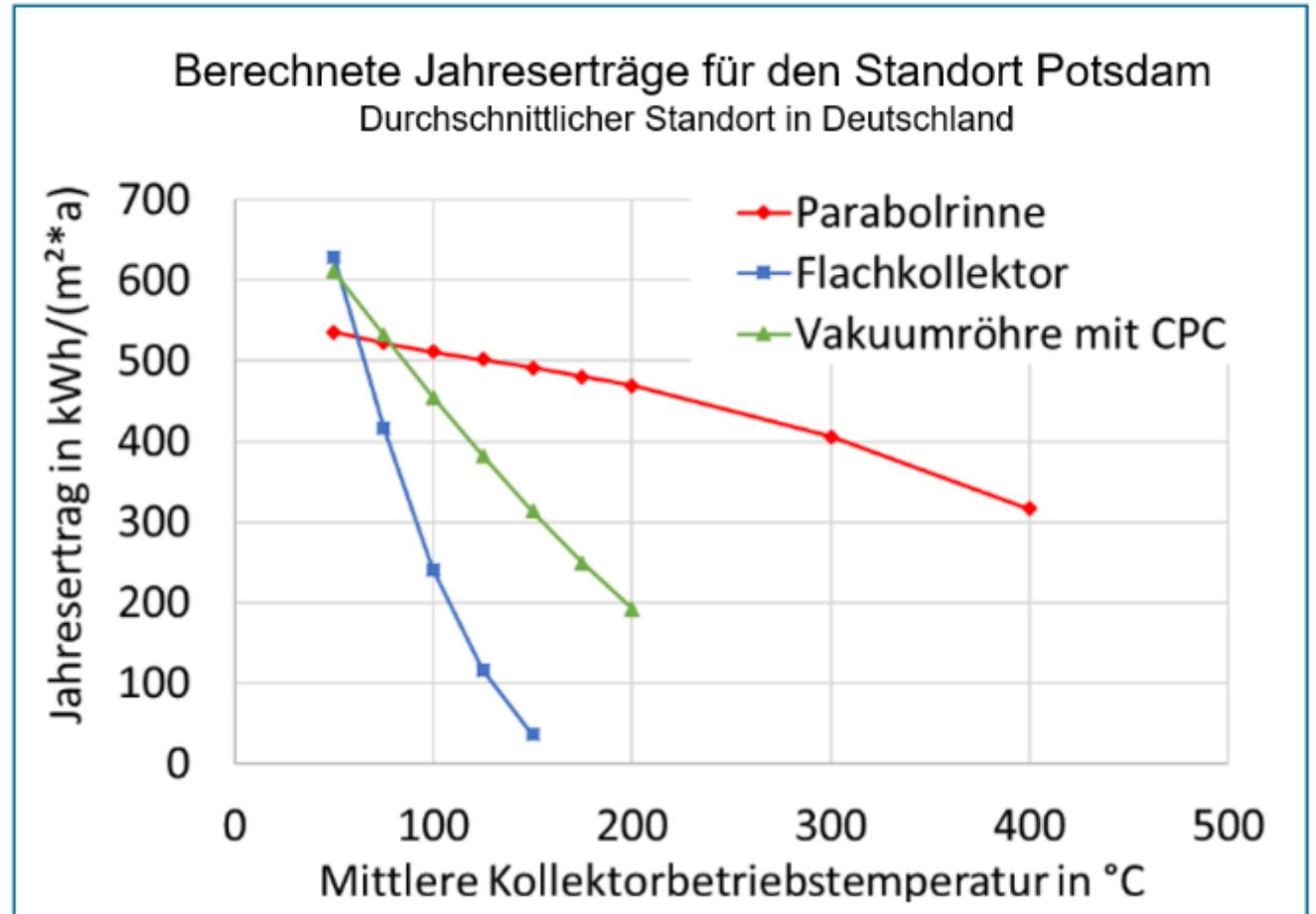
Parabolrinnenkollektoren - Funktionsweise

- Gebogene Spiegel reflektieren die direkte Strahlung der Sonne auf ein Absorberrohr
- Der Kollektor wird der Sonne einachsrig nachgeführt
- Das Wärmeträgermedium wird bis zur gewünschten Zieltemperatur geregelt erwärmt (max. $\sim 430^{\circ}\text{C}$ bei Thermoöl)
- Defokussierung möglich, damit kann die Wärmezufuhr gestoppt werden
- Konstruktionen sehr unterschiedlich und den unterschiedlichen Anforderungen anpassbar



