

Fernwärmekonzept für eine geothermische Wärmeversorgung in der Gemeinde Rülzheim

Auftraggeber: Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz
Datum: 22.02.2006

Transferstelle Bingen · Berlinstr. 109 · 55411 Bingen · www.tsb-energie.de

Dipl.-Ing. (FH) Kerstin Kriebs

Tel: 06721 / 409 296

Fax: 06721 / 409 184

kriebs@tsb-energie.de

Dipl.-Ing. (FH) Christian Pohl

Tel: 06721 / 409 218

Fax: 06721 / 409 184

pohl@tsb-energie.de

im

Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH · Berlinstraße 107a · 55411 Bingen am Rhein

Geothermie erfordert den systematischen Bau von Wärmenetzen und die umfassende Erschließung von Wärmesenken



Auf Grund der geologischen Struktur des Oberrheingrabens gehören die Süd- und Vorderpfalz zu den besonders begünstigten Regionen für die Nutzung der Tiefengeothermie in Deutschland. Diese großen Potentiale zur geothermischen Strom- und Wärmezeugung gilt es im Hinblick auf den Klimaschutz, die Energieversorgungssicherung, die regionale Wertschöpfung und die Entwicklung einer exportfähigen Zukunftstechnologie systematisch zu erschließen.

Mit der Feststellung der Fündigkeit der Geothermiebohrung Landau/Pfalz Ende 2005 ist ein erster Meilenstein auf dem Weg zum ersten industriellen Geothermiekraftwerk in Rheinland-Pfalz erreicht. Dies ist der Zeitpunkt, in der Geothermie-Region Rahmenbedingungen zu schaffen, die Investoren einen optimalen Einstieg in diese Zukunftstechnologie ermöglichen.

Ein entscheidender Baustein hierbei ist die Schaffung von Wärmesenken. Denn mit elektrischen Wirkungsgraden von unter 15% verfügen Geothermiekraftwerke über enorme Wärmemengen, die es zum Ersatz vor allem von Gas und Öl wertschöpfend zu nutzen gilt.

Sofern die geologischen Rahmenbedingungen dies zulassen, sollten Geothermiekraftwerke daher bevorzugt an den Standorten umgesetzt werden, die eine umfassende Wärmenutzung ermöglichen.

Primär ist es der Neu- und Ausbau von Fernwärmenetzen zur Aufnahme von Geowärme, die an Geothermiekraftwerksstandorten die bisherigen fossil basierten Heizsysteme – derzeit vor allem Gas- und Ölheizungen – ersetzen müssen.

Eine Umstellung des Heizens und der Warmwasserbereitung auf Geowärme werden die Gebäudeeigentümer jedoch nur vornehmen, wenn die Geowärme nicht teurer ist als bisher.

Mit dieser im Auftrag meines Hauses erstellten Modellstudie zur Gemeinde Rülzheim – mit ihren 8.000 Einwohnern eine typische Gemeinde in der Geothermie-Region – soll der Klimaschutz- und Wertschöpfungsbeitrag eines hydrothermalen Geothermiekraftwerks wie auch die Chancen für die Umsetzung einer umfassenden Wärmenutzung beispielhaft aufgezeigt werden.

Die Ergebnisse der Studie sind überzeugend. Sie zeigen, dass mit einer für hydrothermale Geothermiekraftwerke üblichen elektrischen Leistung eine im Grundsatz 100% emissionsfreie Strom- und Wärmebereitstellung für einen 8.000 Einwohner-Ort wie Rülzheim umsetzbar ist und damit beachtliche Potentiale für den Klima- und E-

missionsschutz im Ballungsraum der Metropolregion Rhein-Neckar erreicht werden können.

Durch die Substitution vor allem von Erdgas und Heizöl durch Geowärme würden beachtliche Finanzmittel in der Region verbleiben und damit vor Ort Wertschöpfung, Einkommen und Arbeit schaffen.

Die wichtigste Erkenntnis der Studie ist, dass mit der Geowärme als preisgünstiger Abfallwärme noch Wärmenetze wirtschaftlich umsetzbar sind, wo dies mit teuren fossilen Energieträgern nicht mehr machbar ist. Unabhängig hiervon gilt es, im Rahmen der Regional- und der Bauleitplanung den Focus verstärkt auf Innerortentwicklung und verdichtetes Bauen zu richten, um so die spezifische Wärmeabnahme zu erhöhen und damit die Energiekosten für die Bewohner noch günstiger zu gestalten.

Die Erschließung der Geothermieregion durch Wärmenetze ist eine gewaltige Infrastrukturaufgabe vergleichbar mit der früheren Erschließung für Erdgas. Sie erfordert beachtliche Investitionen. Aber es sind – wie die Studie zeigt – Investitionen, die sich rechnen, die damit für die Versorgungswirtschaft attraktiv sind und somit die für den Klimaschutz und die Energieversorgungssicherung unverzichtbaren Umsetzungen auch realisierbar erscheinen lassen.

Geowärme liefert Vorlauftemperaturen um die 75° Celsius. Um dieses Temperaturniveau umfassend nutzen zu können, sollte das Heizungshandwerk heute schon bei jedem Heizungsneubau bzw. jeder Heizungserneuerung auf Niedertemperaturheizsysteme mit möglichst niedrigen Vorlauftemperaturen wie Fußboden-, Wand- und Deckenheizungen bzw. auf Niedertemperaturradiatoren hin beraten.

Bei steigenden Fossilenergiepreisen werden günstige Wärmekosten immer mehr zu einem Standort- und Wettbewerbsvorteil. Preiswerte Geowärme ist daher eine Chance für den Gartenbau mit seinen energieintensiven Gewächshäusern, für den Gemüsebau, um das höherpreisige Vorsaisonangebot auszuweiten, für Aquakulturen zur Beheizung von Fisch- und Kriebstierzuchten sowie für Industrie und Gewerbe mit Bedarf an kostengünstiger Niedertemperaturwärme. Dieses Potential für zusätzliche örtliche Wertschöpfung im Rahmen von Geothermiekraftwerksprojekten zu erschließen, ist künftig eine wichtige Aufgabe der Wirtschaftsförderung in der Geothermieregion. Ziel der Landesregierung ist es, die Süd- und Vorderpfalz auf Grund ihrer hervorragenden geologischen Ausgangsbedingungen für die Erdwärmennutzung zu einer „Referenzregion Geothermie“ zu entwickeln. Hierbei müssen in der Geothermieregion alle zielgerichtet und partnerschaftlich zusammenarbeiten, die Landes- und Regionalplanung, die Landkreise, Städte und Kommunen, die Genehmigungsbehörden, Investoren, Energieversorger und viele andere mehr.

Mit Modellstudien wie diesen gilt es, Chancen und Herausforderungen der Geothermie aufzuzeigen und bewusst zu machen. Mit der Modellstudie Rülzheim ist dies gelungen. Hierfür bedanke ich mich beim Bürgermeister der Verbandsgemeinde Rülz-

heim, Herrn Karl Schwindhammer und seinen Mitarbeitern für die Unterstützung der Studie, bei Herrn Dipl. Ing. Christian Pohl und Frau Dipl. Ing. Kerstin Kriebs von der Transferstelle Bingen für deren fachkompetente Durchführung.

Die Studie soll nicht nur Motivation sein, die derzeitige Wärmeversorgung von Rülzheim im Hinblick auf ein künftiges Geowärmenetz zu entwickeln. Vielmehr zeigt sie den anderen Kommunen der Geothermieregion, interessierten Investoren und Energieversorgern auf, welche Chancen eine künftige Geothermienutzung bietet und welche Herausforderungen damit verbunden sind.

Spätestens der Gasstreit zwischen Russland und der Ukraine hat gezeigt, dass die Energieversorgung zu einer nationalen Sicherheitsfrage geworden ist. Auf Grund der Konzentrierung der Weltöl- und Welterdgasvorkommen auf wenige Länder sind politisch hochsensible Abhängigkeiten entstanden, denen man nur durch massiven und zügigen Ausbau der Energieeffizienz und heimischer vor allem erneuerbarer Energieträger begegnen kann.

Für Rheinland-Pfalz ist die Entwicklung der Nutzung der Erdwärme hierbei ein zentraler Baustein.



Margit Conrad

Ministerin für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz

Inhalt

Einleitung.....	7
1 Abwärme von Geothermieanlagen.....	8
2 Erschließung von Wärmesenken.....	14
2.1 Nutzung der Restwärme nach der Stromerzeugung.....	14
2.1.1 Fernwärmenetze zur Bereitstellung von Raumwärme-, Warmwasserbereitungs- und Prozesswärmebedarf im Niedertemperaturbereich.....	14
2.1.2 Wärmenutzung in Gewerbe und Industrie.....	19
2.2 Nutzung der Rückkühlwärme.....	21
2.2.1 Landwirtschaft und Gartenbau.....	21
2.2.2 Wärmenutzung in Aquakulturen.....	22
2.2.3 Straßen und Brücken eisfrei halten.....	23
2.2.4 Dezentrale Wärmepumpe und „kalte Fernwärme“.....	23
3 Ortsgemeinde Rülzheim - Ist-Analyse.....	25
3.1 Strom- und Wärmeverbrauch in Rülzheim.....	26
3.1.1 Wärmeverbrauch zum Heizen und zur Warmwasserbereitung.....	27
3.1.2 Warmwasseranschluss von Haushaltsgeräten als zusätzlicher Wärmeverbrauch.....	29
3.2 Beheizungsstruktur der Einzelheizungen anhand der Schornsteinfegerdaten.....	31
3.3 Zentrale Wärmeenergieerzeugung der bestehenden Fernwärmeversorgung.....	32
3.4 CO ₂ -Emissionen durch den Wärme- und Stromverbrauch.....	34
3.4 Brennstoffverbrauch durch den Wärme- und Stromverbrauch.....	35
3.5 Brennstoffkosten in Rülzheim.....	36
4 Mögliche Wärme- und Strombedarfsdeckung mit einem geothermischen Kraftwerk in Rülzheim.....	37
5 Fernwärmeausbaupotential.....	41
5.1 Bestehendes Fernwärmenetz.....	44
5.2 Anbindung weiterer Gebäude an bestehendes Fernwärmenetz.....	48
5.3 Fernwärmeversorgung der noch nicht erschlossenen Bereiche.....	51
5.4 Vollständige Fernwärmeversorgung.....	52
6 Wirtschaftlichkeit der Fernwärmeversorgung.....	53
6.1 Wirtschaftlichkeit der Anbindung weiterer Gebäude an das bestehendes Fernwärmenetz.....	55

6.1.1	Technische Umsetzung des Anschlusses der noch nicht an das vorhandene erdgasbasierte Fernwärmenetz angeschlossenen 284 Gebäude	56
6.1.2	Energiebilanz.....	57
6.1.3	Wirtschaftlicher Vergleich für unterschiedliche Verbraucher	59
7	Anlegbarer Wärmepreis für die Fernwärmeversorgung mit Geowärme.....	65
7.1	Anlegbarer Geowärmepreis für die bestehende Fernwärmeversorgung	67
7.2	Anlegbarer Geowärmepreis für Anbindung weiterer Gebäude an das bestehendes Fernwärmenetz	68
7.3	Anlegbarer Geowärmepreis der Fernwärmeversorgung der noch nicht erschlossenen Bereiche	70
7.4	Anlegbarer Geowärmepreis der vollständige Fernwärmeversorgung	72
8	Geowärmenutzung und Reduzierung des Wärmebedarfs	41
	Zusammenfassung	73
	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	77

Einleitung

Geothermiekraftwerke nutzen die Erdwärme zur Strom- und Wärmeerzeugung. Gegenüber den konventionellen Energieanlagen, die mit fossilen Energieträgern betrieben werden, trägt die Geothermie zum Klimaschutz bei, indem keine umweltschädlichen Stoffe emittiert werden. Die Substitution von konventionellen Energieanlagen durch Geothermieanlagen verringert auch die Feinstaubbelastung und den sauren Regen. Insgesamt trägt die Geothermie zum Ziel der „Nullemission“ bei.

Je nach Anlagengröße liegen sehr große Wärmemengen vor. Dieses Konzept befasst sich aufgrund dessen mit der Untersuchung der Nutzungsmöglichkeiten der anfallenden geothermischen Wärme nach der Stromerzeugung. Rülzheim als potenzieller Standort einer Geothermieanlage bietet in Bezug auf die Wärmenutzung den Vorteil eines bestehenden Wärmenetzes, dessen Ausbau näher beleuchtet wird. Neben der Nutzung im Bereich Raumheizung und Warmwasserbereitung wird auch die Prozesswärmeabdeckung betrachtet.

Neben der Geowärme steht Rückkühlwärme hinter der Turbine in großen Mengen zur Verfügung. Für diese niedertemperierte Wärme werden Nutzungsmöglichkeiten aufgezeigt, um den Kühlwasserbedarf reduzieren zu können.

Mithilfe von Mustervergleichsrechnungen zu den verschiedenen Anwendungsfällen (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus und Gewerbebetrieb) wird die Fernwärmeversorgung auf Basis von Geowärme mit der Sanierung einer Erdgasheizung technisch und wirtschaftlich verglichen.

Mit der Gemeinde Rülzheim wird für eine typische Ortssituation ein modellhaftes Konzept für die Wärmeerzeugung mit einer Geothermieanlage erarbeitet. Damit wird die Studie als Orientierung für die Situation in anderen Gemeinden im Bereich der Vorder- und Südpfalz dienen können.

Die Ergebnisse des Konzepts werden in der Zusammenfassung dargestellt und sollen als Entscheidungshilfe für die Entwicklung der Referenzregion Geothermie Rheinland-Pfalz dienen.

1 Abwärme von Geothermianlagen

Die Erschließung von Wärmesenken hängt hauptsächlich von dem Temperaturniveau der bereitgestellten Wärme aus der Geothermie-Anlage ab.

Für die Umsetzung eines Geothermiekraftwerks sind die Thermalwassertemperatur mit mindestens 100 °C und der geförderte Volumenstrom des Heißwassers mit mindestens 50 m³/h entscheidend, was von der örtlichen Hydrogeologie abhängt.

Im Oberrheingraben liegen die Temperaturen am Top des Muschelkalks als mögliche Aquifere teilweise über 100 °C bis 140 °C. Für das kristalline Gestein, das tiefer als die Sedimentgesteine liegt, wird für die Kristallinoberfläche ab 3.000 m Teufe eine Temperatur von 160 °C bis 180 °C (geothermische Anomalie / Hot Spot) angesetzt.¹

Zunächst wird untersucht, ob die verschiedenen Anlagentechniken zur Nutzung der Erdwärme zu Unterschieden im Temperaturniveau bei der Förderung und der Reinjektion führen. Dazu wird zwischen den im Oberrheingraben anwendbaren Techniken unterschieden.

Da hier keine hydrothermalen Heiß- oder Trockendampfvorkommen vorliegen sondern nur Heißwasser vorkommt, können keine Anlagen zur direkten Dampfnutzung eingesetzt werden. Deswegen werden Anlagen eingesetzt, die mithilfe eines geeigneten Arbeitsmediums das vorhandene Temperaturniveau nutzen können.

Während in einem Kalina-Prozess in der Regel ein Wasser-Ammoniak-Gemisch als Arbeitsmedium eingesetzt wird, sind im ORC-Prozess verschiedene Arbeitsmedien einsetzbar. Dadurch können sich für dieselbe Thermalwasservorlaufemperatur z. T. stark differierende Rücklaufemperaturen für die unterschiedlichen Arbeitsmedien im ORC-Prozess ergeben.

¹ Paschen, Oertel, Grünwald: Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland, TAB Arbeitsbericht 84, Februar 2003

Zur Veranschaulichung des ORC-Prozesses und des Kalina-Prozesses sind unten zwei Schemazeichnungen mit beispielhaften Temperaturen abgebildet.

