



SDHplus **Solare Fernwärme in Europa**

WP3 – Fallstudie zum Übergang auf Solare Fernwärme

**500.000 m² Kollektorfläche
für 20 % solarer Deckungsanteil des Fernwärmenetzwerkes
Graz**

Januar 2015



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the funding authorities. The funding authorities are not responsible for any use that may be made of the information contained therein.

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
1.1. AUSGANGSSITUATION	1
1.2. BESCHREIBUNG DER STADT GRAZ	1
1.3. ENERGIEBEDARF UND ENERGIEVERSORGUNG DER STADT GRAZ	1
2. DAS FERNWÄRMENETZ	2
2.1. WÄRMEQUELLEN	2
2.1.2. Wärmeverteilung zu den Endverbrauchern	5
2.1.3. Eckdaten	5
2.2. VERFÜGBARE ABWÄRME	6
2.2.1. Wärmerückgewinnung Marienhütte	6
3. BESCHREIBUNG DES ANLAGE- UND SPEICHERKONZEPTS	7
3.1. ENERGIEFLÜSSE	8
3.2. ENERGIEGEWINNE DES SYSTEMS	10
3.3. WIRTSCHAFTLICHKEIT	11
3.4. WEITERE EFFIZIENZMAßNAHMEN	12

1. EINLEITUNG

1.1. AUSGANGSSITUATION

Das Fernwärmenetz Graz liefert 1.050 GWh Wärme pro Jahr an 54.000 Haushalte. 80% der Energieversorgung basieren auf drei großen mit fossilen Energieträgern betriebenen Anlagen von Verbund/ATP in Werndorf Mellach. Aufgrund zahlreicher Preisschwankungen ist es dem Betreiber nicht mehr möglich die Anlagen wirtschaftlich zu betreiben. Zusätzlich hat die kohlbetriebene KWK Anlage ihre Lebensdauer bereits überschritten. Aus diesem Grund hat Verbund in einer Presseaussendung am 14. Mai 2014 bekannt gegeben die Anlage im Jahr 2020 stillzulegen.

Die Stadt Graz ist daher derzeit auf der Suche nach alternativen Möglichkeiten die Fernwärmeversorgung auch nach dem Jahr 2020 sicherzustellen. Die Ziele sind leistbare, langlebige, unabhängige und erneuerbare Energie zu garantieren. Trotz der Vorsätze fokussieren derzeitige Konzepte auf konventionelle Energieträger und sparen Erneuerbare Energien aus.

Mit mehr als 15.000 m² Solarkollektorfläche ist Graz bereits eine der Pionierstädte für solarthermische Lösungen im Fernwärmebereich.

1.2. BESCHREIBUNG DER STADT GRAZ

Graz ist die zweitgrößte Stadt des Landes. Am 1.1.2012 hatte die Stadt 266.965 Einwohner (Hauptwohnsitz). Dies entspricht 2.058 EW/km². Die gesamte Region der Landeshauptstadt umfasst 405.000 Einwohner.

Langzeittrends zeigen einen deutlichen Zuwachs der Einwohnerzahl der Stadt und der angrenzenden Gebiete: Derzeitige Prognosen gehen von einem Bevölkerungszuwachs von 490.000 im Jahr 2050 aus (Stadt Graz und angrenzende Vororte).

Die voraussichtliche Bevölkerungsentwicklung bringt der Stadtverwaltung und der Stadtentwicklung auch zahlreiche Herausforderungen.

Jegliche Ausweitungen der derzeitigen Wohngebiete (Bauland) wird nur begrenzt mit den Zielen zu geringerem Gebäude- und Infrastrukturverbrauch natürlicher Flächen einhergehen. Daher können zukünftige Projekte nur unzureichend auf neue Flächen zugreifen.

1.3. ENERGIEBEDARF UND ENERGIEVERSORGUNG DER STADT GRAZ

Der Energieverbrauch zum Heizen und für Heißwasser in Wohn- und Dienstleistungsgebäuden von Graz lag bei 2.100 GWh in 2009 (diese Zahl repräsentiert einen Teil des gesamten Energiebedarfs von Graz). Die Hauptenergieträger zur Deckung des Energiebedarfs sind Fernwärme (33%), Öl (25%), Strom (20%) und Gas (ungefähr 15%). Erneuerbare Energieträger (Biomasse und andere alternative Energieträger) haben derzeit einen Anteil von weniger als 5%. Die verbleibenden 2% werden von Kohle abgedeckt.

2. DAS FERNWÄRMENETZ

Das Fernwärmenetz Graz wurde erstmals im Jahr 1963 in Betrieb genommen. Anfangs wurde es von einem zentralen Fernwärmeheizwerk mit Energie versorgt (Dampfgenerator mit Turbinen). Im Jahr 1998 verkaufte die Anlage (Stadtwerke Graz) ungefähr 680 GWh/a.

Durch einen stetigen Ausbau des bestehenden Fernwärmenetzes (Energie Graz GmbH, zuvor Stadtwerke Graz) konnte die Fernwärmeleistung nach und nach ausgebaut werden.

Die in Abbildung 1 rot markierten Stellen beschreiben den derzeitigen Ausbaustand des Fernwärmenetzes in Graz. Die dunkelrot markierten Stellen zeigen die aktuellen bestehenden Leitungen. Hellrot markierte Flächen stehen für Ausbaubereiche, geplant bis 2020. Die gelb markierten Flächen zeigen das derzeitige Gasnetzwerk.