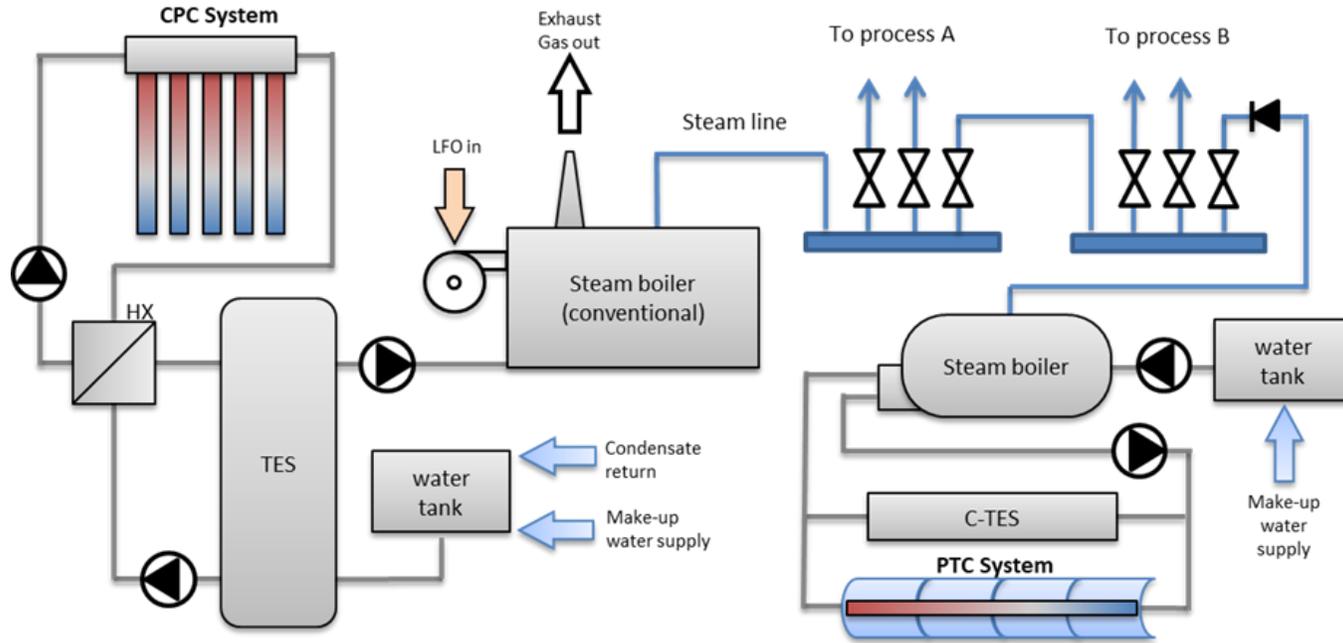
Solarer Wärmeertrag in deutschem Klima

- Historisch fast ausschließlich Flachkollektoren und CPC-Röhren-Kollektoren in Deutschland im Einsatz
- Benchmarking mit etablierten Flach- und Vakuumröhren-Kollektoren: Parabolrinnen erzielen ähnlichen Ertrag bei ca. 80 °C in großen Anlagen bei vergleichbaren Kosten
- Bei höheren Temperaturen liefern Parabolrinnen die besten Erträge (viel geringere Wärmeverluste)
- Solarturm (höhere Temperaturen) und Fresnelkollektor weitere Lösungen



Referenz: Dirk Krüger, Stephan Fischer, Peter Nitz, Javier Iñigo Labairu, Chancen für den Einsatz konzentrierender Kollektoren in Mitteleuropa, Solarthermie Symposium 2021

Integration Solarwärme in ein Dampfnetz Getränkeindustrie auf Zypern



Dampfnetz mit Solarkollektoren



Parabolrinnenkollektor der Firma Protarget, Köln (Foto: Protarget)

Thermische Leistung 140 kW, Betonspeicher mit max. 380°C, Wärmeträgermedium Siliconfluid, Erzeugung von Sattdampf bei 190°C, Inbetriebnahme 2019

Solarthermie für Wärme und Kühlung Verpackungen in Izmir, Türkei

- Kollektorfläche 4.500 m²
- Nominale Leistung 3 MW (3.5 MW peak)
- PTC1800 Kollektor, 1,8 m breit, 5 m lang
- Wärmeträgermedium: Wasser
- 180°C Sattdampf
- Dachmontage
- Inbetriebnahme 2021



Parabolrinnenkollektor der Firma Soliterm,
Aachen (Foto: Soliterm)

Solardampf für Enhanced Oil Recovery Ölförderung in Oman

- 622.080 m² Bruttofläche
- Thermische Leistung 330 MW
- Parabolrinnen mit Glas überdacht
- Schutz vor Sandstürmen
- Direkte Dampferzeugung im Receiver
- Tägliche Dampfleistung: 2000 Tonnen
- Erster Dampf: 2017



Parabolrinnenkollektor der Firma Glasspoint,
Stuttgart, USA und UK (Foto: Glasspoint)

Solare Dampferzeugung Brauerei in Valencia, Spanien

- Kollektorfläche 6000 m²
- Thermische Leistung 4,2 MW
- Sattdampf bei 220 °C



Fresnelkollektor der Firma Solatom,
Spanien (Foto: Solatom)

Solare Prozesswärme für Brauerei, Sevilla

- Nominale Leistung 30 MW, Kollektorfläche 43.414 m²
- Temperaturen: Verbraucher mit 120/140°C und im Solarfeld bis 210°C
- Speicher: 8 Druckwassertanks à 100 m³, 69 MWh bis 210°C
- Bis zu 53% Jahresdeckungsgrad
- Beteiligte u.a.: ENGIE (EPC und verkauft Wärme), AZTEQ, Solarlite
- Inbetriebnahme Sommer 2023
- Wärmeeinspeisung laut Solarlite Auswertung höher als geplant