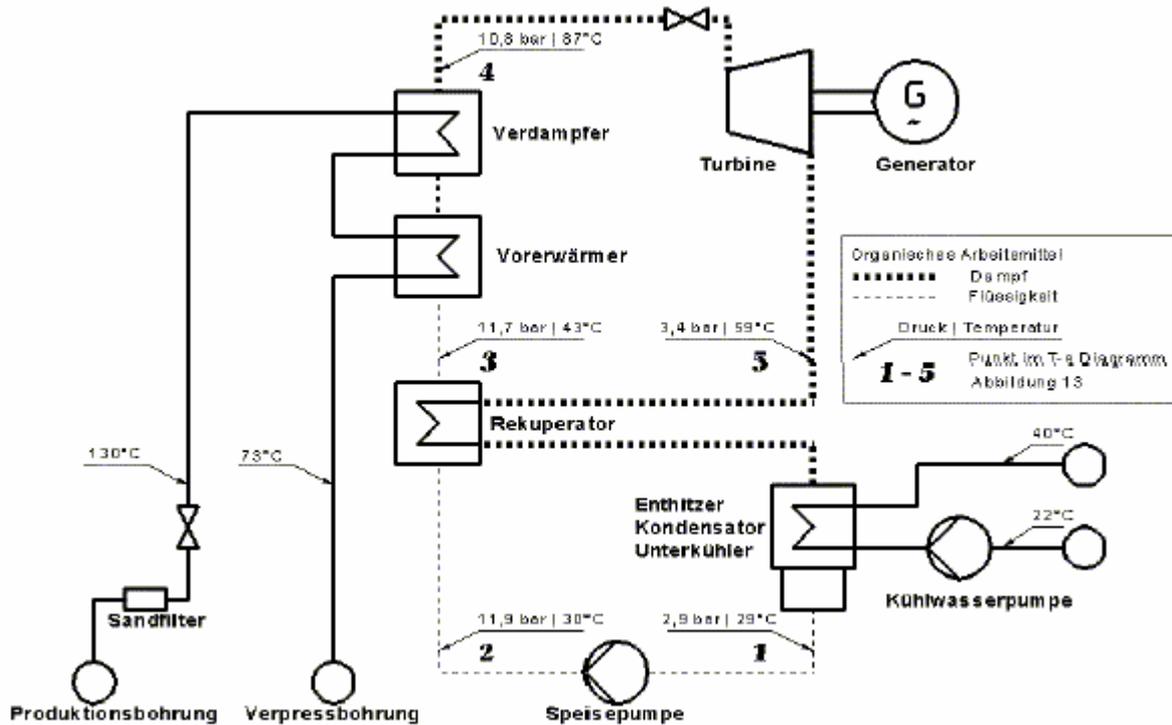


Abbildung 1-1 Geothermie-Anlage mit ORC-Prozess (Quelle: GeoForschungsZentrum Potsdam)

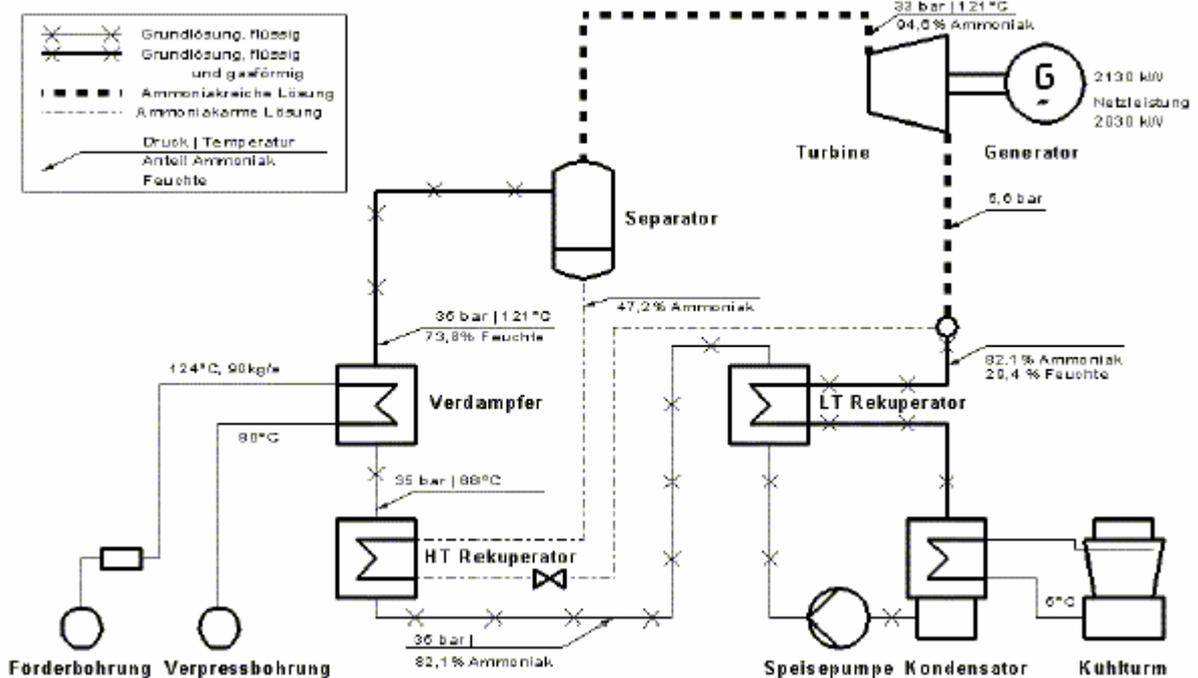


Abbildung 1-2 Geothermie-Anlage mit Kalina-Prozess (Quelle: GeoForschungsZentrum Potsdam)

Die beiden folgenden Diagramme¹ zeigen abhängig von der Thermalwasservorlauf-temperatur die Kraftwerksnettleistung und die Thermalwasserrücklauf-temperatur für verschiedene Arbeitsmedien im ORC-Prozess.

In der Kraftwerksnettleistung sind schon die Pumpenleistung der ORC-Anlage und eine durchschnittliche Tauchpumpenleistung abgezogen.

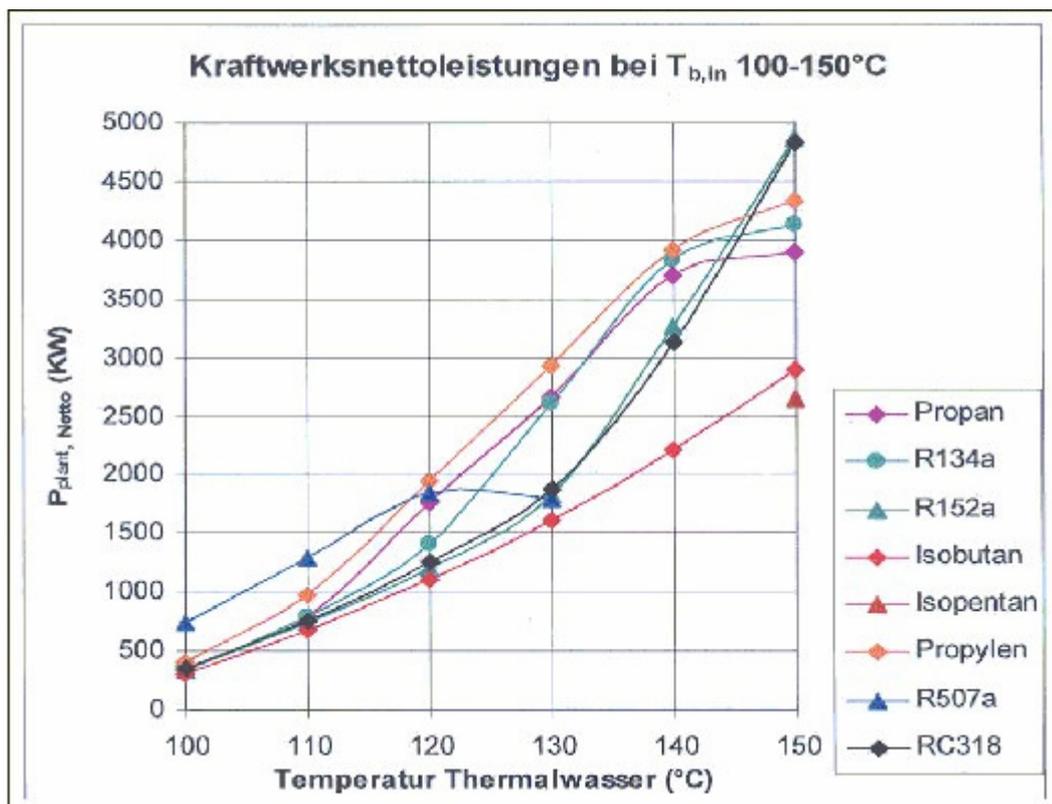


Abbildung 1-3 Kraftwerksnettleistung für Thermalwassertemperaturen von 100°C bis 150°C
(Quelle: FH München)

¹ A. Seitz: Aspekte der Hybridisierung geothermischer Energie zur Stromproduktion - Berechnung eines Geohybrid-Kraftwerks mit ORC-Technik für ausgewählte Arbeitsmedien, Anwendungsmöglichkeiten und Ausblicke, FH München; 2004

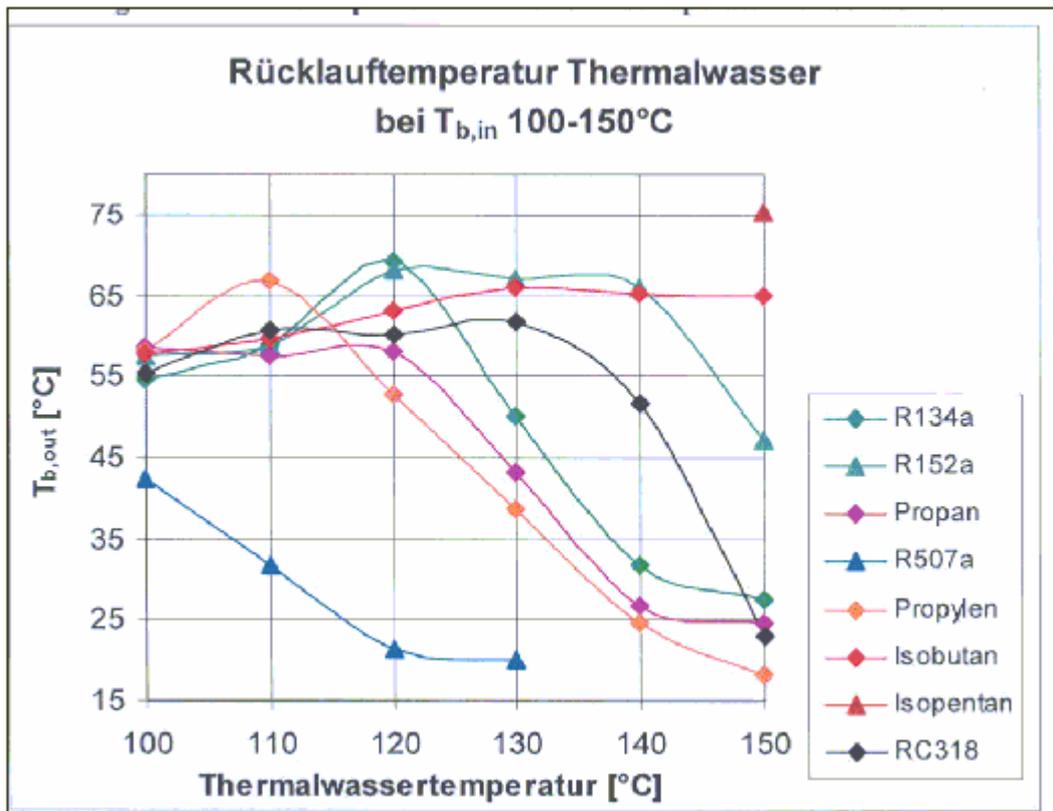


Abbildung 1-4 Rücklauftemperaturen für Thermalwasservorlauftemperaturen von 100°C bis 150°C
(Quelle: FH München)

Das Diagramm zeigt deutlich die Unterschiede zwischen den Arbeitsmedien im Hinblick auf die Reinjektionstemperatur des Thermalwassers.

Die verschiedenen Arbeitsmedien führen im ORC-Prozess abhängig von der Thermalwasservorlauf-temperatur zu unterschiedlichen Rücklauftemperaturen. Wenn gleichzeitig Strom und Wärme mit einem Geothermiekraftwerk erzeugt werden soll, ist das Arbeitsmedium so auszuwählen, dass hohe Leistungswerte (siehe erstes Diagramm) bei einer gleichzeitig möglichst hohen Rücklauftemperatur (siehe zweites Diagramm) nach dem ORC-Prozess erreicht werden. Damit kann dann Wärme zu Heizzwecken nach dem ORC-Prozess aus dem Thermalwasser ausgekoppelt werden.

Zur Versorgung eines Heißwassernetzes ist eine Vorlauf-temperatur von mindestens 70°C zur Fern- und Prozesswärmebereitstellung notwendig. Falls das Rücklauftemperatur-niveau des Thermalwassers nach dem ORC-Prozess nicht ausreicht, kann aus dem Thermalwasservorlauf zum ORC-Prozess Wärme ausgekoppelt werden. Allerdings steht dann weniger Wärme für den ORC-Prozess zur Verfügung, wodurch sich die Stromerzeugung verringert. Um dies zu vermeiden, können bei einem niedrigeren Temperaturniveau des Thermalwasserrücklaufs nur Niedertemperaturheizsysteme an die Fernwärmeversorgung angeschlossen werden. Im Zuge dessen empfehlen sich

großflächige Heizsysteme wie vor allem Fußboden-, Wand- und Deckenheizungen und aus hygienischen Gründen die Warmwasserbereitung im Durchlaufprinzip.

Im Kalina-Prozess besteht das Arbeitsmedium aus einem Zweistoffgemisch. Vorteil des Zweistoffgemischs Wasser-Ammoniak ist, dass sich der Temperaturverlauf im Wärmetauscher dem Temperaturverlauf der Wärmequelle nähert, während bei reinen Medien, wie sie im ORC-Prozess eingesetzt werden, der Abstand größer ist und somit höhere Übertragungsverluste vorliegen. Aufgrund dessen wird bei einem Kalina-Kondensationskraftwerk das Thermalwasser mit einer höheren Rücklauftemperatur in den Untergrund reinjiziert.

Auf Grund der höheren Rücklauftemperatur des Kalinaprozesses bei vergleichbarem elektrischem Wirkungsgrad ist dies derzeit das für den Betrieb eines Fernwärmenetzes optimalere System.

Beide Techniken, ORC und Kalina, haben derzeit mit 10-15% sehr niedrige elektrische Wirkungsgrade. Hier gibt es noch große Optimierungspotentiale, die technologisch erschlossen werden müssen.

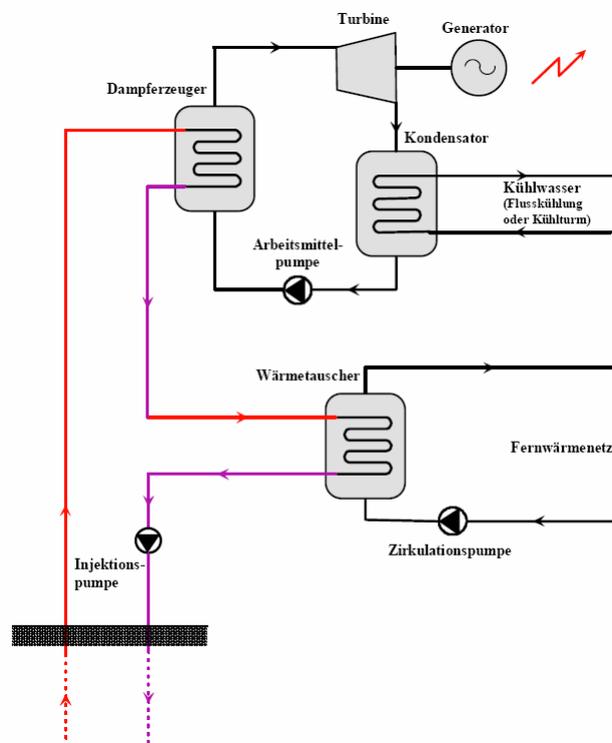


Abbildung 1-5 Schema zu ORC-Anlage zur Strom- und Wärmeerzeugung (Quelle: Energie Schweiz)

Die zu erwartenden Strom- und Wärmemengen typischer Größenordnungen hydrothermaler Geothermiekraftwerke im Oberrheingraben zeigt folgende Tabelle:

		Geothermiekraftwerk 5 MW _{el}	Geothermiekraftwerk 2,5 MW _{el}
Elektrische Leistung	MW _{el}	5	2,5
Elektrische Arbeit	MWh _{el} /a	35.000	17.500
Thermische Leistung	MW _{th}	40	20
Thermische Arbeit	MWh _{th} /a	280.000	140.000

Tabelle 1-1 Typische Kenndaten von hydrothermalen Geothermiekraftwerken im Oberrheingraben

Es wird deutlich: Der elektrische Nettowirkungsgrad hydrothermaler Geothermiekraftwerke liegt derzeit bei nur 11 %. Fast 90 % der Energie liegen als Wärme vor. Das heißt, dass unabhängig davon, dass sich im konkreten Fall Geothermiekraftwerke auf der Grundlage der Einspeisevergütung des Erneuerbare Energien Gesetzes als reine Stromerzeuger, d.h. als reine Kondensationskraftwerke auch ohne Wärmenutzung rechnen können, es klima-, umwelt- und volkswirtschaftlich hochgradig attraktiv ist, den hohen Wärmeanfall sinnvoll zu nutzen.

