

Publizierbarer Endbericht

Gilt für Machbarkeitsstudien im Rahmen des Programmes
Solarthermie – solare Grossanlagen

A) Projektdaten

Allgemeines zum Projekt	
Projekttitel:	Solarwärme Donaustadt für Fernwärme-Wien 
Programm inkl. Jahr:	Solare Großanlagen – Machbarkeitsstudie, 2021
Dauer:	11.8.2022 bis 31.10.2023
Kontaktperson Name:	Dr. Wolfgang Guggenberger
Kontaktperson Adresse:	Teichweg 10, 9210 Pörschach
Kontaktperson Telefon:	+43 664 8119909
Kontaktperson E-Mail:	guggenberger@solarengineering.at
Projekt- und KooperationspartnerIn (inkl. Bundesland):	Wien Energie GmbH, 1030 Wien Dornier Power and Heat GmbH, 22767 Hamburg
Schlagwörter:	Solare Fernwärmeunterstützung inkl. Langzeitspeicher, Geothermie und Wärmepumpe
Auftragssumme:	50.000,- €
Klimafonds-Nr:	KR20ST1K17950
Erstellt am:	28.10.2023

B) Projektübersicht

1 Kurzfassung

WienEnergie GmbH möchte in ihrem FW-Netz den Anteil an erneuerbarer Energie mit einem innovativen Gesamtkonzept, bei dem Solarthermie, Geothermie, Wärmepumpe und ein saisonaler Wärmespeicher kombiniert werden, entsprechend erhöhen.

Am Standort der KWK-Donaustadt sind ausreichende Grundflächen für all diese Anlagenteile und ein nutzbarer Anschluss an das FW-Netz bereits vorhanden.

Ziel der Machbarkeitsstudie ist die Grobdimensionierung und Kostenschätzung der Solaranlage sowie ein Vergleich der dzt. verfügbaren Kollektortechnologien als auch die möglichen Systemeinbindungen zu untersuchen.

Aus den anfangs möglichen Solarflächen wurden nach mehreren Grobplanungen und Abstimmungen mit den parallel bearbeiteten Studien Geothermie und Großwärmepumpe schlussendlich die realistisch nutzbaren Flächen für das Kollektorfeld herausgearbeitet.



Abbildung 1: endgültige Freiflächen A + E für Solarthermie (rot + orange) und Geothermie (gelb)

Das aus den Rahmenbedingungen abgeleitete Funktionsschema stellt die Integration aus Solarthermie, Geothermie, Wärmespeicher, Wärmepumpe und FW-Einbindung in eine Gesamtanlage dar.

Der Wärmespeicher dient einerseits der Entkopplung von Wärmebedarf im Netz zur Wärmeerzeugung bei Solarthermie und Geothermie – und andererseits als hydraulische Weiche zwischen den einzelnen hydraulischen Einzelsystemen, die wegen ihrer unterschiedlichen Betriebsweise auch verschiedene Volumenströme aufweisen.

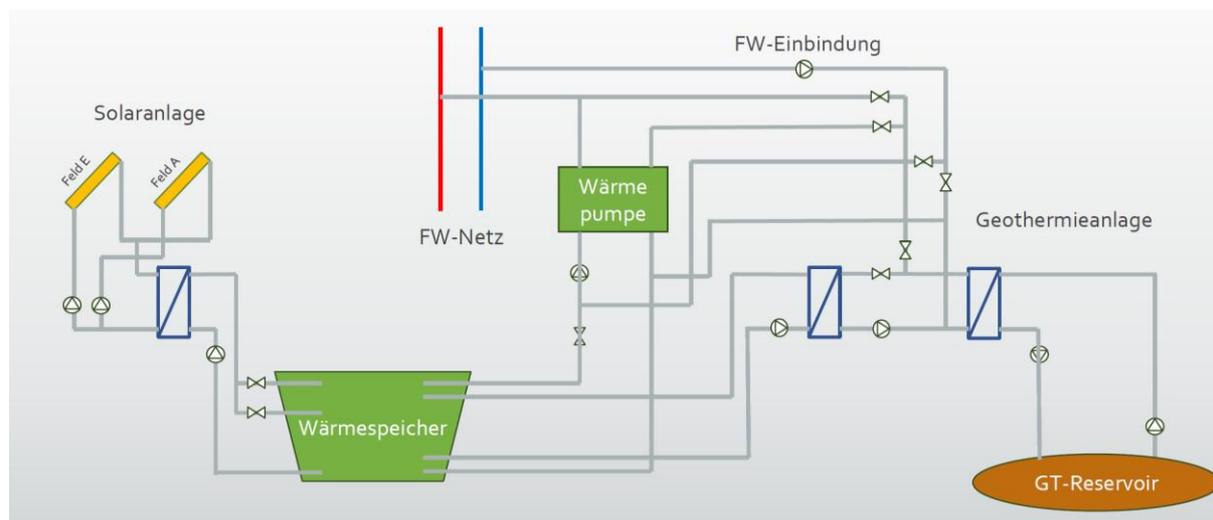


Abbildung 2: Funktionsschema Gesamtanlage © W. Guggenberger

Für die detaillierte Auseinandersetzung mit verschiedenen, verfügbaren und alternativ geeigneten Solarkollektoren wurde im Rahmen einer Herstelleranfrage eine schlüsselfertige, funktionsfertige Solaranlage mit Kollektorfeld in Bodenverankerung, Rohrleitungen, Solarstation inkl. Automatisierung sowie Inbetriebnahme angefragt.

Von 10 angefragten, europäischen Unternehmen haben

3 Firmen kein Angebot abgegeben:

- Ensol, trotz Urgenzen keine Reaktion
- GREENoneTEC, Abgabebzusage kurz vor Abgabetermin widerrufen
- Viessmann, kein Interesse

1 Firma kein Gesamtsystem angeboten:

- Akotec, nur Lieferung Kollektoren, ohne Montagesystem, Feldverrohrung, Solarstation

6 Firmen ein verwertbares Angebot abgegeben (in Klammer der angebotene Solarkollektor):

- Aalborg CSP, Großflächen-Flachkollektor (Micoe)
- Bilfinger, Großflächen-Flachkollektor (Gasokol)
- Ritter XL, evakuierter Röhren-Modulkollektor (Ritter)
- Savosolar, Großflächen-Flachkollektor (Savosolar)
- SOLID, Großflächen-Flachkollektor (GREENoneTEC)
- TVP Solar, evakuierter Modul-Flachkollektor (TVP)

Die Investitionskosten für die angefragte Gesamtanlage liegen zwischen 2.970.000,- und 6.849.000,- (€ Netto), auch weil nicht alle Angebote den geforderten betriebsbereiten Liefer-/leistungsumfang aufweisen. Der Wärmepreis über 20 Jahre statisch berechnet variiert zwischen 26,- und 61,- (€/MWh, Netto).

2 Hintergrund und Zielsetzung

Das FW-Netz in Wien hat mehrere große und kleinere Erzeugungsstätten, die mit verschiedenen Brennstoffen betrieben werden.

2018 hat WienEnergie am Dach des Kraftwerksblocks SIM2 in Simmering eine ca. 800 m² große Solarthermieanlage installiert, die primär das bisher kalte Nachspeisewasser in das FW-Netz entsprechend vorwärmt.

Diese positiven Erfahrungen lassen WienEnergie weitere Projekte andenken, die jedoch wegen der besonderen Betriebsbedingungen im FW-Netz bei direkter Einspeisung in das Primär-Netz und den örtlichen Gegebenheiten der möglichen Standorte im Stadtgebiet wesentlich komplexer sind und entsprechend detailliert vorbereitet werden müssen. Die gegenständliche Machbarkeitsstudie dient genau dieser Vorbereitung.

Bei der Suche nach vernünftig großen und solarthermisch nutzbaren Flächen, die zusätzlich in kurzer Distanz zum FW-Netz liegen, wurde der Standort der KWK-Donaustadt als sinnvoller Projektstandort für diese Machbarkeitsstudie ausgewählt.

Am Standort der KWK-Donaustadt (Primavesigasse 1, 1220 Wien) sind große, dzt. nicht genutzte Grundflächen verfügbar, die außerdem noch direkt an einem bestehenden FW-Einspeisepunkt liegen. Diese Flächen sollen größtmöglich zur CO₂-freien Wärmeerzeugung und Einspeisung in das direkt daneben befindliche FW-Netz genutzt werden.

Die besondere Herausforderung stellen hier die Betriebsparameter am Einspeisepunkt dar, da es sich hier um das Primärnetz der FW-Wien handelt. Temperaturen von 100 - 150 / 55 - 70 °C am VL / RL und Drücke von 16 bar müssen hier von der thermischen Solaranlage abgedeckt werden können. Der Betrieb der bestehenden, aktiven KWK-Donaustadt soll dabei nicht gestört werden – dies betrifft besonders die innerbetrieblichen Verkehrswege und die laufende Wärmeeinspeisung.

Es ist ein Vergleich der dzt. (bzw. in naher Zukunft) verfügbaren Kollektortechnologien als auch der möglichen Systemeinbindungen zu untersuchen.

Die parallel geführte Studie bzgl. Geothermie, Saisonaler Wärmespeicher und Industrie-Wärmepumpe an diesem Standort ist ebenso zu berücksichtigen.