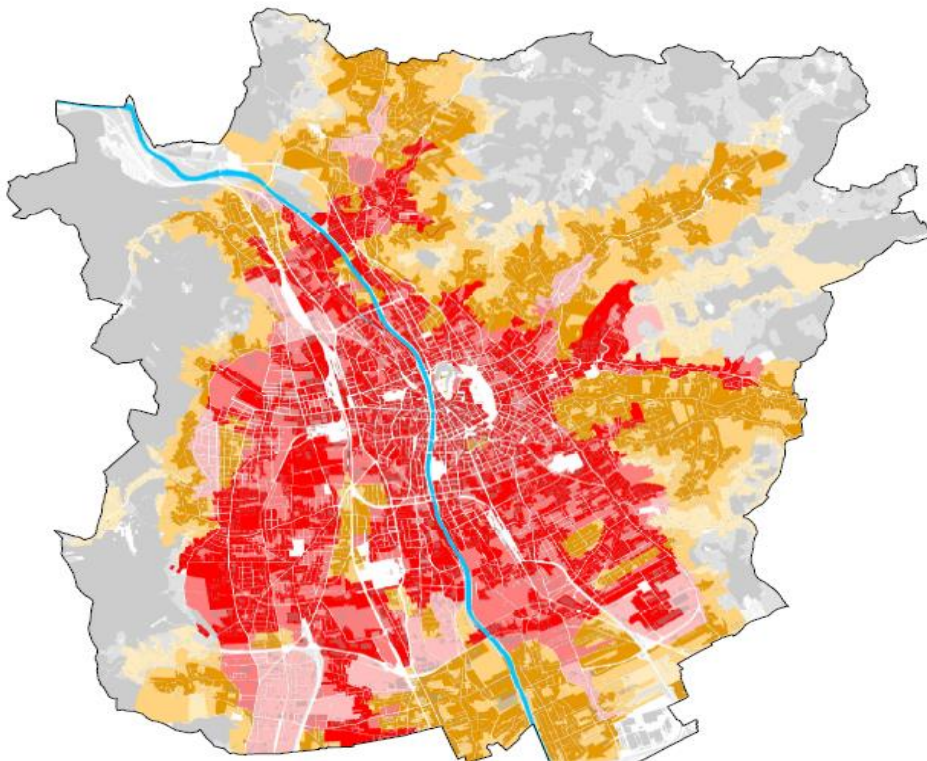


Abbildung 1: Fernwärmenetz der Stadt Graz (Rot markiert, Quelle: Holding Graz)

2.1. WÄRMEQUELLEN

Die gesamte Wärmemenge, die derzeit vom Fernwärmenetz Graz bereitgestellt wird beträgt 1.050 GWh/Jahr. 77% der Kapazitäten werden von einer KWK Anlage (CCGT MELLACH) mit einer Kapazität von 246 MW bereitgestellt, 15 km von der Stadt Graz entfernt, und wird über eine Hauptleitung zur Stadt befördert. Ein weiterer beträchtlicher Teil der Wärme kommt aus der Abwärme des Stahlkraftwerks "Marienhütte" (MH), und einer weiteren KWK Anlage "CMST" nahe einem großen Autozulieferbetrieb. Der solare Deckungsanteil beträgt derzeit 0,5% und wurde im Jahr 2014 um 1,4 MW erweitert.

Im Jahr 2011 nahm eine neue KWK Anlage ihren Betrieb in Mellach auf. Im Jahr 2014 wurde die Anlage vom Netz genommen, da die Elektrizitätspreise zu niedrig waren.

Für Graz sind drei unterschiedliche Anlagen in Betrieb, welche Energie zum Heizen und Elektrizität bereitstellen. Die Anlagen basieren auf zwei Primärenergieträgern als Quelle (Erdgas und Kohle).

Die drei Anlagen, welche Wärme in und rund um Graz für das Fernwärmenetzwerk bereitstellen sind:

- Das Fernwärmeheizkraftwerk Mellach (betrieben mit Kohle) mit einem maximalen thermischen Output von 230 MW.
- Das Fernwärmeheizkraftwerk Graz (betrieben mit Erdgas) mit einem maximalen thermischen Output von 250 MW.
- Das Fernwärmeheizkraftwerk CMST in Thondorf mit einem maximalen thermischen Output von 30 MW.

Abbildung 2 zeigt das Lastenprofil für die drei Fernheizkraftwerke des Fernwärmenetzes, ohne Berücksichtigung der Abwärme des Stahlkraftwerks „Marienhütte“ und der solarthermischen Anlagen „Stadion Liebenau“ und „Wasserwerk Andritz“.

