

greenius: Simulationstool für schnelle Prognosen von Wärmeerträgen

Side Event der HEATEXPO 2025, Dekarbonisierung der Wärme: Hochtemperatur-
Solarthermie bis 400 °C in Wärmenetzen und Prozesswärme

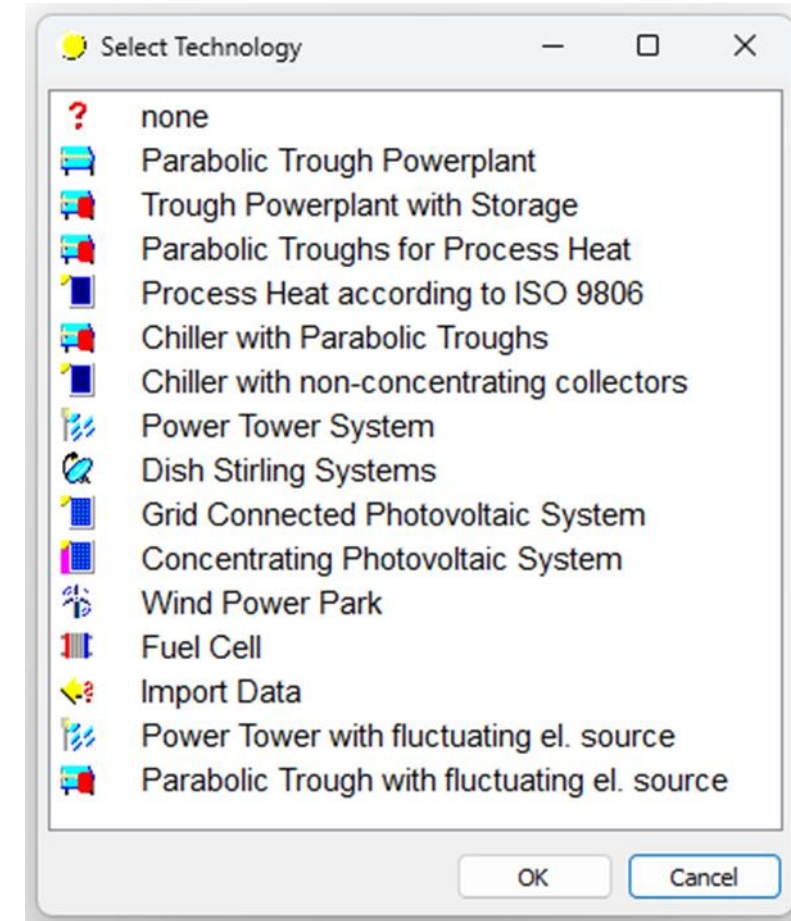
Javier Inigo Labairu und Jürgen Dersch



Die Software **greenius**



- Das Simulationstool **greenius** wird am DLR seit vielen Jahren entwickelt und gepflegt
- Es wurde zur einfachen und schnellen Ertragsberechnung von solarthermischen Kraftwerken mit konzentrierenden Systemen und anderen regenerativen Systemen zur Stromerzeugung entworfen
- Die Simulation erfolgt auf der Basis von Jahresrechnungen mit stündlicher Auflösung und die Berechnung eines typischen Jahres dauert nur wenige Sekunden
- Die aktuellen Erweiterungen beziehen sich auf Prozesswärmeerzeugung mit konzentrierenden und nichtkonzentrierenden Kollektoren
- Einsatzmöglichkeiten: z. B. Machbarkeitsstudien oder Technologievergleiche
- Kostenlos verfügbar unter: <http://freegreenius.dlr.de>



greenius bietet:

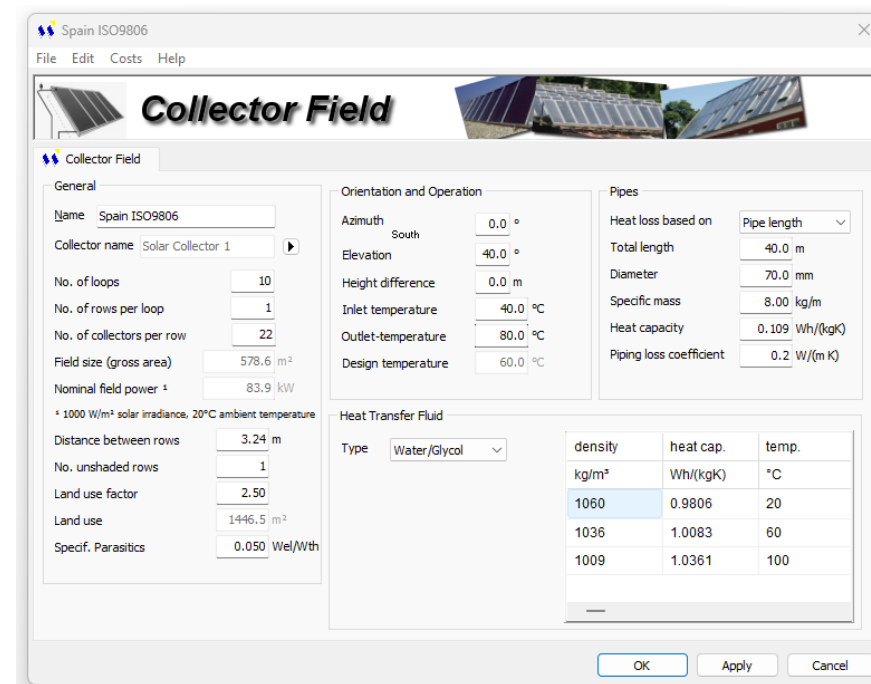
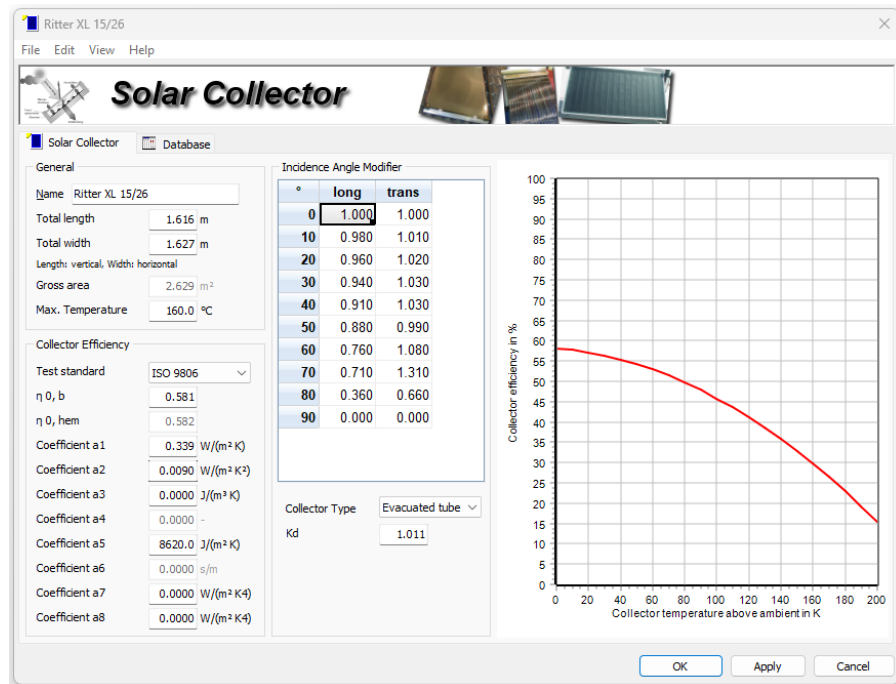