Quelle: Heineken

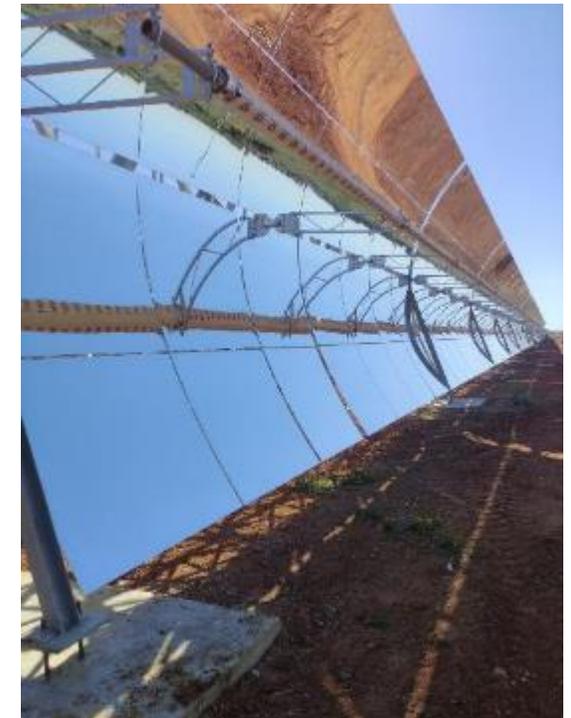


Foto: Solarlite



Parabolrinnenfeld mit links Speicher und Leistungsübergabestation, Heineken Brauerei, Sevilla

Solare Fernwärme

Fernwärmenetz Brønderslev, Dänemark

- Nominale Leistung 16,6 MW
- Parabolrinnenfeld mit 27.000 m²
- Hybridisierung mit Biomasse



Parabolrinnenkollektoren der Firma Aalborg,
Dänemark (Foto: Aalborg)

Solare Fernwärme in Härnösand, Schweden

- Kollektorfläche 1000 m²
- Liefertemperatur an Wärmenetz 73 – 120 °C
- Kollektoren mit Glasabdeckung
- Hohe Aufständerung für schneereiche Region



Kollektoren der Firma Absolicon, Schweden
(Foto: Absolicon)

Solare Prozesswärme für Chemiebetrieb Turnhout, Belgien

- Standort bei Avery Dennison in Turnhout, Belgien
- Nominale Leistung 3,5 MW
- Parabolrinnenfeld mit 5.540 m²
- Thermischer Speicher (Beton)
- Temperatur im Solarfeld:
380°C Vorlauf, 280°C Rücklauf
- Temperatur Nutzer:
280°C Vorlauf, 260°C Rücklauf
- Inbetriebnahme August 2023
- Energie-Contracting