3 Projektinhalt und Ergebnis(se)

3.1 Rahmenbedingungen für Anlagen- und Betriebskonzept

Im Zuge der Diskussionen mit der Netzwerke (Betriebsführung FW-Netz) und der Geothermie-Projektgruppe zur Systemintegration wurden folgende Rahmenbedingungen für das Anlagen- und Betriebskonzept der gesamten Anlage bestimmt:

- Das FW-Netz kann am Einspeisepunkt Donaustadt während der Sommermonate keine zusätzliche Wärmeenergie aufnehmen. Grund ist die ausreichende Wärmeerzeugung am Standort Spittelau (Müllverbrennung) in Verbindung mit der geringen Netzlast am betroffenen FW-Netz.
- Das FW-Netz wird mit 85 / 70 °C (Sommer) bzw. mit 150 / 55 °C (Winter) betrieben. Die VL-Temperatur wird witterungsgeführt geregelt.
- Die Geothermie Anlage soll möglichst ganzjährig betrieben werden, da ein kontinuierlicher Volumenstrom im GT-Reservoir gewünscht ist.
- Die Solarthermie Anlage kann im Sommer nicht deaktiviert werden, da die vorhandene Solarstrahlung nicht geregelt werden kann. Die produzierte Solarwärme muss aus dem Kollektorfeld gesichert abgeführt werden.
- Die Wärmepumpe soll als Wärmequelle die Geothermie, die Solarthermie oder den FW-Rücklauf nutzen können. Die Wärmesenke dient der notwendigen VL-Temperaturerhöhung ins FW-Netz, falls die Geothermie und/oder Solarthermie zu niedrige VL-Temperaturen erzeugt.
- Der Wärmespeicher muss daher die sommerliche ST- und GT-Wärme aufnehmen und kann sie in der Heizperiode an das System abgeben. Auf Grund der daraus resultierenden Größe ist die Ausführung als druckloser Behälter erforderlich, weshalb zu den anderen Systemkreisläufen (Solarthermie, Geothermie, FW) entsprechende Systemtrennungen eingebaut werden müssen.
Der Wärmespeicher hat ein Volumen von 40.000 m³ und eine max. Ladetemperatur von 95 °C

3.2 Funktionsschema Gesamtkonzept

Mit den vorhin beschriebenen Rahmenbedingungen ergibt sich folgendes Funktionsschema für die Gesamtanlage aus Solarthermie, Geothermie, Wärmespeicher, Wärmepumpe und FW-Einbindung.

Das Funktionsschema ist ein vereinfachtes R+I Hydraulikschema, es stellt nur die Leitungswege und Hauptkomponenten zur Darstellung der einzelnen Betriebszustände dar. Messtechnik, manuelle Absperrorgane und andere Hydraulikkomponenten (Filter, Rückschlagklappen, Entleerung/Entlüftung) sind nicht dargestellt.

Ebenfalls sind im Funktionsschema keine redundante Komponenten zur entspr. Ausfallsicherung dargestellt.

Der Wärmespeicher dient einerseits der Entkopplung von Wärmebedarf im Netz zur Wärmeerzeugung bei Solarthermie und Geothermie – und andererseits als hydraulische Weiche zwischen den einzelnen hydraulischen Einzelsystemen, die wegen ihrer unterschiedlichen Betriebsweise auch verschiedene Volumenströme aufweisen.

Und da das FW-Netz im Sommer am Standort Donaustadt keine zusätzliche Energie aufnehmen kann, beladet die Solarthermie auch nur den Wärmespeicher. Eine Nutzung der Solarwärme im Fernwärmekreis kann nur in der Heizperiode erfolgen und benötigt wegen der dann erforderlichen VL-Temperaturen im FW-Netz den Wärmepumpenkreis.

Die Funktionsschemata zum Geothermie-Betrieb sind hier zum besseren Verständnis des gesamten Anlagenkonzeptes angeführt, jedoch im Detail nicht Teil dieser Machbarkeitsstudie.

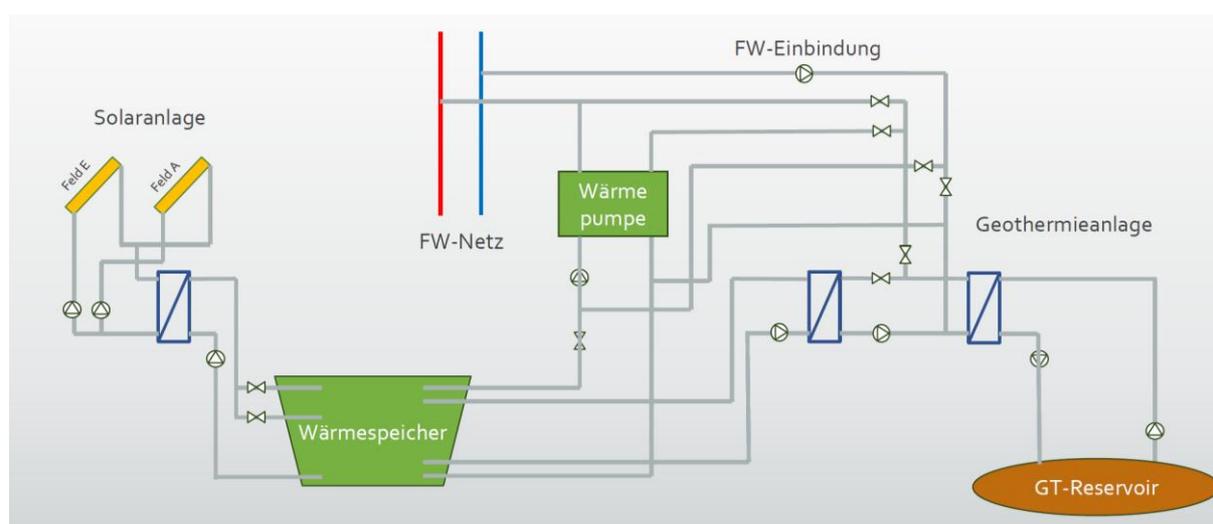


Abbildung 3: Funktionsschema Gesamtanlage

3.3 Funktionsschema Solarbetrieb

Sobald die Solarstrahlung bzw. die Kollektortemperatur die Startkriterien erreichen, starten die Solarkreisumpen sowie die Sekundärkreispumpe und fördern die Solarwärme in den Wärmespeicher. Je nach Verhältnis zwischen Solar-VL Temperatur und dem Temperaturniveau im Wärmespeicher wird die Solarwärme entweder im oberen Bereich oder im mittleren Bereich eingebracht. Dies sichert zusammen mit entsprechend dimensionierten Strömungsdiffusoren eine optimale, vertikale Temperaturschichtung im Wärmespeicher. Die richtig dimensionierten Strömungsdiffusoren ergeben auch keinen relevanten Temperaturgradienten in horizontaler Ausbreitung.

Wegen der Aufteilung der Solaranlage in 2 Kollektorfelder (A + E) werden die beiden Kollektorfelder separat zur Übergabestation geführt und dort über einen zentralen Wärmetauscher an den Sekundärkreis zur Beladung des Wärmespeichers angeschlossen.

Der Wärmespeicher muss wegen der speziellen Situation im FW-Netz am Einspeisepunkt Donaustadt so groß dimensioniert sein, dass die gesamte sommerliche Solarwärme aufgenommen werden kann, ohne dass es zu einer kritischen Anhebung der Solar-RL Temperaturen kommt.

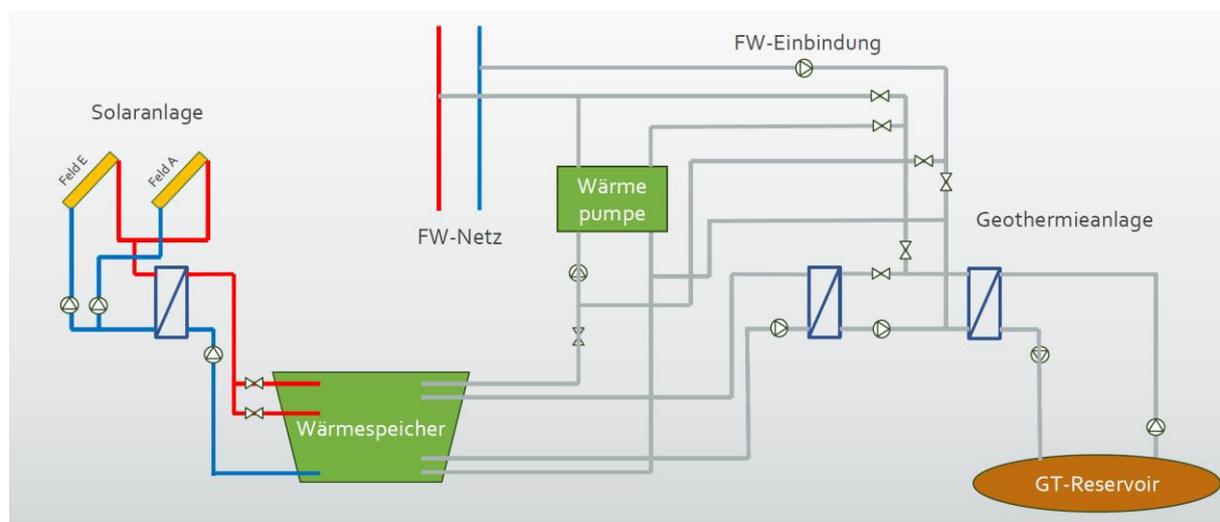


Abbildung 4: Funktionsschema Solarbetrieb

3.4 Funktionsschema Geothermiebetrieb – 1

Im Sommer, wenn das FW-Netz am Einspeisepunkt Donaustadt keine zusätzliche Wärme aufnehmen kann, beladet die Geothermie-Anlage den Wärmespeicher. Ein Abschalten der Geothermie-Anlage kann aus hydrologischen Gründen nicht erfolgen.

Die Systemtrennung zwischen Geothermie- und Fernwärmekreis ist einerseits wegen der unterschiedlichen Systemdrücke und andererseits wegen der Unverträglichkeit zwischen Geothermie-Wasser und Fernwärme-Wasser erforderlich. Wegen der speziellen Wasserqualität aus dem Geothermie-Reservoir sind dabei besonders korrosionsfeste Materialien im Wärmetauscher notwendig.

Die Systemtrennung zum Wärmespeicher erfolgt über den Fernwärme-Kreis und nicht über den Geothermie-Kreis. Dadurch ist zwar die doppelte Wärmetauscher-Grädigkeit wirksam, aber die Errichtungs- und Betriebskosten sind wesentlich niedriger.