- Die Kombination aus schnellen technischen Ertragsberechnungen und wirtschaftlichen Analysen
- Umfassende Visualisierungsoptionen zur grafischen Auswertung der Ergebnisse
- Benutzeroberflächen zur Parametereingabe und Ergebnisanalyse
- Integration von meteorologischen Daten und Ertragskennfeldern aus Drittsoftware
- Export der Ergebnisdateien im Microsoft-Excel-Format zur weiteren Verarbeitung
- Einbindung der Solar Keymark-Datenbank zur Nutzung zertifizierter Kollektordaten

- **Keine** detaillierte Berechnung von Wärmebilanzdiagrammen für Kraftwerksblöcke
- **Keine** Auslegung von Rohrleitungen und Hydrauliksystemen der Anlage
- **Keine** aktuellen Kostendatenbanken für Komponenten

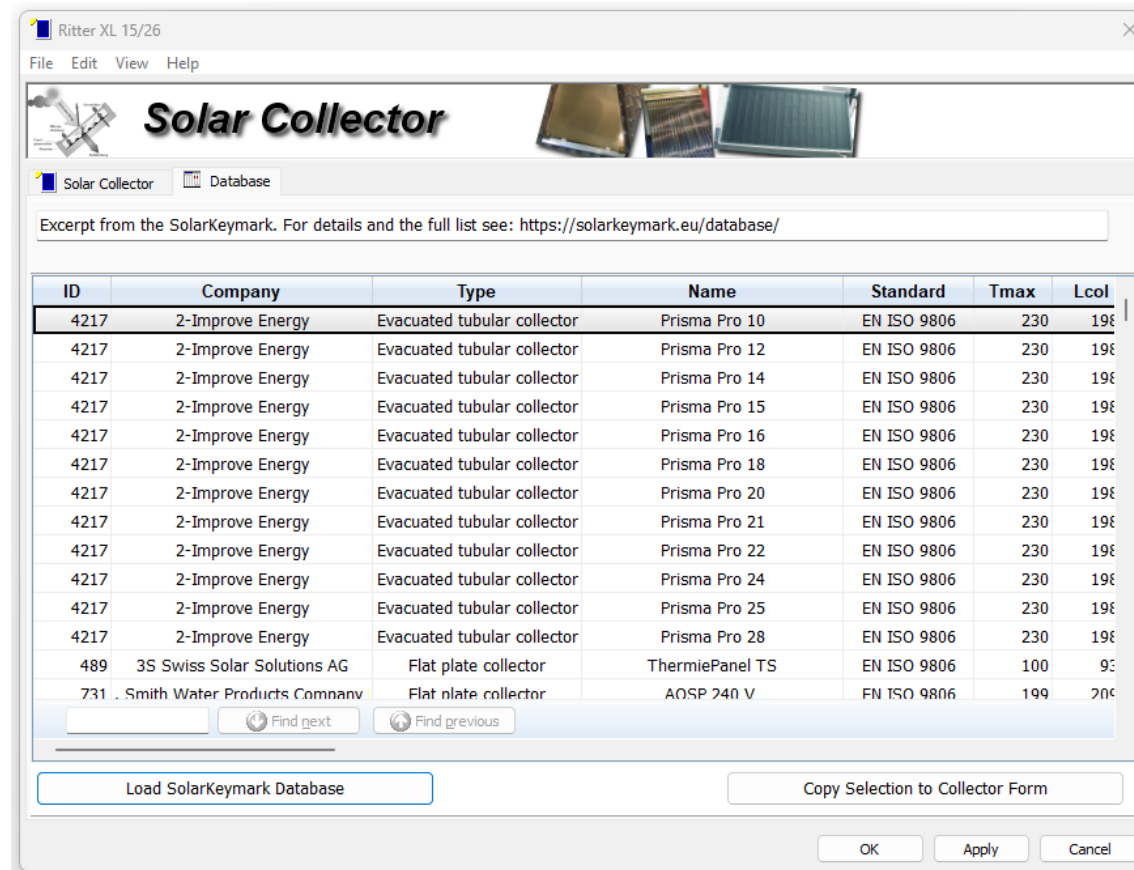
Neueste Aktualisierungen

- Implementierung der ISO-9806-Norm für konzentrierende und nicht-konzentrierende Solarkollektoren
- Detaillierte Berechnung der Verschattungsverluste und verschiedene Methoden für Rohrwärmeverluste



Neueste Aktualisierungen

- Integration der Solar-Keymark-Datenbank zur Simulation von konzentrierenden und nicht-konzentrierenden Solarkollektoren gemäß ISO 9806