Gerade die Wärmenutzung bietet das Potential, in hohem Umfang fossile Energieträger vor allem im Bereich der Heizwärme einzusparen und so zu einer örtlich 100 % emissionsfreien Wärme- und Stromerzeugung zu kommen.

2 Erschließung von Wärmesenken

Wie im vorangegangenen Kapitel dargestellt, haben Geothermiekraftwerke große Abwärmemengen, die es durch die entsprechende Standortwahl und die systematische Erschließung von Wärmesenken wertschöpfend zu nutzen gilt.

Die Nutzung von Wärme aus einer Geothermieanlage ist auf zwei verschiedenen Temperaturniveaus möglich.

- Nutzung der Restwärme nach der Stromerzeugung ($T = 75\text{ °C}$)
- Nutzung der Rückkühlwärme ($T_{\text{max}} = 35\text{ °C}$)

2.1 Nutzung der Restwärme nach der Stromerzeugung

Hierbei wird das Thermalwasser nach der Wärmenutzung zur Stromerzeugung und vor der Reinjektion weiter genutzt. Eine Wärmetauscheranlage, die sekundärseitig ein Fernwärmenetz speisen soll, wird mit Thermalwasser bei Temperaturen um 75 °C (abhängig vom Stromerzeugungsprozess) gespeist. Mit Wärme auf diesem Temperaturniveau kann Raumwärme-, Warmwasserbereitungs- und Prozesswärmebedarf im Niedertemperaturbereich gedeckt werden.

2.1.1 Fernwärmenetze zur Bereitstellung von Raumwärme-, Warmwasserbereitungs- und Prozesswärmebedarf im Niedertemperaturbereich

Verlegearten von Fernwärmeleitungen

Üblicherweise werden **Maschennetze** gebaut. Der Vorteil liegt darin, dass eine höhere Versorgungssicherheit erreicht wird. Allerdings ergeben sich längere Trassen und größere Durchmesser, sodass höhere Investitionskosten und höhere Verluste vorliegen.

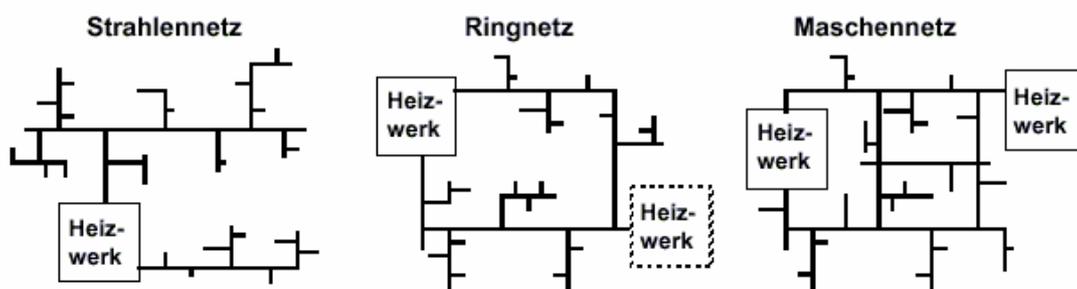


Abbildung 2-1 Schematische Darstellung Nahwärmenetze
(Quelle: Fraunhofer UMSICHT: Leitfaden Nahwärme)

Der Trassenverlauf beim Maschennetz orientiert sich nach der Straßenführung und den örtlichen Gegebenheiten. Dadurch wird die größte Flexibilität für die Anbindung weiterer Wärmeabnehmer erreicht, denn jeder Kunde kann einzeln an die Verteilleitung angeschlossen werden. Für eine dichte Bebauung ergeben sich hohe Investitionskosten durch die große Anzahl an Abzweigen und Formstücken sowie langen Hausanschlussleitungen.

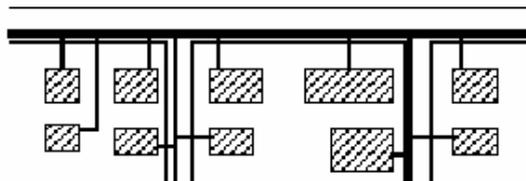


Abbildung 2-2 Schematische Darstellung Standard-Trassenführung
(Quelle: Fraunhofer UMSICHT: Leitfaden Nahwärme)

Eine kostengünstigere Anbindung stellt die **Haus-zu-Haus-Trassenführung** dar. Dazu werden benachbarte Gebäude zu Gruppen zusammengefasst, sodass nur ein Haus an die Verteilleitung angeschlossen wird und die übrigen Gebäude an dieses Haus angeschlossen werden. Dadurch sind weniger Abzweige und kürzere Leitungslängen erforderlich, was sich auf die Investitionskosten auswirkt. Bei der Rohrleitungsverlegung auf Privatgrundstücke sind von den Eigentümern Genehmigungen bzw. „Wegerechte“ einzuholen. Nachträgliche Erweiterungen sind nur bedingt möglich, deswegen sollten schon in der Planung mögliche Erweiterungen berücksichtigt werden.

Ein **Sonderfall der Haus-zu-Haus-Trassenführung** ist die **Kellerverlegung**. Voraussetzung ist, dass die Häuser (Reihenhäuser) oder Tiefgaragen aneinander grenzen und so eine einfache, möglichst kurze Leitungsverbindung zwischen den einzelnen Hausstationen möglich ist. Dies ist die preiswerteste Variante. Außerdem können Leckagen schnell lokalisiert und ohne Tiefbauarbeiten behoben werden. Die Durchleitungsrechte sind für die Kellerverlegung zu klären.

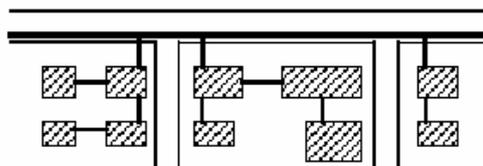


Abbildung 2-3 Schematische Darstellung Haus-zu-Haus-Trassenführung
(Quelle: Fraunhofer UMSICHT: Leitfaden Nahwärme)

Eine weitere Variante stellt die **Einschleif-Trassenführung** dar. Ausgehend von der Heizzentrale wird das nächste Gebäude angeschlossen und von dort erfolgt die Anbindung der weiteren Gebäude wie in der Haus-zu-Haus-Trassenführung. Mit diesem System entfällt die im Straßenbereich liegende Verteilleitung mit Abzweigen, sodass erdverlegte Verbindungen und die Montage im Graben entfallen. Bei Neubauten kann im Zuge der Ausschachtung die Leitungsverlegung ohne zusätzliche Tiefbauarbeiten erfolgen. Nachteile sind, dass Genehmigungen zur Nutzung privater Grundstücke benötigt werden und dass eine nachträgliche Erweiterung fast nicht möglich ist. Einerseits sind nicht so große Leitungslängen und Abzweige erforderlich andererseits sind doppelt so viele bzw. doppelt so große Mauerdurchbrüche im Vergleich zur Standard-Trassenführung in der Straße notwendig. Aufgrund dessen wird die Einschleif-Trassenführung nur bei kleinen, geschlossenen Netzen mit flexiblen Rohrsystemen eventuell mit der Kellerverlegung kombiniert eingesetzt.

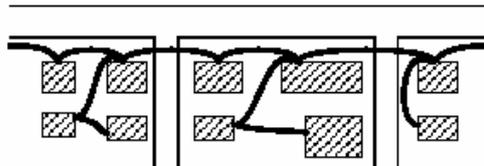


Abbildung 2-4 Schematische Darstellung Einschleif-Trassenführung
(Quelle: Fraunhofer UMSICHT: Leitfaden Nahwärme)

Fernwärmeerschließung einzelner Siedlungstypen

Beispielhaft wird für zwei verschiedene in der Geothermieregion typische Siedlungstypen die vorherige Betrachtung durchgeführt. Dazu wird zwischen der Bebauung im Dorfkern und einem Neubaugebiet unterschieden.



Abbildung 2-5 Siedlungstyp mit einzelstehenden Ein- und Zweifamilienhäusern („Neubaugebiet“)



Abbildung 2-6 Siedlungstyp dörfliche Bebauung (Ortskern)

Siedlungstyp		Einzelstehende Ein- und Zwei- familienhäuser	Dörfliche Bebauung
Bruttobaufläche (BBF)	ha	48	63
mittlere Geschosszahl		1,8	1,8
spezifischer Heizleistungsbedarf pro Geschossfläche	$W_{th}/(m^2 \cdot a)$	71	109
Grundflächenzahl		0,1	0,2
Geschossflächenzahl		0,18	0,36
spezifischer Heizleistungsbedarf pro ha BBF	kW_{th}/ha BBF	127,8	392,4
Heizleistungsbedarf	MW_{th}	6	25
Vollbenutzungsstunden	h/a	1.650	1.650
Jahresnutzungsgrad	%	75	75
Jahreswärmebedarf	MWh_{th}/a	7.500	30.500
spez. Heizleistungsbedarf pro ha BBF	kW_{th}/ha	128	392
spez. Jahreswärmebedarf pro BBF	$MWh_{th}/(ha$ a)	158	486
spez. Trassenlänge Haupttrasse + Hausanschlussleitungen	m/ha	31	24

Tabelle 2-1 Abschätzung Jahreswärmebedarf der beiden Siedlungstypen

Bei diesem Vergleich wird deutlich, dass im Vergleich zur dörflichen Bebauung der spezifische Heizleistungs- als auch der spezifische Jahreswärmebedarf pro ha Bruttobaufläche (BBF) in Baugebieten mit einzeln stehenden Ein- und Zweifamilienhäusern nur bei etwa einem Drittel dessen liegt, was in einer typisch dörflichen Bebauung an Wärme verbraucht wird.

In einer Geothermieregion ist daher unter Wirtschaftlichkeitsaspekten im Hinblick auf die Kosten der Fernwärme sowohl bei der Raumordnung als auch bei den Bebauungsplänen eine möglichst verdichtete Bebauung mit dem Schwerpunkt Innerortentwicklung vorzugeben. Im Übrigen wirkt dies auch der Zersiedlung der Landschaft und im Hinblick auf die zu erwartende demographische Entwicklung dem Ausbluten der Ortskerne entgegen.

2.1.2 Wärmenutzung in Gewerbe und Industrie

Im Gegensatz zum Heizwärme- und Warmwasserbereitungsbedarf in den Haushalten erfordern Industriebetriebe zusätzlich zur Wärme zur Raumheizung und Warmwasserbereitung in der Regel Prozesswärme, das ist in der Regel Wärme auf einem höheren Temperaturniveau. Im Gewerbegebiet Nord können noch Branchen angesiedelt werden, die Abwärme von einem Geothermiekraftwerk nutzen könnten.

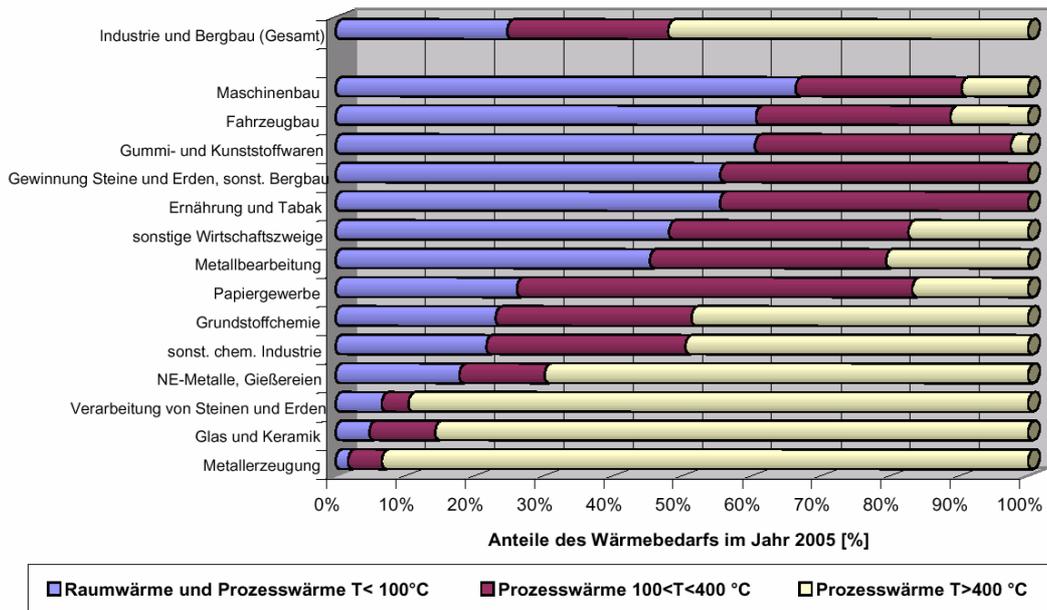


Abbildung 2-7 Aufteilung der Wärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus in verschiedenen Industriezweigen

Der Anteil der Wärmemenge unter 100 °C ist für verschiedene Industriesektoren in der Tabelle aufgeführt.

Industriesektor	Anteil Wärmemengen unter 100 °C in %
Nahrungs- und Genussmittelgewerbe	45
Investitionsgüter produzierendes Gewerbe	40
Textilgewerbe	100
Zellstoff-, Papier- und Pappeherstellung	20
Chemische Industrie	13
Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden	40
Mineralölverarbeitende Industrie	10

Tabelle 2-2 Anteil der Wärme unter 100 °C in verschiedenen Industriesektoren
(Quelle: R. Hofer: Technologiegestützte Analyse der Potentiale industrieller Kraft Wärme Kopplung, TU München, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik, 1994)

Abhängig vom Prozess werden verschiedene Temperaturniveaus in Industrie und Gewerbe benötigt. Die Tabelle listet die Prozesse auf, die Niedertemperaturwärme erfordern.

Industriesektor	Prozess	Temperaturniveau
Lebensmittel und Getränke	Trocknen	30 - 90
	Waschen	40 - 80
	Wärmebehandlung	40 - 60
Textilindustrie	Waschen	40 - 80
	Bleichen	60 - 100
Alle Sektoren	Vorwärmung von Kesselwasser	30 - 100
	Beheizung von Industriehallen	30 - 80

Tabelle 2-3 Branchen und Prozesse mit dem größten Potential für Niedertemperaturwärme
(Quelle: Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie AEE INTEC Institut für Nachhaltige Technologien,
Österreich)

Um Abwärme von Geothermiekraftwerken wertschöpfend zu nutzen, gilt es zusätzlich zur Erschließung des häuslichen Wärmemarktes durch Wärmenetze Gewerbe anzusiedeln, das Niedertemperaturwärme benötigt. Ziel muss es sein, die Abwärme eines Geothermiekraftwerkes möglichst umfassend zu nutzen.

2.2 Nutzung der Rückkühlwärme

Bei der Stromerzeugung muss das Treibmittel nach Verlassen der Turbine wieder verflüssigt werden. Dazu muss die Wärme auf einem niedrigen Temperaturniveau abgeführt werden. Technisch ist dies am einfachsten in Kühltürmen möglich. Diese verbrauchen jedoch beachtliche Wassermengen zur Kühlung. Auf Grund vielfach fehlender bzw. zu geringer Wasserführung der Vorfluter ist eine Nutzung dieser Rückkühlwärme anzustreben.

Eine Möglichkeit der Nutzung der Rückkühlwärme bieten u. a. Landwirtschaft und Gartenbau, Aquakulturen (z.B. Fischzucht) und das Eis-frei-Halten von Straßen und Brücken etc.

2.2.1 Landwirtschaft und Gartenbau

Zur Nutzung von Niedertemperaturwärme mit einem Temperaturniveau von ca. 30°C wäre der Unter-Folien-Anbau zur Beheizung von z. B. Gemüsefeldern denkbar. Zwar würde die Geowärme im Gemüsebau keine konventionell erzeugte Wärme verdrängen, aber einen wirtschaftlichen Vorteil durch die verbesserte Konkurrenzfähigkeit in der Vorsaison bieten. Dazu ist die Kondensationswärme nicht über einen Kühlturm abzuführen sondern über ein Rohrleitungssystem, das als Wärmetauscher zur Wärmeabfuhr auf niedrigstem Temperaturniveau in Gemüsefeldern verlegt werden kann. Damit könnte der Wasserverbrauch der Rückkühlung reduziert werden.

Sehr attraktiv für Geowärme ist die Beheizung von Gewächshäusern. Mit einem spezifischen Nutzwärmebedarf von ca. 500 bis 700 kWh_{th}/(m²a) bezogen auf die Nutzfläche je nach Gewächshaustemperatur von 15 bis 20°C sind Gewächshäuser energieintensiv. Es ist eine spezifische Heizleistung von etwa 200 W_{th}/m² für eine 5.000 m² große Nutzfläche erforderlich.

Die Heizungstechnik der Gewächshäuser muss auf die Abwärmtemperatur angepasst werden.