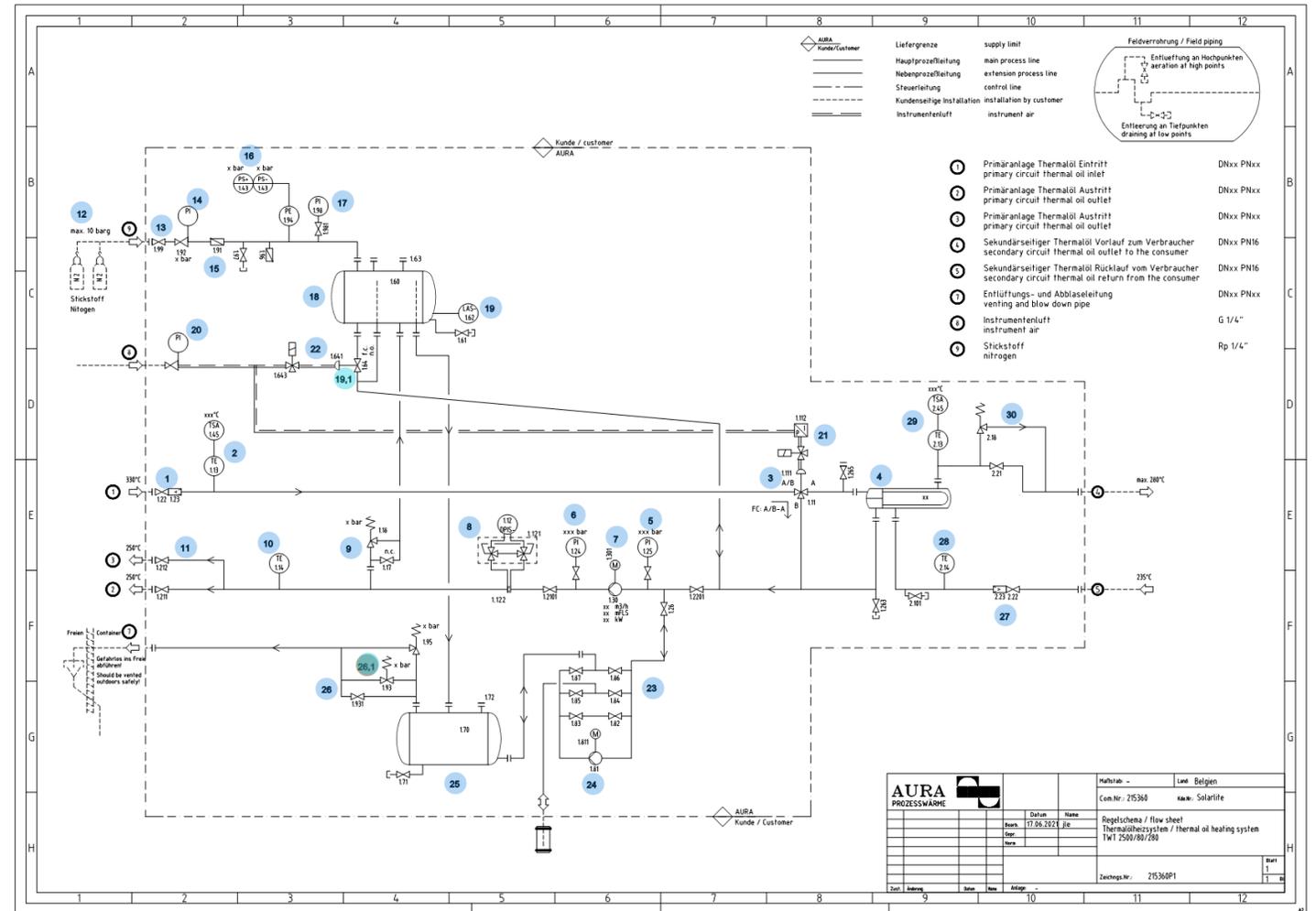


Solarkollektorfeld der Firma Solarlite, Deutschland
Leistungsübergabestation (BoP) und Speicher (Foto: Avery Dennison)

P&ID Anlage Turnhout

- Die BoP (Leistungsübergabestation) wurde durch die Firma AURA geplant und realisiert im Rahmen des
- Projekt Modulus - Modulare Leistungsübergabestation, gefördert durch BMWK / PTJ
- Standardisierung

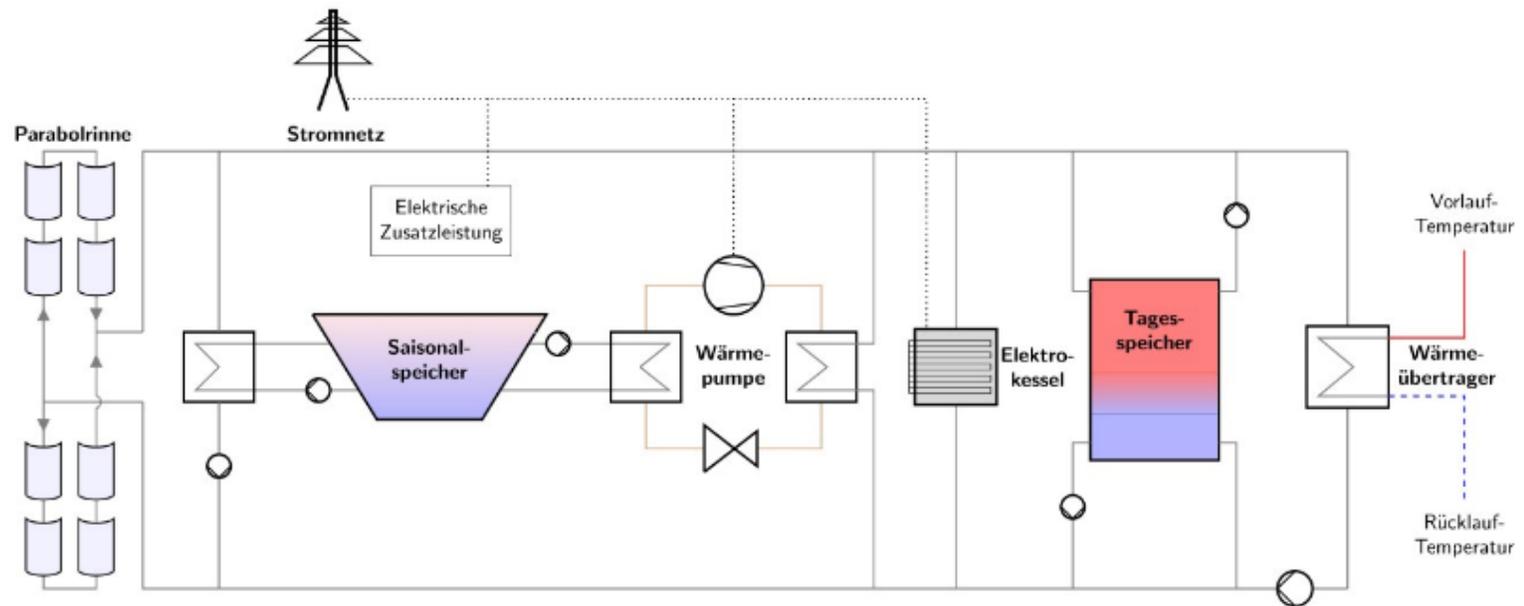
Veröffentlicht in: Dirk Krüger, Jakob Leicht, Sven Fahr, Joachim Krüger, Stefan Bonleitner, Andreas Burger, Jana Stengler, "Standardisiertes Engineering von Leistungsübergabestationen für Prozesswärme", 33. Symposium Solarthermie und innovative Wärmesysteme, 9.-11. Mai 2023, Kloster Banz, Bad Staffelstein, ISBN 978-3-948176-22-8