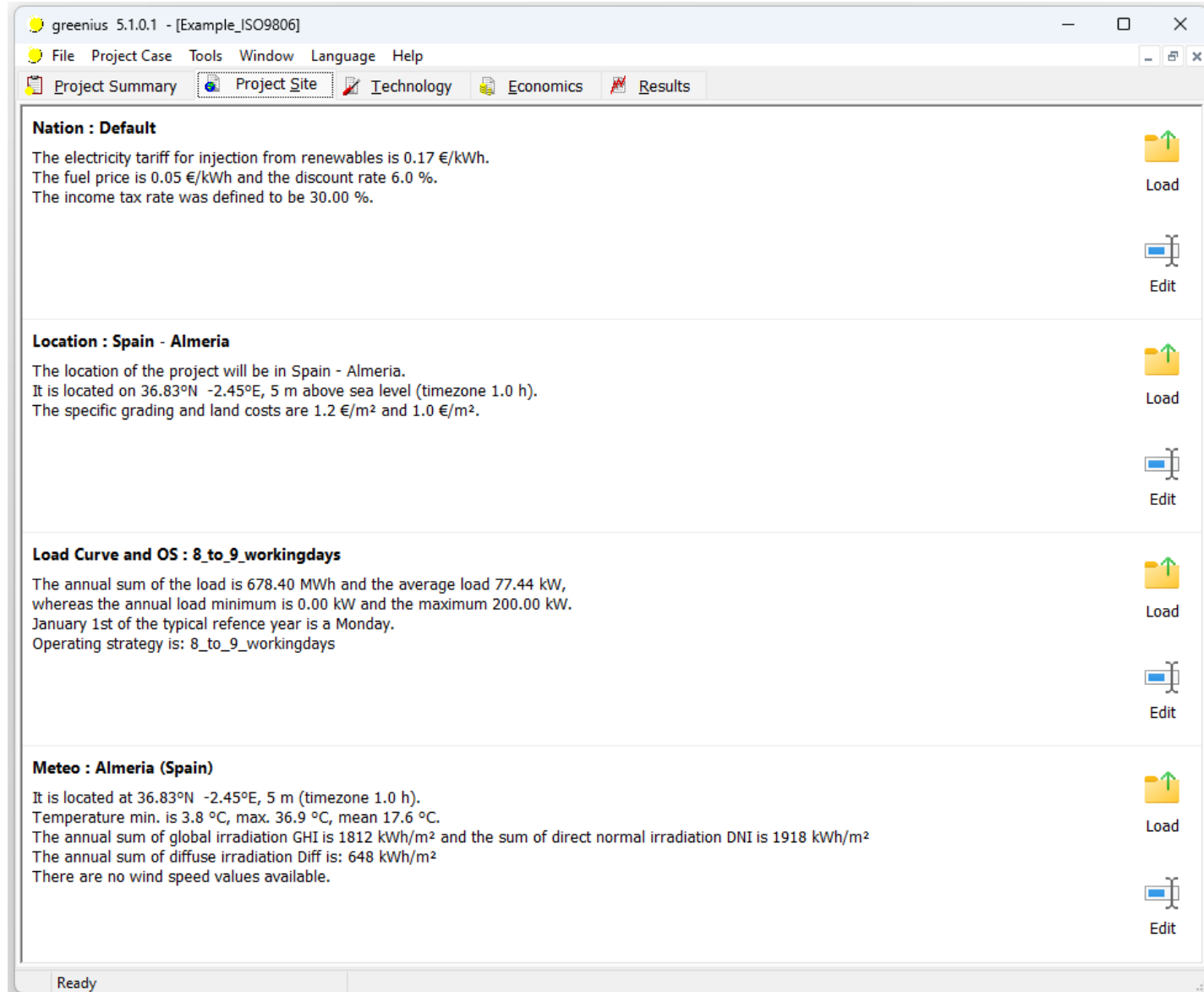


Voraussetzungen und erforderliche Eingabedaten



- Standort (Länge, Breite, Höhe)
 - Anlagengröße (Nennleistung)
 - Meteorologischer Datensatz
 - Lastkurve
 - Technologie
-
- **greenius** kann auch verwendet werden, um verschiedene Technologien und/oder Standorte miteinander zu vergleichen.

Definition des Projektstandorts (1)



greenius 5.1.0.1 - [Example_ISO9806]

File Project Case Tools Window Language Help

Project Summary **Project Site** Technology Economics Results

Nation : Default

The electricity tariff for injection from renewables is 0.17 €/kWh.
The fuel price is 0.05 €/kWh and the discount rate 6.0 %.
The income tax rate was defined to be 30.00 %.

Location : Spain - Almeria

The location of the project will be in Spain - Almeria.
It is located on 36.83°N -2.45°E, 5 m above sea level (timezone 1.0 h).
The specific grading and land costs are 1.2 €/m² and 1.0 €/m².

Load Curve and OS : 8_to_9_workingdays

The annual sum of the load is 678.40 MWh and the average load 77.44 kW,
whereas the annual load minimum is 0.00 kW and the maximum 200.00 kW.
January 1st of the typical refence year is a Monday.
Operating strategy is: 8_to_9_workingdays

Meteo : Almeria (Spain)





It is located at 36.83°N -2.45°E, 5 m (timezone 1.0 h).
Temperature min. is 3.8 °C, max. 36.9 °C, mean 17.6 °C.
The annual sum of global irradiation GHI is 1812 kWh/m² and the sum of direct normal irradiation DNI is 1918 kWh/m²
The annual sum of diffuse irradiation Diff is: 648 kWh/m²
There are no wind speed values available.

Ready

Definition des Projektstandorts (2)

Spain

File Edit Help

  **Nation**  

National Economics

General

Name Spain

Remuneration Tariffs

Electricity 0.150 €/kWh flat variable

Heat/Cooling 0.080 €/kWh

Tariffs valid for 2024

Fix fossil fuel usage 0.0 %

Prices of Delivery

Fuel price 0.050 €/kWh

Water price 0.050 €/m³

Purchased from the grid 0.150 €/kWh

Prices valid for 2024

Specific Reference Values

	Electricity	Heat
Levelized generation costs	0.100 €/kWh	0.000 €/kWh
CO ₂ emissions	0.600 kg/kWh	0.300 kg/kWh

Taxes

Income tax rate 30.00 %

Property tax rate 0.00 %

Tax holidays 0.00 years

Loss forwarded 0.00 years

Discount Rate

for investment costs 6.00 %

for running costs 6.00 %

Escalation Rates

Tariff escalation 0.00 %

O&M price escalation 0.00 %




Replacement escalation 0.00 %

Fuel price escalation 1.80 %

OK Apply Cancel

Spain - Almeria

File Edit Tools Help

 **Location**  

Location

Geographical Location

Name Spain - Almeria

Latitude 36.83 °N Altitude 5 m

Longitude -2.45 °E

Timezone +1 (Middle European Time)

Solar Angles for this Location

Date 24.07.2025 Day Length: 14:10 h

Sunrise at 06:10:37 (Azimuth 64.48°)

Sunset at 20:21:37 (Azimuth 295.35°)

Solar noon at 13:16:16 (Elevation 72.92°)