Abbildung 2-8 Bodenheizung und Vegetationsheizung (Quelle: Klaus Kuba GmbH)



Abbildung 2-9 Hebe-Senk-Heizung (Quelle: Landesinitiative Zukunftsenegie NRW)

2.2.2 Wärmnutzung in Aquakulturen

Eine andere Möglichkeit zur Nutzung von Niedertemperaturwärme im Agrarbereich ist die Beheizung von Fisch- und Krestierzuchten.



Abbildung 2-10 Foto einer Fischzucht (Quelle: Albe Fischfarm)

2.2.3 Straßen und Brücken eisfrei halten

Eine weitere Möglichkeit ist, Straßen, Bahnsteige und insbesondere Brücken im Winter mit Geothermie zu heizen. Da Rückkühlwärme bei Geothermieanlagen bisher kaum genutzt wird, bietet sich eine Straßenheizung als Wärmesenke in einer sinnvollen Größenordnung an. So könnten Straßenabschnitte und Brücken mit einer hohen Unfallrate beheizt werden. Damit werden dort Kosten für den Winterräumdienst eingespart. Außerdem führt eine verringerte Salzstreuung zu einer geringeren Umweltbelastung.

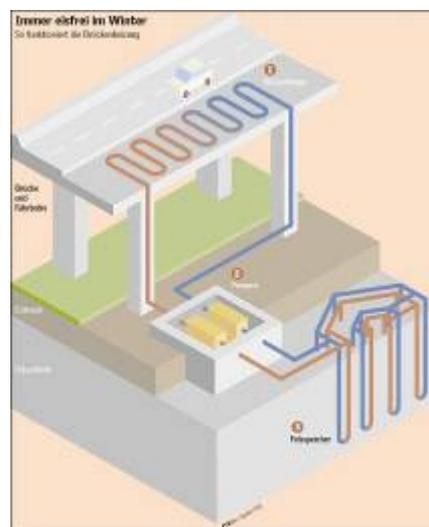


Abbildung 2-11 Skizze einer Brückenheizung mit Wärmepumpe (Quelle: Financial Times Deutschland)

2.2.4 Dezentrale Wärmepumpe und „kalte Fernwärme“

Eine weitere mögliche Variante der Nutzung von Rückkühlwärme – in diesem Fall unter Einsatz von Wärmepumpen - stellt die Kalte Nahwärme dar. Bei diesem System wird Heizwasser auf einem niedrigen Temperaturniveau von ca. 10 °C bzw. bei Geothermieanlagen von etwa 15 - 30 °C im Nahwärmenetz geführt. Mit Wärmepumpen in den einzelnen Gebäuden erfolgt die Wärmeversorgung. Das kalte Nahwärmenetz kann entweder als offener oder geschlossener Kreislauf ausgeführt werden. Die Leitungen können auch ungedämmt sein, sodass sich dadurch etwas geringere Investitionskosten für das Netz ergeben. Im offenen Kreislauf wird das abgekühlte Wasser in ein Gewässer eingeleitet. Im Gegensatz dazu wird bei einer die Rückkühlwärme eines Geothermiekraftwerks nutzenden „Kalten Nahwärme“ die Wärme im geschlossenen Kreislauf über einen Wärmetauscher an das Nahwärmenetz übertragen.

Vorteil eines kalten Nahwärmenetzes ist, dass die Wärmeverluste in den Nahwärmeleitungen in ihrer Größenordnung unbedeutend sind.

Mit Kalter Nahwärme wird z. B. das Neubaugebiet „Stiegelpotte“ in Spenge (NRW). Als Wärmequelle dient dort die Abwärme aus dem Industriegebiet mit einer Temperatur von ca. 20 °C. Dezentrale Wärmepumpen in den Wohnhäusern versorgen dann die Heizsysteme auf einem Temperaturniveau von 30 bis 55 °C mit Wärme.

Für Geothermiekraftwerke, bei denen Kühlwasser knapp ist, ergäbe sich der Vorteil, dass der Verbrauch an Kühlwasser gesenkt werden kann. Bei Kraftwerken, die wegen fehlendem Kühlwasser auf Trockenkühlung angewiesen sind, könnte der Energieverbrauch für die Trockenkühler reduziert werden.

Eine „kalte Nahwärme“ in Verbindung mit einem Geothermiekraftwerk unter Nutzung der Rückkühlwärme ist jedoch nur als Ergänzung und nur dann sinnvoll, wenn die Restwärme nach der Stromerzeugung zur Abdeckung des örtlichen Gesamtwärmebedarfs nicht ausreicht.

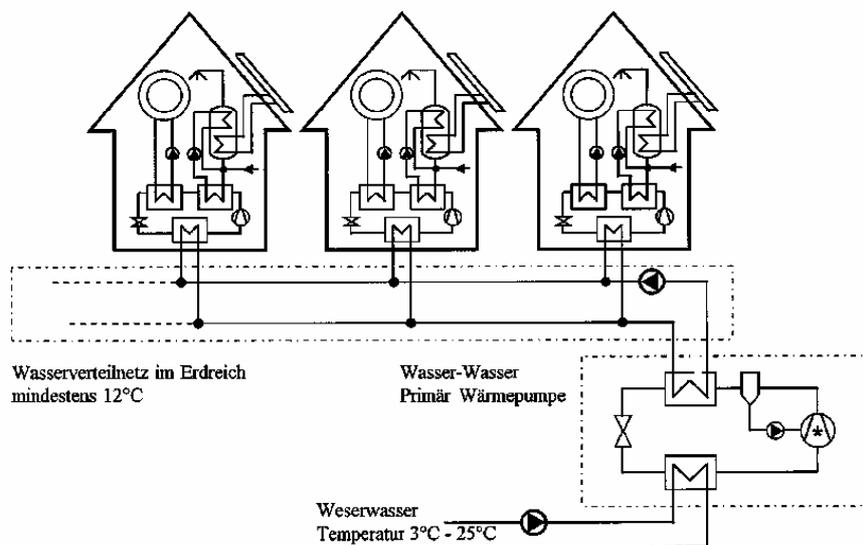


Abbildung 2-12 Systemskizze der „Kalten Nahwärme“ in Ohrberg

3 Ortsgemeinde Rülzheim - Ist-Analyse

In der Ist-Analyse wird der derzeitige Energieverbrauch in der Gemeinde Rülzheim untersucht. Sowohl der Endenergieverbrauch als auch der Stromverbrauch für die Wärme- und Stromversorgung werden dargestellt.

Einwohner:	8.005 ¹
Anzahl Wohngebäude:	2.184 ² (Wohngebäude mit mindestens einer Wohnung)
Anzahl Wohnungen:	2.956 ²
Anzahl Gebäude: ca.	2.400
Gemarkungsfläche:	
Gesamt:	1.661 ha
Bebaut:	105 ha
Felder:	1.013 ha
Wald:	504 ha



Abbildung 3-1 Luftbild von Rülzheim (Quelle: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation)

¹ Verbandsgemeinde Rülzheim: Einwohnerzahl nach Hauptwohnsitz zum 31.12.2002

² Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz: Gebäude- und Wohnungsbestand zum 31.12.2003

3.1 Strom- und Wärmeverbrauch in Rülzheim

Der Strom- und Wärmeverbrauch in Rülzheim werden aus Verbrauchsdaten und statistischen Daten ermittelt.

3.1.1 Stromverbrauch in Rülzheim

Es wird angenommen, dass der von den Verbands- und Gemeindewerken Rülzheim bereitgestellte Strom im Wesentlichen dem gesamten Stromverbrauch in Rülzheim entspricht.

Eigenstromerzeugung Verbands- und Gemeindewerke	9.500 MWh _{el} /a
Stromzukauf von Pfalzwerken	14.000 MWh _{el} /a
Strombereitstellung Verbands- und Gemeindewerke	23.500 MWh_{el}/a

Tabelle 3-1 Stromverbrauch Rülzheim

Abschätzung anhand von Durchschnittswerten:

Eine Abschätzung des Energieverbrauchs in Rülzheim kann anhand von Durchschnittswerten, die aus dem Energiebericht¹ für Rheinland-Pfalz von 2000 ermittelt werden können, vorgenommen werden.

Einwohner	ca. 8.000 EW
Stromverbrauch Haushalte + Kleinverbraucher pro Einwohner (RLP)	3.400 kWh _{el} /(EWa)
Stromverbrauch Haushalte + Kleinverbraucher	27.200 MWh _{el} /a
Stromverbrauch Haushalte pro Einwohner (RLP)	1.800 kWh _{el} /(EWa)
Stromverbrauch Haushalte	14.400 MWh _{el} /a
Stromverbrauch Kleinverbraucher pro Einwohner (RLP)	1.600 kWh _{el} /(EWa)
Stromverbrauch Kleinverbraucher	12.800 MWh _{el} /a

Tabelle 3-2 Energiekenndaten Rülzheim

Der Vergleich des tatsächlichen Stromverbrauchs mit den Durchschnittswerten von Rheinland-Pfalz zeigt einen einwohnerbezogen leicht unterdurchschnittlichen Stromverbrauch in Rülzheim.

Strombereitstellung Verbands- und Gemeindewerke	23.500 MWh_{el}/a
Stromverbrauch nach Durchschnittswerten (Energiebericht RLP 2000)	27.200 MWh_{el}/a

¹ Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft, Weinbau: Energiebericht Rheinland-Pfalz, 2000

3.1.1 Wärmeverbrauch zum Heizen und zur Warmwasserbereitung

Den Wärmebedarf von Rülzheim kann man abschätzen auf Basis der Siedlungszellenmethode, aber auch auf Basis von rheinland-pfälzischen Durchschnittswerten.

Abschätzung des Wärmebedarfs mit der Siedlungszellenmethode¹:

Die Siedlungsmethode ermöglicht die Ermittlung des Wärmebedarfs, in dem das zu betrachtende Gebiet in „Siedlungszellen“ eingeteilt wird. Siedlungszellen sind Gebiete in denen möglichst eine einheitliche Bebauung besteht, wie z.B. freistehende Einfamilienhäuser oder Hochhäuser. Innerhalb einer Siedlungszelle, die durch den vorherrschenden „Siedlungstyp“ beschrieben wird, kann man durchaus einen konstanten Wert des Wärmebedarfs pro Fläche annehmen, der für diese Art der Bebauung typisch ist. Für jede Siedlungszelle sind die Grundstücksflächen und Bebauungsdichten zu bestimmen. Die Kennwerte des Heizleistungsbedarfs pro Geschossfläche für die einzelnen Arten von Bebauung werden aus anderen, speziellen Untersuchungen übernommen. Der Heizleistungsbedarf entspricht dem Anschlusswert für die Heizanlage, aus dem sich unter Berücksichtigung des Nutzungsgrades der Heizwärmebedarf ergibt. Der gesamte Heizleistungsbedarf einer Siedlungszelle ergibt sich, indem der spezifische Heizleistungsbedarf pro Geschossfläche mit der Summe aller Geschossflächen in der Siedlungszelle multipliziert wird.

Für Rülzheim ist die gesamte Bruttobaufläche mit 105 ha. bekannt. Anhand von Luftbildern, Katasterplänen und einer Ortsbesichtigung wird für Rülzheim eine einzige Siedlungszelle generiert und eine durchschnittliche Bebauung festgelegt.

Bruttobaufläche Rülzheim	105 ha
mittlere Geschosshöhe	1,8
spezifischer Heizleistungsbedarf pro Geschossfläche	125 $W_{th}/(m^2 \cdot a)$
Grundflächenzahl	0,2
Geschossflächenzahl	0,36
spezifischer Heizleistungsbedarf pro ha BBF	450 kW_{th}/ha BBF
Heizleistungsbedarf Siedlungszelle Rülzheim	47 MW_{th}
Vollbenutzungsstunden	1.650 h/a
Jahresnutzungsgrad	75 %
Jahreswärmebedarf Siedlungszelle Rülzheim	55.000 MWh_{th}/a

Tabelle 3-3 Abschätzung Jahreswärmebedarf Rülzheim

Danach errechnet sich für Rülzheim ein Heizleistungsbedarf von 47 MW_{th} und ein Jahreswärmebedarf von 55.000 MWh_{th}/a an Endenergie.

¹ Transferstelle Bingen: Modellstudie Energiekonzept, Ministerium für Wirtschaft und Verkehr, 1994

Abschätzung anhand von Durchschnittswerten:

Eine Abschätzung des Energieverbrauchs von Rülzheim ist auch möglich anhand von Durchschnittswerten, die aus dem Energiebericht¹ für Rheinland-Pfalz von 2000 entnommen werden können.

Einwohner	ca. 8.000 EW
Endenergieverbrauch Haushalte + Kleinverbraucher für Wärmeversorgung ohne Heizstrom pro Einwohner (RLP)	9.700 kWh _{EE} /(EWa)
Endenergieverbrauch Haushalte + Kleinverbraucher für Wärmeversorgung ohne Heizstrom	77.600 MWh _{EE} /a
Wärmeverbrauch Haushalte + Kleinverbraucher ohne Heizstrom ($\eta = 0,75$)	58.000 MWh_{th}/a

Der Vergleich der Ergebnisse „Siedlungszelle“ mit 55.000 MWh_{th}/a und „Durchschnittswerte“ nach Energiebericht Rheinland-Pfalz 2000 mit 58.000 MWh_{th}/a zeigt eine gute Übereinstimmung, so dass der ermittelte Wärmeverbrauch in einer realistischen Größenordnung liegt.

Der Erdgasverbrauch in Rülzheim bestätigt die Abschätzung des Wärmebedarfs

Nach der Berechnung der Konzessionsabgabe lag der Verbrauch des leitungsgebundenen Energieträgers Erdgas in 2004 in Rülzheim bei

Erdgasverbrauch: 80.924 MWh_{Ho}/a
bzw. bei
73.567 MWh_{Hu}/a

Bei 75 % Jahresnutzungsgrad der Erdgasheizungen entspricht der Erdgasverbrauch von 73.567 MWh_{Hu}/a einer Nutzwärmeerzeugung von 55.175 MWh_{th}/a.

Unter Berücksichtigung, dass ein Teil des Erdgases zur Stromerzeugung in den Blockheizkraftwerken eingesetzt ist, dafür aber in geringem Umfang noch andere Energieträger wie Öl-, Elektro- und Festbrennstoffheizungen zu berücksichtigen sind, bedeutet dies, dass der nach der Siedlungszellenmethode abgeschätzte Wärmeverbrauch von Rülzheim in Höhe von 55.000 MWh_{th}/a in einer plausiblen Größenordnung liegt und insoweit für die weiteren Berechnungen zugrunde gelegt wird.

¹ Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft, Weinbau: Energiebericht Rheinland-Pfalz, 2000

3.1.2 Warmwasseranschluss von Haushaltsgeräten als zusätzlicher Wärmeverbrauch

Da Geothermiekraftwerke im Regelfall Wärme im Überschuss haben und die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen in hohem Umfang durch die abgenommene Wärmemenge bestimmt wird, gilt es, in den Wohngebäuden zusätzliche Wärmesenken zu erschliessen, indem die Haushaltsgeräte, die das Wasser elektrisch aufheizen, an die Warmwasserleitung angeschlossen werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Spülmaschine und die Waschmaschine nach Herstellerangaben für einen Warmwasseranschluss geeignet sind.

Spülmaschinen ohne Wärmerückgewinnung können an die Warmwasserleitung angeschlossen werden, wenn die Menge an kaltem Vorlaufwasser nicht mehr als 5 Liter beträgt, da sonst die Maschine elektrisch nachheizt. Es kann so eine Stromeinsparung zwischen 30 und 60 % erzielt werden.

Mit durchschnittlichen Werten wird die Energie für das zugeführte Warmwasser ermittelt, die mit Wärme von Geothermieanlagen über das Fernwärmenetz auf Grund der großen Überschusswärmemengen zusätzlich bereitgestellt werden kann.

spez. Strombedarf Spülmaschine pro Haushalt	243 kWh _{el} /a
Stromeinsparung Warmwasseranschluss	45 %
durchschnittliche, jährliche Stromeinsparung pro Haushalt	109 kWh _{el} /a
Wärmebedarf Warmwasserbereitung pro Haushalt	108 kWh _{th} /a
Anzahl Haushalte in Rülzheim (2.956 Wohnungen)	2.956
Wärmesenke Warmwasserbereitung Spülmaschinen Rülzheim	319 MWh _{th} /a

Tabelle 3-4 Wärmesenke Warmwasserbereitung Spülmaschinen pro Haushalt

In der Regel wird in der Spülmaschine 60 °C warmes Wasser benötigt. Zu beachten ist, dass sich das Wasser durch das kalte Geschirr nach etwa zwei Minuten Umwälzung auf etwa 40 °C abkühlt und dann mit der Elektroheizung der Spülmaschine auf die eingestellte Temperatur aufgeheizt wird.