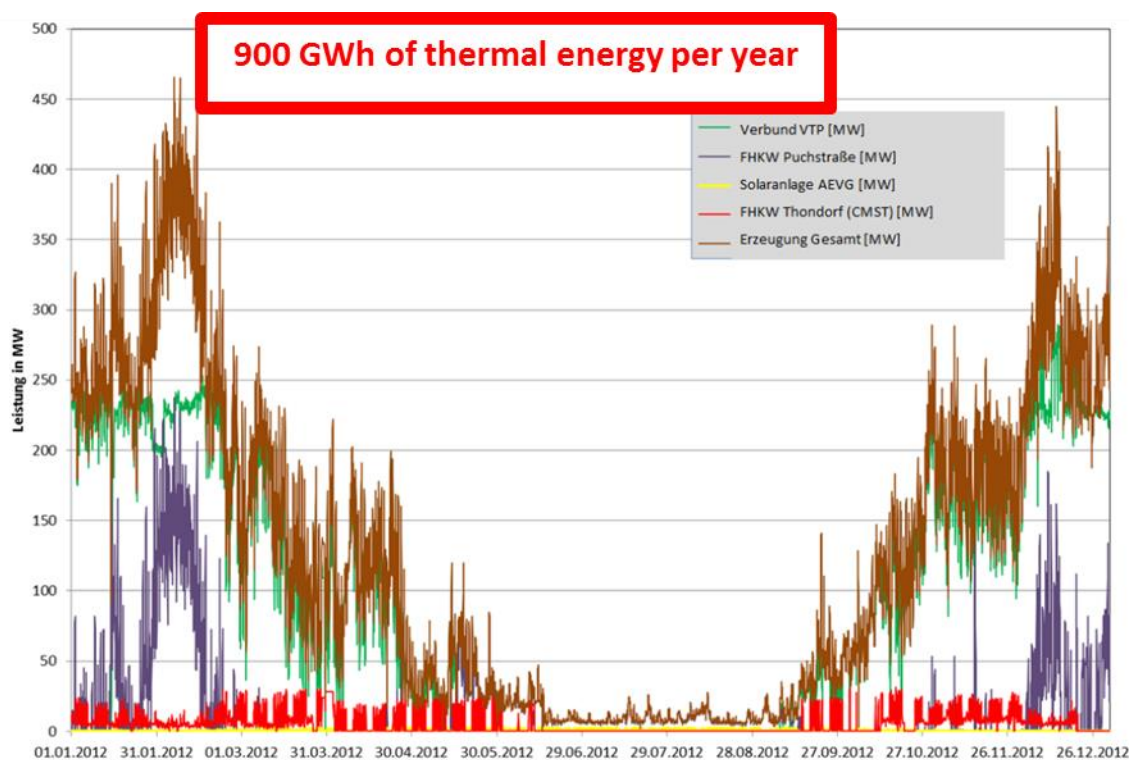


Abbildung 2: Lastenprofil der Wärmequellen des Fernwärmenetzes Graz, 2012 ohne den Beitrag des Stahlwerks Marienhütte, der solarthermischen Anlage Liebenau und des Wasserwerks Andritz; Quelle: Steirische Gas-Wärme.

kWh

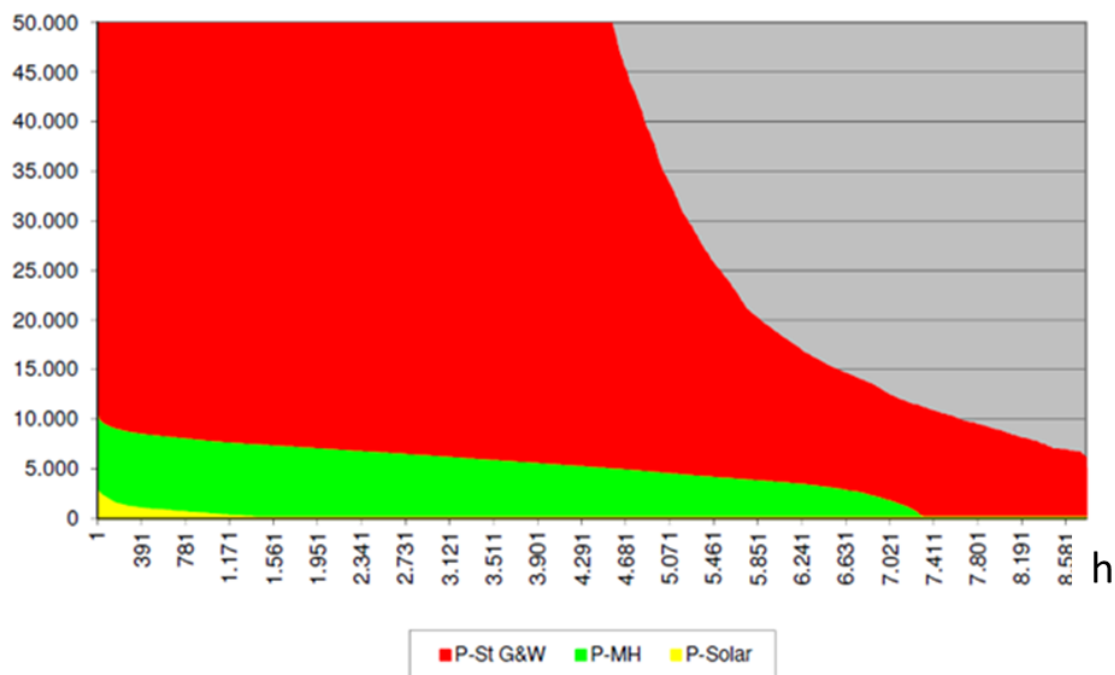


Abbildung 3: Die Wärmegewinnung 2009 bestand aus Erdgas (rot), Abwärme von der Marienhütte (grün) und solarthermischer Energie (gelb); Quelle: Energie Graz.

[°C]

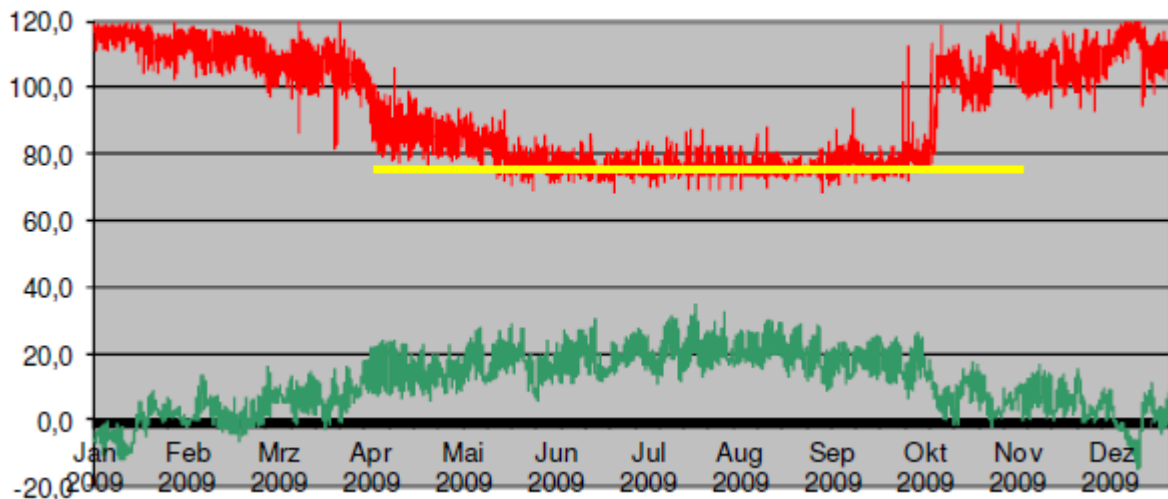


Abbildung 4: Temperaturkurve der Vorlauftemperatur (rot) laut den Temperaturen beim Fernwärmenetzwerk Puchstraße im Jahr 2009; Quelle: Energie Graz.