Properties of Ground

Ground structure Sand


Roughness length 0.03 m

Albedo factor 0.2

Average slope 3 °

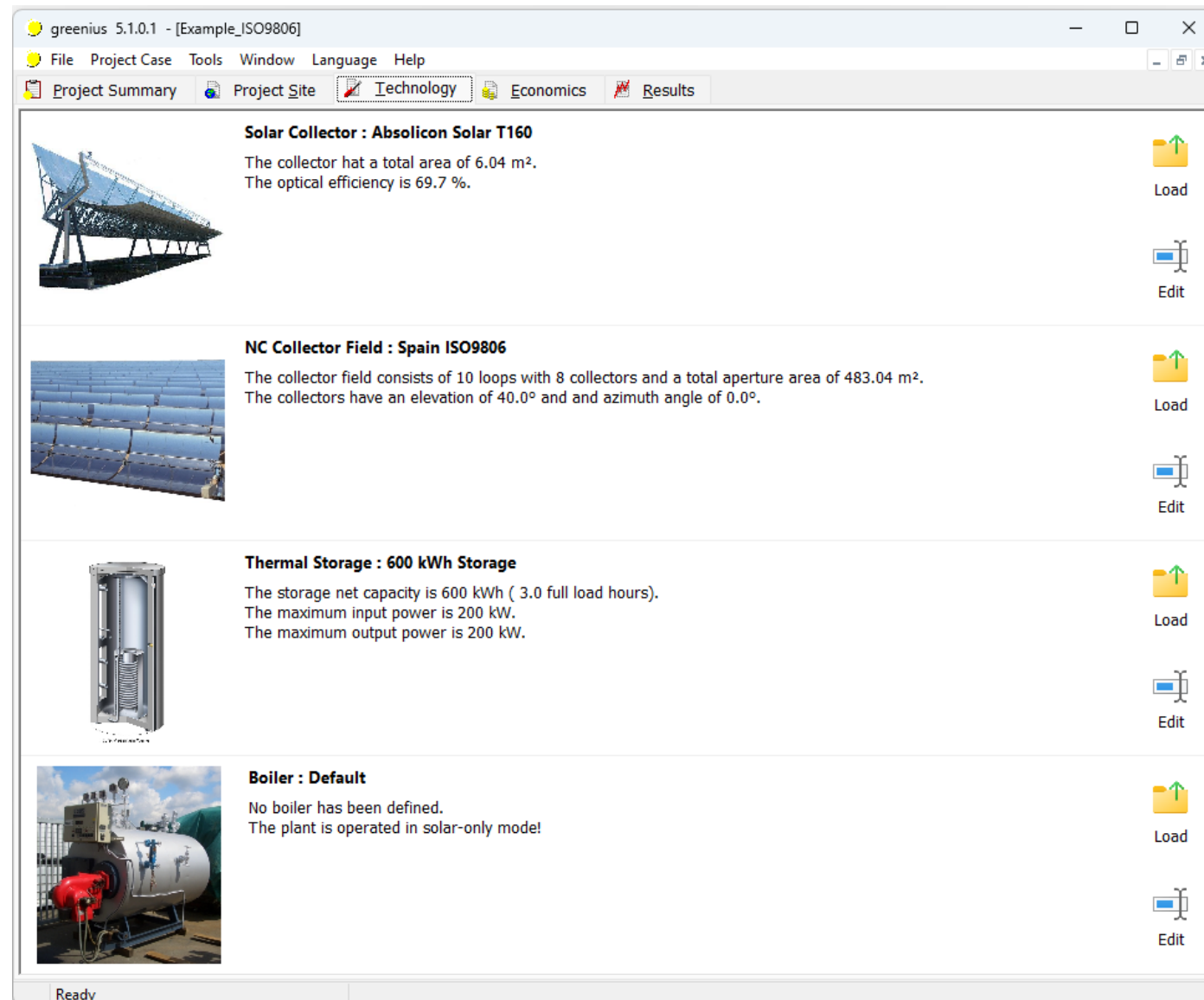
specific Land costs 1 €/m²

Image of Location



OK Apply Cancel

Definition der Technologie (1)



Definition der Technologie (2)

Absolicon Solar T160

File Edit View Help

Solar Collector

Solar Collector Database

General

Name: Absolicon Solar T160

Total length: 1.095 m

Total width: 5.514 m

Length: vertical, Width: horizontal

Gross area: 6.038 m²

Max. Temperature: 180.0 °C

Collector Efficiency

Test standard: ISO 9806

η_0, b : 0.697

η_0, hem

Coefficient a1: 0.730 W/(m² K)

Coefficient a2: 0.0000 W/(m² K²)

Coefficient a3: 0.0000 J/(m³ K)

Coefficient a4: 0.0000 -

Coefficient a5: 1483.0 J/(m² K)

Coefficient a6: 0.0000 s/m

Coefficient a7: 0.0000 W/(m² K⁴)

Coefficient a8: 0.0000 W/(m² K⁴)

Incidence Angle Modifier

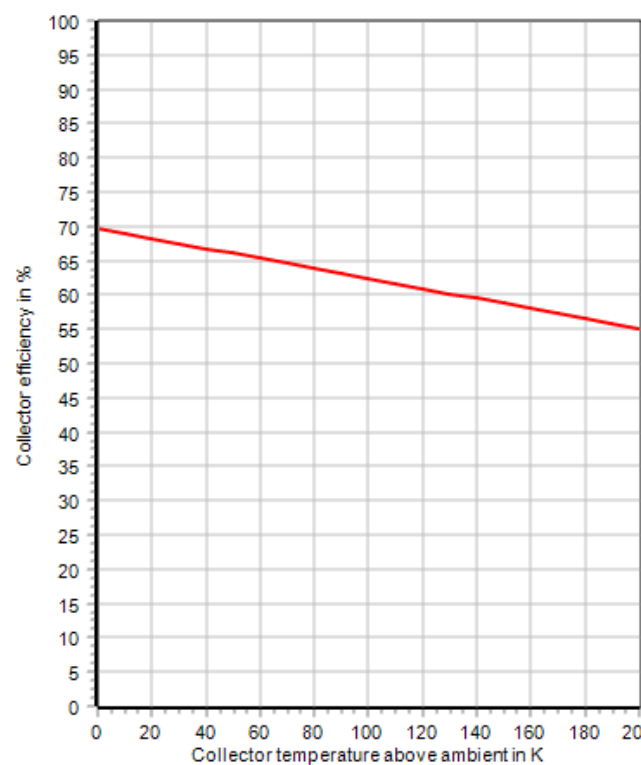
°	long	trans
0	1.000	1.000
10	0.990	1.000
20	0.990	1.000
30	0.980	1.000
40	0.960	1.000
50	0.910	1.000
60	0.770	1.000
70	0.530	1.000
80	0.180	1.000
90	0.000	0.000

Collector Type: Concentrating

Test method: quasi-dynam

Kd: 0.120

Collector efficiency in %



Collector temperature above ambient in K

OK Apply Cancel

Definition der Technologie (3)