Um Waschmaschinen an die Warmwasserleitung anschließen zu können, benötigen diese einen Warmwasseranschluss, wie er in Großbritannien und den USA üblich ist. Beim Neukauf von Waschmaschinen sollte man hierauf achten.

Alternativ können bei vorhandenen Waschmaschinen Vorschaltgeräte eingesetzt werden. Diese sind jedoch nur für Maschinen mit freier Temperaturwahl geeignet. Das Vorschaltgerät mischt das warme und kalte Wasser auf die am Gerät eingestellte Temperatur. Während der Spülgänge lässt das Gerät nur kaltes Wasser zulaufen. Für höhere Waschttemperaturen als die Warmwassertemperatur heizt die Waschmaschine elektrisch nach. Die Stromeinsparung liegt zwischen 40 und 60 %.

Auch für die Waschmaschinen wird mit durchschnittlichen Werten die Energie für das zugeführte Warmwasser abgeschätzt, die mit Wärme von Geothermieanlagen über Fernwärmenetze bereitgestellt werden kann.

spez. Strombedarf Waschmaschine pro Haushalt	238 kWh _{el} /a
Stromeinsparung Warmwasseranschluss	50 %
durchschnittliche, jährliche Stromeinsparung pro Haushalt	119 kWh _{el} /a
Wärmebedarf Warmwasserbereitung pro Haushalt	118 kWh _{th} /a
Anzahl Haushalte in Rülzheim (2.956 Wohnungen)	2.956
Wärmesenke Warmwasserbereitung Waschmaschine Rülzheim	349 MWh _{th} /a

Tabelle 3-5 Wärmesenke Warmwasserbereitung Waschmaschinen pro Haushalt

Je nach Waschvorgang wird Warmwasser zwischen einer Temperatur von 30 °C bis 95 °C benötigt.

Durch den Warmwasseranschluss von Spülmaschinen und Waschmaschinen würde sich der Gesamtwärmebedarf in der Gemeinde Rülzheim um ca. 670 MWh_{th}/a bzw. um 1 % auf etwa 55.700 MWh_{th}/a erhöhen lassen. Gleichzeitig würde der Stromverbrauch um ca. 674 MWh_{el} bzw. um 3 % sinken.

3.2 Beheizungsstruktur der Einzelheizungen anhand der Schornsteinfegerdaten

Zur Ermittlung der dezentralen Beheizungsstruktur in Rülzheim stellte der zuständige Bezirksschornsteinfeger die statistisch ausgewerteten Daten der von Ihm überwachten Kleinfeuerungsanlagen zur Verfügung.

Insgesamt werden 3.076 Gas/Öl-Feuerstätten in Rülzheim vom Schornsteinfeger kontrolliert. Von diesen Feuerstätten sind 1.681 messpflichtig (Wärmeleistung > 11 kW), für die es weitere statistische Daten gibt, die im Folgenden ausgewertet sind. In Bezug auf Festbrennstoffe enthalten die vorliegenden Daten keine Informationen.

Baujahr	bis 78	79 - 82	83 - 88/90	88/90 - 97	98 - 03	04	Summe
11 – 25 kW	30	60	194	588	226	13	1.111
25 – 50 kW	117	108	81	119	65	9	499
50 - 100 kW	19	6	5	10	8	2	50
über 100 kW	8	1	2	8	1	1	21
Summe	174	175	282	725	300	25	1.681

Tabelle 3-6 Altersstruktur und Leistungsverteilung der messpflichtigen Feuerstätten in Rülzheim

Die Leistungsverteilung der Heizungen ist von kleinen Anlagen geprägt. Es gibt nur wenige größere Anlagen. In den 21 Anlagen über 100 kW sind auch die Spitzenkessel der Fernwärmeversorgung enthalten. In Bezug auf den Brennstoff der messpflichtigen Anlagen werden 84 % mit Erdgas und nur 16 % mit Heizöl betrieben.

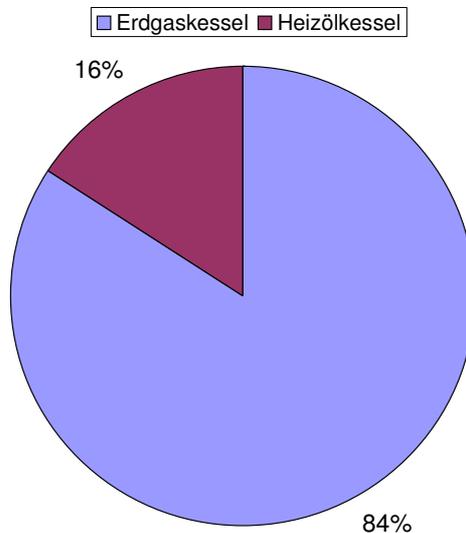


Abbildung 3-2 Anteil Erdgas- und Heizölkessel

3.3 Zentrale Wärmeerzeugung der bestehenden Fernwärmeversorgung

Neben den Einzelheizungen v. a. auf Basis Erdgas und Heizöl verfügt Rülzheim zusätzlich über ein Wärmenetz.

Zur zentralen Wärmeerzeugung befinden sich an drei Standorten Heizzentralen, die mit mehreren Motor-BHKW und Spitzenlastkesseln ausgestattet sind. Über ein Wärmenetz erfolgt die Wärmelieferung.

Heizzentrale Grund- und Hauptschule : 1,7 MW_{th}, Baujahr 1981

Heizzentrale Freizeitzentrum : 2,0 MW_{th}, Baujahr 1984

Heizzentrale Süd (Wohngebiet) : 3,0 MW_{th}, Baujahr 1989

Installierte Heizleistung : 10 MW_{th}

Erzeugte Wärmemenge : 19.000 MWh_{th}/a

Die Heizzentralen stellen insgesamt rund 10 MW_{th} Wärmeleistung zur Wärmeerzeugung von ca. 19.000 MWh_{th}/a zur Verfügung. Die Vollbenutzungsstunden (Verhältnis von Wärmeenergie zu Wärmeleistung) von ca. 1.900 h/a zeigen den raumheizungsabhängigen Charakter des Nahwärmenetzes.

Neben kommunalen und kirchlichen Einrichtungen sind einige wenige Gewerbebetriebe und private Abnehmer an das Wärmenetz in Rülzheim angeschlossen. Im innerörtlichen Bereich sind es im Wesentlichen die öffentlichen Gebäude bzw. Gebäude mit öffentlichem Charakter. Privat- und Gewerbekunden sind hier nur in geringer Anzahl vorhanden. Der Teilbereich Süd beinhaltet ausschließlich private Kunden in den beiden Neubaugebieten. Dort wurde eine 100 %-ige Anschlussdichte durch einen Anschluss- und Benutzungszwang erreicht, was für die Wirtschaftlichkeit von Fernwärme in Neubaugebieten unbedingt notwendig ist.

Max. Wärmeleistungsverbrauch : ca. 9 MW_{th}
 Wärmeverbrauch : ca. 18.000 MWh_{th}/a

	Wärmeleistung in kW _{th}	Wärmeverbrauch in MWh _{th} /a
Schwimmbad + Freizeit	2.150	8.500
Altenheim	1.000	1.410
Grundschule	1.220	880
Regionale Schule	600	350
Rathaus	320	320
Sporthalle	300	220
Kath. Kirche	110	50
Kath. Kirche	85	82
Sporthalle	82	50
Kindergarten	80	80
Weitere Verbraucher im Ortsbereich (privat + Gewerbe)	460	457
Wärmeverteilung Süd (224 Kunden)	2.895 ¹	5.500
Summe	9.394	18.079

Tabelle 3-7 Fernwärmekunden in Rülzheim

¹ Schätzung TSB aus Wärmeverbrauch und 1.900 Vollbenutzungsstunden für Ein- und Zweifamilienhäuser

3.4 CO₂-Emissionen durch den Wärme- und Stromverbrauch

Aus der vorangegangenen Datensammlung werden die Kohlendioxidemissionen in der Gemeinde Rülzheim überschlägig ermittelt.

Es werden folgende, spezifische CO₂-Emissionsfaktoren¹ zu Grunde gelegt.

Strom	682,6 kg/MWh _{BS}
Erdgas	254,1 kg/MWh _{BS}
Heizöl	317,7 kg/MWh _{BS}
Braunkohlebriketts	458,2 kg/MWh _{BS}
Steinkohlebriketts	446,3 Kg/MWh _{BS}
Stückholz	20,8 kg /MWh _{BS}

Durch die Eigenstromerzeugung mit BHKWs reduziert sich um diesen Anteil der Strombezug aus dem Kraftwerksmix, sodass die entsprechenden CO₂-Emissionen Rülzheim gut geschrieben werden können.

Für die Wärmeversorgung wird angenommen, dass neben den Erdgas- und Heizölfeuerungen noch jeweils 5 % der Wärme elektrisch und mit Feststofffeuerungen abgedeckt wird.

Stromerzeugung BHKWs	9.500 MWh _{el} /a
Strombezug Kraftwerksmix	14.000 MWh _{el} /a
Erdgasverbrauch BHKWs	25.000 MWh _{HU} /a
Erdgasverbrauch Feuerstätten	38.000 MWh _{HU} /a
Heizölverbrauch Feuerstätten	7.000 MWh _{HU} /a
Braun-, Steinkohle- und Stückholzverbrauch Feuerstätten	3.000 MWh _{HU} /a
CO₂-Emissionen Rülzheim	28.500 t CO₂/a

Tabelle 3-8 Abschätzung Kohlendioxidemissionen Rülzheim aus dem Strom- und Wärmeverbrauch

Die derzeitigen Gesamt-CO₂-Emissionen des rund 8.000 Einwohner zählenden Ortes Rülzheim aus dem Strom- und Wärmeverbrauch mit rund 28.500 t CO₂ pro Jahr (ohne Verkehrsemissionen) können durch ein 5 MW_{el} Geothermiekraftwerk vollständig vermieden werden.

Hinzu kommen die CO₂-Gutschriften aus dem den Bedarf von Rülzheim übersteigenden Strom von 11,5 Mio. kWh_{el}/a. Bezogen auf den deutschen Kraftwerksmix errechnet sich eine zusätzliche CO₂-Gutschrift von 7.850 t CO₂/a.

Ein Geothermiekraftwerk mit 5 MW_{el} in Rülzheim würde damit insgesamt 36.350 Tonnen CO₂ pro Jahr einsparen.

¹ Spezifische CO₂-Emissionen aus GEMIS 4.14 Stand September 2002

3.4 Brennstoffverbrauch durch den Wärme- und Stromverbrauch

Für die Wärme- und Stromversorgung der Gemeinde Rülzheim wird eine Brennstoffbilanz aufgestellt. Zunächst wird der Brennstoffverbrauch zur derzeitigen Energieversorgung ermittelt.

Ist-Zustand

Wärme	55.000	MWh _{th} /a
Strom	23.500	MWh _{el} /a
Jahresnutzungsgrad Heizungen inkl. KWK-Anlagen	79	%
Jahresnutzungsgrad Kraftwerksmix	38	%
Brennstoffbedarf Wärme	70.000	MWh _{BS} /a
Brennstoffbedarf Strom	37.000	MWh _{BS} /a
Brennstoffbedarf gesamt	107.000	MWh_{BS}/a
Spez. Energie	0,123	t SKE/MWh _{BS}
Energiebedarf Wärme	8.610	t SKE/a
Energiebedarf Strom	4.551	t SKE/a
Energiebedarf insgesamt	13.161	t SKE/a
Erdgasbedarf / Heizölbedarf (Brennstoffäquivalent)	10.700.000	m³/a bzw. l/a

Im Ergebnis werdend derzeit rund 107.000 MWh_{BS}/a aus fossilen Energieträgern für die Wärme- und Stromversorgung von Rülzheim aufgewandt. Dies entspricht einem Äquivalent von 10,7 Millionen Litern Heizöl bzw. Kubikmetern Erdgas.

Mit einem 5 MW_{el} Geothermiekraftwerk würden diese 10,7 Millionen Liter Heizöl- bzw. Erdgasäquivalente zu 100% substituiert. Hinzu kommt die Brennstoffgutschrift für den mit 11,5 Millionen Kilowattstunden/Jahr den Bedarf von Rülzheim übersteigenden Strom.

Im Hinblick auf die Wärmeversorgung werden unter Berücksichtigung einer Gleichzeitigkeit auch noch beim 2,5 MW_{el} Geothermiekraftwerk die fossilen Brennstoffe fast zu 100% substituiert. Beim Stromverbrauch sind nur noch ca. 74% regenerativ ersetzt.

3.5 Brennstoffkosten in Rülzheim

Die jährlichen Ausgaben für Brennstoffe zur Abdeckung des Heizwärme- und Warmwasserbedarfs und für die in Rülzheim auf Basis von Erdgas-Blockheizkraftwerken erzeugte Strommenge leiten sich wie folgt her:

Erdgasbedarf Heizkessel Rülzheim	41.800 MWh _{Ho} /a
Arbeitspreis Erdgas brutto ¹	6,73 Ct/kWh _{Ho}
Erdgaskosten Heizkessel Rülzheim	2.813.140 €/a
Erdgasbedarf Motor-BHKW Rülzheim	27.500 MWh _{Ho} /a
Arbeitspreis Erdgas brutto ¹	5,10 Ct/kWh _{Ho}
Erdgaskosten Motor-BHKW Rülzheim	1.402.500 €/a
Heizölbedarf Rülzheim	700.000 l/a
spez. Heizölpreis brutto ²	56,56 Ct/l
Heizölkosten Rülzheim	359.920 €/a
Brennstoffkosten Rülzheim	4.611.560 €/a

Tabelle 3-9 Brennstoffkosten Rülzheim (gerechnet mit Endkundenpreisen)

Nach dieser Berechnung werden in Rülzheim bei den derzeitigen Gas- und Ölpreisen jährlich 4.61 Millionen Euro für den Bezug von Öl und Gas ausgegeben. Durch den Bau eines 5 MW_{el}-Geothermiekraftwerkes und die Umstellung von Rülzheim auf eine 100%ige Fernwärmeversorgung mit Geowärme könnten die Brennstoffkosten für den Erdgas- und Heizölbezug in der Gemeinde zu 100 % vermieden und damit eine zusätzliche örtliche Wertschöpfung von 4.61 Mio. Euro pro Jahr generiert werden.

¹ Thüga Rheinhessen Pfalz: Preisblatt Erdgas 01.01.2006 (Grundpreistarif und Sonderpreis für Gewerbebetriebe)

² Heizölbörse: 2. KW 2006, PLZ-Gebiet 76, 2.000 l Liefermenge

4 Mögliche Wärme- und Strombedarfsdeckung mit einem geothermischen Kraftwerk in Rülzheim

Der Vergleich der Energieverbrauchsdaten von Rülzheim mit Daten eines Geothermiekraftwerks mit 5 MW_{el} und 7.000 Vollbenutzungsstunden zeigt, dass der Wärmebedarf von Rülzheim hinsichtlich der Leistung fast vollständig gedeckt werden könnte und hinsichtlich des Jahreswärmebedarfs eine fünffache Überdeckung gegeben ist. Der erzeugte Strom des Kraftwerkes übersteigt mit 149% auch den Stromverbrauch in Rülzheim.

Bei einem 2,5 MW_{el} Geothermiekraftwerk liegt die Deckung des Stromverbrauchs noch bei 74%, der Wärmebedarf hinsichtlich der Leistung wird noch zu 43% gedeckt, hinsichtlich des Jahreswärmebedarfs ergibt sich eine 2,6 fache Überdeckung.

		Rülzheim Verbrauch	Geothermiekraftwerk 5 MW _{el}	Erzeugung in % des Verbrauchs	Geothermiekraftwerk 2,5 MW _{el}	Erzeugung in % des Verbrauchs
Elektrische Leistung	MW _{el}		5		2,5	
Elektrische Arbeit	MWh _{el} /a	23.500	35.000	149 %	17.500	74 %
Thermische Leistung	MW _{th}	47	40		20	
Thermische Arbeit	MWh _{th} /a	55.000	280.000	509 %	140.000	255 %

Tabelle 4-1 Energetischer Vergleich Geothermiekraftwerk und Bedarf von Rülzheim

Zur vollständigen Wärmeversorgung von Rülzheim über ein Fernwärmenetz wäre die Wärmeleistung der 5 MW_{el}-Geothermieanlage ausreichend, da bei der gemeinsamen Versorgung der tatsächliche Bedarf aufgrund von Gleichzeitigkeiten niedriger ist als die Summe der Einzelbedarfe. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, über dezentrale Speicher die Spitze zu mindern. Eine zusätzliche Wärmeerzeugung wird jedoch ohnehin zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit notwendig.

