greenius: Simulationstool für schnelle Prognosen von Wärmeerträgen

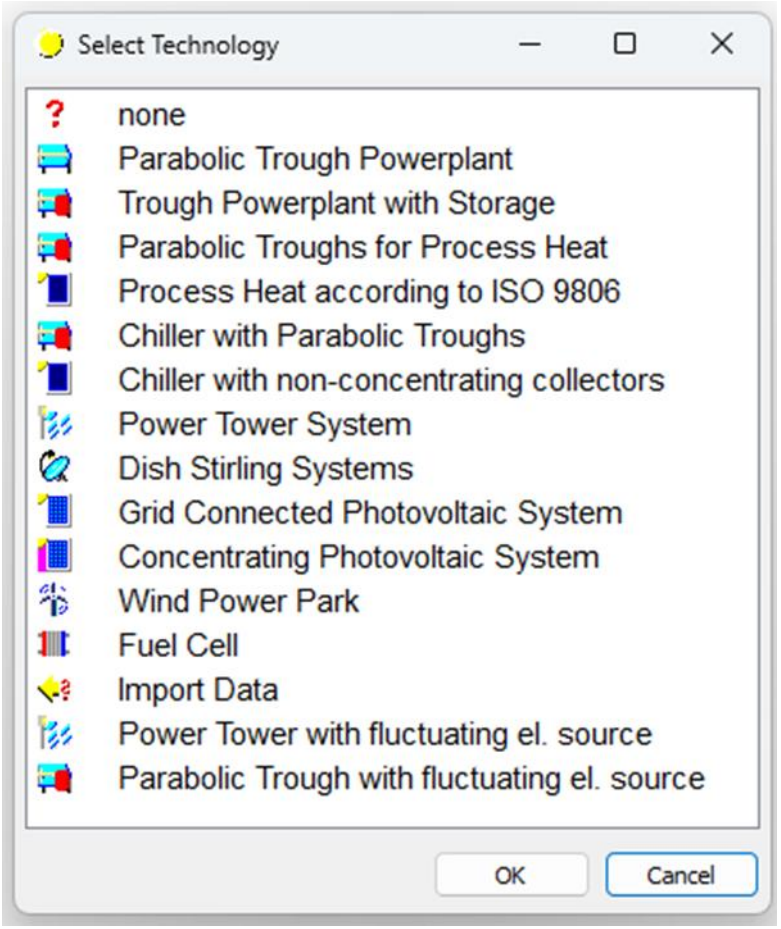
Side Event der HEATEXPO 2025, Dekarbonisierung der Wärme: Hochtemperatur-Solarthermie bis 400 °C in Wärmenetzen und Prozesswärme

Javier Inigo Labairu und Jürgen Dersch

DLR

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



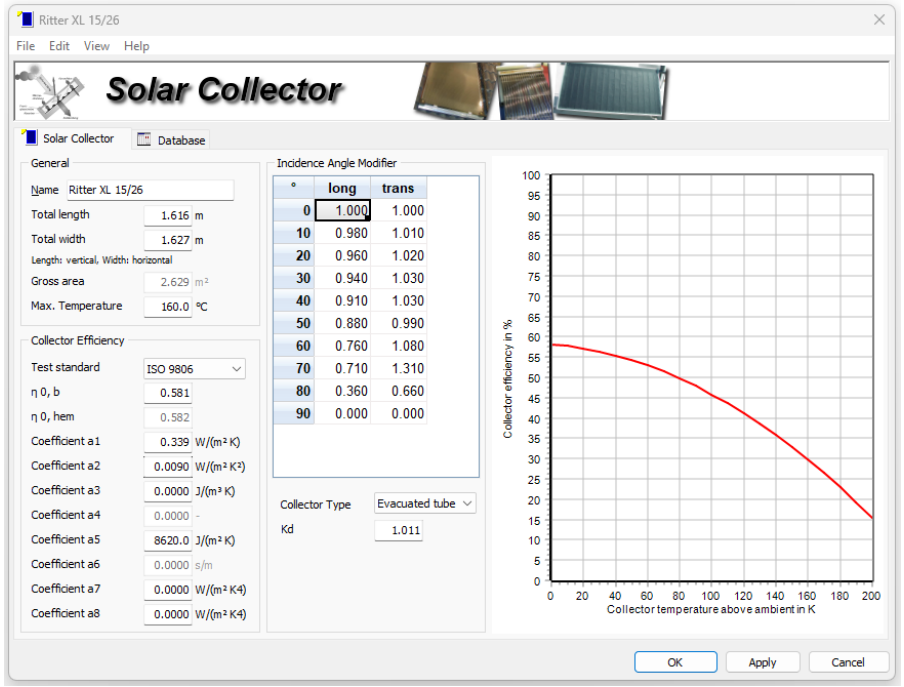
greenius bietet:

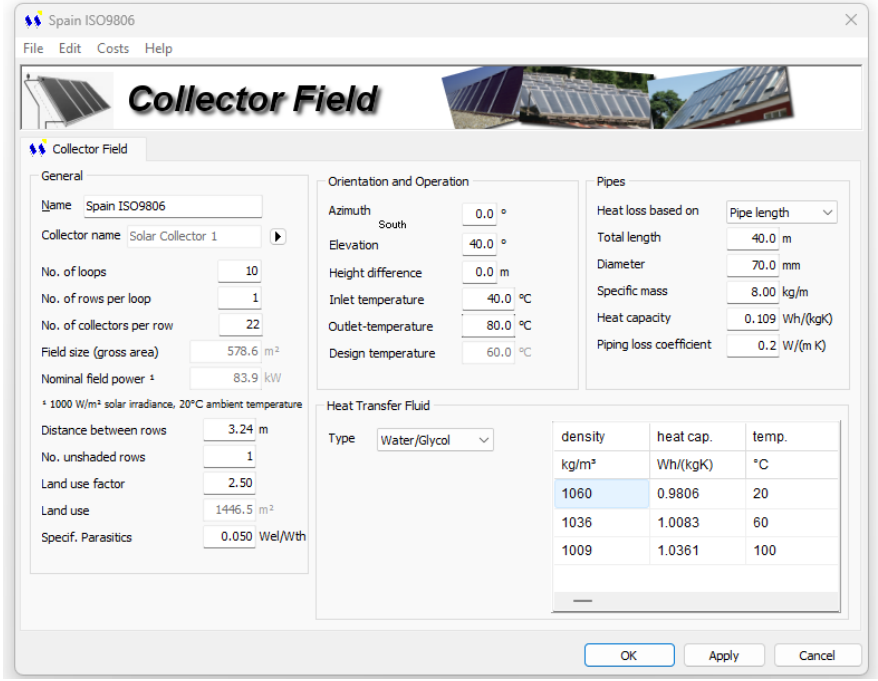
- Die Kombination aus schnellen technischen Ertragsberechnungen und wirtschaftlichen Analysen
- Umfassende Visualisierungsoptionen zur grafischen Auswertung der Ergebnisse
- Benutzeroberflächen zur Parametereingabe und Ergebnisanalyse
- Integration von meteorologischen Daten und Ertragskennfeldern aus 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