Spain ISO9806

File Edit Costs Help

Collector Field

Collector Field

General

Name: Spain ISO9806

Collector name: Solar Collector 15

No. of loops: 10

No. of rows per loop: 1

No. of collectors per row: 8

Field size (gross area): 483.0 m²

Nominal field power ¹: 324.3 kW

¹ 1000 W/m² solar irradiance, 20°C ambient temperature

Distance between rows: 3.24 m

No. unshaded rows: 1

Land use factor: 2.50

Land use: 1207.5 m²

Specif. Parasitics: 0.050 W_{el}/W_{th}

Orientation and Operation

Azimuth: 0.0 °

South

Elevation: 40.0 °

Height difference: 0.0 m

Inlet temperature: 40.0 °C

Outlet temperature: 80.0 °C

Design temperature: 60.0 °C

Pipes

Heat loss based on: Pipe length

Total length: 40.0 m

Diameter: 70.0 mm

Specific mass: 8.00 kg/m

Heat capacity: 0.109 Wh/(kgK)

Piping loss coefficient: 0.2 W/(m K)

Heat Transfer Fluid

Type: Water/Glycol

density	heat cap.	temp.
kg/m ³	Wh/(kgK)	°C
1060	0.9806	20
1036	1.0083	60
1009	1.0361	100

OK Apply Cancel

600 kWh Storage

File Edit Costs Help

Storage

Storage

General Information

Name: 600 kWh Storage

Type: Single Tank

Technical data

Net Capacity: 600 kWh

Consumer design demand: 200 kW

Full load hours: 3.0 h

Nominal field excess: 138 kW

Maximal charging: 200 kW

Maximal discharging: 200 kW


Time constant: 70.00 h

50 % loss in: 48.5 h

Input temp. difference: 11.0 °C

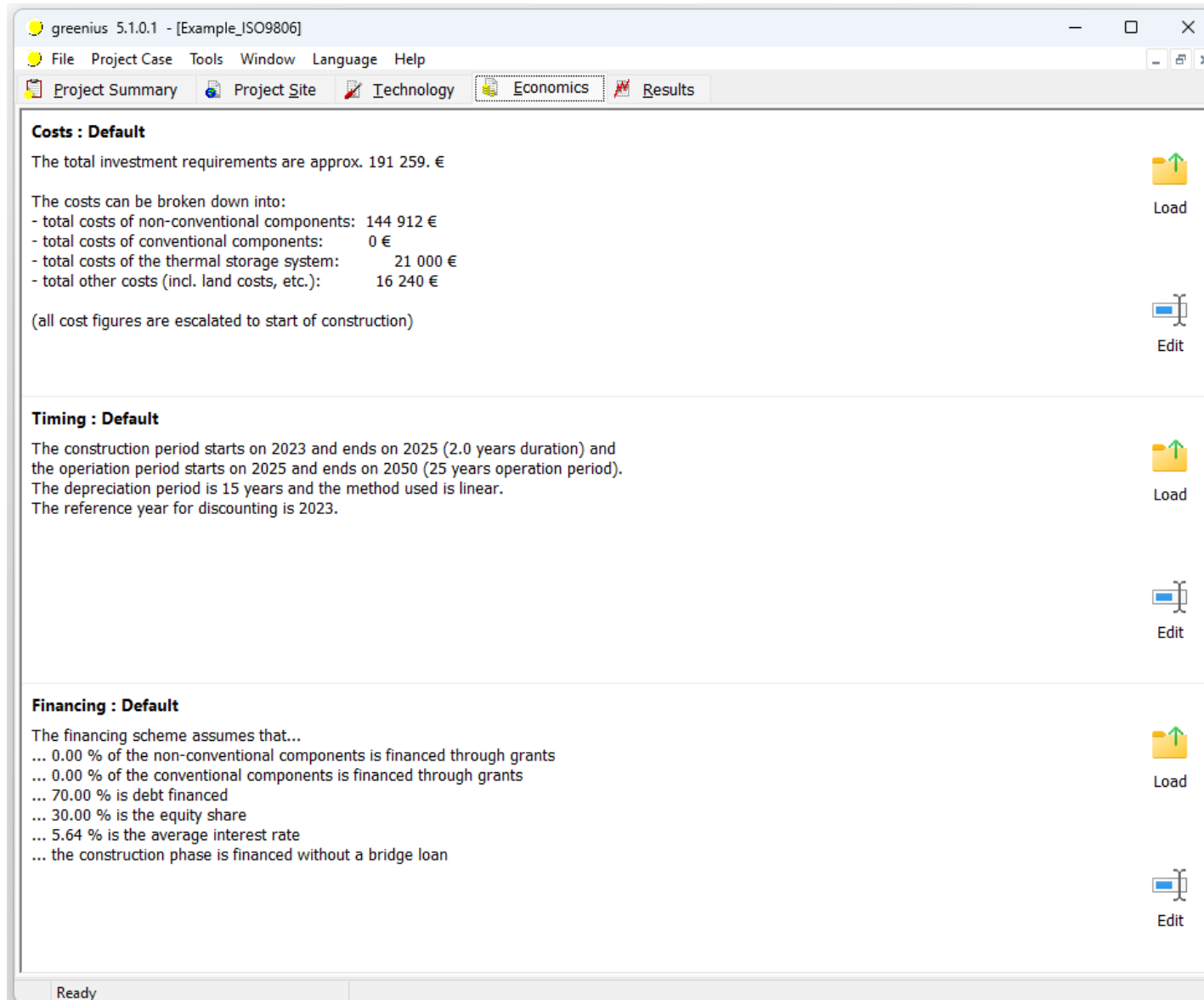
Output temp. difference: 11.0 °C

Pumping parasitics: 0.003 W_{el}/W_{th}



OK Apply Cancel

Definition der Wirtschaftlichkeit (1)



greenius 5.1.0.1 - [Example_ISO9806]

File Project Case Tools Window Language Help

Project Summary Project Site Technology **Economics** Results

Costs : Default

The total investment requirements are approx. 191 259. €

The costs can be broken down into:

- total costs of non-conventional components: 144 912 €
- total costs of conventional components: 0 €
- total costs of the thermal storage system: 21 000 €
- total other costs (incl. land costs, etc.): 16 240 €

(all cost figures are escalated to start of construction)

Timing : Default

The construction period starts on 2023 and ends on 2025 (2.0 years duration) and the operation period starts on 2025 and ends on 2050 (25 years operation period). The depreciation period is 15 years and the method used is linear. The reference year for discounting is 2023.

Financing : Default

The financing scheme assumes that...

- ... 0.00 % of the non-conventional components is financed through grants
- ... 0.00 % of the conventional components is financed through grants
- ... 70.00 % is debt financed
- ... 30.00 % is the equity share
- ... 5.64 % is the average interest rate
- ... the construction phase is financed without a bridge loan

Ready

Berechnung und Ergebnisanalyse

greenius 5.1.0.1 - [Example_ISO9806]

File Project Case Tools Window Language Help

Project Summary Project Site Technology Economics Results

Typical Operation Year

The thermal output of the collector field is 581.43 MWh/a.
The specific thermal output is 1204 kWh/m² collector area.
The annual solar share (gross) is 64.5 %.