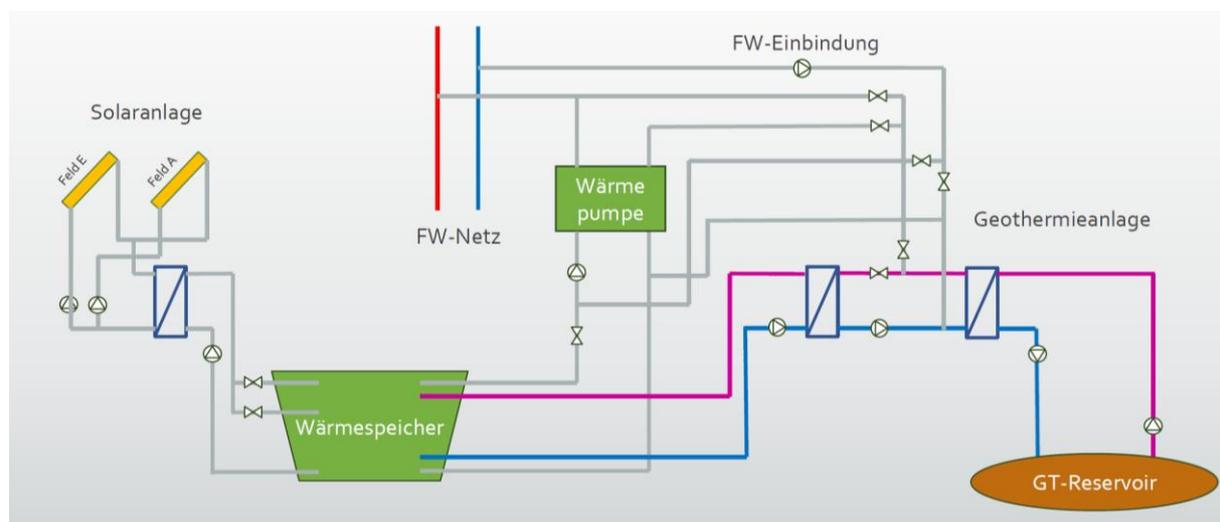


Abbildung 5: Funktionsschema Geothermiebetrieb-Wärmespeicher

3.5 Funktionsschema Geothermiebetrieb – 2

In der Übergangszeit, wenn das FW-Netz am Einspeisepunkt Donaustadt wieder zusätzliche Wärme aufnehmen kann – und die Geothermie-Anlage die FW-Netz VL-Temperatur erreicht, kann die Geothermie-Anlage die Erdwärme direkt in das Fernwärme-Netz einspeisen.

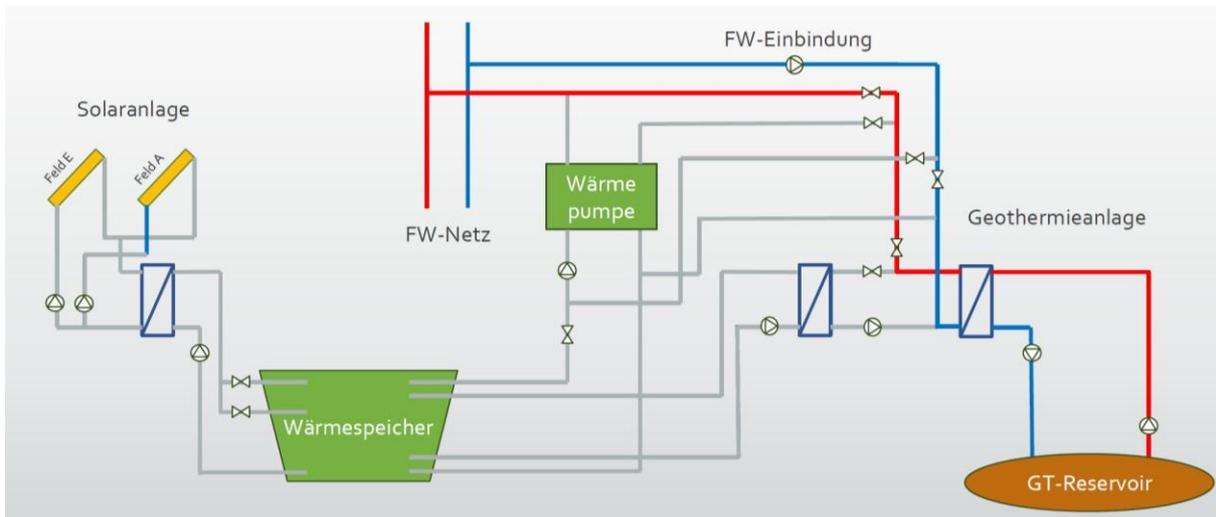


Abbildung 6: Funktionsschema Geothermiebetrieb-Fernwärmenetz

3.6 Funktionsschema Geothermiebetrieb – 3

In der Winterzeit, wenn das FW-Netz am Einspeisepunkt Donaustadt wieder viel zusätzliche Wärme aufnehmen kann – und die Geothermie-Anlage die FW-Netz VL-Temperatur nicht erreicht – kann die Geothermie-Anlage den Fernwärme-RL vorwärmen. Die Wärmepumpe kann dann den restlichen Temperaturhub auf die erforderliche Netz VL-Temperatur erzeugen, wobei der Wärmespeicher bzw. die sommerliche Solarwärme hier als Wärmequelle dient.

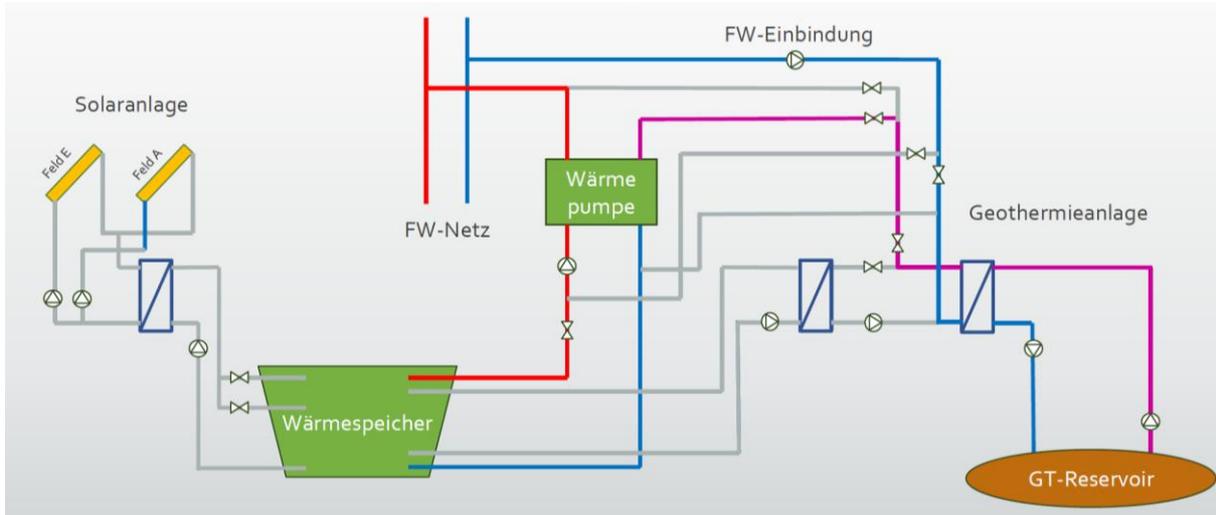


Abbildung 7: Funktionsschema Geothermiebetrieb-Wärmepumpe aus Wärmespeicher

3.7 Funktionsschema Geothermiebetrieb – 4

In der Winterzeit, wenn das FW-Netz am Einspeisepunkt Donaustadt wieder viel zusätzliche Wärme aufnehmen kann – und die Geothermie-Anlage die FW-Netz VL-Temperatur nicht erreicht – und der Wärmespeicher nicht mehr als Wärmequelle für die Wärmepumpe zur Verfügung steht – kann die Geothermie-Anlage den Fernwärme-RL vorwärmen. Die Wärmepumpe kann dann den restlichen Temperaturhub auf die erforderliche Netz VL-Temperatur erzeugen, wobei der Fernwärme-RL hier als Wärmequelle dient.

Da die Wärmepumpen-Quelle mit dem Wärmespeicher-Kreis hydraulisch direkt verbunden ist, muss hier eine zusätzliche Systemtrennung integriert werden.

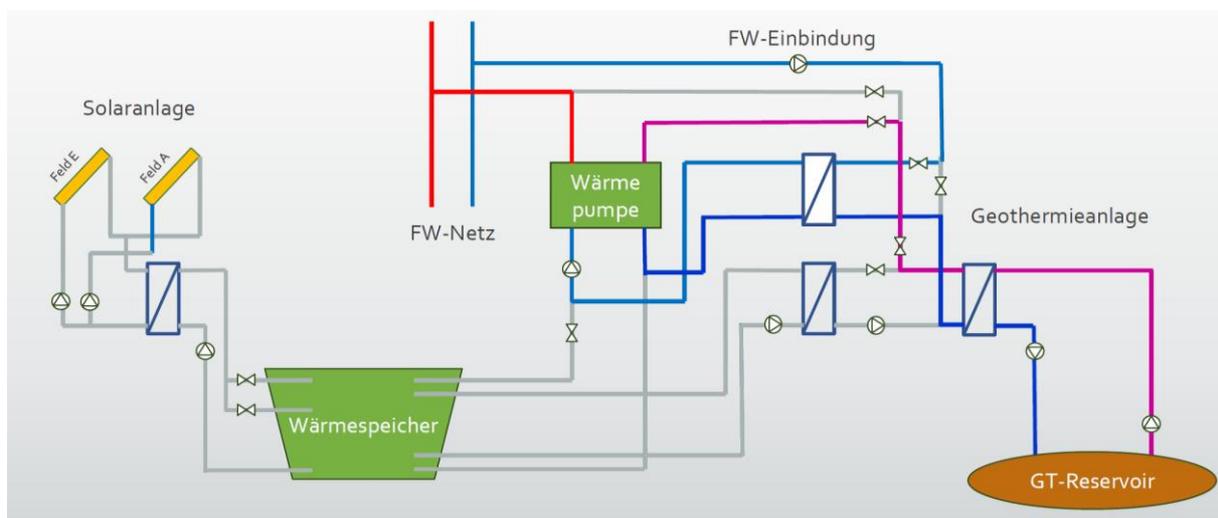


Abbildung 8: Funktionsschema Geothermiebetrieb-Wärmepumpe aus Fernwärme-RL

3.8 Energiebilanzen / Solarsimulation

Die Simulation des Solarertrages wird üblicherweise mit einer dynamischen Simulationssoftware (T-Sol, Polysun, TrnSys, etc.) durchgeführt. Dabei werden folgende Rahmenbedingungen berücksichtigt:

- Klimadaten von Standort Wien-Donaustadt
- Kollektordaten lt. SKM-Prüfbericht
- Wärmespeicher (Volumen, DxH, Wärmedämmung)
- Beladung Wärmespeicher durch Geothermie (VL-/RL-Temperaturen, Leistung)
- Entladung Wärmespeicher an Wärmepumpe (VL-/RL-Temperaturen, Leistung)

Da v.a. das Lastprofil der Geothermie Anlage, die Betriebsstunden der Wärmepumpe und das Einspeiseprofil in das FW-Netz zum dzt. Zeitpunkt noch nicht verfügbar ist, können im Simulationsprogramm nur Annahmen dazu getroffen werden. Damit lässt sich aber nur ein theoretischer Solarertrag berechnen, der den endgültigen Betriebsdaten der Gesamtanlage nie entsprechen wird.

Aus diesem Grunde wurde die Ermittlung der Solarerträge nach Solar Keymark vorgenommen. Je Kollektorhersteller wurde aus den Solar Keymark Berichten der Kollektor-Jahresertrag (kWh/Stk/a für Würzburg, 50 °C) mit der Anzahl der angebotenen Kollektoren multipliziert und so der Anlagen-Jahresertrag berechnet. Dieses Verfahren bietet zum dzt. Projektstand die einzig realistische Ertragsprognose.

3.9 Herstelleranfrage

3.9.1 Vorbereitung und Anfrage

In diesem Projekt sind auf Grund der Rahmenbedingungen aus dem Gesamtprojekt inkl. Geothermie, Wärmepumpe und Saisonspeicher keine Varianten bezüglich Standort und Systemeinbindung möglich.

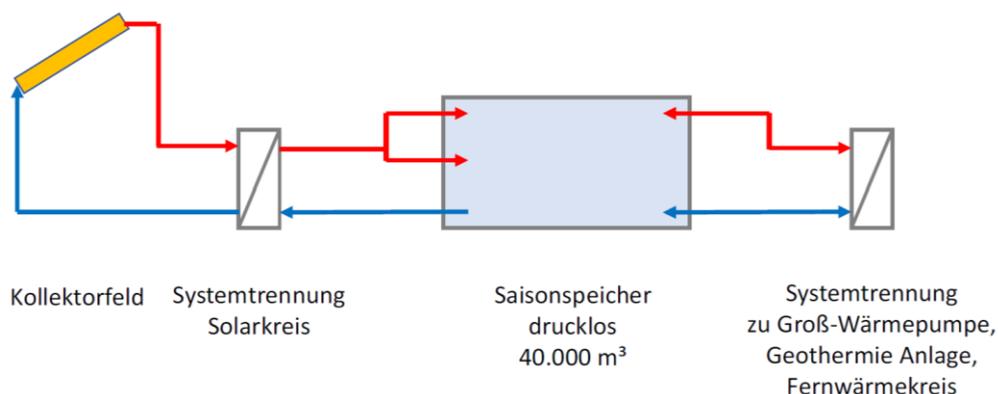
Die Aufgabenstellung dieser Machbarkeitsstudie ist um einen Technologievergleich der dzt. und demnächst verfügbaren Solarthermie-Kollektorsystem und Solarmedien erweitert.

Die Durchführung einer Herstelleranfrage an europäische Kollektor- und Systemlieferanten ermöglicht die Beantwortung dieser Aufgabenstellung.

In Deutschland wurden und werden bereits mehrere Solarthermie-Projekte entwickelt und realisiert. Diese führte auch zu einer großen Anzahl an unterschiedlichen Anfragetexten. AGFW, der deutsche Fachverband für Gas und Wärme (ähnlich FGW in Österreich) hat in einer entsprechenden Studie die unterschiedlichen Vorlagen analysiert und eine Empfehlung für die Gestaltung einer funktionalen Ausschreibung von Solarthermieanlagen entwickelt und auch veröffentlicht. Details siehe „Fachbericht AGFW FW 316“ vom Okt. 2022

Die Herstelleranfrage wurde entsprechend dem AGFW-Fachbericht und eigener Praxiserfahrungen mit Solarthermie-Ausschreibungen in Zusammenarbeit mit einem großen Planungsbüro gestaltet. Sie beinhaltet folgende Aufgabenstellung:

- Belegung der verfügbaren Flächen A + E lt. Lageplan mit frei wählbaren Solarthermie Kollektoren
- Freie Wahl der Aufstell- bzw. Montagekonzeptes für eine Installation auf ebenem Boden unter Berücksichtigung erforderlicher Wartungs- und Austauscharbeiten
- Hydraulische Systemeinbindung mittels Solar-Übergabestation bzw. Systemtrennung an den saisonalen Wärmespeicher



- Vorgegebene Schnittstellen für Rohrbau (3 x Anbindung am Wärmespeicher Anschlussleitungen), Elektrotechnik (zentrale Stromversorgung im Technikgebäude), Mess- und Regeltechnik (Datenschnittstelle zu ZLT im Technikgebäude)
- Automatische Betriebsführung auf Basis Solareinstrahlung und Wärmespeicher-Ladezustand, mit Berücksichtigung relevanter Sicherheitskriterien (Übertemperatur, Überdruck, Stagnationsvermeidung, winterlicher Frostschutz, Stromausfall, Extremwetter)
- Engineering, Lieferung, Installation, KKS-Beschilderung, Inbetriebnahme, Probetrieb, Übergabe, Dokumentation
- Bewertung Solarertrag für Solarfeld auf Basis Solar Keymark Prüfbericht (Würzburg, 50 °C)
- Bewertung Angebotspreis auf Basis Vollständigkeit, Schlüssigkeit des Angebotes, Qualifikationen/Erfahrung des Anbieters, Errichtungs- und Betriebs-/Wartungskosten.
- Ermittlung Wärmegestehungskosten für 20 Jahre

3.9.2 Angefragte Solarfirmen

Folgende europäische Firmen wurden im Rahmen der Herstelleranfrage zur Abgabe eines Richtpreis-Angebotes angefragt (in alphabetischer Auflistung):

- Aalborg CSP, Dänemark, Systemlieferant
- Akotec Solarthermie, Deutschland, Kollektorhersteller
- Ensol, Polen, Kollektorhersteller
- Gasokol, Österreich, Kollektorhersteller
- GREENoneTEC, Österreich, Kollektorhersteller
- Ritter XL, Deutschland, Kollektorhersteller und Systemlieferant
- Savosolar, Finnland, Kollektorhersteller und Systemlieferant
- SOLID, Österreich, Systemlieferant
- TVP Solar, Schweiz, Kollektorhersteller
- Viessmann, Deutschland, Kollektorhersteller und Systemlieferant

Anmerkung: Firmen mit konzentrierenden Solarkollektoren oder PVT-Kollektoren wurden bewusst nicht angefragt, da diese für den Anwendungsfall und die vorherrschenden Witterungsbedingungen nicht geeignet sind.

3.9.3 Rückmeldungen aus Herstelleranfrage

Von den 10 angefragten Firmen haben

3 Firmen kein Angebot abgegeben:

- Ensol, trotz Urgenzen keine Reaktion
- GREENoneTEC, Abgabepflicht kurz vor Abgabetermin widerrufen
- Viessmann, kein Interesse

1 Firma kein Gesamtsystem angeboten:

- Akotec, nur Lieferung Kollektoren, ohne Montagesystem, Feldverrohrung, Solarstation

6 Firmen ein verwertbares Angebot abgegeben (in Klammer der angebotene Solarkollektor):

- Aalborg CSP, Großflächen-Flachkollektor (Micoe)
- Bilfinger, Großflächen-Flachkollektor (Gasokol)
- Ritter XL, evakuierter Röhren-Modulkollektor (Ritter)
- Savosolar, Großflächen-Flachkollektor (Savosolar)
- SOLID, Großflächen-Flachkollektor (GREENoneTEC)
- TVP Solar, evakuierter Modul-Flachkollektor (TVP)

Die übermittelten Angebotsunterlagen wurden nach folg. Kriterien (die auch in der Anfrage dargestellt wurden) analysiert bzw. bewertet:

- Vollständigkeit des Angebotes
- Technisches Konzept
- Solarfeld-Lageplan
- Kollektormontage
- Liefer- & Leistungsumfang
- Hydraulikschema
- Betriebsführungskonzept, insbesondere Sicherheit gegen Ausfall
- Solarertrag lt. Solar Keymark Datenblatt (Würzburg, 50 °C)
- Garantiebedingungen
- Wartungskonzept
- Angebots- / Wärmepreis (ohne Förderung, auf 20 Jahre)
- Referenzen
- Persönlicher Eindruck

Im Folgenden werden nur wesentliche Angaben je Herstellerangebot dargestellt.

3.9.4 Aalborg CSP

Firmensitz in Dänemark, Lieferant von Gesamtanlagen, kein Kollektorhersteller, verwendet Kollektoren von Micoe (Kollektorfertigung in China, ist offensichtlich ein Nachbau der vietnamesischen ARCON-Kollektoren) oder GREENoneTEC (Kollektorfertigung in Österreich, aber um einiges teurer...)