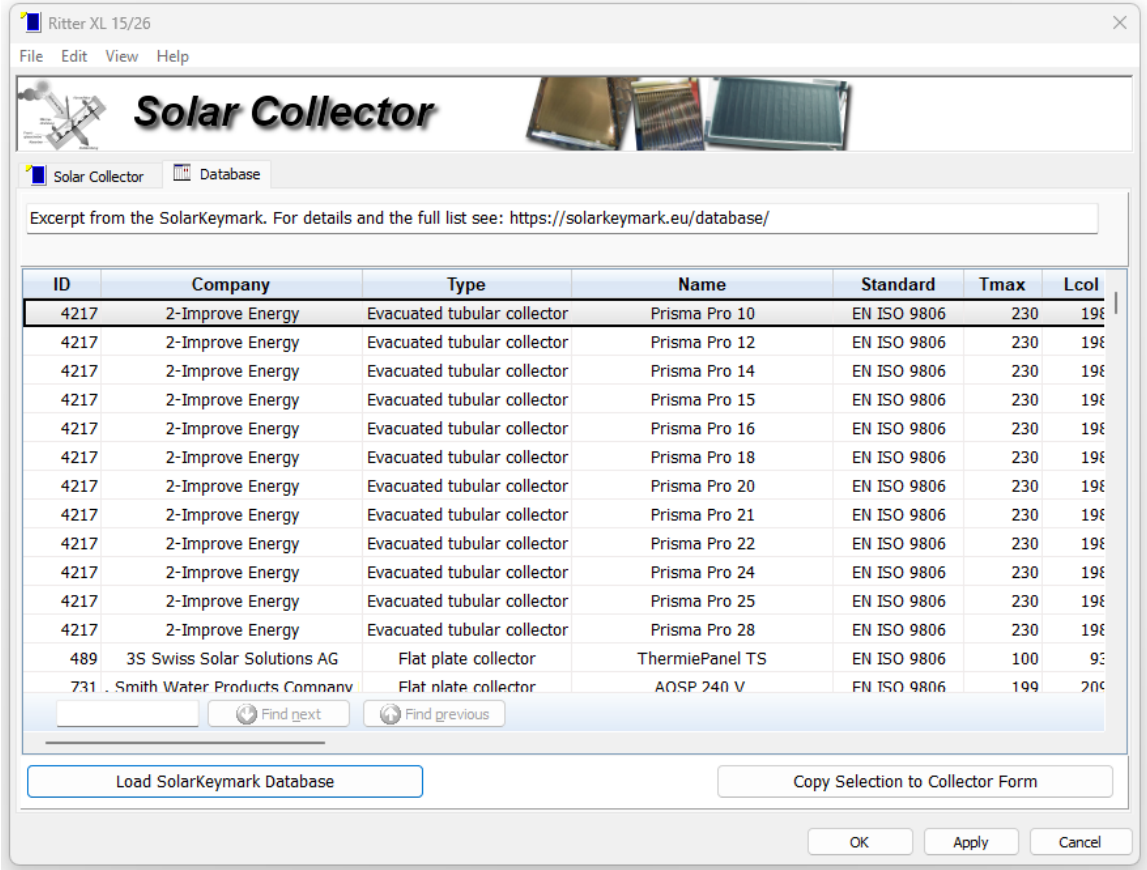
- Implementierung der ISO-9806-Norm für konzentrierende und nicht-konzentrierende Solarkollektoren
- Detaillierte Berechnung der Verschattungsverluste und verschiedene Methoden für Rohrwärmeverluste