2.1.1.1. Solares Fernwärmenetzwerk in Graz

Derzeit speisen drei große solarthermische Anlagen in das Fernwärmenetzwerk Graz mit einem Ertrag von ungefähr 4.290 MWh/a ein. Die Anlagen wurden in den Jahren 2002, 2008 und 2009 errichtet (Abb. 5).

WW Andritz	Fernheizwerk/AEVG	Stadion Liebenau
		
2009	2008	2002
3.855 m ²	7.200 m ²	1.407 m ²
2.000 kW	3.600 kW	750 kW
1.600 MWh/a	3.000 MWh/a	590 MWh/a

Abbildung 5: Solarthermische Großanlagen speisen in das Grazer Fernwärmenetz ein

2.1.2. Wärmeverteilung zu den Endverbrauchern

Das grundlegende Medium zur Übertragung der Energie ist Wasser, welches die Energie in isolierten Leitungen zu den Endkunden transportiert. Das Fernwärmenetzwerk ist in unterirdischen Schächten, bestehend aus Vor- und Rücklaufleitungen, verbunden. Das Wasser kommt beim Endkunden mit 120°C an. Damit das Wasser bei derartig hohen Temperaturen nicht verdampft steht es unter Druck. Die gelieferte Temperatur der KWK Anlagen liegt im Winter bei 120°C und im Sommer bei 75°C. In Graz ist das Fernwärmenetz ganzjährig im Betrieb. Der Endkunde erhält die Energie an seinem Gebäude über ein zentrales Energieabgabesystem. Wärmetauscher geben die Wärme an das Gebäude ab. Das Wasser des Fernwärmenetzes wird nicht mit gebäudeeigenem Wasser vermischt und fließt mit ungefähr 50°C zurück zu den KWK Anlagen.

Das System zirkuliert mit einer maximalen Leistung von 423 MW und 7.000 Tonnen Wasser pro Stunde. Die Leitungen des Netzes haben dabei einen Durchmesser von 25 – 600 mm. Mit diesen Durchmessern werden Haupt-, Zu-, und Nebenleitungen des Fernwärme- und der Gebäudesysteme betrieben.

2.1.3. Eckdaten

Die folgenden Daten geben einen Überblick zu den wichtigsten Parametern des Fernwärmenetzes in Graz:

- Leitungslänge: 633km
- Wassergehalt: 15.619m³
- Heizkapazität: 900 GWh/Jahr
- 568 MW verbundene Leistung

2.2. VERFÜGBARE ABWÄRME

2.2.1. Wärmerückgewinnung Marienhütte

Das Unternehmen Marienhütte Stahl- und Walzwerk GmbH ist ein österreichischer Einzelteil-Betonstahlproduzent. Es betreibt einen Lichtofenbogen mit 40 Tonnen, in welchem jährlich 400.000 Rohstahl aus Altmetall jährlich geschmolzen werden.

Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der Abwärme des Unternehmens von 1993 bis 2011. Im Jahr 2001 wurde die Bereitstellung der Wärme für das Fernwärmenetzwerk um einen Kühlkreislauf erweitert. Eine zweite Erweiterung um einen weiteren Kühlkreislauf fand im Jahr 2003 statt. Im Jahr 2010 wurde ein Pufferspeicher integriert, welcher die Wärmebereitstellung weiter erhöhte. Im Jahr 2011 wurde die Wärmebereitstellung durch die Neugestaltung des Wärmetauschers auf 60 GWh pro Jahr ausgebaut.

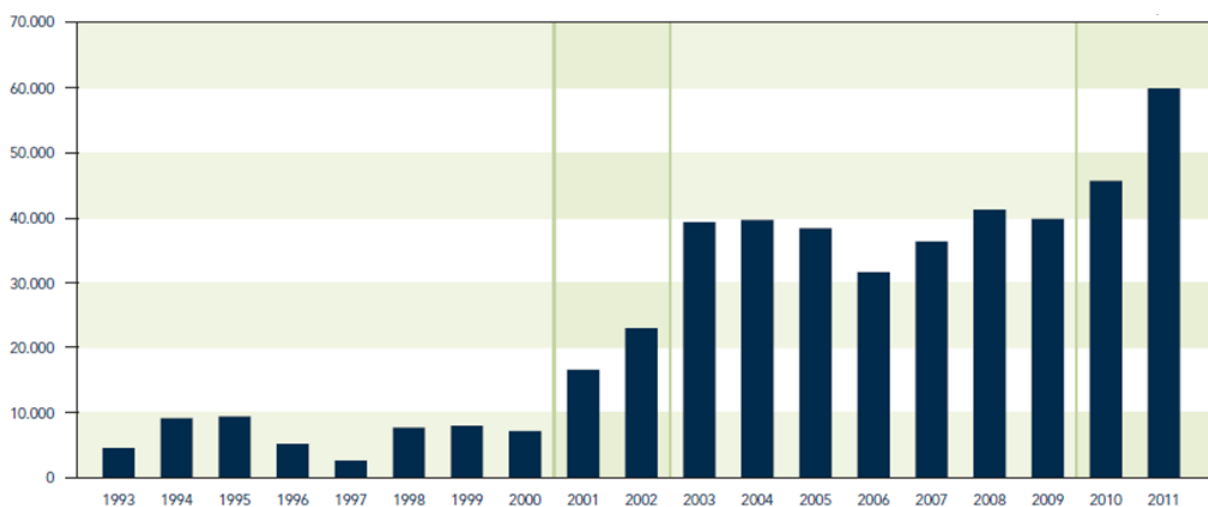


Abbildung 6: Abwärmegewinnung in MWh "Marienhütte" 1993 – 2011; Quelle: Energie Graz.