- Vollständigkeit des Angebotes:
Liefergrad geforderte Angebotsunterlagen ca. 30 %
- Technisches Konzept:
Kollektortype: Micoe FPC 15.0B, horizontale Harfe, Cu-Rohr auf Alu-Blech
Absorber, Wärmeträger keine Angaben
Kollektor Anzahl /Bruttofläche: 529 Stk. / 7.946 m²
Anzahl Rammprofile: 2.116 Stk.
Anzahl hydraulischer Verbindungen: 1.130 Stk. Klemmringverschraubung, metallisch dichtend
- Solarfeld-Lageplan: übermittelt
- Kollektormontage: 1-reihig auf Unterkonstruktion mit Rammprofilen
beide Teilfelder mit gleicher Kollektorausrichtung
- Liefer- & Leistungsumfang:
Kollektorfeld inkl. Montage und Rohrleitungen im Solarfeld, Solarstation
Jedoch keine Transferleitung Kollektorfeld zu Solarstation
- Hydraulikschema: nur als Funktionsschema übermittelt
- Betriebsführungskonzept, insbesondere Sicherheit gegen Ausfall:
nur Stagnationsfall beschrieben, keine weiteren Angaben
- Solarertrag lt. Solar Keymark Datenblatt (Würzburg, 50 °C): 4.870 MWh/a
- Garantiebedingungen: Leistungsgarantie gemäß ISO 24194, keine weiteren Angaben zu Produktgarantie
- Wartungskonzept: keine Angaben
- Angebots-/Wärmepreis:
2.970.000,- € / 30 €/MWh (jedoch ohne Transferleitungen)
- Referenzen: 3 x > 5.000 m², 3 x > 10.000 m²
- Persönlicher Eindruck nach Schulnoten:
Kommunikation / Technik / Unterlagen: 3 / 3 / 4

3.9.5 Akotec

Firmensitz in Deutschland, Hersteller von Solarthermie Kollektoren – v.a. Vakuum-Röhrenkollektoren, keine Gesamtanlagen (Kollektorfertigung in Deutschland)

- Vollständigkeit des Angebotes:
Liefergrad geforderte Angebotsunterlagen ca. 35 %
- Technisches Konzept:
Kollektortype: MEGA HP 140, vertikale Vakuumröhre mit Heat-Pipe
Absorber, Cu-Rohr auf Alu-Blech Absorber, Wärmeträger Glykol-Wasser
Kollektor Anzahl /Bruttofläche: 834 Stk. / 10.837 m²
Anzahl Rammprofile: 1.668 Stk.
Anzahl hydraulischer Verbindungen: 1.668 Stk. Konusverschraubung, metallisch dichtend
- Solarfeld-Lageplan: übermittelt
- Kollektormontage: 2-reihig auf Unterkonstruktion mit Rammprofilen
- Liefer- & Leistungsumfang:
Kollektoren inkl. Hydraulikverbinder zwischen Kollektoren und 97 Stk.
Temperaturfühleraufnehmer
Keine Unterkonstruktion, Montage, Feldverrohrung, Transferleitung, Solarstation
- Hydraulikschema: keine projektspezifische Unterlage, nur (nicht vergleichbares) Anlagenbeispiel
- Betriebsführungskonzept, insbesondere Sicherheit gegen Ausfall:
keine Angaben, nur Info zu selbstabschaltbarem Heat-Pipe-Konzept
- Solarertrag lt. Solar Keymark Datenblatt (Würzburg, 50 °C): 6.460 MWh/a
- Garantiebedingungen: 2 Jahre Gewährleistung, keine Angaben zu Produkt-/Leistungsgarantie
- Wartungskonzept: keine Angaben
- Angebots-/Wärmepreis: 3.331.000,- € / 26 €/MWh (nur Kollektoren)
- Referenzen: keine Angaben
- Persönlicher Eindruck nach Schulnoten:
Kommunikation / Technik / Unterlagen: 3 / 3 / 4

3.9.6 Bilfinger

Firmensitz in Österreich, Lieferant von Gesamtanlagen, kein Kollektorhersteller, verwendet Kollektoren von GASOKOL (Kollektorfertigung in Österreich)

- Vollständigkeit des Angebotes:
Liefergrad geforderte Angebotsunterlagen ca. 90 %
- Technisches Konzept:
Kollektortype: powerSol 136, horizontale Harfe, Cu-Rohr auf Alu-Blech
Absorber, Wärmeträger Glykol-Wasser
Kollektor Anzahl /Bruttofläche: 656 Stk. / 8.902 m²
Anzahl Rammprofile: 1.312 Stk.
Anzahl hydraulischer Verbindungen: 1.280 Stk. Klemmringverschraubung, metallisch dichtend
- Solarfeld-Lageplan: übermittelt
- Kollektormontage: 2-reihig auf Unterkonstruktion mit Rammprofilen beide Teilfelder mit gleicher Kollektorausrichtung
- Liefer- & Leistungsumfang:
Kollektorfeld inkl. Montage und Rohrleitungen im Solarfeld, Transferleitung, Solarstation
- Hydraulikschema: übermittelt
- Betriebsführungskonzept, insbesondere Sicherheit gegen Ausfall:
ausführliche Beschreibungen
- Solarertrag lt. Solar Keymark Datenblatt (Würzburg, 50 °C): 4.648 MWh/a
- Garantiebedingungen: Leistungsgarantie gemäß IEA-SHC TECH SHEETS 45.A.3.1., keine weiteren Angaben zu Produktgarantie
- Wartungskonzept: ausführliche Angaben
- Angebots-/Wärmepreis:
5.700.000,- € / 61 €/MWh
- Referenzen: 2 x > 1.000 m², keine größeren Anlagen
- Persönlicher Eindruck nach Schulnoten:
Kommunikation / Technik / Unterlagen: 1 / 2 / 2

3.9.7 Ritter XL Solar

Firmensitz in Deutschland, Kollektorhersteller und Lieferant von Gesamtanlagen, (Kollektorfertigung in Deutschland)

- Vollständigkeit des Angebotes:
Liefergrad geforderte Angebotsunterlagen ca. 60 %
- Technisches Konzept:
Kollektortype: XL 19/49, vertikale Vakuumröhre mit direktdurchströmten Absorber, Cu-Rohr auf Alu-Blech Absorber, Wärmeträger Wasser
Kollektor Anzahl /Bruttofläche: 2.454 Stk. / 12.123 m²
Anzahl Rammprofile: 1.636 Stk.
Anzahl hydraulischer Verbindungen: 2.454 Stk. Klemmringverschraubung, metallisch dichtend
- Solarfeld-Lageplan: übermittelt
- Kollektormontage: 2-reihig auf Unterkonstruktion mit Rammprofilen beide Teilfelder mit unterschiedlicher Kollektorausrichtung
- Liefer- & Leistungsumfang:
Kollektorfeld inkl. Montage und Rohrleitungen im Solarfeld, Transferleitung, Solarstation
- Hydraulikschema: keine Angaben, verlangt separaten & kostenpflichtigen Planungsauftrag
- Betriebsführungskonzept, insbesondere Sicherheit gegen Ausfall:
keine Angaben, verlangt separaten Planungsauftrag
- Solarertrag lt. Solar Keymark Datenblatt (Würzburg, 50 °C): 4.648 MWh/a
- Garantiebedingungen: Ertragsgarantie 90 % der Simulation auf 5 Jahre, Produktgarantie auf Röhre 20 Jahre bzw. auf Kollektor 5 Jahre bei jährlicher Wartung durch Ritter-Werkskundendienst
- Wartungskonzept: keine Angaben
- Angebots-/Wärmepreis:
6.849.000,- € / 42 €/MWh
- Referenzen: 10 x > 1.000 m², 3 x > 5.000 m²
- Persönlicher Eindruck nach Schulnoten:
Kommunikation / Technik / Unterlagen: 4 / 3 / 3

3.9.8 Savosolar

Firmensitz in Finnland, Lieferant von Gesamtanlagen und Kollektorhersteller, (Kollektorfertigung in Finnland)

- Vollständigkeit des Angebotes:
Liefergrad geforderte Angebotsunterlagen ca. 90 %
- Technisches Konzept:
Kollektortype: Savo 15 SG, horizontal direktdurchströmter Absorber aus Alu, Wärmeträger Glykol-Wasser
Kollektor Anzahl /Bruttofläche: 684 Stk. / 10.944 m²
Anzahl Rammprofile: 1.500 Stk.
Anzahl hydraulischer Verbindungen: 750 Stk. Konusverschraubung, metallisch dichtend
- Solarfeld-Lageplan: übermittelt
- Kollektormontage: 1-reihig auf Unterkonstruktion mit Rammprofilen beide Teilfelder mit gleicher Kollektorausrichtung, bietet maximale Flächennutzung
- Liefer- & Leistungsumfang:
Kollektorfeld inkl. Montage und Rohrleitungen im Solarfeld, Transferleitung, Solarstation
- Hydraulikschema: übermittelt
- Betriebsführungskonzept, insbesondere Sicherheit gegen Ausfall:
ausführliche Beschreibungen
- Solarertrag lt. Solar Keymark Datenblatt (Würzburg, 50 °C): 6.554 MWh/a
- Garantiebedingungen: Leistungsgarantie gemäß IEA-SHC TECH SHEETS 45.A.3.1., 10 Jahre Produktgarantie
- Wartungskonzept: ausführliche Angaben
- Angebots-/Wärmepreis:
4.634.000,- € / 35 €/MWh
- Referenzen: 5 x > 1.000 m², 5 x > 5.000 m², 5 x > 10.000 m²
- Persönlicher Eindruck nach Schulnoten:
Kommunikation / Technik / Unterlagen: 2 / 1 / 2

3.9.9 SOLID

Firmensitz in Österreich, Lieferant von Gesamtanlagen, kein Kollektorhersteller, (Kollektor von GREENoneTEC, Österreich)