Neueste Aktualisierungen

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

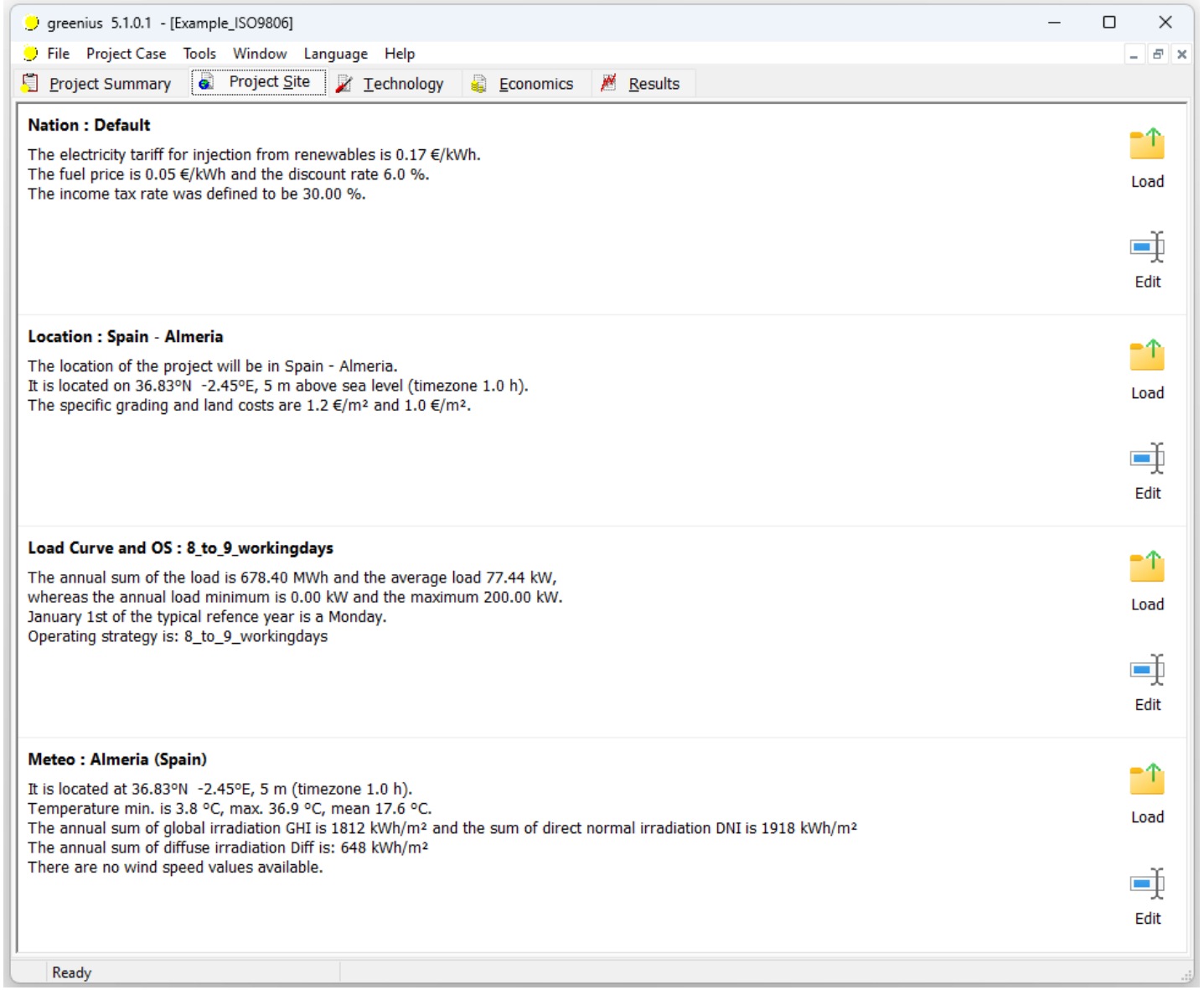


Voraussetzungen und erforderliche Eingabedaten

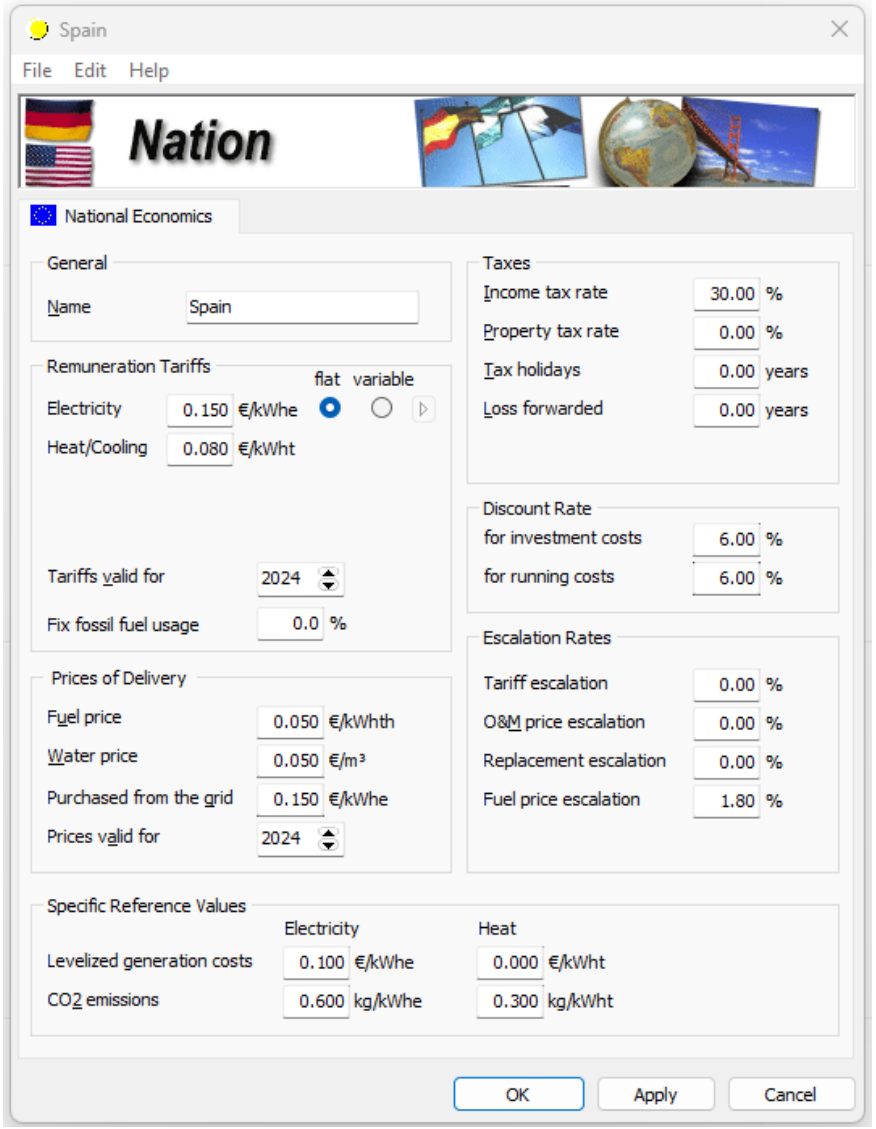
- Standort (Länge, Breite, Höhe)
- Anlagengröße (Nennleistung)
- Meteorologischer Datensatz
- Lastkurve
- Technologie

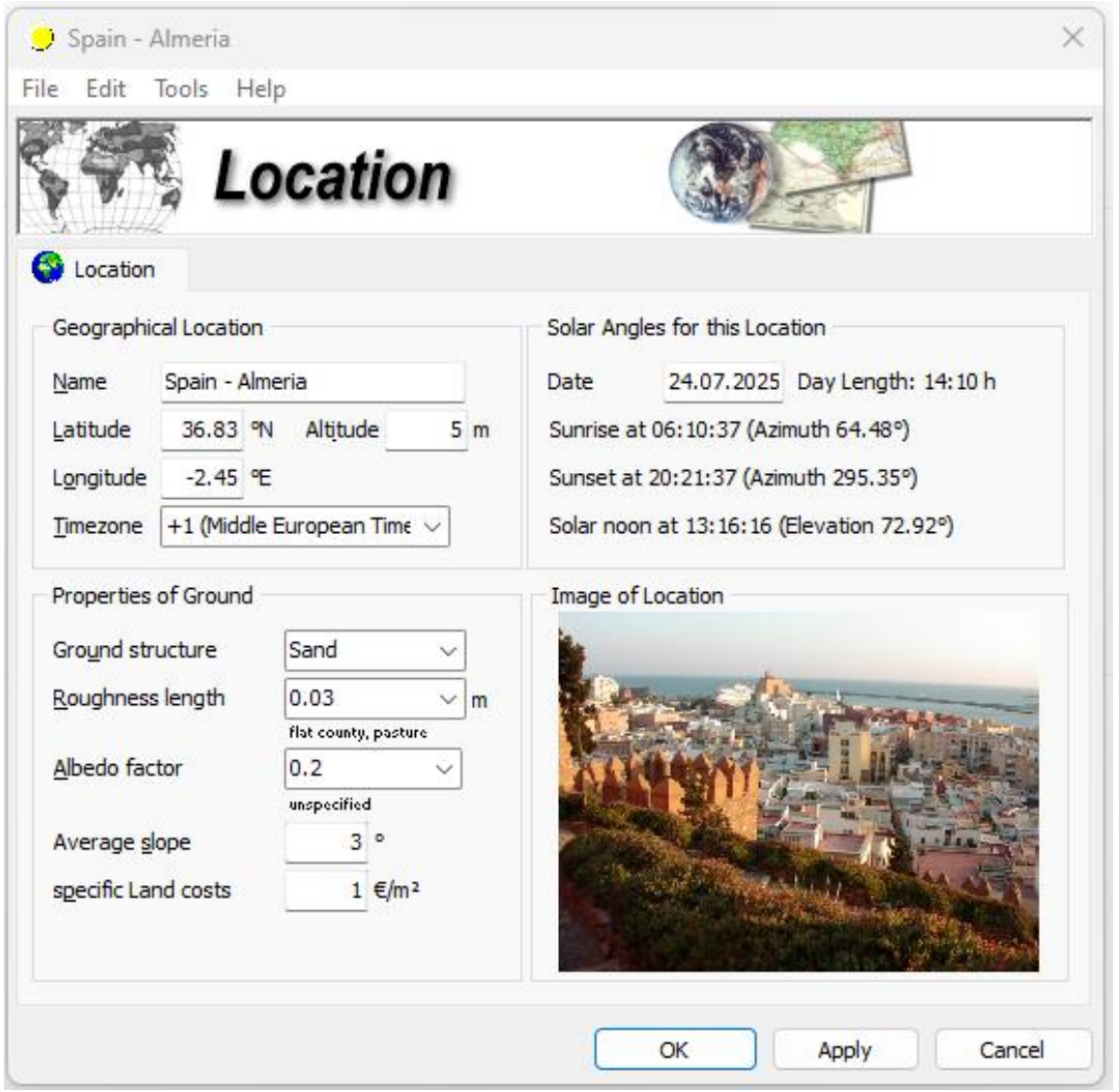
- greenius kann auch verwendet werden, um verschiedene Technologien und/oder Standorte miteinander zu vergleichen.

Definition des Projektstandorts (1)