Details

Cash Flow

The calculated project has an Internal Rate of Return (IRR) on Equity of 15.42 %
The Present Value (PV) of the investment is 0.089 million €.
and the equity investment is amortized after 7.71 years.
The required heat price is 0.0742 €/kWh to match the minimum required IRR of 12.0 %.

Key Results

The levelized heat costs (LHC) based on the nation discount rates are 0.062 €/kWh.
The total incremental costs are 276 145 € (0.032 €/kWh).
146.0 t CO₂ are avoided per year with costs of 148.0 €/tCO₂

Details

Ready

Calculating...

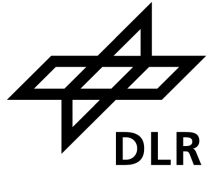
Parabolic Trough Operation...

69%

Passed calculation time: 1.92 s Remaining calculation time: 0.88 s

Break Calculations

Ergebnisanalyse (1): Tabelle



Typical Operation Year

File Edit View Visualize... Help

Typical Operation Year

General Results

General

Renewable Electricity Generation: 0 MWh
No Solution found: 0 out of 8760

Graph Options

Resolution: Hourly (selected), Daily, Weekly, Monthly

Display Period: from Hour 1 to Hour 8760

Display Results

Global Horizontal Irr. (GHI)
Direct Normal Irr. (DNI)
Diffuse Horizontal Irr. (DHI)
Direct Shading Factor (F_{sh})
Diffuse Shading Factor (F_{diff})
Ambient Temperature (T_{amb})
Collector Irradiance (E_{col})
Heat Demand (Q_{load})
Irradiation on Collectors (H_{col})
Heat Absorbed by Collector (Q_{abs})
Heat losses collectors (Q_{hloss})
Heat losses piping (Q_{ploss})
Thermal Collector Output (Q_{col})
Thermal Field Output (Q_{field})
Chiller Output (Q_{cool})
Dumped Solar Heat (Q_{dump})
Heat-up Energy (Q_{heatup})
Storage in/output (dQ_{storage})
Storage Level (Q_{storage})
Storage Losses (Q_{stor_loss})
Auxiliary Heat (Q_{aux})
Tot. sol. thermal out. (Q_{s,tot})
Total thermal output (Q_{tot})
Auxiliary Electricity (W_{el aux})
Fossil Efficiency (eta_{foss})
Thermal Field Efficiency (eta_{sol})
Solar Share (SolSh)
Mean Circuit Temperature (T_{fluid})
Incidence angle (Inc.ang.)
Incidence angle i (IA_i)
Incidence angle t (IA_t)
Incidence Angle Modifier (IAM b)

Value	Q load	H col	Q abs	Q_hloss	Q_ploss	Q col	Q field	Q Cool	Q Dump	Q heatup	dQ Storage	Q Storage	Q Stor,loss	Q aux	Q s,tot	Q tot	W el aux	eta foss	eta sol
Unit	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	%	%
Average	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90.0	109.7
Sum	678	887	639	57	1	583	581	0	120	0	24	1,674	24	241	438	678	26		
01.01 01:00	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	-0.004	0.000	0.000	0.000	-0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
01.01 02:00	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
01.01 03:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
01.01 04:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
01.01 05:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
01.01 06:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
01.01 07:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
01.01 08:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
01.01 09:00	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.200	0.002	90.0	158.6
01.01 10:00	0.200	0.081	0.059	0.013	0.000	0.046	0.029	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.171	0.029	0.200	0.003	90.0	128.6
01.01 11:00	0.200	0.000	0.003	0.013	0.000	-0.010	0.000	0.000	0.000	-0.011	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.200	0.002	90.0	-27.1
01.01 12:00	0.200	0.000	0.004	0.005	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.200	0.002	90.0	-237.3
01.01 13:00	0.200	0.000	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.200	0.002	90.0	-8721.0
01.01 14:00	0.200	0.000	0.005	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.200	0.002	90.0	488.5
01.01 15:00	0.200	0.000	0.002	0.004	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.200	0.002	90.0	-146.3
01.01 16:00	0.200	0.000	0.002	0.002	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.200	0.002	90.0	-228.5
01.01 17:00	0.200	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.200	0.002	90.0	-833.0
01.01 18:00	0.200	0.000	0.000	0.002	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.200	0.002	90.0	-42.8
01.01 19:00	0.200	0.000	0.000	0.001	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.200	0.002	90.0	0.0
01.01 20:00	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.200	0.002	90.0	0.0
01.01 21:00	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.200	0.002	90.0	0.0
01.01 22:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
01.01 23:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
02.01 00:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
02.01 01:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
02.01 02:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
02.01 03:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
02.01 04:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
02.01 05:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
02.01 06:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0
02.01 07:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0