Eine 2,5 MW_{el}-Geothermieanlage kann mit der Wärmeleistung von 20 MW_{th} nur noch die Grund- und Mittellast von Rülzheim abdecken. Eine zusätzliche Wärmeerzeugung muss die Spitzenlast und die Versorgungssicherheit gewährleisten.

Der Anteil des Wärmebedarfs für Raumheizung und Warmwasserbereitung an der Wärmeerzeugung des Geothermiekraftwerks ist in der Tabelle monatlich aufgeführt.

Der im Kapitel „Warmwasseranschluss von Haushaltsgeräten“ überschlägig ermittelte Wärmebedarf zur Warmwasserbereitung wird ebenfalls berücksichtigt.

Für ein **Geothermiekraft mit 5 MW_{el}** stellt sich die monatliche Aufteilung wie folgt dar:

Monat	therm. Arbeit Raumheizung bezogen auf Wärme- erzeugung		therm. Arbeit Warmwasser- bereitung bezogen auf Wärme- erzeugung		therm. Arbeit WWB Haus- haltsgeräte bezogen auf Wärme- erzeugung		therm. Arbeit Gesamtbedarf bezogen auf Wärme- erzeugung		therm. Arbeit Geothermie Überschuss bezogen auf Wärme- erzeugung	
	MWh _{th}	%	MWh _{th}	%	MWh _{th}	%	MWh _{th}	%	MWh _{th}	%
Januar	8.415	36,1	688	2,9	56	0,2	9.158	39,2	14.175	60,8
Februar	7.480	32,1	688	2,9	56	0,2	8.223	35,2	15.110	64,8
März	4.675	20,0	688	2,9	56	0,2	5.418	23,2	17.915	76,8
April	3.273	14,0	688	2,9	56	0,2	4.016	17,2	19.318	82,8
Mai	2.338	10,0	688	2,9	56	0,2	3.081	13,2	20.253	86,8
Juni	0	0	688	2,9	56	0,2	743	3,2	22.590	96,8
Juli	0	0	688	2,9	56	0,2	743	3,2	22.590	96,8
August	0	0	688	2,9	56	0,2	743	3,2	22.590	96,8
September	3.273	14,0	688	2,9	56	0,2	4.016	17,2	19.318	82,8
Oktober	4.208	18,0	688	2,9	56	0,2	4.951	21,2	18.383	78,8
November	5.143	22,0	688	2,9	56	0,2	5.886	25,2	17.448	74,8
Dezember	7.948	34,1	688	2,9	56	0,2	8.691	37,2	14.643	62,8
Jahr	46.750	16,7	8.250	2,9	668	0,2	55.668	19,9	224.332	80,1

Tabelle 4-2 Prozentuale Aufteilung des Wärmebedarfs in Rülzheim an Wärmebereitstellung eines Geothermiekraftwerks mit 5 MW_{el} bei 280.000 MWh/Jahr bzw. 23.300 MWh pro Monat an thermischer Arbeit

Nach dieser Aufstellung kann mit einem 5 MW_{el} - Geothermiekraftwerk der gesamte Wärmebedarf zur Raumheizung und Warmwasserbereitung in Rülzheim inklusive der Warmwasserbereitung für die Haushaltsgeräte abgedeckt werden. Damit wären rund 20 % der Wärme des 5 MW_{el}-Geothermiekraftwerks genutzt.

Für ein **Geothermiekraftwerk mit 2,5 MW_{el}** stellt sich die Aufteilung wie folgt dar:

Monat	therm. Arbeit Raumheizung bezogen auf Wärme- erzeugung		therm. Arbeit Warmwasser- bereitung bezogen auf Wärme- erzeugung		therm. Arbeit WWB Haus- haltsgeräte bezogen auf Wärme- erzeugung		therm. Arbeit Gesamtbedarf bezogen auf Wärme- erzeugung		therm. Arbeit Geothermie Überschuss bezogen auf Wärme- erzeugung	
	MWh _{th}	%	MWh _{th}	%	MWh _{th}	%	MWh _{th}	%	MWh _{th}	%
Januar	5.049	43,3	688	5,9	56	0,5	5.792	49,6	5.874	50,4
Februar	4.862	41,7	688	5,9	56	0,5	5.605	48,0	6.061	52,0
März	4.675	40,1	688	5,9	56	0,5	5.418	46,4	6.248	53,6
April	3.273	28,1	688	5,9	56	0,5	4.016	34,4	7.651	65,6
Mai	2.338	20,0	688	5,9	56	0,5	3.081	26,4	8.586	73,6
Juni	0	0	688	5,9	56	0,5	743	6,4	10.923	93,6
Juli	0	0	688	5,9	56	0,5	743	6,4	10.923	93,6
August	0	0	688	5,9	56	0,5	743	6,4	10.923	93,6
September	3.273	28,1	688	5,9	56	0,5	4.016	34,4	7.651	65,6
Oktober	4.208	36,1	688	5,9	56	0,5	4.951	42,4	6.716	57,6
November	4.371	37,5	688	5,9	56	0,5	5.114	43,8	6.552	56,2
Dezember	5.166	44,3	688	5,9	56	0,5	5.909	50,6	5.758	49,4
Jahr	37.213	26,6	8.250	5,9	668	0,5	46.131	33,0	93.869	67,0

Tabelle 4-3 Prozentuale Aufteilung des Wärmebedarfs in Rülzheim an Wärmebereitstellung eines Geothermiekraftwerks mit 2,5 MW_{el}

Im Vergleich zum 5 MW_{el}-Geothermiekraftwerk erhöht sich beim kleineren 2,5 MW_{el}-Geothermiekraftwerk der Anteil der genutzten Restwärme von 20% auf durchschnittlich 33 % im Jahr. Über den Betrachtungszeitraum eines Jahres kann der Wärmebedarf jedoch nur noch zu 83 % aus der Geothermieanlage gedeckt werden. 17 % müssen von einem Spitzenkessel, der beispielsweise mit Gas oder Öl (auch Biogas oder Bioöl) befeuert wird, abgedeckt werden. Dadurch wird auch die Versorgungssicherheit bei Ausfall der Geowärme sichergestellt.

Geothermiekraftwerke ermöglichen umfassende Brennstoffsubstitution – Hierzu sind umfangreiche geothermische Wärmenetze erforderlich – Erforderlich ist ein 100%iger Anschlussgrad an die Wärmenetze

Voraussetzung für die Substitution der fossilen Energieträger durch Geowärme ist die Verfügbarkeit eines Rülzheim vollständig versorgenden geothermischen Fernwärmenetzes.

Dies bedeutet zum einen, dass die am in Rülzheim vorhandenen Wärmenetz liegenden, noch nicht angeschlossenen Gebäude an dieses Wärmenetz angeschlossen werden, zum andern, dass die Erdgas- und die in begrenztem Umfang vorhandenen Öl-Einzelheizungen durch eine Hausübergabestation ersetzt und über ein neu zu bauendes Fernwärmenetz zusätzlich für die Geowärme erschlossen werden.

Anschlusszwang nach § 26 der Gemeindeordnung

Damit sich alle an die Heizzentrale anschließen, ist nach § 26 der Gemeindeordnung Rheinland-Pfalz ein Anschlusszwang dann möglich, wenn die Gemeinde bei öffentlichen Bedürfnissen durch eine entsprechende Satzung den Anschluss an eine Fernheizung für Grundstücke ihres Gebiets, also den Anschlusszwang, vorschreibt.

Benutzungszwang durch Satzung bei öffentlichen Bedürfnissen

Die Gemeinde kann ebenfalls durch Satzung bei öffentlichen Bedürfnissen die Benutzung dieser Fernheizung, also Benutzungszwang, vorschreiben.

In der Satzung können Ausnahmen vom Anschluss- und Benutzungszwang zugelassen werden, die sich auf bestimmte Teile des Gemeindegebiets und auf bestimmte Gruppen von Grundstücken oder Personen beschränken.

Eine Mustersatzung ist im Anhang zum Leitfaden Nahwärme¹ zusammengestellt.

Erlassen eines Verbrennungsverbotes nach § 9 Nr. 23 BauGB

Eine weitere Möglichkeit Fernwärme vorzuschreiben ist das Erlassen eines Verbrennungsverbotes nach § 9 Nr. 23 BauGB. Die Gemeinde kann verfügen, dass zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes bestimmte luftverunreinigende Stoffe nur beschränkt verwendet werden dürfen.

Anschluss- und Benutzungszwang als privatrechtliche Vereinbarung

Ist die Gemeinde auch Besitzer der Grundstücke, die zur Bebauung verkauft werden, kann ein Anschluss- und Benutzungszwang als privatrechtliche Vereinbarung in die Kaufverträge aufgenommen werden.

¹ Fraunhofer-Gesellschaft UMSICHT: Leitfaden Nahwärme

5 Der Anschluß an Geowärme – in der Geothermieregion im Vergleich zu Wärmedämmung und Solarthermie die wirtschaftlichere Alternative

Da als Ziel ein möglichst hoher Verbrauch der Wärme aus der Geothermieanlage verfolgt wird, sind dort, wo Geowärme genutzt wird, Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmebedarfs durch Verbesserung des Wärmedämmstandards nicht in dem Maße erforderlich. Während für konventionelle Energieträger wie Heizöl oder Erdgas ein ressourcenschonender und energiesparender Einsatz auch durch die EnEV favorisiert wird, trifft dies für erneuerbare Energien wie die Geowärme – soweit sie im Überschuß vorhanden ist - nicht Maße zu.

Nach der EnEV wird sowohl der Dämmstandard eines Gebäudes als auch die Wärmeerzeugung durch den Primärenergieaufwand begrenzt, allerdings im Zusammenhang, sodass in der Regel die Verbesserung des Dämmstandards oder der Wärmeerzeugung ausreicht.

Aus dieser Sicht ist bei der Wärmeversorgung durch Geowärme eine Verbesserung des Dämmstandards in der Regel nicht erforderlich. Auch der Einsatz von Anlagen, die andere erneuerbare Energien nutzen wie z. B. solarthermische Anlagen sind als Konkurrenz zur Geowärme zu sehen, sodass der Betrieb solcher Anlagen bei Nutzung von Geowärme sich erübrigt.

Unter diesen Gesichtspunkten wird eine ökologische Bewertung der Geofernwärmeversorgung beispielhaft für ein Mehrfamilienhaus durchgeführt.

Für ein bestehendes Gebäude besteht grundsätzlich die Möglichkeit, durch Verbesserung des Wärmedämmstandards den Wärmebedarf zu reduzieren und somit weniger Primärenergie zu verbrauchen sowie die Kohlendioxid-Emissionen zu verringern.

Dem steht die Fernwärmeversorgung mit Geothermie gegenüber, die durch die regenerative Energieerzeugung im Vergleich zur konventionellen ebenfalls Primärenergie und Kohlendioxid-Emissionen einspart.

Mit den kapitalisierten Investitionskosten für die Dämmmaßnahmen und die Anbindung des Gebäudes an das Fernwärmenetz werden die eingesparten Primärenergien und die CO₂-Emissionen unter ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewertet.

Zunächst wird anhand von Bilanzen die Energiemenge, der Primärenergiebedarf und die Kohlendioxid-Emissionen bezogen auf die beheizte Fläche des Gebäudes von ca. 500 m² ermittelt.

		Mehrfamilienhaus unsaniert Erdgaskessel	Mehrfamilienhaus saniert Erdgaskessel	Mehrfamilienhaus unsaniert Geofernwärme
spez. Wärmebedarf				
Raumheizung	kWh _{th} /m ² a	171	66	171
Warmwasserbereitung	kWh _{th} /m ² a	30	30	30
gesamt	kWh _{th} /m ² a	201	96	201
spez. Wärmeleistung	W _{th} /m ²	96	46	96
spez. Primärenergiebedarf	kWh _P /m ² a	223	107	4
spez. CO ₂ -Emissionen	kg CO ₂ /m ² a	58	28	3
spez. Einsparung				
Wärmebedarf	kWh _{th} /m ² a		105	0
Wärmeleistung	W _{th} /m ²		50	0
Primärenergiebedarf	kWh _{PE} /m ² a		116	219
CO ₂ -Emissionen	kg CO ₂ /m ² a		30	55
spez. Einsparung				
Wärmebedarf	%		52	0
Primärenergiebedarf	%		52	98
CO ₂ -Emissionen	%		52	95

Tabelle 5-1 Ökologischer Vergleich zwischen Dämmung und Umstellung auf Geofernwärme

Die Bilanzen zeigen, dass ein Mehrfamilienhaus mit verbessertem Wärmedämmstandard Einsparungen im Primärenergiebedarf und in den CO₂-Emissionen von über 50 % erreicht. Durch die Fernwärmeversorgung mit Geothermie des Gebäudes im unsanierten Zustand ergeben sich Einsparungen an Primärenergie und an CO₂-Emissionen in Höhe von über 90 %.

Nicht nur die Vorteilhaftigkeit für die Umwelt entscheidet über die Umsetzung der jeweiligen Maßnahme sondern auch deren Wirtschaftlichkeit. Aufgrund dessen werden die Einsparungen an Primärenergie und an CO₂ mithilfe von abgeschätzten Kosten bewertet.

Die eingesparte Primärenergie und die eingesparten Kohlendioxid-Emissionen werden auf die kapitalisierten Investitionskosten bezogen. Dazu wurden die Investitionskosten inklusive einer Versorgungssicherheit überschlägig ermittelt und die Kapitalkosten auf die beheizte Fläche bezogen.

Zur Verbesserung des Wärmedämmstandards wird angenommen, dass an die Außenwand ein Wärmedämmverbundsystem angebracht wird, die Fenster ausgetauscht werden, das Dach und die Kellerdecke gedämmt werden.

		Mehrfamilienhaus saniiert Erdgaskessel	Mehrfamilienhaus unsaniiert Geofernwärme
spez. Kapitalkosten	€/m ² a	9,73	3,64
spez. Einsparung Primärenergie	kWh _p /m ² a	116	219
spez. Kosten Primärenergieeinsparung	Ct/kWh_{PE}	8,4	1,7
spez. Einsparung CO ₂ -Emissionen	kg CO ₂ /m ² a	30	55
spez. Kosten CO₂-Emissioneneinsparung	€/t CO₂	324	66

Tabelle 5-2 Wirtschaftliche Bewertung der Primärenergie- und CO₂-Einsparung für Wärmedämmung und Umstellung auf Geofernwärme

Die Einsparungen an Primärenergie- und Kohlendioxid-Emissionen durch einen erhöhten Wärmedämmstandard sind im Vergleich zur Fernwärmeversorgung mit Geothermie nicht so kostengünstig. Die spezifischen Kosten für die Einsparungen betragen für die Fernwärmeversorgung mit Geothermie nur etwa 40 % der spezifischen Kosten für den höheren Wärmedämmstandard. Aus dieser Sichtweise wäre für die Gebäude in Rülzheim die Fernwärmeversorgung mit Geothermie der Verbesserung des Wärmedämmstandards vorzuziehen.

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass in der Regel in älteren Gebäuden freie Heizflächen installiert sind, deren Heizsystem auf einem hohen Temperaturniveau ausgelegt ist mit 90 °C Vorlauftemperatur und 70 °C Rücklauftemperatur.

Die Resttemperatur des Thermalwassers nach der Stromerzeugung beträgt je nach eingesetztem Prozess in der Geothermie etwa 70 bis 80 °C, sodass die Vorlauftemperatur im Fernwärmenetz entsprechend niedriger liegt. Damit würden die freien Heizflächen in den bestehenden Gebäude, die mit Heizsystemen von 90 °C / 70 °C ausgelegt sind, zur Wärmeverteilung nicht ausreichen. Aufgrund dessen kann für Gebäude mit einem niedrigen Dämmstandard erst nach Verbesserung des Dämmstandards oder die Umstellung der Wärmeverteilung auf Fußboden- oder Wandflächenheizung die Fernwärmeversorgung mit Geothermie erfolgen.

6 Fernwärmeausbaupotential

Zunächst wird das vorhandene Wärmenetz in Rülzheim beschrieben und darauf aufbauend das Erweiterungspotential ermittelt.

6.1 Bestehendes Fernwärmenetz

Das von den Gemeindewerken betriebene Wärmenetz in Rülzheim versorgt über ein älteres Einrohr-System und über neuere Zweirohrsysteme gemeinsam mit 3 Heizzentralen die öffentlichen Gebäude und ein Neubaugebiet in Rülzheim. Der Leitungsverlauf wird aus der folgenden Abbildung ersichtlich.