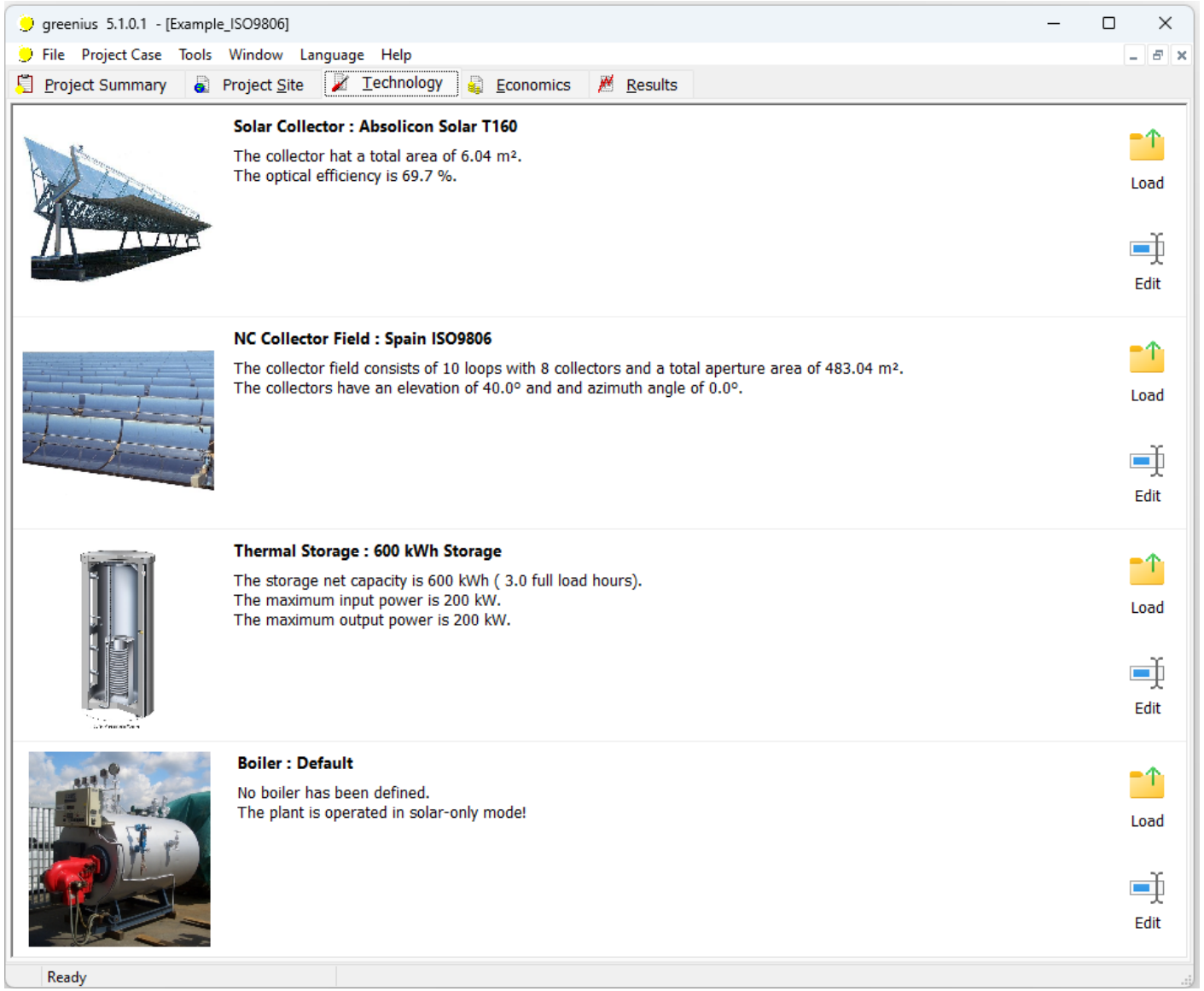


Definition des Projektstandorts (2)

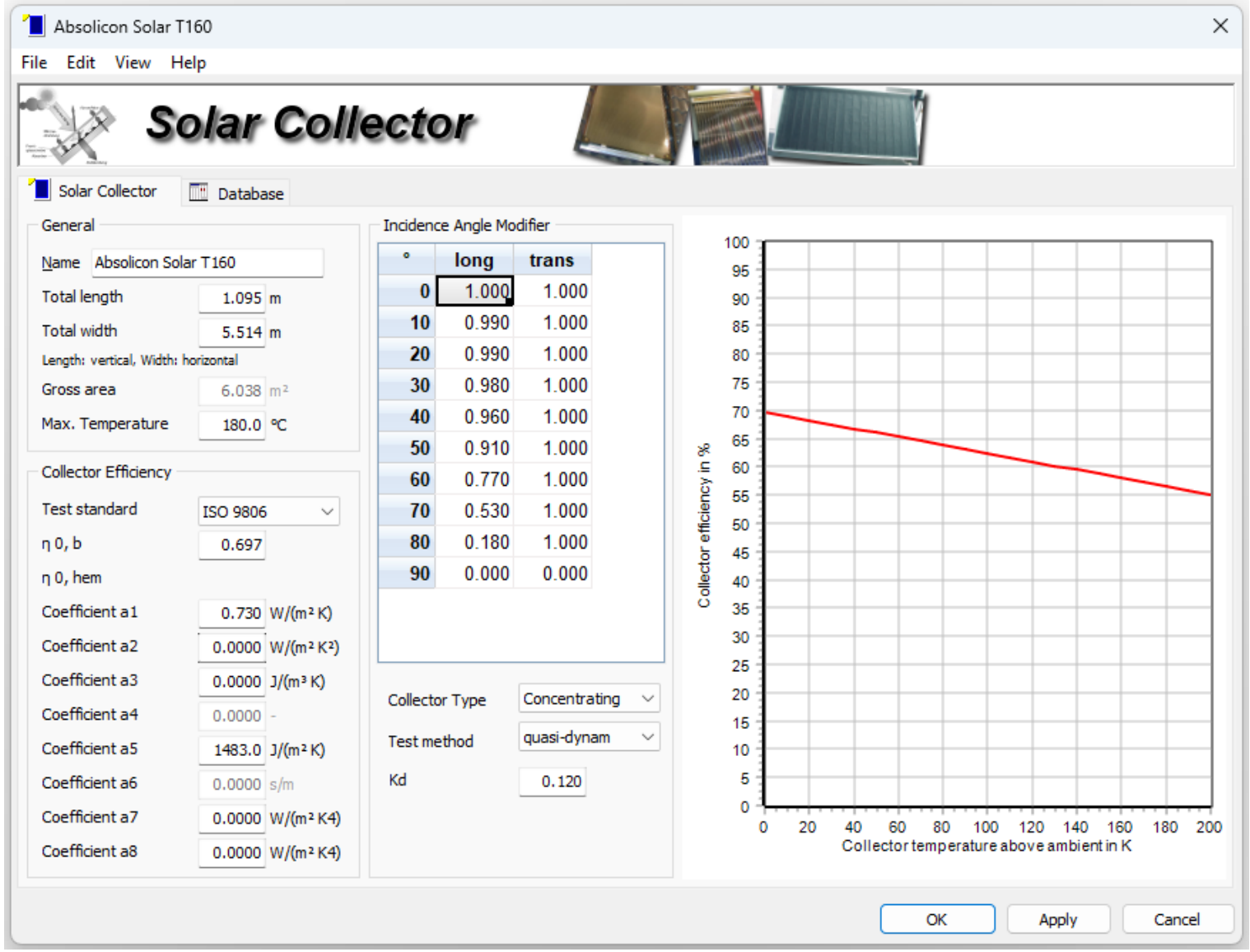




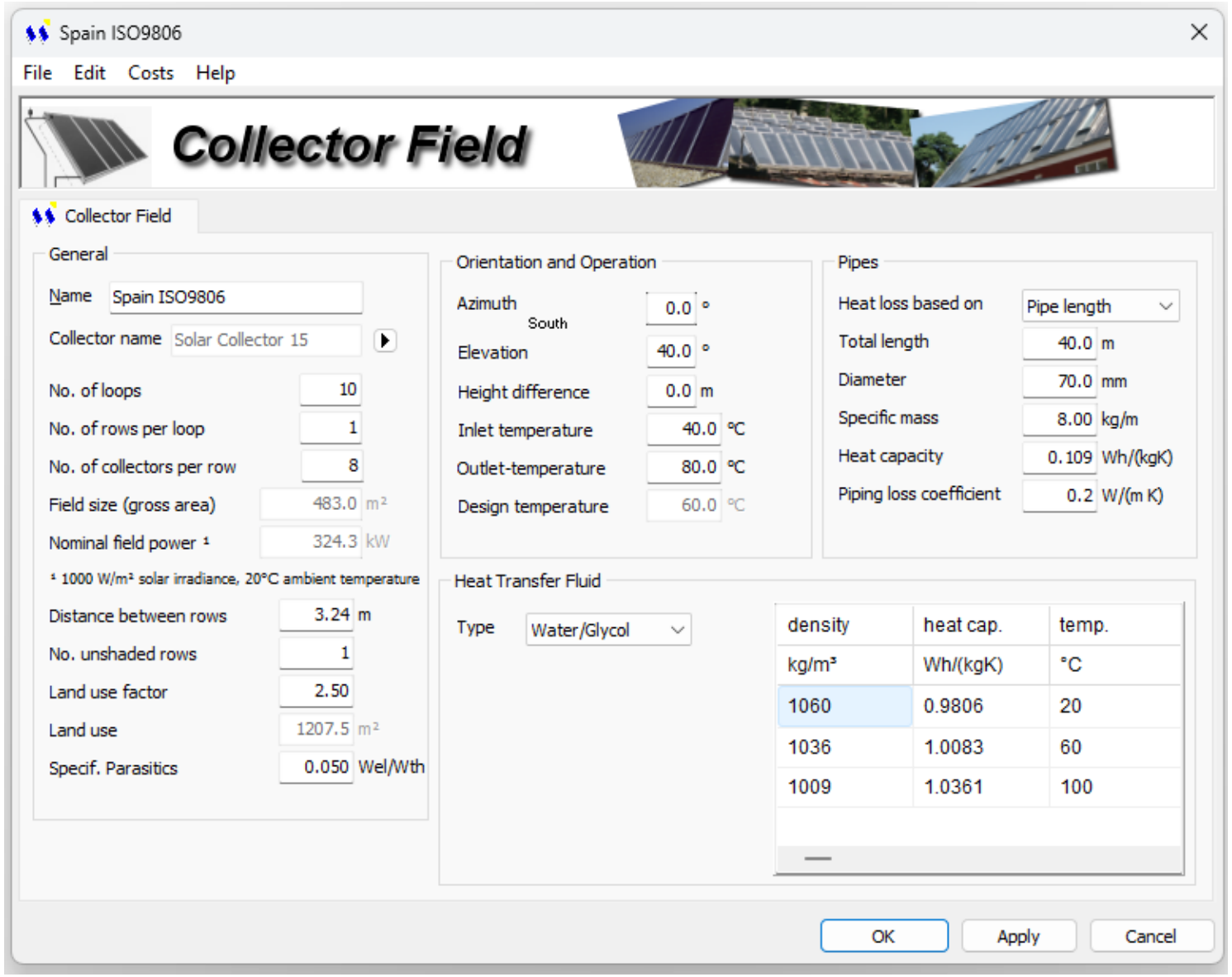
Definition der Technologie (1)