Refresh Graph View Graph

Cancel

Key Results 24

File Edit Help

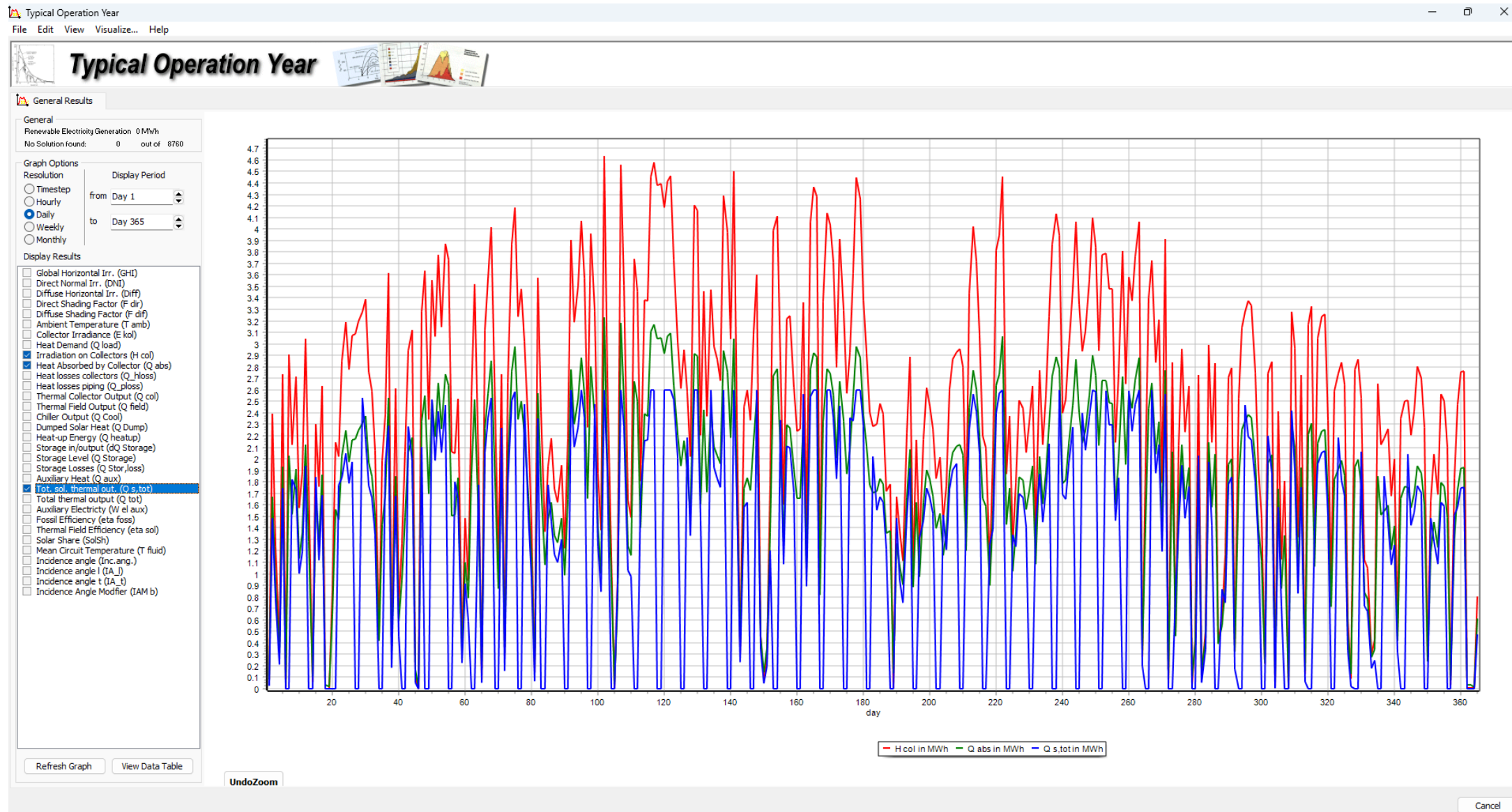
Key Results

Technology Economics

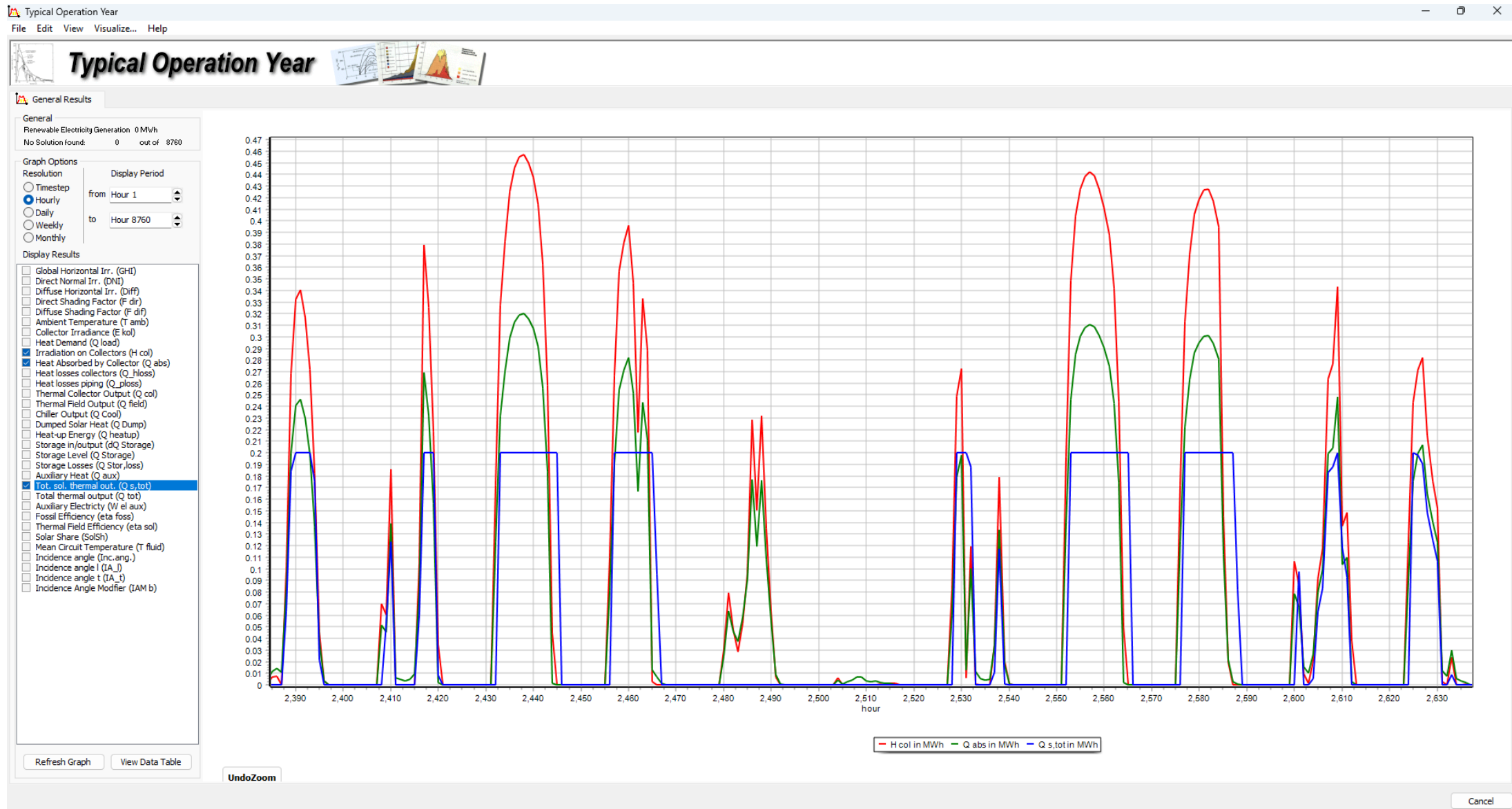
Economic Key Results		
Financial Input Parameters:		
Heat Tariff	€/kWh _{th}	0.0800
Grant Proportion (Renewable)	%	0.00
Debt-Equity-Ratio	%	70.00
Average Interest Rate	%	5.64
Simulation Results:		
Internal Rate of Return (IRR) on Equity	%	15.42
Net Present Value	€	89,191
Payback Period	yrs.	7.71
Discounted Payback Period	yrs.	10.33
Total Incremental Costs	€	276,145
Minimum ADSCR		1.32
Required Tariff for min. IRR	€/kWh	0.0742
Incremental LHC	€/kWh _{th}	0.0318
Calculation of LHC		
Levelized Heat Costs (LHC)	€/kWh _{th}	0.0618
Total Investment Costs (IC)	€	191,259
Annuity of IC		0.0782
NPV of Running Costs (OC)	€	345,053
Annuity of OC		0.0782
Environmental Aspects:		
Annual CO2 Reduction	t CO2	145.97