- Vollständigkeit des Angebotes:
Liefergrad geforderte Angebotsunterlagen ca. 40 %
- Technisches Konzept:
Kollektortype: GL 3113S, vertikal Mäander-durchströmter Absorber aus Cu-Rohr auf Alu-Blech, Wärmeträger Glykol-Wasser
Kollektor Anzahl /Bruttofläche: 726 Stk. / 9.561 m²
Anzahl Rammprofile: 2.900 Stk.
Anzahl hydraulischer Verbindungen: 2.900 Stk., Verschraubung mit Flachdichtung, weich dichtend
- Solarfeld-Lageplan: keine Angaben
- Kollektormontage: 1-reihig auf Unterkonstruktion mit Rammprofilen
- Liefer- & Leistungsumfang:
Kollektorfeld inkl. Montage und Rohrleitungen im Solarfeld, Transferleitung, Solarstation
- Hydraulikschema: keine Angaben
- Betriebsführungskonzept, insbesondere Sicherheit gegen Ausfall:
keine Angaben
- Solarertrag lt. Solar Keymark Datenblatt (Würzburg, 50 °C): 5.332 MWh/a
- Garantiebedingungen: keine Angaben zu Leistungs-/Produktgarantie
- Wartungskonzept: keine Angaben
- Angebots-/Wärmepreis:
4.317.000,- € / 40 €/MWh
- Referenzen: 5 x > 1.000 m², 1 x > 5.000 m², keine > 10.000 m²
- Persönlicher Eindruck nach Schulnoten:
Kommunikation / Technik / Unterlagen: 3 / 3 / 4

3.9.10 TVP Solar

Firmensitz in Schweiz, Lieferant von Gesamtanlagen und Kollektorhersteller, (Kollektorfertigung in Italien)

- Vollständigkeit des Angebotes:
Liefergrad geforderte Angebotsunterlagen ca. 80 %
- Technisches Konzept:
Kollektortype: MT-Power v4, horizontale Harfe, Cu-Rohr auf Alu-Blech
Absorber, Wärmeträger Wasser, Gehäuse evakuiert
Kollektor Anzahl /Bruttofläche: 4.818 Stk. / 9.443 m²
Anzahl Rammprofile: 3.750 Stk.
Anzahl hydraulischer Verbindungen: 20.340 Stk. Steckkupplungen, weich dichtend
- Solarfeld-Lageplan: übermittelt
- Kollektormontage: 3-reihig auf Unterkonstruktion mit Rammprofilen
- Liefer- & Leistungsumfang:
Kollektorfeld inkl. Montage und Rohrleitungen im Solarfeld,
Transferleitung, Solarstation (jedoch ohne Pumpen & Armaturen auf Sekundärseite)
- Hydraulikschema: übermittelt
- Betriebsführungskonzept, insbesondere Sicherheit gegen Ausfall:
ausführliche Beschreibungen
- Solarertrag lt. Solar Keymark Datenblatt (Würzburg, 50 °C): 6.554 MWh/a
- Garantiebedingungen: Leistungsgarantie nach ISO 24194, Ertragsgarantie nur mit Wartungsvertrag 48.000 €/a, keine Angaben zu Produktgarantie
- Wartungskonzept: ausführliche Angaben
- Angebots-/Wärmepreis:
6.277.000,- € / 43 €/MWh (50 €/MWh inkl. notwendiger Wartungskosten)
- Referenzen: 6 x > 1.000 m², 1 x > 5.000 m², 1 x > 10.000 m²
- Persönlicher Eindruck nach Schulnoten:
Kommunikation / Technik / Unterlagen: 2 / 2 / 2

4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

4.1 Schlussfolgerungen aus Herstelleranfrage

Von den 6 verwertbaren Angeboten sind nur 3 Kollektorhersteller (Ritter XL, Savosolar, TVP Solar), die auch das Gesamtsystem im eigenen Namen anbieten und umsetzen können. Aalborg CSP, Bilfinger und SOLID können Gesamtprojekt mit zugekauften Kollektoren realisieren,

Die Anlagengröße mit ca. 10.000 m² Solarkollektorfläche ist bereits mehrfach in Europa realisiert. Die Betriebserfahrungen zeigen jedoch, dass neben einem ausgereiften Solarkollektor v.a. die Erfahrung in den Bereichen Systemtechnik, Anlagenbau, Industriestandard und internationalem Projektmanagement eine wichtige Größe für das Gelingen solcher Projekte erforderlich sind.

4.2 Empfehlungen zu Kollektortype

Die angebotenen 3 Kollektortypen (nicht evakuierter Großflächenkollektor, evakuierter Modulflächenkollektor, evakuierter Röhrenkollektor) sind prinzipiell alle für den angefragten Anwendungsfall geeignet. Die wesentlichen Unterschiede liegen in den Bereichen:

- Kollektoraufbau: Flachkollektoren vs. Röhrenkollektoren bzw. Art der Rahmenkonstruktion (hat Auswirkung auf Montagesystem)
- Montagesysteme: Anzahl der Befestigungspunkte je Kollektor (hat Auswirkung auf Aufwand/Dauer/Lärm bei Montage sowie v.a. auf Kontroll-/Wartungsaufwand im Betrieb über 20 Jahre)
- Kollektorhydraulik: Anzahl und Art der Hydraulikverbindungen je Kollektor (hat Auswirkung auf Leckagepotenziale sowie v.a. auf Kontroll-/Wartungsaufwand im Betrieb über 20 Jahre)
- Kollektordurchströmung: max. Volumenstrom je Kollektor bzw. Strang bei vernünftigen Druckverlust (hat Auswirkung auf Kollektorfläche je Strang und somit auf die Anzahl der Stränge/Armaturen und den Verrohrungsaufwand in der Gesamtanlage).
Hinweis: Ein Strang ist eine hydraulisch einstellbare Einheit im Gesamtfeld). Der hydraulische Strangabgleich mit entsprechenden Armaturen (z. B. Strangregulierventile) hat sich weltweit durchgesetzt und bietet immense Vorteile bei Servicearbeiten im Kollektorstrang.

4.3 Empfehlungen zu Solarmedium

Als Solarmedium wird international eine Mischung aus Glykol und Wasser verwendet. Durch einen Röhrenkollektorhersteller in Deutschland wird v.a. reines Wasser als Solarmedium propagiert. Als Begründung dafür werden neben dem Grundwasserschutz auch mehrere negative Eigenschaften von Glykol angeführt (schlechtere physikalische-thermodynamische Stoffwerte, explosive Gase im

Stagnationsfall, Temperaturverlust). Diese stark negativ gefärbten Argumente sind im realen Betriebszustand großer Solarthermieanlagen jedoch nicht relevant und werden im Folgenden detailliert, auf Basis wissenschaftlicher Fakten und realer Betriebserfahrungen mit Wasser-Glykol Gemischen betrachtet.

4.3.1 Gefahrenpotenzial Grundwasserschutz

- Reines Wasser führt in den im Großanlagenbau üblicherweise verwendeten Stahlrohren zu Korrosion und muss daher – analog zu Fernwärmewasser – mit entsprechenden Korrosionsschutz-Inhibitoren dotiert werden. Die Beimengung und Wartung dieser Inhibitoren liegt üblicherweise bei < 3 % der Gesamtmenge. Fernwärmewasser ist zwar „nicht wassergefährdend“, aber trotzdem kein Trinkwasser!
- Wasser-Glykol Gemische haben einen typ. Glykolanteil von 25 – 35 % und entsprechen der WGK1. Das Glykol besteht bei Flachkollektoren typischerweise aus Mono-Propylen-Glykol (MPG), auch als 1,2 Propandiol bezeichnet. MPG wird auch in der Lebensmittel und Kosmetikindustrie verwendet.
Bei Vakuumkollektoren wird auf Grund der höheren Stagnationstemperaturen oft auch Dipropylenglykol (DPG) eingesetzt. Aktuelle Produktentwicklungen gehen in Richtung Bio-Glykol, die zu 100 % aus Pflanzen bestehen und somit komplett mineralölfrei sind.
- Die im Solarfeld meist unterirdisch verlegten Stahlrohrleitungen werden üblicherweise als KunststoffMantelRohren (KMR) nach Industriestandard ausgeführt und gelten, wie auch im Fernwärmebau, als Stand der Technik. KMR-Leitungen sind doppelwandig ausgeführt. Das Mediumrohr ist ein Stahlrohr und das Schutzrohr ist ein Kunststoffrohr in PE-HD Qualität. Dazwischen ist die Wärmedämmung samt einem professionellen Leckgewarntsystem, welches Leckagen von Außen (Eindringen von Grundwasser) sowie auch von Innen (Austritt von Solarmedium) sofort anzeigt und auch lokalisiert. Damit können event. Leckagen rasche saniert und eine negative Beeinträchtigung des Bodens gut vermieden werden.
- Empfehlung: Die Verrohrung eines Solarfeldes mit KMR-Leitungen samt Leckwarntsystem und die Verwendung von MPG-Wasser-Gemischen ist weltweit erfolgreich im Einsatz und stellt keine Umweltgefährdung dar.

4.3.2 Thermodynamische Stoffdaten:

- Die relevanten Stoffdaten eines Solarmediums sind die Spezifische Wärmekapazität c_p [kJ/kg/K], die Wärmeleitfähigkeit λ [W/m/K], die Viskosität ν [m²/s] sowie die Prandtl Zahl Pr [-]. Diese Stoffdaten sind abhängig von der Medium Temperatur und der Konzentration bzw. dem Mischungsverhältnis mit Wasser (s.a. renommierten VDI-Wärmeatlas). Sie beeinflussen v.a. den Energieaufwand der Umwälzpumpen sowie die Dimensionierung von Rohren, Pumpen und Wärmetauschern.
- Der Vergleich in realen Betriebsbedingungen (ca. 30 % Glykolanteil und ca. 80 °C Mediumtemperatur) zeigt nur eine kleine Abweichung der Stoffdaten von Wasser zu MPG.
Spezif. Wärmekapazität: 4,2 zu 4,0 kJ/kg/K
Wärmeleitfähigkeit: 0,66 zu 0,52 W/m/K
Viskosität: 0,4 zu 0,6 * 10⁻⁶ m²/s
Prandtl: 2 zu 5.
- Empfehlung: Die Nutzung von Glykol-Wasser-Gemischen stellt aus Sicht der physikalischen Stoffwerte keine relevante Einschränkung dar. Die propagierten Nachteile (größere Rohr-/Pumpendimensionen, schlechterer Wärmeübergang) können bei ausgeführten Großanlagen nicht nachvollzogen werden. Der etwas größere Pumpenstrombedarf steht in keinem Verhältnis zum Frostschutz-Energiebedarf bei reinen Wasseranlagen. Außerdem wird der Pumpenstrom bei neuen Anlagen vermehrt durch eine kleine PV-Anlage am Solarfeld selbst erzeugt.