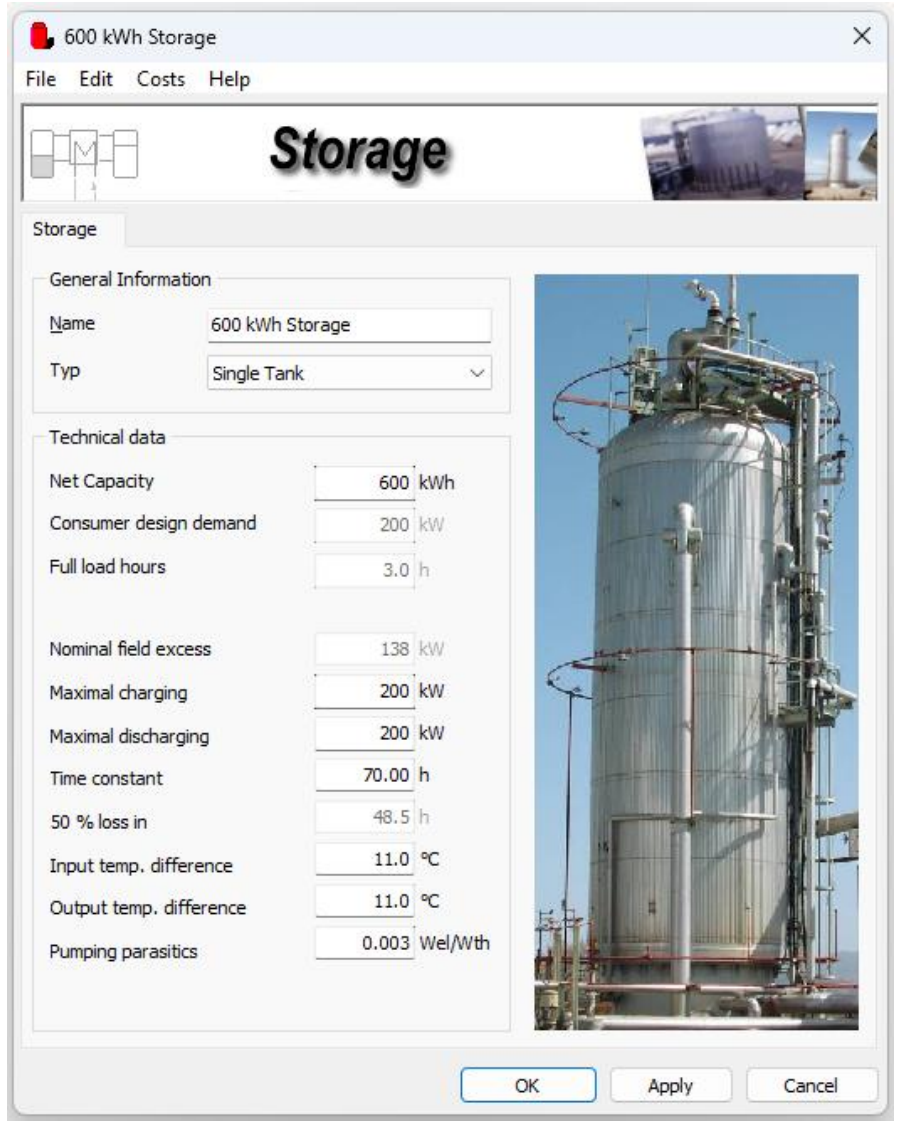


Definition der Technologie (2)

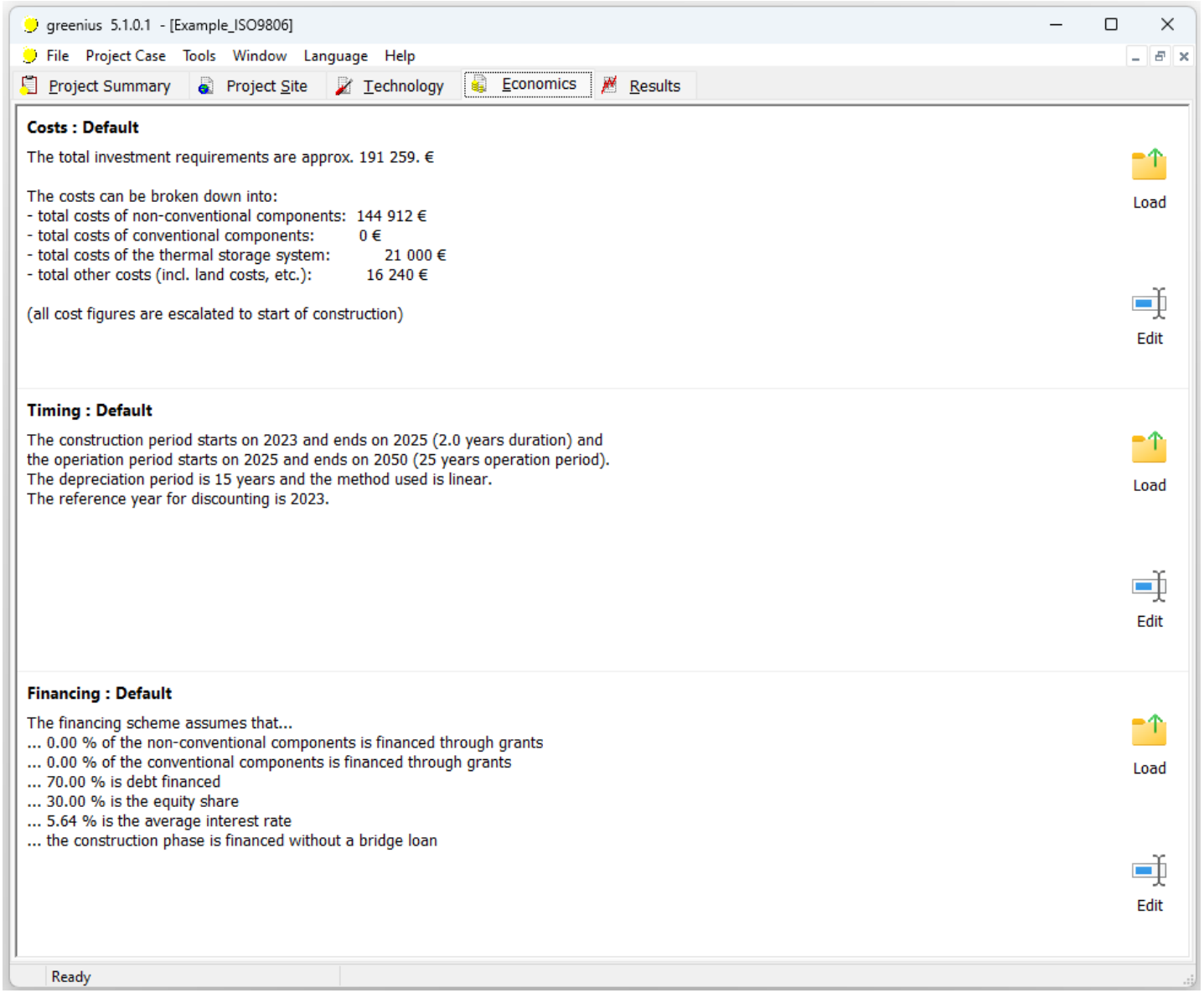


Definition der Technologie (3)