- Unterschiedliche Konstruktionen am Markt verfügbar. Nutzung der jeweils für die Anforderungen (Leistung, Temperatur) am besten geeigneten Lösung.
- Kleine und große Kollektormodule verfügbar, mehrere mit einem Antrieb verbunden
- Vakuumreceiver mit 70 mm Absorberrohrdurchmesser und Antireflexbeschichtung gut verfügbar, für große Kollektoren geeignet
- Kleinere Kollektoren verfügen nur teilweise über Vakuumreceiver => mit steigenden Temperaturen höhere thermische Verluste, dafür geringere Investkosten
- Spiegel können aus Glas/Silber oder Aluminiumreflektoren konstruiert sein, mit unterschiedlicher Reflektivität und Kratzfestigkeit
- Einige Kollektoren sind Solar KEYMARK zertifiziert, bei großen eher schwierig, daher in-situ Prüfung notwendig (kann laut BAFA auch nach Förderbewilligung nachgereicht werden)
- Große Kollektoren benötigen Vorrichtungen bei der Montage vor Ort
- Anlagen von nur einigen 100 kW eher mit kleinen Kollektoren, deren Aufbau weniger aufwändig ist
- Kosten für Planung und Leistungsübergabestationen stellen bei kleineren Anlagen einen höheren Anteil dar.

Studie 100% grüne Lösung für ein Fernwärmenetz

- Solarfeld mit Speichern und Wärmepumpe zur 100% Versorgung eines Wärmenetzes
- Jahreserzeugung 50.000 MWh, solarer Anteil 80%, Rest über Strom
- Solarfeld 100.000 m²
- Wärmepumpe 14 MW
- Saisonalspeicher 284.000 m³
- Alle Kosten außer Grundstück enthalten
- Invest 58 Mill. €
- Wärmegestehungskosten nach Förderung ca. 110 €/MWh



Anlagenschema für ganzjährige Versorgung eines Fernwärmenetzes

Normen und Software

Normen zur Planung:

VDI Richtlinie 3988 Prozesswärme

VDI Richtlinie 4190 Solarthermische Anlagen *in Bearbeitung*

Software im Projekt Pro-Sol-Netz:

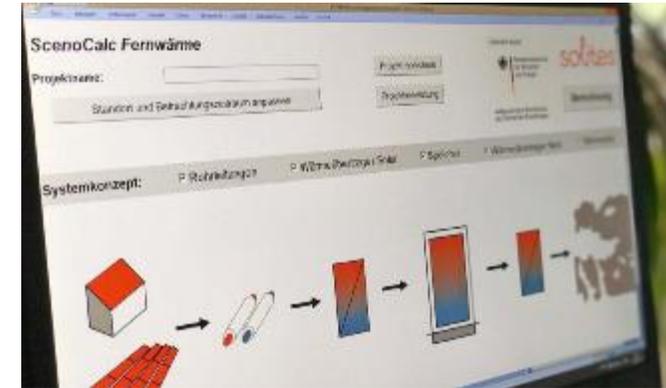
Greenius: Strom und Wärmeerzeugung mit regenerativen Technologien (frei verfügbar, www.dlr.de/sf)

ScenoCalc Fernwärme: Solarthermie mit Pufferspeicher noch ohne Parabolrinnenkollektoren (frei verfügbar, www.scfw.de)

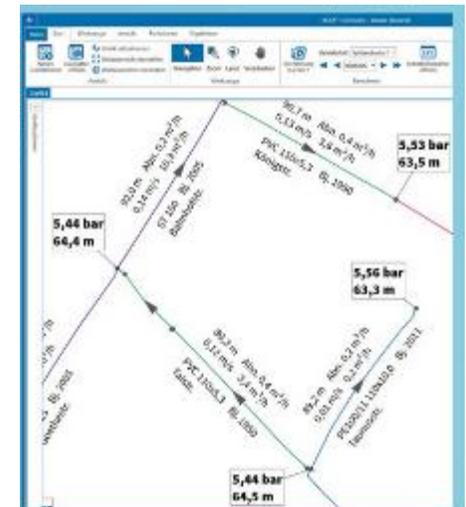
ROKA: Berechnung Rohrleitungsnetzwerk (www.roka3.de)

ColSim-CSP: Simulation konzentrierender solarthermischer Systeme (Kontakt: stefan.mehnert@ise.fraunhofer.de)