4.3.3 Frostschutz:

- Der wohl wesentlichste Unterschied zwischen reinem Wasser und Glykol-Wasser-Gemischen liegt im eigensicherem Frostschutzbetrieb.
- Reines Wasser gefriert unter 0 °C und erzeugt einen Phasenübergang von Flüssig zu Fest. Dabei entsteht eine Volumenvergrößerung, die in geschlossenen Körpern (Rohre, Armaturen, Absorber) eine entsprechende Sprengwirkung erzeugen. Ein Auffrieren des Solarkreises führt daher unweigerlich zu einem Totalschaden v.a. der Kollektoren, da diese den Frosttemperaturen unisoliert ausgeliefert sind.
Für den sicheren Frostschutz von reinen Wassersystemen muss daher bei einer Mediumtemperatur unter + 5 °C eine unterbrechungsfreie Wärmezufuhr in alle Kollektoren und frei verlegten Rohren bzw. Armaturen sichergestellt werden. Dazu bedarf es Temperaturmessungen an jedem Strang, eine 100 % ausfallsichere Stromversorgung der Pumpen im Solarkreis und im Sekundärkreis bis zur Wärmequelle (Wärmespeicher, FW-Netz oder Kesselanlage) und entsprechende Wärmeenergie.
- Glykol-Wasser-Gemische mit einem typ. Glykolanteil von 30 – 35 % haben einen eigensicheren Frostschutz bis ca. – 20 °C. Bei tieferen Temperaturen entsteht vorerst ein Eisbrei, ab ca. –25 °C kommt es dann zur

Sprengwirkung im Absorber. Bei solch tiefen Außentemperaturen gibt es aber trotzdem Tage mit teilweiser oder voller Solarproduktion, wobei auch Einstrahlungen bei Außentemperaturen unter 0 °C einen relevanten Wärmeeintrag in den Solarkreis ermöglichen.

- Bei Stromausfall für die Pumpen besteht bei Einsatz Glykol-Wasser-Gemischen wegen dem systembedingten Eigenschutz bis – 20 °C ausreichend Zeit, eine entsprechende Ersatz-Stromversorgung für die Pumpen einzurichten. Bei reinen Wasser-Anlagen besteht jedoch unmittelbarer Handlungsbedarf, weswegen hier oftmals aufwendige und teure USV-Anlagen errichtet werden müssen.
- Empfehlung: Die Verwendung von reinem Wasser als Solarmedium wird wegen der evidenten Gefahr eines frostbedingten Totalschaden dringend abgeraten. Die angeführten Gegenargumente sind wissenschaftlich nicht haltbar.

4.3.4 Explosive Gase:

- Reines Propylenglykol wird über ca. 180 °C teilweise thermisch zersetzt. Dabei entstehen reizende Substanzen (z. B. Acrolein), sowie brennbares Methan.
- In der Realität von großen Freiflächen-Solarthermieanlagen wird jedoch ein ca. 30 %-iges Glykol-Wasser-Gemisch verwendet.
- Kommt es im Solarkreis zum Stagnationsfall (keine Wärmeabfuhr aus den Solarkollektoren in den Sekundärkreis) steigt der Anlagendruck durch die weitere Medium Erwärmung bis zum Öffnungsdruck der Sicherheitsventile. Dabei entweicht ein Gemisch aus flüssigem Glykol-Wasser und Methan vermischt mit dampfförmigen Wasser und wird in den Solar-Überlauf tank geleitet (damit nach Beendigung der Stagnation das aufgefangene Solarmedium wieder in den Solarkreis zurückgepumpt werden kann).
- Die Zündfähigkeit für einen trockenen Glykolnebel wird in der Fachwelt mit ca. 420 °C angegeben. Eine Untersuchung der Zündfähigkeit des nassen Gemisches ist dem Autor trotz Recherche nicht bekannt. Es ist sehr unwahrscheinlich, dass der feuchte Nebel auch bei sommerlichen Umgebungsbedingungen die Zündfähigkeitsgrenze jemals überschreitet.
- Empfehlung: Die Verwendung von Glykol-Wasser-Gemischen als Solarmedium stellt keine Brand- bzw. Explosionsgefahr dar. Es ist in Europa kein diesbezüglicher Schadensfall evident.

4.3.5 Temperaturverlust:

- Die vom einleitend erwähnten, deutschen Röhrenkollektorhersteller propagierte direkte Anbindung der Röhrenkollektoren an das FW-System ist bei großen Solarthermie-Anlagen systembedingt nicht möglich.

- Die Verwendung großer Wärmespeicher von über 500 m³ können nur als drucklose Behälter ausgeführt werden. Eine Systemtrennung zwischen Solarkreis und Wärmespeicher ist daher zwingend erforderlich.
- Systemtrennungen erfolgen bei großen Solarthermie-Anlagen typischerweise mit Plattenwärmetauschern, deren Auslegung sich an wirtschaftlichen Kriterien orientiert und die üblicherweise eine Grädigkeit von ca. 3 K aufweisen. Diese Grädigkeit ist in der Wärmespeicherbeladung somit – unabhängig vom Solarmedium – immer zu berücksichtigen.
- Empfehlung: Die Verwendung von Glykol-Wasser-Gemischen als Solarmedium stellt keine Beeinträchtigung des Anlagenkonzeptes bzgl. der notwendigen Systemtrennung bei großen Solarthermie-Anlagen dar.

4.4 Empfehlungen zu Solarstation

Die Solarstation dient der Systemtrennung bzw. der Wärmeübertragung zwischen Solarkreis und Sekundärkreis. Sie beinhaltet die dazu relevanten Komponenten (Pumpen, Armaturen, Wärmetauscher, Druckhaltung, Sicherheitsventile) samt der dazu erforderlichen EMSR (Elektro-, Mess- und Regeltechnik). Alle Anbieter haben dazu ihre eigenen Standards und Detaillösungen.

Die Solarstation kann als vormontierte Containerlösung (meist 40´ Seecontainer), in Modulen auf einer Rahmenkonstruktion vormontiert oder als Vorort-Installation geliefert werden.

Jede Form der Vormontage und Vor-Inbetriebnahme erhöht die Sicherheit bzgl. Dichtheit und Funktionsweise. Sie verringert auch die Installationsarbeiten im Technikgebäude und optimiert so die Zusammenarbeit verschiedener Systemlieferanten. Werksfertigungen und -prüfungen sind einer Fertigung und Einzelmontage im Technikgebäude möglichst vorzuziehen.

4.5 Empfehlungen zu Systemintegration

Die Einbindung des Kollektorfeldes in den Wärmespeicher wird üblicherweise mit drei Anschlüssen an den Wärmespeicher ausgeführt. Dies ermöglicht eine temperaturgesteuerte Schichtbeladung – je nach Globalstrahlung und sich ergebende Kollektor-VL-Temperatur in den Wärmespeicher Oben oder Mitte.

Ebenso ist eine Systemtrennung zwischen Kollektorkreis und Wärmespeicherkreis gängiger Stand der Technik. Einerseits zur Entkopplung der Betriebsdrücke zwischen Solarkreis (3 .. 7 bar) und dem großen, drucklosen Wärmespeicher. Außerdem soll aus Effizienz- und Kostengründen das Glykol-Wasser Gemisch nur im Solarkreis verwendet werden.

Im gegenständlichen Anlagenkonzept werden die beiden Solarfelder A und E mit separaten Pumpen im RL versorgt, wodurch die Regelbarkeit der einzelnen Felder besser auf die momentane Einstrahlung angepasst werden kann.

Die Frage von Einzelpumpe (1 x 100 %) vs. Doppelpumpen (2 x 100 %) im Kollektor- bzw. Wärmespeicherkreis ist im Rahmen der Detailplanung bzgl. Ausfallsicherheit sowie der Ausführungsstandards bei Wien Energie zu klären.

Die Einbindung der Geothermie-Anlage sowie der Wärmepumpen-Anlage ist nicht im Leistungsumfang dieser Machbarkeitsstudie und in der folgenden Abbildung nur beispielhaft dargestellt. Außerdem sind einige Themen dazu bei Wien Energie noch nicht detailliert abgeschlossen.

Für die endgültige Systemkonzeption sind die jeweiligen Machbarkeitsstudien Geothermie und Wärmepumpe derart zu berücksichtigen, dass die verschiedenen Betriebsfälle gemäß Kapitel 3.2 bis 3.7 in einer gesamtheitlichen Diskussion betrachtet und bewertet werden. Eine möglichst einfache Hydraulik samt guter Gesamteffizienz ist vorteilhaft und ermöglicht eine ausreichend genaue Abbildung in einem Gesamt-Simulationssystem sowie eine gute Regelung und Steuerung aller einzelnen Subsysteme (Solarthermie, Geothermie, Wärmespeicher, Wärmepumpe und Netzeinspeisung).