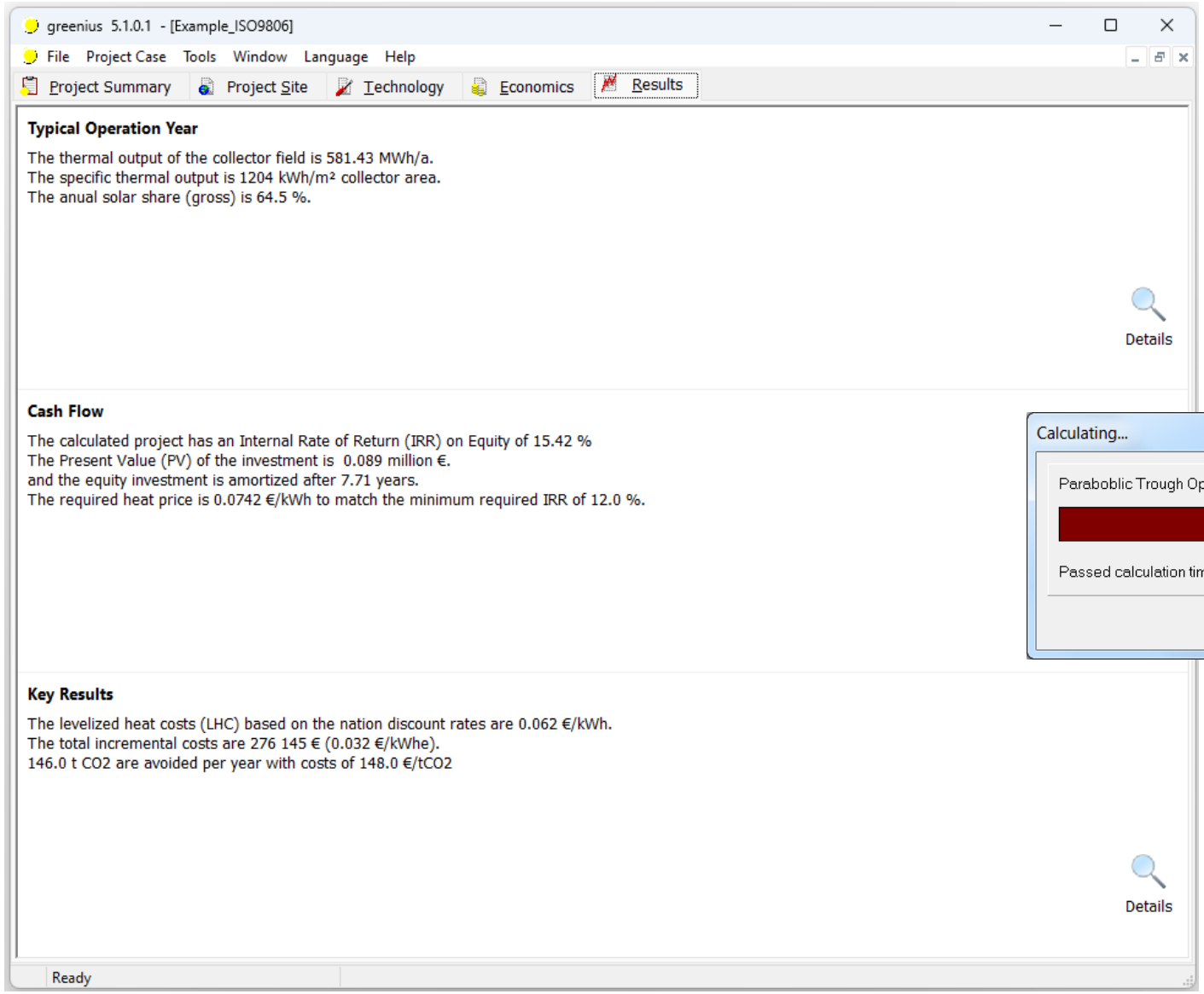


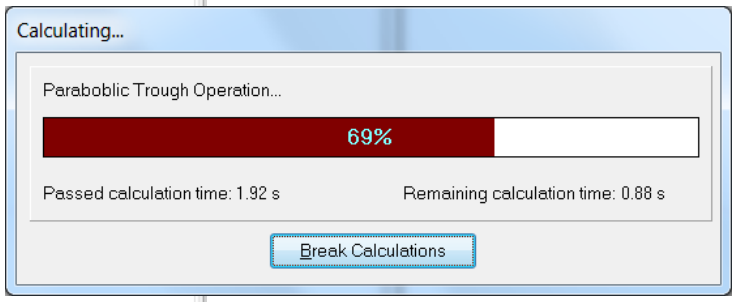


Definition der Wirtschaftlichkeit (1)