3. BESCHREIBUNG DES ANLAGE- UND SPEICHERKONZEPTS

Einige Solar-, Biomasse- und Bauunternehmen haben sich in einem Konsortium zusammengefunden und an einer alternativen Energielösung für das Fernwärmenetz Graz gearbeitet: eine große Solar-Biomasse Kombinationsanlage mit Saisonspeicherung. Diese Anlage kann mindestens 20% des Fernwärmebedarfs der Stadt Graz mit erneuerbaren Energiequellen decken. Das Konzept zeigt wie 500.000 m² solarthermische Kollektorfläche 206.000 MWh Wärme liefern kann. Zwei Drittel der benötigten Fläche könnten entlang des bestehenden Leitungssystems Mellach-Graz errichtet werden, welche 15 km lang ist. Das verbleibende Drittel der Fläche könnte auf unterschiedlichen Gebäuden der Stadt Graz verteilt werden. Solarkollektoren könnten auf nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen entlang der Fernwärmeleitungen entstehen. Solarkollektoren im städtischen Bereich können auf großen Dächern von Industriegebäuden, Einkaufszentren und Infrastrukturgebäuden errichtet werden.

Das solarthermische Fernwärmenetz wird von einer 40 MW Biomasseanlage unterstützt, welche das System vor Temperatursenkungen im Winter schützt. Zusätzlich werden drei große saisonale Speicher integriert, welche den Wärmeüberschuss der Solaranlage im Sommer aufnehmen und im Winter abkühlen. Die Speicher und das Kraftwerk Mellach können gemeinsam 200 MW Spitzenleistung abdecken.