Abbildung 6-1 Katasterauszug von Rülzheim mit Fernwärmeleitungsverlauf
(rote Linien: Nahwärme Zweirohr-System, blaue Linien: Nahwärme Einrohr-System)

Das Wärmenetz wird mit gleitender Vorlauftemperatur 60 - 80 °C gefahren. Die Rücklauftemperatur beträgt 40 °C. Darüber hinaus wird die Wassermenge des Einrohrsystems mit drehzahlgeregelten Pumpen variiert, um die Wärmeversorgung auch am Ende der Strecke sicherstellen zu können.

Die Trassenlänge beträgt insgesamt 8,6 km.

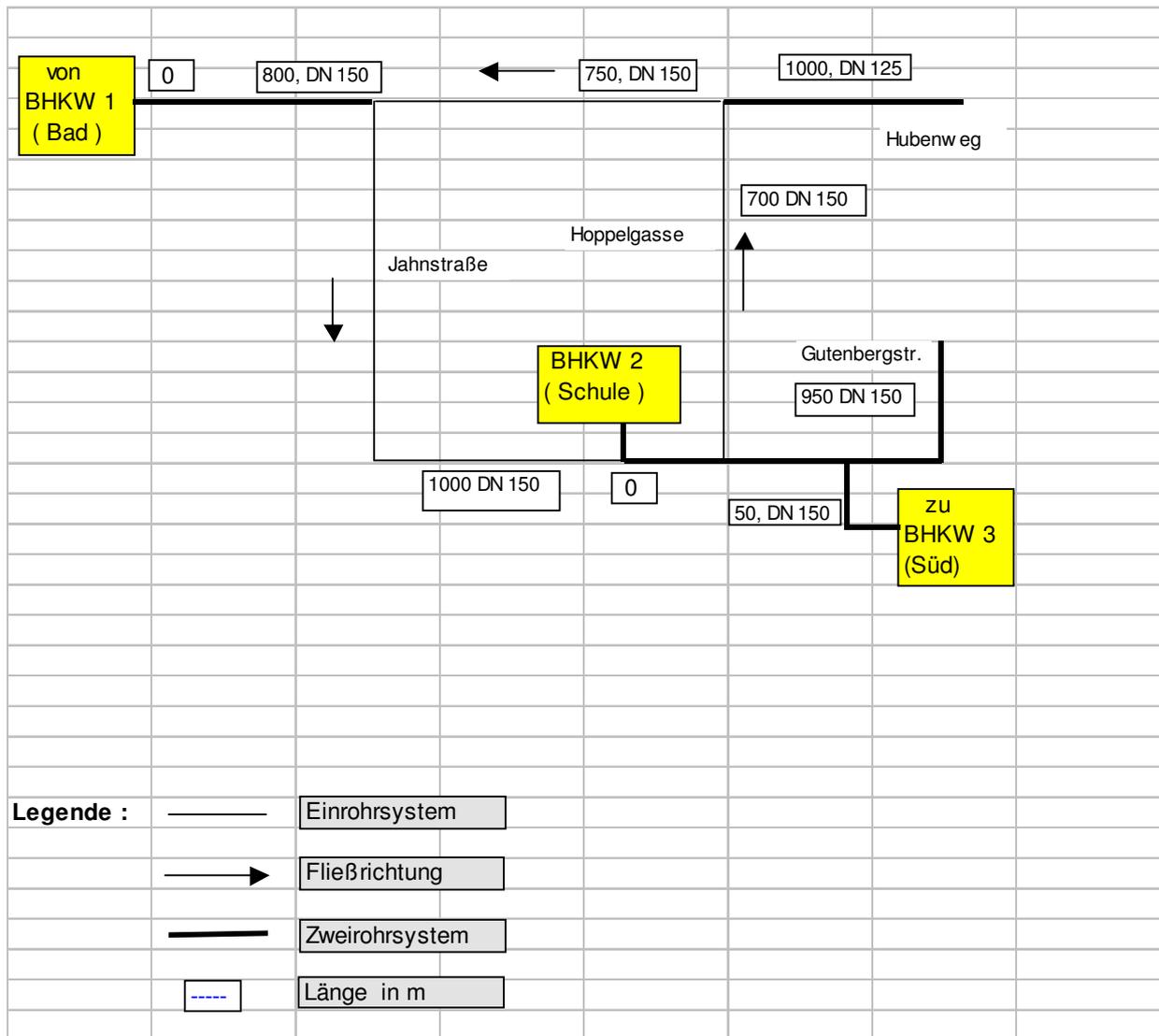


Abbildung 6-2 Struktur des Wärmenetzes im Ortsbereich

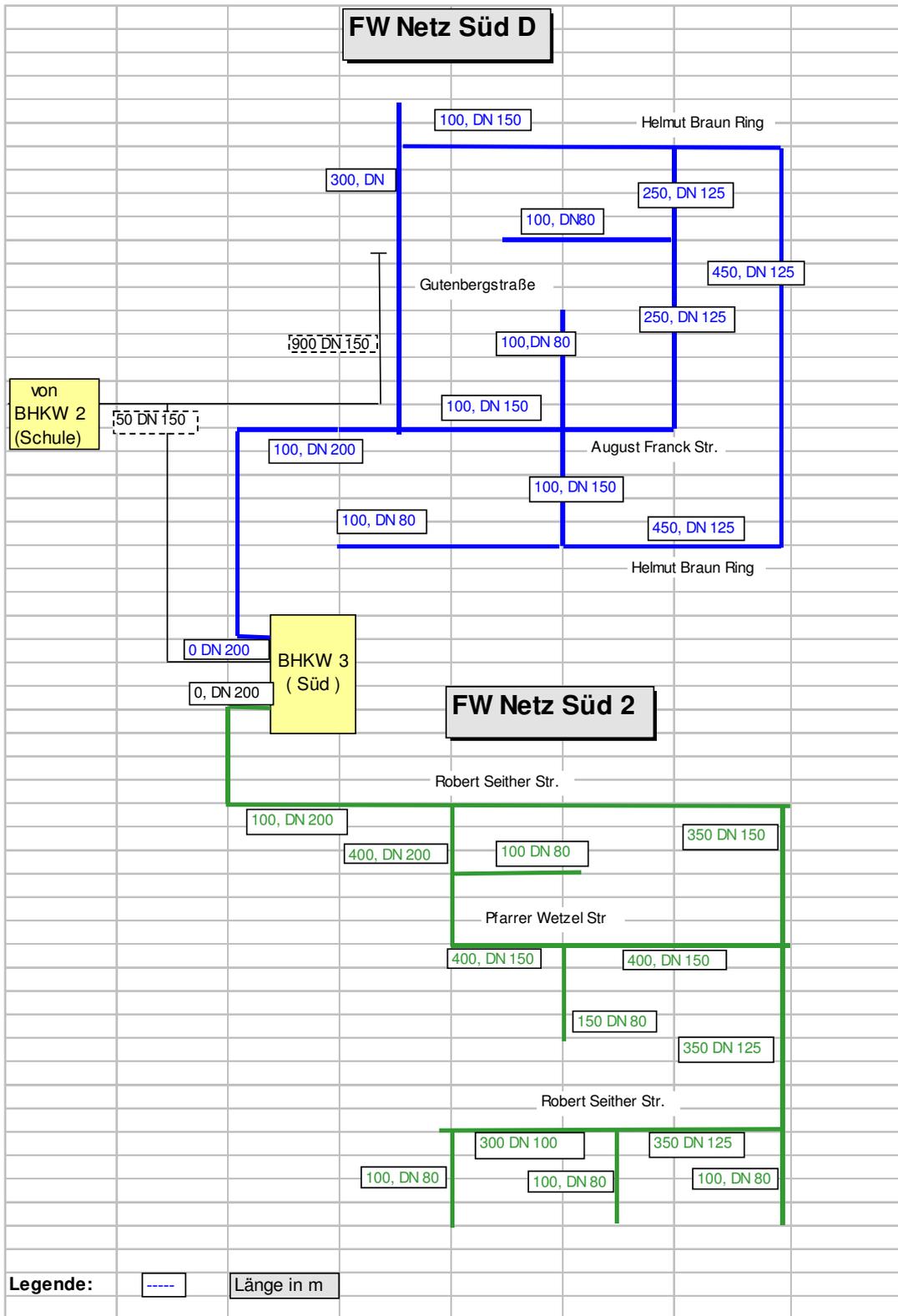


Abbildung 6-3 Struktur des Wärmenetzes im Süd

In der folgenden Tabelle sind die Kenndaten des bestehenden Wärmenetzes in Rülzheim aufgeführt.

Länge Fernwärmetrasse	8,65 km
davon als Einrohrsystem (bedingt erweiterungsfähig)	2,75 km
davon als Zweirohrsystem	5,90 km
Länge Hausanschluss	1,76 km
Länge Gesamtnetz	10,41 km
Summe Wärmeleistungsbedarf	7 MW _{th}
Jahresgesamtwärmebedarf	18.000 MWh _{th} /a
Anzahl Hausanschlüsse	220
Spez. Wärmeleistung bezogen auf die Fernwärmetrasse	809 W _{th} /m
Spez. Wärmeabsatz bezogen auf das Gesamtnetz	1,7 MWh _{th} /a·m
Spez. Anzahl Hausanschlüsse bezogen auf die Fernwärmetrasse	25 1/km
Spez. Fernwärmetrasse pro Hausanschluss	39 m/Ha
Spez. Wärmeleistung pro Hausanschluss	32 kW _{th} /Ha
Spez. Jahreswärmebedarf pro Hausanschluss	82 MWh/Ha·a

Tabelle 6-1 Kennwerte zum bestehenden Wärmenetz

Obwohl von den an der vorhandenen Fernwärmetrasse liegenden 504 Gebäuden derzeit nur 220 Gebäude bzw. nur 44% an das Fernwärmenetz angeschlossen sind, ist der spezifische Wärmeabsatz bezogen auf das Gesamtnetz mit 1,7 MWh_{th} pro Jahr und Laufmeter Netzlänge relativ hoch.

Dies hängt damit zusammen, dass vor allem die größeren Verbraucher (öffentliche Gebäude) an das vorhandene Netz angeschlossen sind, wie die durchschnittliche Anschlussleistung pro derzeit angeschlossenes Gebäude von 32 kW_{th} und die durchschnittliche jährliche Wärmeabnahme von 82.000 kWh belegt.

6.2 Anbindung weiterer Gebäude an bestehendes Fernwärmenetz

Neben der kreiseigenen Sonderschule mit einer Wärmeleistung von 400 kW_{th} und einem Wärmebedarf von etwa 400 MWh_{th}/Jahr, an der schon Fernwärmeleitungen liegen, die aber noch nicht angeschlossen ist, gibt es in Rülzheim derzeit keine weiteren anschließbaren Großabnehmer.

Ein Neubaugebiet ist noch ausgewiesen, an deren Grenzen schon eine vorhandene Fernwärmeleitung vorbeiführt. Im günstigsten Fall können 20 Grundstücke mit einer Nennwärmeleistung von max. 20 kW_{th} (insgesamt 400 kW_{th}) an die zentrale Wärmeversorgung angebunden werden.

Die Gewerbebetriebe und Verbrauchermärkte im neu angelegten Gewerbegebiet Nord sind aufgrund des Baujahres mit neuen Wärmeerzeugungsanlagen ausgestattet, so dass deren Anbindung nur möglich ist, wenn die Fernwärme günstiger als die Betriebs- und Verbrauchskosten der bestehenden Öl- oder Gasfeuerung ist.

Das erste zu erschließende Potenzial sind die an den bestehenden Leitungen liegenden Gebäude. Zu den ca. 220 Gebäuden, die schon bisher an das Wärmenetz angeschlossen sind, könnten so noch überschlägig berechnet rund 284 Gebäude zusätzlich an das Wärmenetz angeschlossen werden. Technisch begrenzend wirkt sich das teilweise vorhandene Einrohrsystem aus. Hier ist das zusätzliche Leistungspotenzial begrenzt, so dass die Erneuerung dieser Teilstücke im Zuge des Anschlusses aller 284 Gebäude notwendig wird.

Länge Fernwärmetrasse	0 km
Länge Hausanschluss	2,272 km
Länge Gesamtnetz	- km
Summe Wärmeleistungsbedarf	5,2 MW _{th}
Jahresgesamtwärmebedarf	4.820 MWh _{th} /a
Anzahl Hausanschlüsse	284
Spez. Wärmeleistung bezogen auf Fernwärmetrasse	- W _{th} /m
Spez. Wärmeabsatz bezogen auf das Gesamtnetz	- MWh _{th} /a·m
Spez. Anzahl Hausanschlüsse bezogen auf Fernwärmetrasse	- 1/km
Spez. Fernwärmetrasse pro Hausanschluss	- m/Ha
Spez. Wärmeleistung pro Hausanschluss	18 kW/Ha
Spez. Jahreswärmebedarf pro Hausanschluss	17 MWh/Ha·a

Tabelle 6-2 Kenndaten zur Erschließung weiterer Gebäude, die an einer Fernwärmeleitung liegen

Die spezifischen Werte pro Hausanschluss zeigen, dass es sich im Wesentlichen um kleine Gebäude wie Einfamilienhäuser handelt.

Der Austausch der Einrohrleitung wird nicht sofort notwendig. Im Zuge zunehmender Anschlüsse kann das bestehende System weiter ausgereizt werden. Nach den Erfahrungen des Heizzentralenbetriebs zeigt sich, dass die Wärmespitzenleistung mit den vorhandenen Leitungsquerschnitten nicht abgedeckt werden kann. Aus dem Erdgasverbrauch wurde von den Verbands- und Gemeindewerken Rülzheim eine thermische Spitzenleistung von ca. 6,7 MW_{th} berechnet.

Die BHKW-Anlage im Freizeitzentrum stellt Wärme sowohl für das Freizeitzentrum selbst und für das Wärmenetz zur Verfügung. Durch die separate Einspeisung ins Netz des Freizeitzentrums belastet der Wärmebedarf des Freizeitzentrums von etwa 2 MW_{th} nicht das Wärmenetz. Demnach beträgt die Wärmespitzenleistung für das Ortsgebiet Mitte und Süd rund 4,7 MW_{th}. Davon benötigt das Gebiet Süd etwa 3 MW_{th} und die Ortsmitte ca. 1,7 MW_{th}.

Da noch nicht geklärt ist, wo der Standort des Geothermiekraftwerks in Rülzheim sein soll, ist das vorhandene Wärmenetz entsprechend anzupassen. So ist für das Freizeitzentrum und für den Verteiler Fernwärme im Freizeitzentrum jeweils ein separater Wärmetauscher erforderlich. Hierzu¹ wurden folgende Kenndaten ermittelt:

		Freizeitzentrum	Fernwärmeverteiler im Freizeitzentrum
Wärmeleistung Wärmetauscher	MW _{th}	2	4,7
Volumenstrom	m ³ /h	86	170
Vorlauftemperatur	°C	80	85
Rücklauftemperatur	°C	60	60

Tabelle 6-3 Kenndaten erforderliche Wärmetauscher im Wärmenetz

In Verbindung damit sind die Umwälzpumpen des Wärmenetzes im Freizeitzentrum, in der Grund- und Hauptschule, im Altersheim sowie die Umwälzpumpen für die Versorgung des Fernwärmeverteilers Süd durch das BHKW Grund- und Hauptschule und des Fernwärmeverteilers Grund- und Hauptschule durch das BHKW Süd durch stärkere, drehzahlgeregelte Pumpen zu erneuern. Damit würde sich der maximale Betriebsüberdruck im Wärmenetz auf 9 bar erhöhen.

Das Altersheim „Braunsche´s Stift“ ist im Wärmenetz am schlechtesten gestellt, da dort gerade noch 64 °C Vorlauftemperatur vorliegen, die durch den Spitzenlastkessel Süd maximal noch um ca. 4 bis 5 °C angehoben werden kann.

¹ Lenske: Vorstudie zur Einspeisung von Geo-Wärme in FW Netz, Oktober 2004

Die Anpassung der Wärmespitzenleistung des vorhandenen Netzes muss zügig erfolgen, damit möglichst jede anstehende Heizungserneuerung in noch nicht an das Fernwärmenetz angeschlossenen, an einer Fernwärmetrasse liegenden Gebäude für einen Anschluss an das Fernwärmenetz genutzt wird.

Denn jede Heizungserneuerung in Form einer Einzelheizung ist für den Gebäudeeigentümer, aber auch volkswirtschaftlich wie unter dem Aspekt des Klimaschutzes eine verpasste Chance. Zusätzlich bedeutet sie unnötige Mehrkosten!