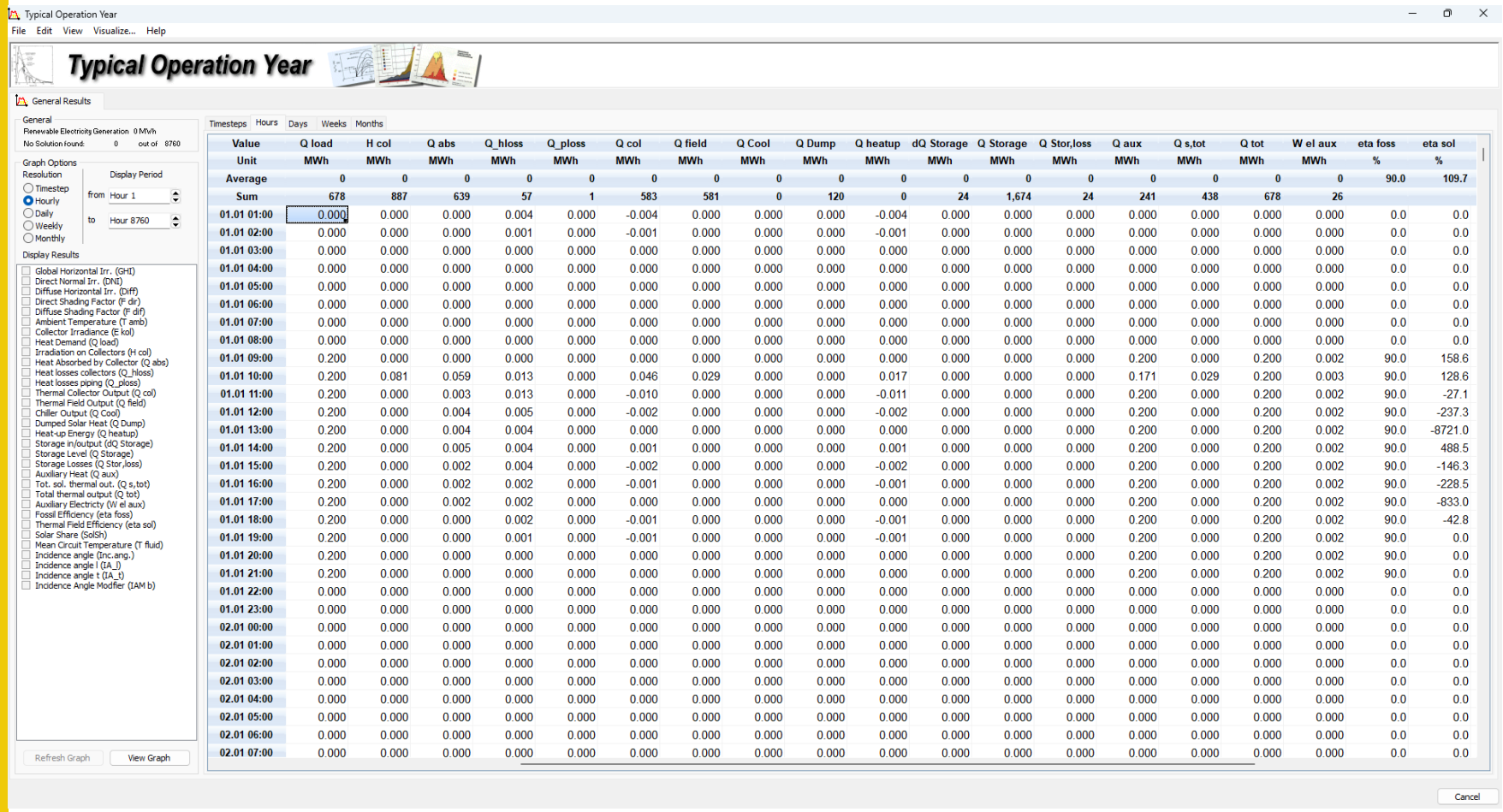


Berechnung und Ergebnisanalyse

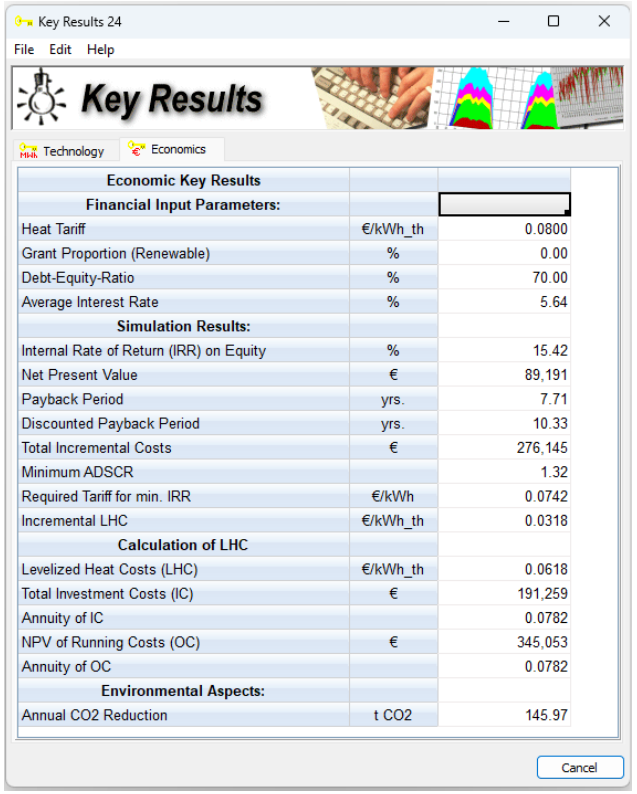




Ergebnisanalyse (1): Tabelle

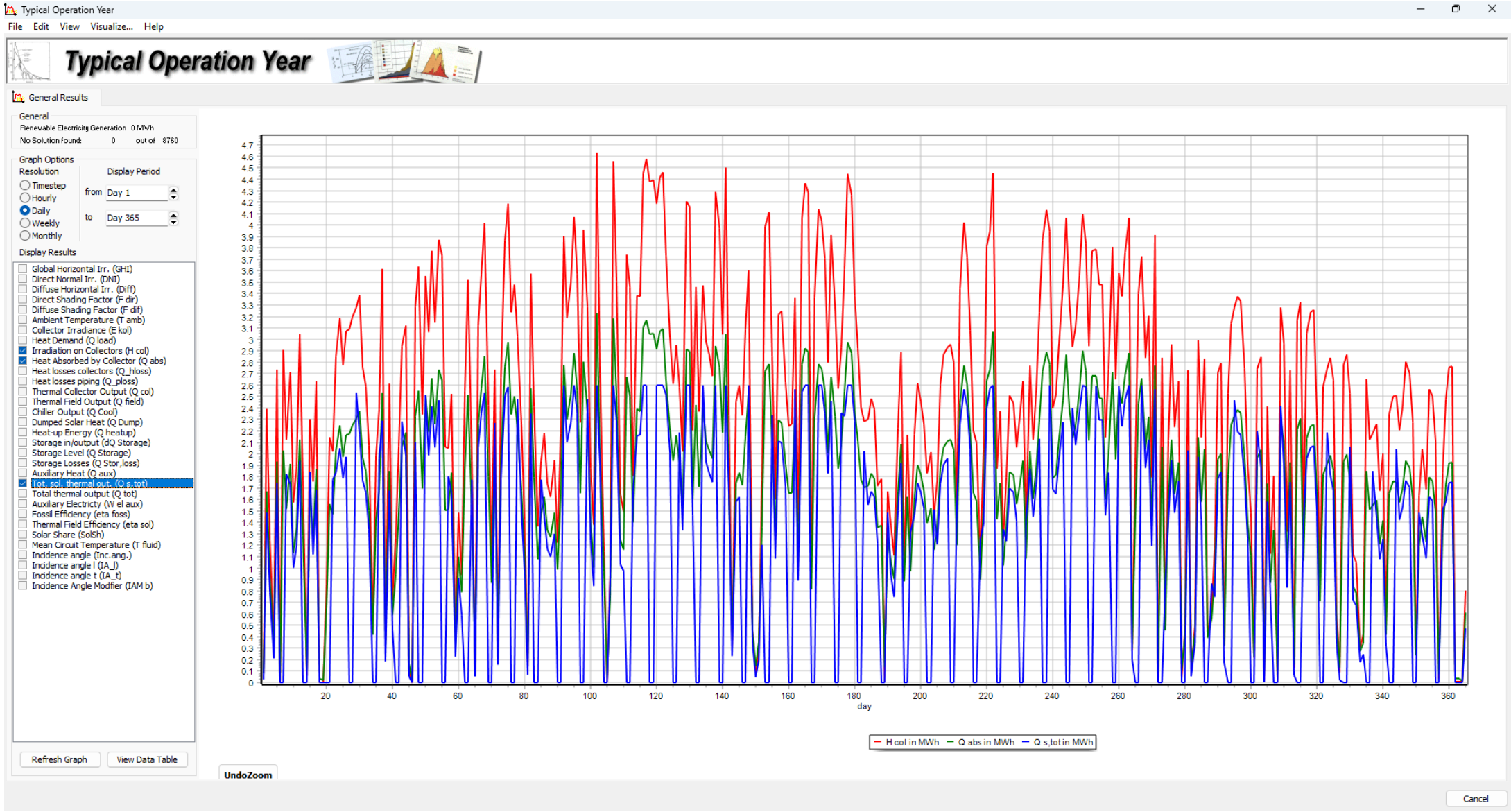


Value	Q load	H col	Q abs	Q_hloss	Q_ploss	Q col	Q field	Q Cool	Q Dump	Q heatup	dQ Storage	Q Storage	Q Stor,loss	Q aux	Q s,tot	Q tot	W el aux	eta foss	eta sol
Unit	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	%	%
Average	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90.0	109.7
Sum	678	887	639	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