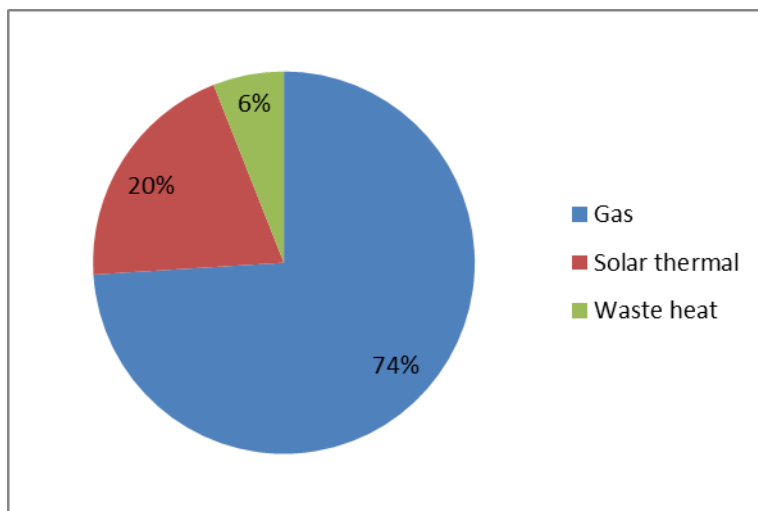


Abbildung 7: Energieverteilung der zukünftigen Fernwärmebereitstellung in Graz

3.1. ENERGIEFLÜSSE

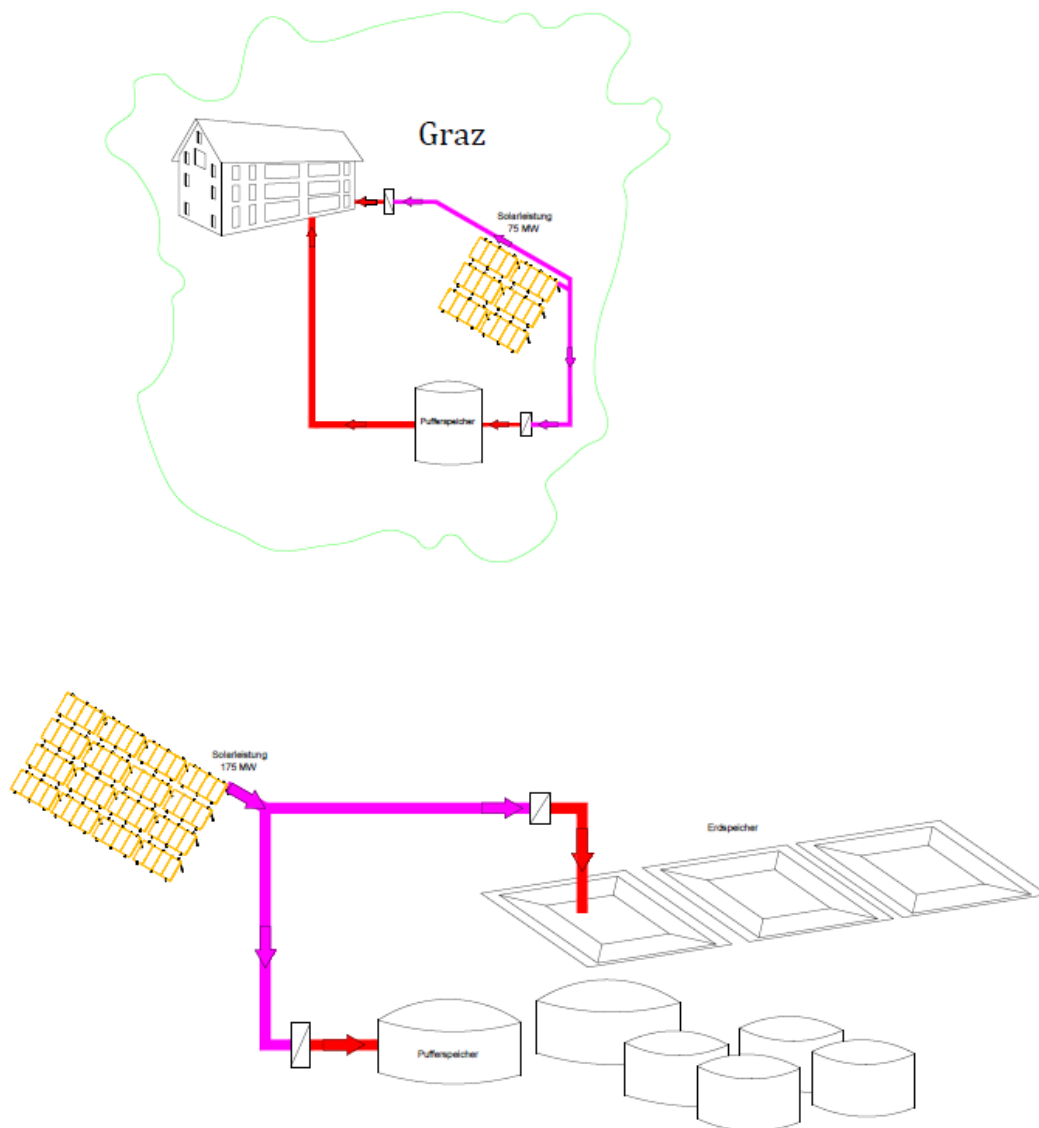


Abbildung 8: Schematische Darstellung des Energieflusses in den Sommermonaten

In den Sommermonaten wird die Verbindung zwischen dem Kraftwerk Mellach und dem Fernwärmenetz Graz aufgrund des geringen Energiebedarfs der Stadt getrennt. In diesen Monaten wird der Fernwärmebedarf der Stadt durch die in der Stadt befindlichen Solarthermieflächen von 150.000 m² in Kombination mit einem großen Wärmespeicher gedeckt. Die großen Kollektorflächen von 350.000 m² versorgen in den Sommermonaten hauptsächlich den Süden von Graz.

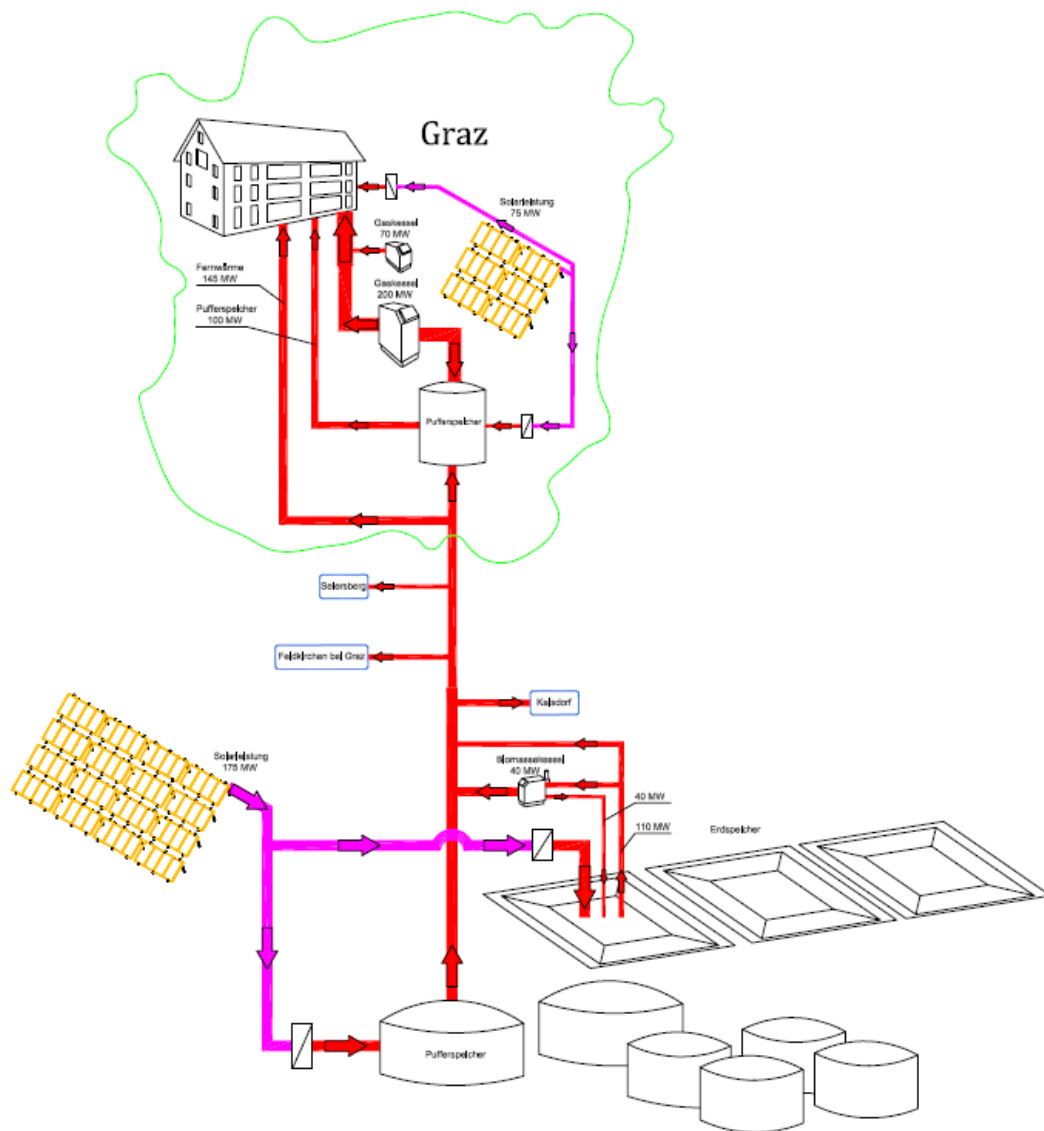


Abbildung 9: Schematische Darstellung der Energieflüsse in den Wintermonaten und während Heizperioden

In den Wintermonaten kommt die benötigte Wärme aus der Solaranlage und den errichteten Langzeitwärmespeichern, unterstützt von einem Biomasseboiler und einem Gasboiler. Der Biomasseboiler mit einer Kapazität von 40 MW wird in Mellach installiert und unterstützt die Speicher. Die heißeren Bereiche dieser Speicher werden direkt in das Fernwärmesystem eingespeist. Diese Energie wird über das bestehende 15 km lange Fernleitungssystem nach Graz gebracht und versorgt bereits einzelne Abnehmer am Rand der Leitung. In Graz wird die Wärme teils direkt an Kunden abgegeben, teils in einem großen Pufferspeicher gespeichert. Dieser Pufferspeicher wird von einem Gasboiler mit 200 MW unterstützt um die gewünschten Temperaturen jenseits der 100°C an Wintertagen zu sichern. Dieser Gasboiler kann bei Bedarf direkt in das Netz einspeisen, ebenso wie ein Spitzenlastboiler mit 70 MW.