Einfaches Tool in Entwicklung im Projekt Pro-Sol-Netz



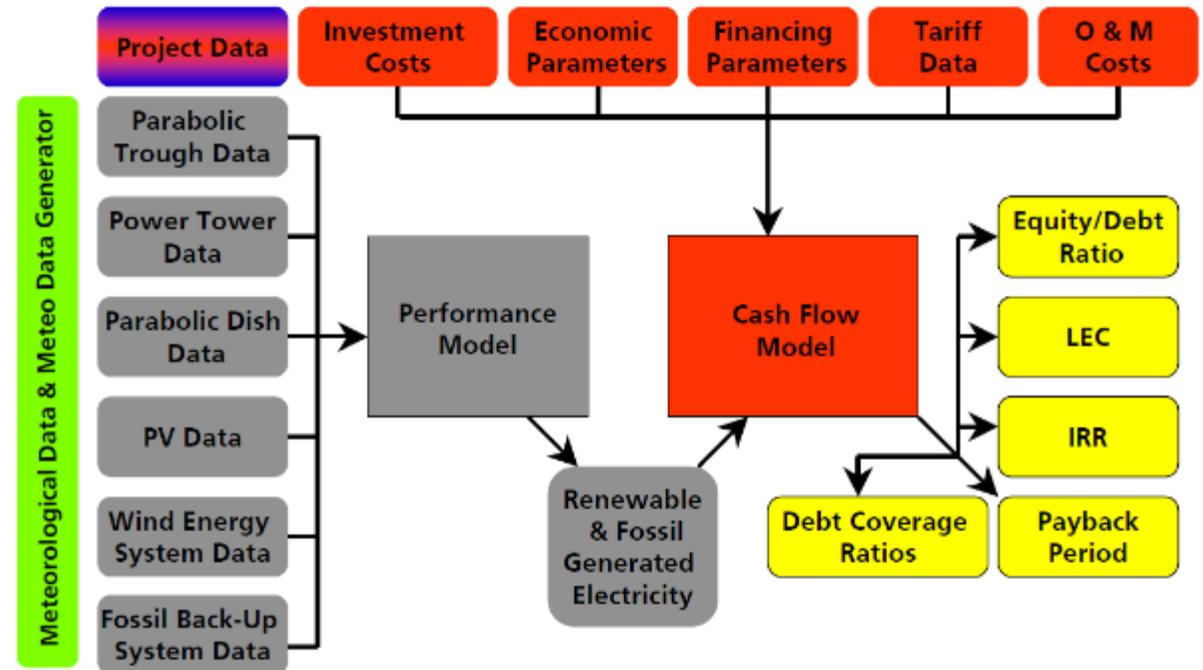
ScenoCalc Fernwärme



ROKA

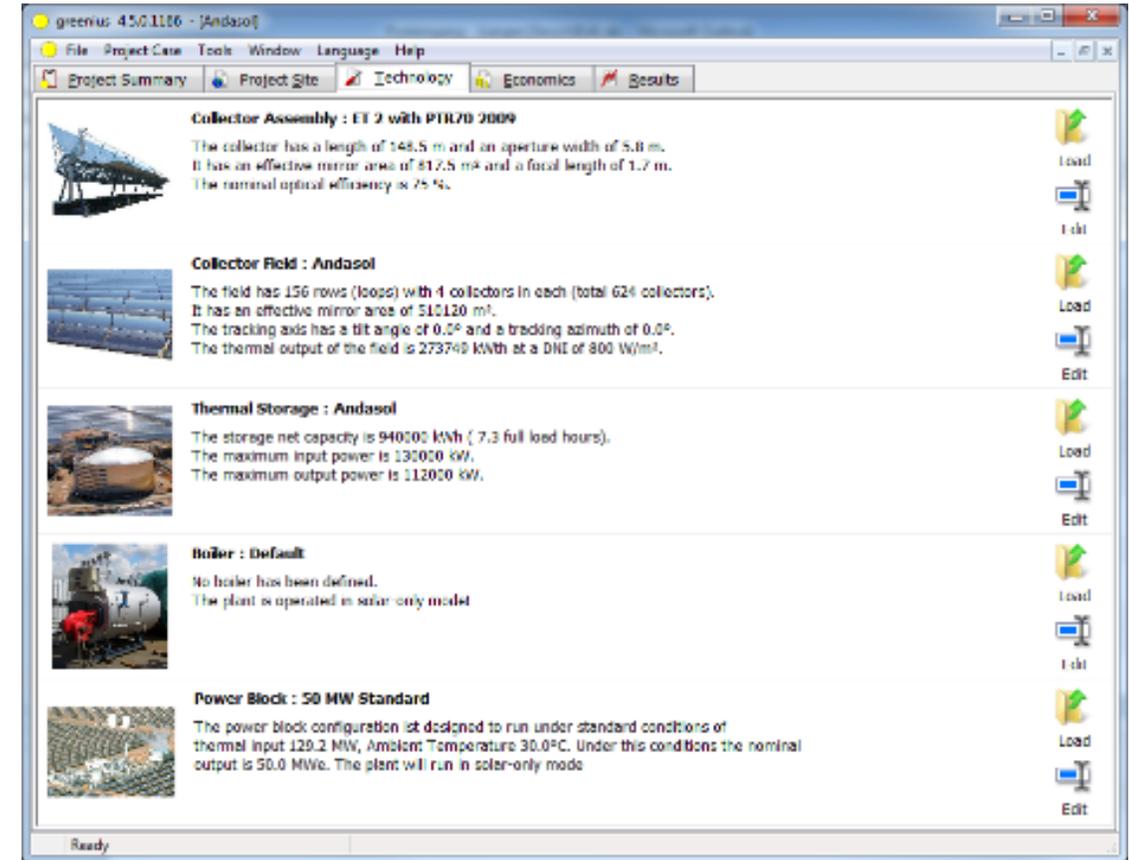
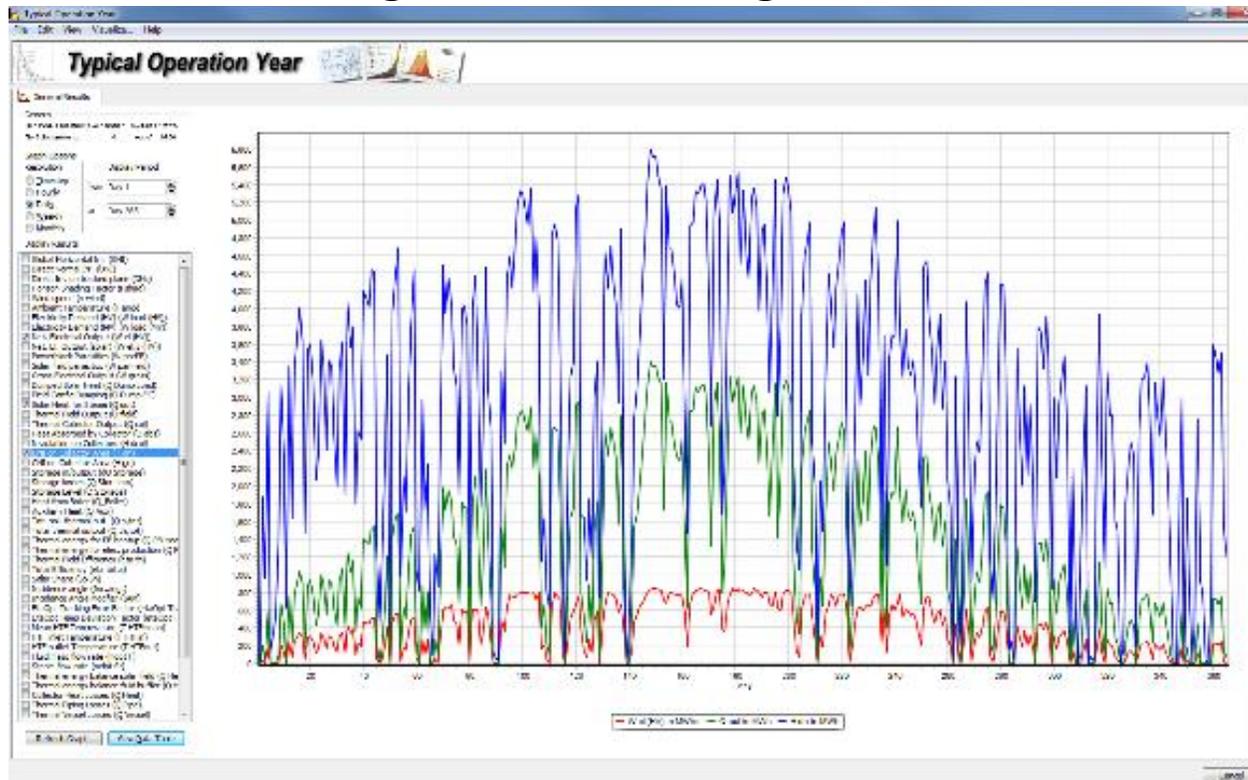
Berechnungstool – greenius