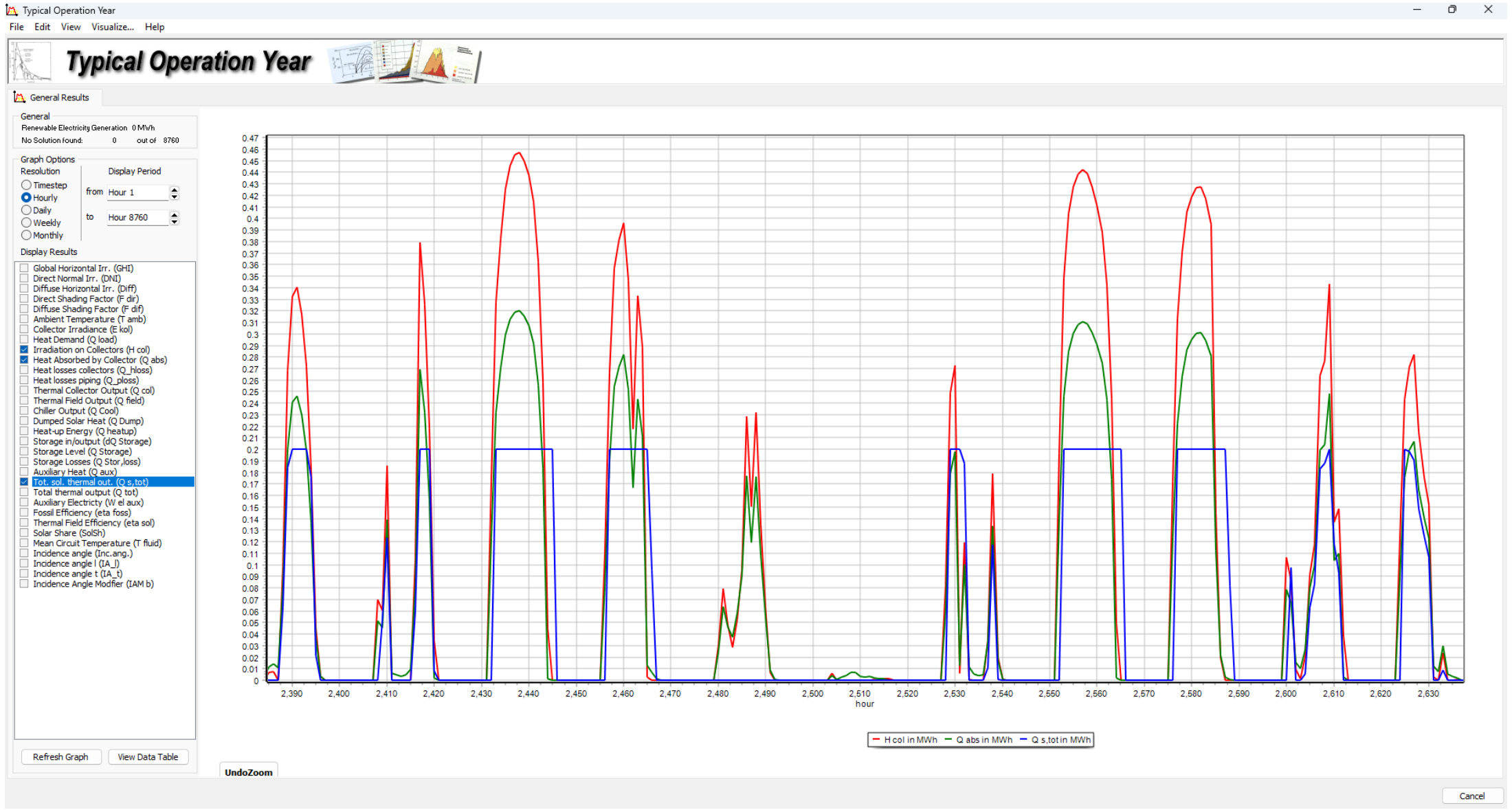


Economic Key Results		
Financial Input Parameters:		
Heat Tariff	€/kWh_th	0.0800
Grant Proportion (Renewable)	%	0.00
Debt-Equity-Ratio	%	70.00
Average Interest Rate	%	5.64
Simulation Results:		
Internal Rate of Return (IRR) on Equity	%	15.42
Net Present Value	€	89,191
Payback Period	yrs.	7.71
Discounted 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

Ergebnisanalyse (2): Jahresdiagramm mit täglicher Auflösung

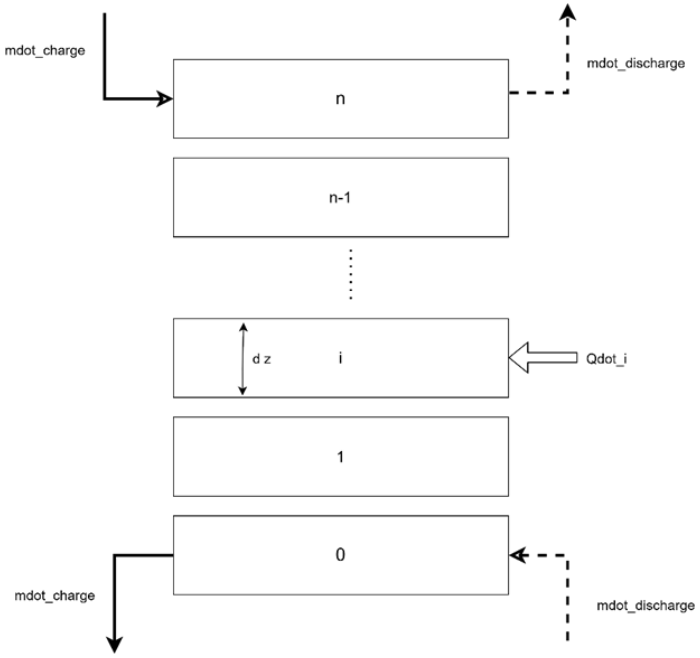


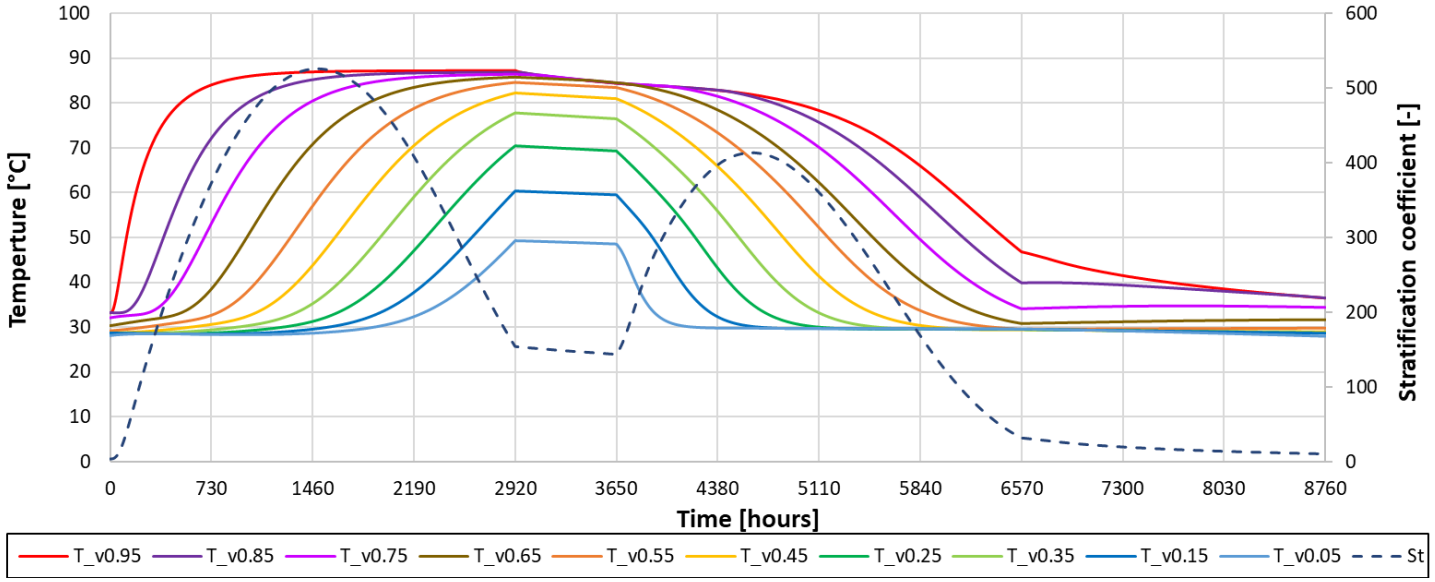
Ergebnisanalyse (3): Zoom auf die Stundenauflösung



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

Ausblick: Technologieimplementierung

- Hybride CSP-Systeme mit Wärmespeicher, Power-to-Heat und Backup-Brennstoffen
- Power-to-Heat-Systeme: Elektrifizierung der Prozesswärme mit PV, Wärmepumpen oder Elektrohitzern
- Schichtspeicher & Rohrverluste: Simulation von Schichtspeichern und Wärmeverlusten in der Verteilung
- CO_2-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

DLR