Zusätzlich kann der Pufferspeicher im Zentrum der Stadt die Spitzenwerte des Gasboilers ausgleichen. Dies wird in unten stehender Abbildung 10 illustriert, in welcher eine Woche im Winter abgebildet wird:

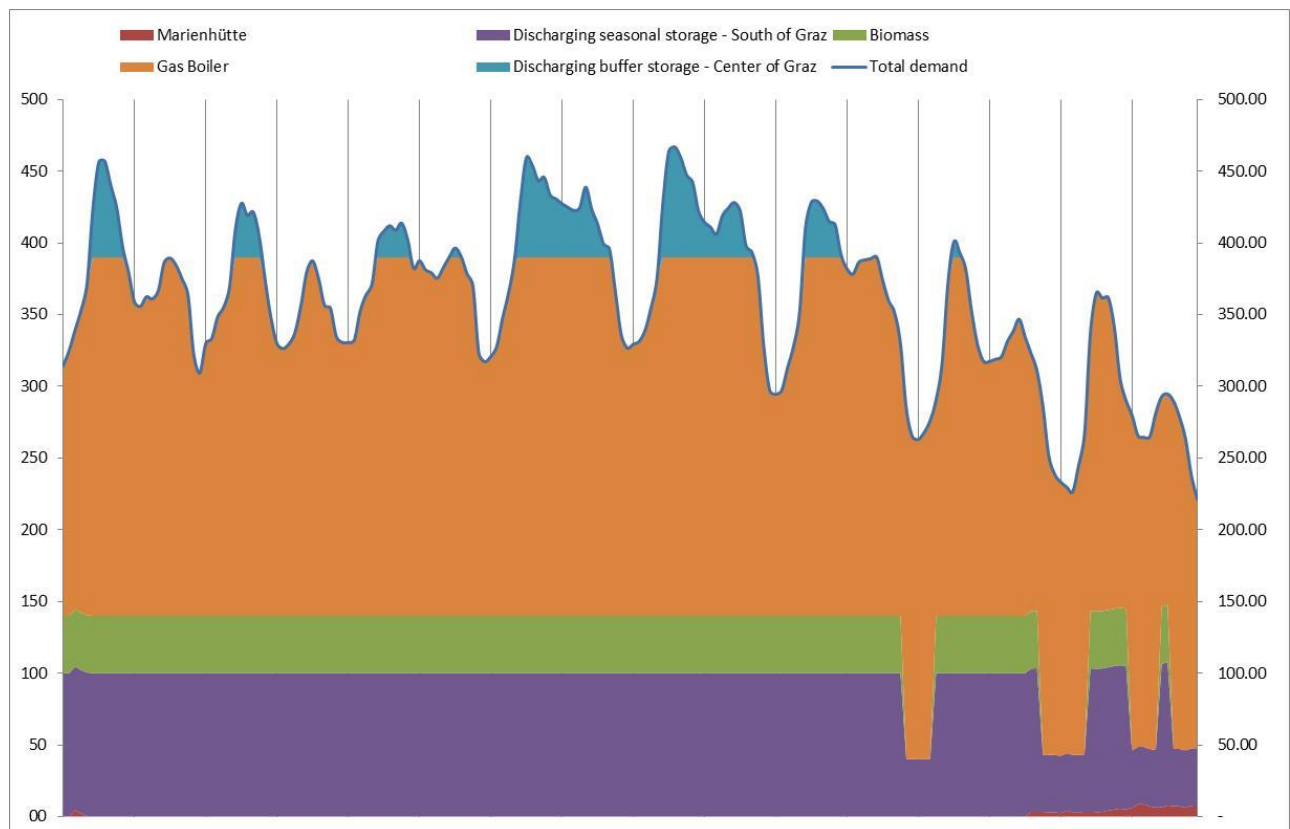


Abbildung 10: Spitzenzeit im Winter für eine Woche

3.2. ENERGIEERTRÄGE DES SYSTEMS

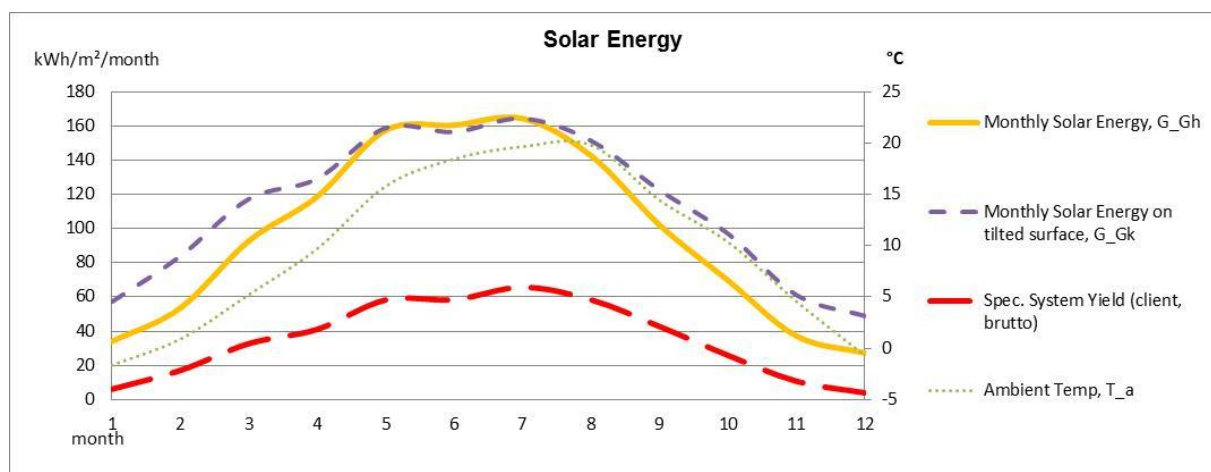


Abbildung 11: Solare Einstrahlung bei 30° Kollektorneigung (rote Linie) über einen Zeitraum von einer Woche in Graz, Österreich

Die solaren Strahlungsdaten wurden von Meteonorm geliefert. Diese Daten wurden genutzt, genauso wie ein von SOLID entwickeltes Excel-Tool, um den Ertrag des Systems zu berechnen.