- Simulation verschiedener erneuerbarer Energieerzeuger
- Anwendungsbereich: Machbarkeitsstudien und Technologievergleiche
- Grafische Benutzeroberfläche aber auch aus Kommandozeile Aufruf möglich
- Energetische Jahresertragsrechnung basierend auf 10-60 minütigen Zeitschritten
- Integrierte Wirtschaftlichkeitsrechnung



Berechnungstool – greenius

- Ist mit pdf-Handbuch und Online-Hilfe abrufbar unter diesem Link: [greenius](#)
- Kontakt: Juergen.Dersch@dlr.de
- Einführungskurs in Planung



Collector Assembly : ET 2 with PTR2D 2009
The collector has a length of 148.5 m and an aperture width of 5.0 m. It has an effective mirror area of 817.5 m² and a focal length of 1.7 m. The nominal optical efficiency is 75 %.

Collector Field : Andasol
The field has 156 rows (loops) with 4 collectors in each (total 624 collectors). It has an effective mirror area of 510120 m². The tracking axis has a tilt angle of 0.0° and a tracking azimuth of 0.0°. The thermal output of the field is 273740 KNth at a DNI of 800 W/m².

Thermal Storage : Andasol
The storage net capacity is 940000 kWh (7.3 full load hours). The maximum input power is 130000 kW. The maximum output power is 112000 kW.