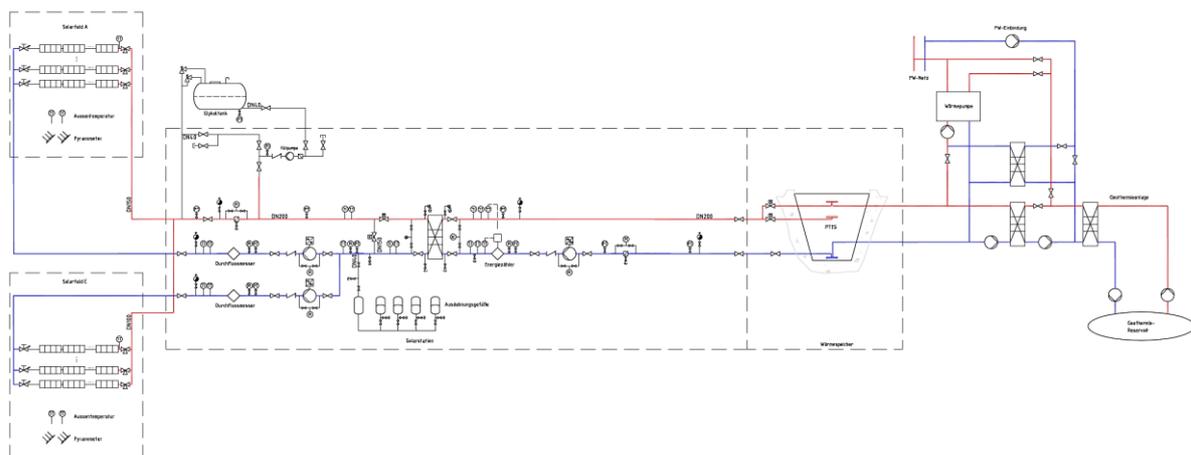


Abbildung 9: Hydraulikschema Systemintegration inkl. Geothermie und Wärmepumpe

C) Projektdetails

5 Arbeits- und Zeitplan

Für die Umsetzung des Gesamtprojektes – die Solaranlage alleine macht bei den gegebenen Rahmenbedingungen zur Systemeinbindung in das FW-Netz keinen Sinn – sind folgende weitere Schritte erforderlich:

5.1 Generalplanung Gesamtsystem (Dauer ca. 6 Monate).

Das Zusammenwirken von Solarthermie und Geothermie in Verbindung mit den restriktiven Rahmenbedingungen, dass im Sommer keine Wärmeenergie am Knotenpunkt Donaustadt von FW-Netz aufgenommen werden kann, erfordert eine komplexe Betriebsführung bzw. Regelstrategie der beteiligten Systeme.

Die Systemintegration der Solarthermie und Geothermie in den großen Wärmespeicher ist Stand der Technik und wird mittels Schichtladetechnik und quasi-laminarer Einströmung in den Wärmespeicher realisiert.

Die Systemintegration der Wärmespeicher-Entladung in das FW-Netz direkt oder indirekt über die Wärmepumpe sowie die Nutzung der verschiedenen Wärmequellen für die Wärmepumpe sollte nach dem Grundsatz „so einfach wie möglich und so komplex wie notwendig“ erfolgen. Dies hat v.a. Auswirkungen auf die Sicherheit der automatischen Betriebsführung der Gesamtanlage.

Eine detaillierte Simulation der Gesamtanlage mit den unterschiedlichen Wärmepumpen-Integrationsmöglichkeiten zeigt die Sinnhaftigkeit möglicher Wärmequellen-Verschaltungen. Dabei ist der event. Wärme-Mehrertrag dem dafür notwendigen Antriebsstrom und Anlagenbauaufwand gegenüberzustellen.

5.2 Bewilligungsverfahren (Dauer ca. 6 Monate).

Die Kollektorfelder befinden sich auf den Grundstücken 1044/15 und 144/10, die dzt. als „Sondergebiet Kraftwerk“ gewidmet sind. Da am Grundstück 144/10 bereits eine PV-Anlage errichtet wurde, kann davon ausgegangen werden, dass die Errichtung einer Solarthermieanlage auf beiden Grundstücken ebenso zulässig ist. Eine Überprüfung der Widmung zur Errichtung einer Solarthermieanlage wird empfohlen.

Für die Errichtung und den Betrieb der Solaranlage ist zusätzlich eine Bau- und Betriebsanlagen-Genehmigung erforderlich.

5.3 Ausschreibungsverfahren (Dauer ca. 4 Monate bis Vergabe).

Die Ausschreibung einer derart großen Solaranlage wird als funktionale Ausschreibung mit vorheriger Teilnahmebewerbung empfohlen. Dabei sind folgende Informationen anzugeben:

Für den Teilnahmeantrag:

- Projektbeschreibung

- Lageplan mit ausgewiesenen Teilflächen für Solarfeld
- Angaben zu Ausführungsstandards bei Wien Energie (mechanisch, elektrisch, leittechnisch, Kennzeichnung, Dokumentation, ...)
- Angaben zu geforderter Gewährleistungen und Garantien (v.a. bzgl.- Leistungsgarantie Solaranlage)
- Terminplan zum Gesamtsystem samt relevanter Fixtermine für Solaranlage (Vergabe, Erteilung Baugenehmigung, Baufeldfreigabe, Beginn Bauarbeiten, Start Inbetriebnahme, Start Wärmelieferung, Übergabe)
- Vertraulichkeitserklärung

Die Teilnehmerevaluierung soll folgende Aspekte betrachten:

- Unternehmensdaten (Selbstauskunft, Handelsregisterauszug, Standort, Produktionsort, Solarthermie-Umsatz der letzten drei Jahre, Ansprechpartner)
- Referenzen (mind. 3 Solarthermieanlage > 5.000 m²) samt Angabe Liefer-/Leistungsumfang, Kontaktdaten, Jahr der Inbetriebnahme
- Eignungs-/Fähigkeitsnachweise für Rohrbau und Anlagenbau
- Solar Keymark Zertifizierung für anzubietenden Solarkollektor
- Gewährleistung deutschsprachiger Kommunikation während Projektabwicklung

Für die Ausschreibung:

- Lageplan mit ausgewiesenen Teilflächen zur freien Belegung für Solarfeld samt Trassen für Solarleitungen bis Übergabestation (inkl. Informationen über event. anderwertige Leitungen auf den Solarleitungstrassen)
- Übersichtsplan Technikgebäude mit ausgewiesenem Bereich für Solar-Übergabestation
- Temperatur-Lastprofil vom Wärmespeicher (zusätzliche Beladung durch Geothermie, Entladung über Wärmepumpe zu FW-Netz), damit eine Überladung des Wärmespeichers geprüft bzw. vermieden wird
- Wetterdatensatz und Mindestanforderungen für Simulationsverfahren bzgl. Solarertrag
- Angaben zur Daten-Schnittstelle bzgl. übergeordneter Regelung
- Angaben zu Ausführungsstandards bei Wien Energie (mechanisch, elektrisch, leittechnisch, Kennzeichnung, Dokumentation,...)
- Angaben zu geforderter Gewährleistungen und Garantien (v.a. bzgl.- Leistungsgarantie Solaranlage)

- Terminplan zum Gesamtsystem samt relevanter Fixtermine für Solaranlage (Vergabe, Erteilung Baugenehmigung, Baufeldfreigabe, Abgabe Engineering Dokumentation, Beginn Bauarbeiten, Fertigstellung mechanische Installation, Fertigstellung elektrische und leittechnische Installation, Start Inbetriebnahme, Start Wärmelieferung, Übergabe)
- Angaben zur Angebotsstruktur samt erforderlicher Detailunterlagen

Die Angebotsevaluierung erfordert entsprechendes Fachwissen und soll neben den Angebotskosten folgende Aspekte betrachten:

- Kosten der Anlage bis Übergabepunkt im Technikgebäude
- Zusatzkosten durch nicht im Angebot abgedeckte aber für betriebsbereite Ausführung erforderliche Leistungen/Lieferungen
- Wartungskosten für erforderliche Arbeiten über 20 Jahre (inkl. laufender Ersatz- und Verschleißteile, inkl. erforderlicher Ressourcen bzw. Mannstunden samt Häufigkeit pro Jahr)
- Garantierter Jahresertrag der Solaranlage am Übergabepunkt im Technikgebäude unter Berücksichtigung des beigestellten Wetterdatensatzes samt Temperatur-Lastprofil vom Wärmespeicher
- Wärmegestehungskosten aus Gesamtkosten (Angebotskosten + Zusatzkosten + Servicekosten) / garantiertem Jahresertrag + 20 Jahre
- Referenzen für Planung und Lieferung schlüsselfertiger Solaranlagen (mind. 3 Anlagen > 10.000 m² Kollektorfläche) samt Angaben zu Betreiber
- Landnutzung bzgl. Kollektorfläche [m²/ha], Solarertrag [MWh/a/ha], landwirtschaftlicher Nutzung (max. möglichen Fahrzeugbreite zwischen Kollektorreihen)
- Umwelteinflüsse während Bauzeit (v.a. Lärm während Rammarbeiten) und Betrieb (v.a. Anzahl hydraulischer Verbindungen im Kollektorfeld)

6 Publikationen und Disseminierungsaktivitäten

Zu diesem Projekt wurden bzgl. der Solaranlage noch keine Publikationen erstellt bzw. veröffentlicht.

Diese Projektbeschreibung wurde von der Fördernehmerin/dem Fördernehmer erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte sowie die barrierefreie Gestaltung der Projektbeschreibung, übernimmt der Klima- und Energiefonds keine Haftung.

Die Fördernehmerin/der Fördernehmer erklärt mit Übermittlung der Projektbeschreibung ausdrücklich über die Rechte am bereitgestellten Bildmaterial frei zu verfügen und dem Klima- und Energiefonds das unentgeltliche, nicht exklusive, zeitlich und örtlich unbeschränkte sowie unwiderrufliche Recht einräumen zu können, das Bildmaterial auf jede bekannte und zukünftig bekanntwerdende Verwertungsart zu nutzen. Für den Fall einer Inanspruchnahme des Klima- und Energiefonds durch Dritte, die die Rechteinhaberschaft am Bildmaterial behaupten, verpflichtet sich die Fördernehmerin/der Fördernehmer den Klima- und Energiefonds vollumfänglich schad- und klaglos zu halten.