SOLID geht davon aus, dass das System ungefähr 412 kWh/m², also 206 GWh bei 500.000 m² liefert. Das Kollektorfeld im Süden von Graz wird ungefähr 173 GWh, das Kollektorfeld in der Stadt Graz wird 33 GWh bereitstellen.

In unten stehender Abbildung 12 wird die Verteilung der Energiequellen, welche für das System genutzt werden, inklusive der Entladung der Speicher dargestellt:

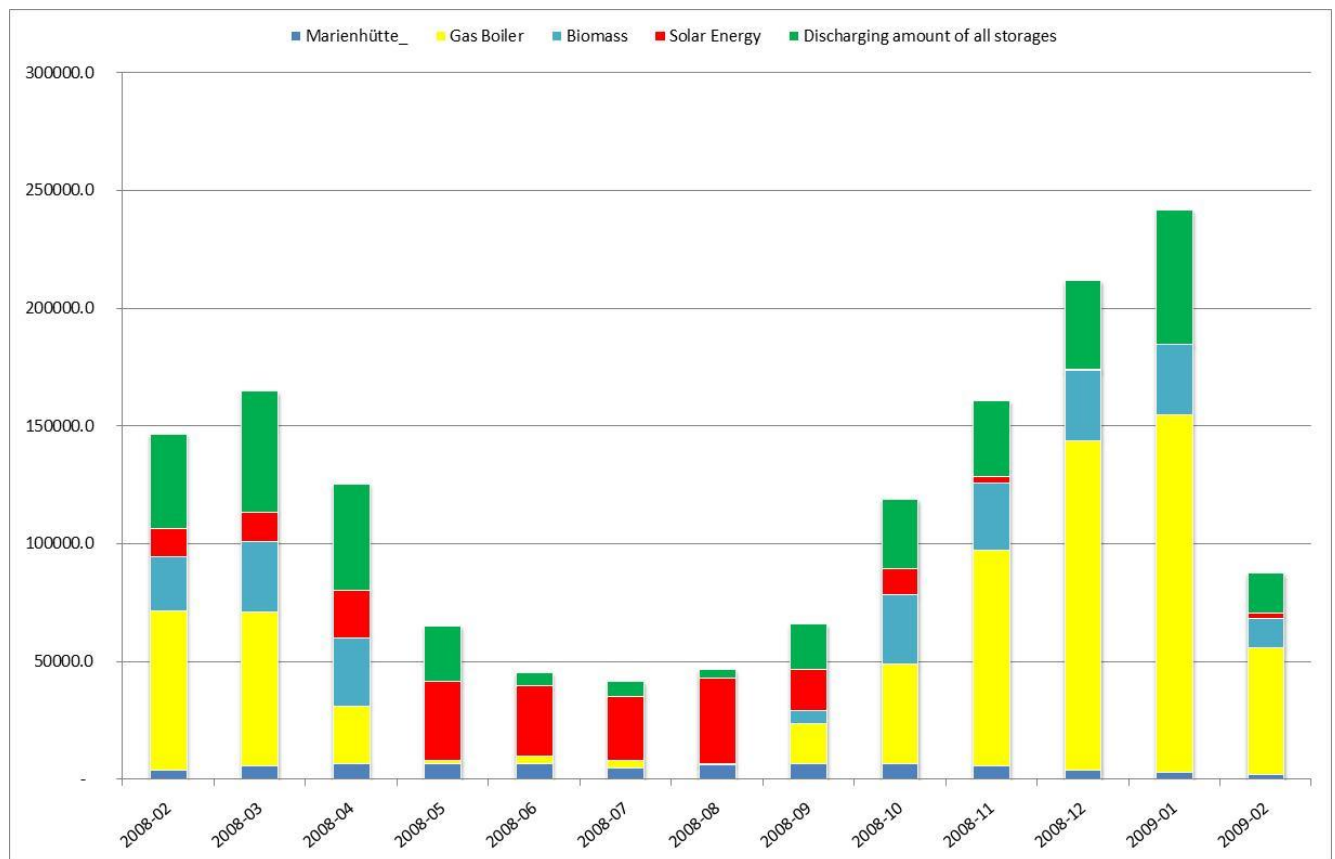


Abbildung 12: Verteilung der Energiequellen über ein Jahr

Zusammenfassung:

- Ort: Graz
- Neigungswinkel der Kollektoren: 30°
- Kollektorfläche: 500,000 m²
- Spezifischer Solarertrag: 412 kWh/m²
- Gesamtenergieertrag: 206 GWh/Jahr

3.3. WIRTSCHAFTLICHKEIT

Das benötigte Gesamtbudget um das Projekt umzusetzen, beträgt 180 Millionen Euro innerhalb von fünf Jahren. Der Kauf von nicht-landwirtschaftlichen Grundstücken und Dachflächen innerhalb der Stadt Graz werden derzeit ausgehandelt.

Der Preis pro MWh erzeugter Energie liegt bei 41 Euro, was deutlich unter den derzeitigen Preisen von Erdgas liegt.

Der Preis pro Kilowatt beträgt 12 Euro. Hier wird Wärme zum Bedarfszeitpunkt geliefert.

Vor allem lokale Unternehmen würden vom Projekt stark profitieren. 45% der Wertschöpfung betreffen die Kollektorrerichtung und Aufstellung, 35% die Arbeiten rund um Leitungen und Speichern, 10% Biomasseanlagen und 10% das Projektmanagement und technische Auslegungen.

3.4. WEITERE EFFIZIENZMAßNAHMEN

Parallele Maßnahmen des Netzbetreibers zum Betrieb der Fernwärme werden eine Reduktion der Betriebstemperatur über die nächsten 15 Jahre nach sich ziehen.