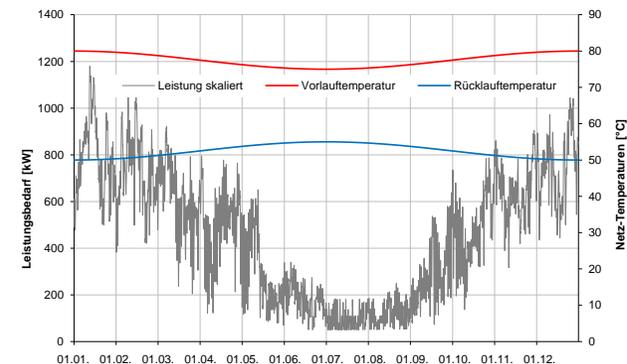
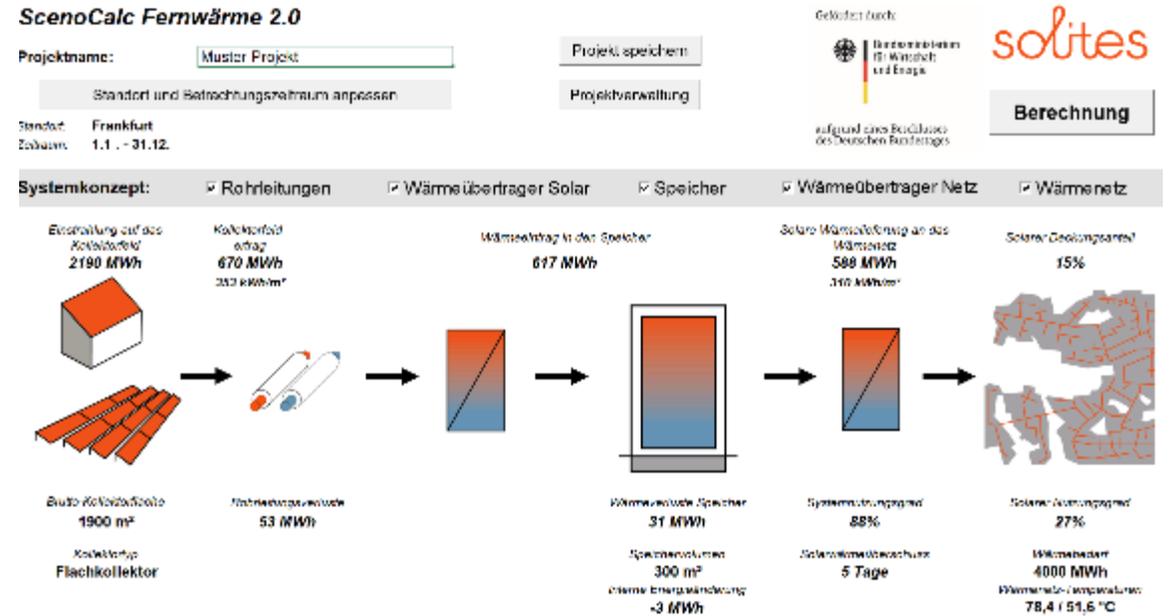
Boiler : Default
No boiler has been defined. The plant is operated in solar-only mode.

Power Block : 50 MW Standard
The power block configuration ist designed to run under standard conditions of thermal input 120.2 MW, Ambient Temperature 30.0°C. Under this conditions the nominal output is 50.0 MWe. The plant will run in solar-only mode.

ScenoCalc Fernwärme (SCFW)

Solarthermie mit Pufferspeicher, noch ohne Parabolrinnenkollektoren

- Offene Excelmappe
- Vereinfachte energetische Berechnung der Komponenten auf Stundenbasis
- Für Solarthermie-Anlagen mit Pufferspeicher zur Deckung der sommerlichen Wärmelast im Wärmenetz entwickelt
- Datenbank mit konkreten Kollektoren
- Eingabe Kollektoren, Wärmelast und Wetterdaten möglich
- Kostenlos verfügbar unter www.scfw.de
- Seit 2017 bereits 1.670 Downloads



ROKA – Netzberechnung

Hydraulisch-thermische Berechnung von Wärmenetzen

- Sekundenschnelle Simulation auch großer vermaschter Netze mit >1.000 km Netzlänge
- Stationäre und dynamische Netzberechnungen
- Umfangreiche Regelungsmöglichkeiten

Umfangreiche grafische Analysefunktionen

- Geografische Netzvisualisierung mit flexibler Einfärbung
- Druckverlaufdiagramme
- Grafische und tabellarische Auswertungen

Flexible Schnittstellentechnologie

- Unterstützung aller gängigen GIS-Formate (Im- und Export)
- Übernahme und Verknüpfung von Mess- und Verbrauchswerten

Im Einsatz bei führenden Wärmenetzbetreibern

Bern



Regensburg



Düsseldorf

Netzgesellschaft
Düsseldorf mbH

Stuttgart



Luzern



Zürich



- ✓ Unternehmen geben teilweise CO₂-Reduktionen vor, auch im Wärmebedarf: Daher wurden in jüngerer Zeit einige Anlagen gebaut und sind in Planung.
- ✓ Platzbedarf ca. 0,25 kW/m² Bodenfläche
- ✓ Planungsleistungen nicht leicht verfügbar => ProSolNetz Konsortium ansprechen
- ✓ Liefert aus dem Speicher auch Wärme, wenn die Sonne nicht scheint
- ✓ Erwärmung auf Zieltemperatur, gut regelbar, passend für Wärmenetze
- ✓ Defokussierung der Kollektoren und damit Abschaltung Wärmezufuhr möglich
- ✓ Ganzjährige 100% Versorgung in Verbindung mit Speicher und Wärmepumpe möglich



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt**

Dirk Krüger

Projektleiter ProSolNetz

[ProSolNetz | Bundesverband Solarwirtschaft](#)

DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Linder Höhe

51147 Köln

Tel. 02203 601 2661

dirk.krueger@dlr.de

www.dlr.de/sf