Cancel

Ergebnisanalyse (2): Jahresdiagramm mit täglicher Auflösung

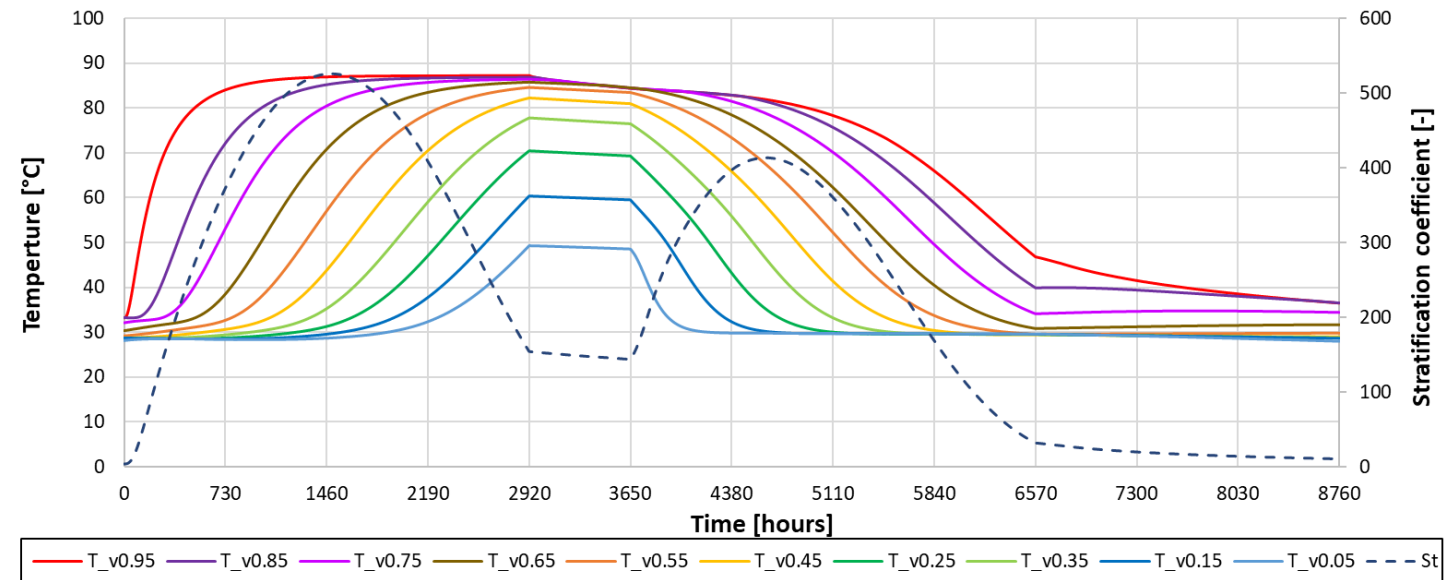
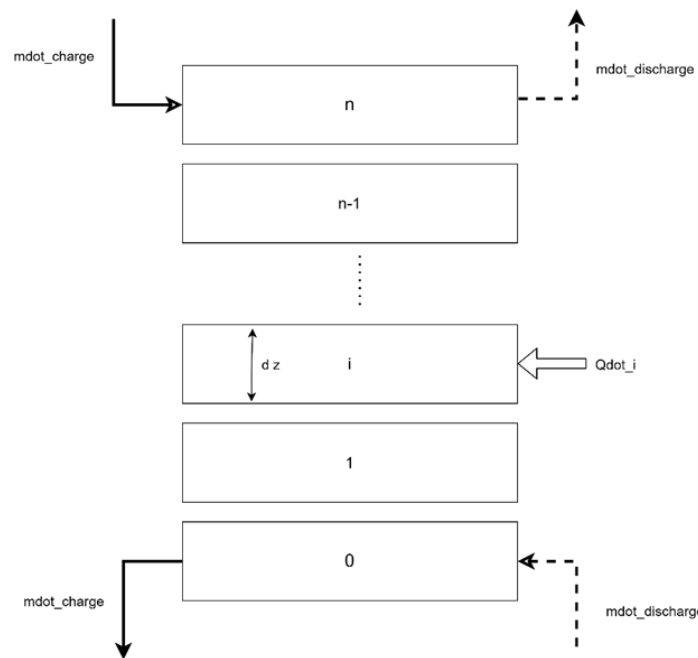


Ergebnisanalyse (3): Zoom auf die Stundenauflösung



Ausblick: Saisonale Speicher

- Implementierung saisonaler Speicher als Schichtspeicher
- Integration mit Wärmepumpen für Prozesswärme und Fernwärmesysteme



Ausblick: Strukturelle Verbesserungen



- Softwarestruktur-Update: Neue Energiesysteme integrieren, Benutzerfreundlichkeit verbessern
- Kraft-Wärme-Kopplungssimulation: Gleichzeitige Modellierung von Strom und Wärme
- Strompreisgestaltung: Stundenbasierte Preisverläufe und Netzintegration
- Parameter-Variationen: Automatisierte Sensitivitätsanalysen für schnellere Auslegung
- Verbreitung von greenius: Schulungen, Webinare, Workshops, Newsletter, Community-Building
- Modellierungsempfehlungen: Standardisierte Dokumentation und Parametersätze für solarthermische Prozesswärmesysteme

- Hybride CSP-Systeme mit Wärmespeicher, Power-to-Heat und Backup-Brennstoffen
- Power-to-Heat-Systeme: Elektrifizierung der Prozesswärme mit PV, Wärmepumpen oder Elektroheizern
- Schichtspeicher & Rohrverluste: Simulation von Schichtspeichern und Wärmeverlusten in der Verteilung
- CO₂-Vermeidung: Direkte Emissionen und Minderungs-Potenzial bewerten
- Aktualisierte Komponentendatensätze: Neueste Technologieparameter für präzise techno-ökonomische Analysen
- Integration mit Industrie und internationalen Organisationen: Nutzerfeedback, Leitlinienbeiträge, Community-Building

VIELEN DANK!

Side Event der HEATEXPO 2025, Dekarbonisierung der Wärme: Hochtemperatur-Solarthermie bis 400 °C in Wärmenetzen und Prozesswärme

Javier Inigo Labairu und Jürgen Dersch