Die vollständige Ausnutzung des bestehenden Fernwärmenetzes ergibt folgende Kenndaten:

Länge Fernwärmetrasse	8,650 km
Länge Hausanschluss	4,032 km
Länge Gesamtnetz	12,682 km
Summe Wärmeleistungsbedarf	12,2 MW _{th}
Jahresgesamtwärmebedarf	22.820 MWh _{th} /a
Anzahl Hausanschlüsse	504
Spez. Wärmeleistung bezogen auf Fernwärmetrasse	1.415 W _{th} /m
Spez. Wärmeabsatz bezogen auf das Gesamtnetz	1,8 MWh _{th} /a·m
Spez. Anzahl Hausanschlüsse bezogen auf Fernwärmetrasse	58 1/km
Spez. Fernwärmetrasse pro Hausanschluss	17 m/Ha
Spez. Wärmeleistung pro Hausanschluss	24 kW/Ha
Spez. Jahreswärmebedarf pro Hausanschluss	45 MWh/Ha·a

Tabelle 6-4 Kenndaten bei vollständiger Ausnutzung des bestehenden Fernwärmenetzes

Die Tabelle zeigt, dass sich bei einem Anschluss sämtlicher bisher noch nicht angeschlossener, am vorhandenen Fernwärmenetz liegenden Gebäude der Wärmeleistungsbedarf um 5,2 MW_{th} von 7 auf 12,2 MW_{th} bzw. um 71%, der jährliche Wärmeabsatz (=Jahresgesamtwärmebedarf) aber nur von 18.000 auf 22.820 MWh_{th}/a bzw. um 27% erhöht.

6.3 Fernwärmeversorgung der noch nicht erschlossenen Bereiche

Derzeit sind 220 Gebäude an das bestehende Wärmenetz angeschlossen. Über die Anzahl von rund 2.400 Hausanschlüssen Abwasser in Rülzheim berechnet sich die Anzahl der noch anzuschließenden Gebäude in Rülzheim zu ca. 2.180. Davon können etwa 284 Gebäude an das bestehende Wärmenetz angeschlossen werden. Die verbleibenden 1896 Gebäude müssen durch neue Fernwärmetrassen, Hausanschlüsse und Hausübergabestationen erschlossen werden.

Anhand der Länge der Straßenbeleuchtungsleitungen und des vorhandenen Wärmenetzes wird die Länge der noch zu verlegenden Fernwärmeleitungen inklusive der Hausanschlussleitungen für eine gesamte Versorgung der Gemeinde Rülzheim mit Fernwärme überschlägig berechnet. Der zugehörige Wärmebedarf ist aus dem Kapitel „Energetische Kenndaten Rülzheim“ entnommen.

In der folgenden Tabelle sind die Kenndaten der Erschließung aufgeführt.

Länge Fernwärmetrasse	32,0 km
Länge Hausanschluss	15,168 km
Länge Gesamtnetz	47,168 km
Summe Wärmeleistungsbedarf	35 MW _{th}
Jahresgesamtwärmebedarf	32.180 MWh _{th} /a
Anzahl Hausanschlüsse	1.896
Spez. Wärmeleistung bezogen auf Fernwärmetrasse	1.094 W _{th} /m
Spez. Wärmeabsatz bezogen auf das Gesamtnetz	0,68 MWh_{th}/a·m
Spez. Anzahl Hausanschlüsse bezogen auf Fernwärmetrasse	59 1/km
Spez. Fernwärmetrasse pro Hausanschluss	17 m/Ha
Spez. Wärmeleistung pro Hausanschluss	18 kW/Ha
Spez. Jahreswärmebedarf pro Hausanschluss	17 MWh/Ha·a

Tabelle 6-5 Kenndaten zur Erschließung der derzeit nicht fernwärmeversorgten Bereiche

Mit einem Fernwärmenetz entlang der Ortsstraßen ergibt sich ein verhältnismäßig niedriger Wärmeabsatz. Die Struktur der Bebauung lässt keine hohen Wärmedichten wie bei einer hoch verdichteten Bauweise erwarten.

6.4 Vollständige Fernwärmeversorgung

Die vollständige Fernwärmeversorgung umfasst das bestehende Netz, die Erschließung der am bestehenden Netz liegenden Verbraucher sowie die Versorgung aller anderen Bereiche. Die vollständige Versorgung von Rülzheim beinhaltet dabei auch den Austausch des vorhandenen Einrohrnetzes.

In der folgenden Tabelle sind die **Kenndaten eines ganz Rülzheim umfassenden Wärmenetzes** aufgeführt.

Länge Fernwärmetrasse	40,65 km
Länge Hausanschluss	19,20 km
Länge Gesamtnetz	59,85 km
Summe Wärmeleistungsbedarf	47,25 MW _{th}
Jahresgesamtwärmebedarf	55.000 MWh _{th} /a
Anzahl Hausanschlüsse	2.400
Spez. Wärmeleistung bezogen auf Fernwärmetrasse	1.162 W _{th} /m
Spez. Wärmeabsatz bezogen auf das Gesamtnetz	0,92 MWh _{th} /a·m
Spez. Anzahl Hausanschlüsse bezogen auf Fernwärmetrasse	59 1/km
Spez. Fernwärmetrasse pro Hausanschluss	17 m/Ha
Spez. Wärmeleistung pro Hausanschluss	20 kW/Ha
Spez. Jahreswärmebedarf pro Hausanschluss	23 MWh/Ha·a

Tabelle 6-6 Kenndaten zum Ausbau des bestehenden Wärmenetzes auf ganz Rülzheim

Mit einem Fernwärmenetz entlang der Ortsstraßen ergibt sich mit 0.92 MWh_{th}/a·m nur ein verhältnismäßig niedriger Wärmeabsatz. Die Struktur der Bebauung lässt keine hohen Wärmedichten wie bei einer hoch verdichteten Bauweise erwarten.

7 Wirtschaftlichkeit der Fernwärmeversorgung

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden die Jahreskosten und die Wärmepreise eines Neuanschlusses an die derzeitige noch erdgasbasierte Fernwärme (Fernwärmetarife 2006 Rülzheim¹) den Jahreskosten und Wärmepreisen eines Erdgaskessels gegenübergestellt. Die Berechnung erfolgt anhand von Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind folgende Rahmenbedingungen zu Grunde gelegt:

Bestimmung kapitalgebundene Kosten

Zinssatz	5 %
Abschreibungsdauer Anschlussleitung	25 Jahre
Abschreibungsdauer Hausübergabestation	30 Jahre
Abschreibungsdauer Heizkessel	20 Jahre
Abschreibungsdauer Planung, Unvorgesehenes	15 Jahre

Bestimmung verbrauchsgebundene Kosten

Arbeitspreis Fernwärme ¹	44,22 €/MWh _{th} inkl. MwSt.
Leistungspreis Fernwärme bis 39 kW _{th} ¹	19,08 €/(kW _{th} a) inkl. MwSt.
Leistungspreis Fernwärme ab 40 kW _{th} ¹	21,46 €/(kW _{th} a) inkl. MwSt.
Zählermiete Fernwärme ¹	7,41 €/Monat inkl. MwSt.
Arbeitspreis Erdgas ab 4.571 kWh _{Ho} /a ²	5,51 Ct/kWh _{Ho} inkl. MwSt.
Arbeitspreis Erdgas ab 90.000 kWh _{Ho} /a ²	5,22 Ct/kWh _{Ho} inkl. MwSt.
Arbeitspreis Erdgas ab 150.000 kWh _{Ho} /a ²	5,10 Ct/kWh _{Ho} inkl. MwSt.
Grundpreis bis 12 kW _{th} Anschlussleistung ²	119,71 €/a inkl. MwSt.
Grundpreis jedes weitere kW _{th} Anschlussleistung ²	9,05 €/a inkl. MwSt.
allgemeiner Strompreis Haushalt ³	16,00 Ct/kWh _{el} inkl. MwSt.
allgemeiner Strompreis Gewerbe ³	14,00 Ct/kWh _{el} inkl. MwSt.

¹ Verbands- und Gemeindewerke Rülzheim: Tarife Fernwärmeversorgung, Preisstand ab 01. Januar 2006

² Thüga AG Rheinhessen Pfalz: Sonderpreistarif für Heizgaskunden und für Gewerbetreibende, Preisstand 01.01.2006

³ Verbands- und Gemeindewerke Rülzheim: Stromtarife; Preisstand ab 01. Januar 2006, TSB-Berechnung durchschnittlicher Strompreis

Bestimmung betriebsgebundene Kosten

Wartung / Instandhaltung Heizkessel:	2 % der Investition (Heisanlage)
Wartung / Instandhaltung Hausübergabestation	2 % der Investition (Station)
Wartung / Instandhaltung Fernwärmeleitungen	1 % der Investition (Trasse)
Emissionsmessung	50 €/a inkl. MwSt.

7.1 Wirtschaftlichkeit der Anbindung weiterer Gebäude an das bestehendes Fernwärmenetz

Die technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit der Anbindung des Gebäudebestands an das vorhandene Wärmenetz wird im Folgenden dargestellt.

Dazu wird zunächst die Länge der Anschlussleitungen ermittelt.

Anbindung weiterer Gebäude an bestehendes Wärmenetz	
Länge Fernwärmetrasse	0 km
Länge Hausanschluss	2,272 km
Summe Wärmeleistungsbedarf	5,2 MW _{th}
Jahresgesamtwärmebedarf	4.820 MWh _{th} /a
Anzahl Hausanschlüsse	284

Tabelle 7-1 Anbindung weiterer Gebäude an bestehendes Wärmenetz

Mit spezifischen Investitionskosten für Kunststoffrohre inklusive Tiefbauarbeiten und Wiederherstellen der versiegelten Fläche in dichter Besiedelung ergeben sich folgende, überschlägige Investitionskosten.

		Anbindung weiterer Gebäude an bestehendes Wärmenetz	pro Hausanschluss
Länge Hausanschluss	m	2.272	8 m
Hausanschluss	€	1.067.000	3.757 €
Gesamtinvestition inkl. MwSt.	€	1.067.000	3.757 €

Tabelle 7-2 Investitionskosten Anbindung weiterer Gebäude an bestehendes Wärmenetz
(ohne Hausübergabestationen)

Zum technischen und wirtschaftlichen Vergleich werden für drei verschiedene Anwendungsfälle, nämlich für ein Einfamilienhaus, ein Mehrfamilienhaus und für einen Gewerbebetrieb, die zentrale Wärmeversorgung der dezentralen Wärmeversorgung mit einer Erdgasheizung gegenübergestellt. Für den dezentralen Erdgaskessel wird zwischen einem erneuerungsbedürftigen und einem bestehenden Kessel unterschieden, was sich in den Kapitalkosten bemerkbar macht.

7.1.1 Technische Umsetzung des Anschlusses der noch nicht an das vorhandene erdgasbasierte Fernwärmenetz angeschlossenen 284 Gebäude

Zum technischen und wirtschaftlichen Vergleich werden für drei verschiedene Anwendungsfälle, nämlich für ein Einfamilienhaus, ein Mehrfamilienhaus und für einen Gewerbebetrieb, der Anschluss an das vorhandene Fernwärmenetz der derzeitigen dezentralen Wärmeversorgung mit einer Erdgasheizung gegenübergestellt. Für den dezentralen Erdgaskessel wird zwischen einem erneuerungsbedürftigen und einem bestehenden Kessel unterschieden, was sich in den Kapitalkosten bemerkbar macht.

Für alle drei Anwendungsfälle wird angenommen, dass an deren Grundstück eine vorhandene Fernwärmetrasse vorbeiführt, sodass zur Wärmeversorgung der Gebäude der Hausanschluss und eine indirekte Hausübergabestation erforderlich sind. Eine indirekte Hausübergabestation entkoppelt das Heizwasser der Fernwärmeversorgung vom Heizwasser des Gebäudeheizsystems.

Als Gewerbebetrieb wird eine Kaufhalle oder Supermarkt angenommen.

Als Wärmebedarf werden folgende Werte festgelegt.

		Einfamilienhaus	Mehr- familienhaus	Gewerbebetrieb
Wärmeleistung	kW_{th}	15	50	80
Vollbenutzungsstunden ¹	h/a	1.900	2.100	1.700
Wärmebedarf	$\text{kWh}_{\text{th}}/\text{a}$	28.500	105.000	136.000

¹ Kubessa Michael, Energiekennwerte: Handbuch für Beratung, Planung und Betrieb, 1998, Potsdam

7.1.2 Energiebilanz

In der Energiebilanz sind die umgesetzten Energie- und Brennstoffmengen für die Fernwärmeversorgung und die Wärmeerzeugung mit einem Erdgaskessel für die drei unterschiedlichen Gebäude aufgeführt.

		Einfamilienhaus Fernwärme	Einfamilienhaus Erdgaskessel
Wärmeleistung	kW _{th}	15	15
Wärmebedarf	kWh _{th} /a	28.500	28.500
Nennleistung Hausübergabestation	kW _{th}	15	
Nennleistung Erdgastherme	kW _{th}		15
Jahresnutzungsgrad Erdgastherme	%		92
Fernwärmebedarf	kWh _{th} /a	28.500	
Brennstoffbedarf Erdgas	kWh _{Hu} /a kWh _{Ho} /a		30.978 34.076
Brennstoffmenge Erdgas	m ³ /a		3.098
Strombedarf Hilfsenergie	kWh _{el} /a	285	285

Tabelle 7-3 Energiebilanz Einfamilienhaus

		Mehrfamilienhaus Fernwärme	Mehrfamilienhaus Erdgaskessel
Wärmeleistung	kW _{th}	50	50
Wärmebedarf	kWh _{th} /a	105.000	105.000
Nennleistung Hausübergabestation	kW _{th}	50	
Nennleistung Erdgastherme	kW _{th}		50
Jahresnutzungsgrad Erdgaskessel	%		92
Fernwärmebedarf	kWh _{th} /a	105.000	
Brennstoffbedarf Erdgas	kWh _{Hu} /a kWh _{Ho} /a		114.130 125.543
Brennstoffmenge Erdgas	m ³ /a		11.413
Strombedarf Hilfsenergie	kWh _{el} /a	1.050	1.050

Tabelle 7-4 Energiebilanz Mehrfamilienhaus

		Gewerbebetrieb Fernwärme	Gewerbebetrieb Erdgaskessel
Wärmeleistung	kW_{th}	80	80
Wärmebedarf	$\text{kWh}_{\text{th}}/\text{a}$	136.000	136.000
Nennleistung Hausübergabestation	kW_{th}	80	
Nennleistung Erdgastherme	kW_{th}		80
Jahresnutzungsgrad Erdgaskessel	%		92
Fernwärmebedarf	$\text{kWh}_{\text{th}}/\text{a}$	136.000	
Brennstoffbedarf Erdgas	$\text{kWh}_{\text{Hu}}/\text{a}$		147.826
	$\text{kWh}_{\text{Ho}}/\text{a}$		162.609
Brennstoffmenge Erdgas	m^3/a		14.783
Strombedarf Hilfsenergie	$\text{kWh}_{\text{el}}/\text{a}$	1.360	1.360

Tabelle 7-5 Energiebilanz Gewerbebetrieb

7.1.3 Wirtschaftlicher Vergleich für unterschiedliche Verbraucher

Investitionskosten „Anschluss an vorhandenes Wärmenetz“ im Vergleich zur Erneuerung einer Erdgasheizung

In den folgenden Tabellen werden die Investitionskosten inklusive der gesetzlichen Mehrwertsteuer für einen Neuanschluss an das vorhandene Wärmenetz den Kosten der Erneuerung einer Erdgasheizung für 3 Gebäudekategorien gegenübergestellt.

		Einfamilienhaus Fernwärme	Einfamilienhaus Erdgaskessel
Wärmeleistung Hausübergabestation	kW _{th}	15	
Wärmeleistung Erdgastherme	kW _{th}		15
Hausanschluss	€	3.300	
indirekte Hausübergabestation mit WWB inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€	3.300	
Erdgastherme mit WWB inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€		5.200
Planung, Unvorhergesehenes	€	1.000	800
Gesamtinvestition	€	7.600	6.000

Tabelle 7-6 Investitionskosten Einfamilienhaus incl. 16% MWSt.

		Mehrfamilienhaus Fernwärme	Mehrfamilienhaus Erdgaskessel
Wärmeleistung Hausübergabestation	kW _{th}	50	
Wärmeleistung Erdgaskessel	kW _{th}		50
Hausanschluss	€	3.300	
indirekte Hausübergabestation mit WWB inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€	4.400	
Erdgaskessel mit WWB inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€		7.300
Planung, Unvorhergesehenes	€	1.100	1.100
Gesamtinvestition	€	8.800	8.400

Tabelle 7-7 Investitionskosten Mehrfamilienhaus incl. 16% MWSt.

		Gewerbebetrieb Fernwärme	Gewerbebetrieb Erdgaskessel
Wärmeleistung Hausübergabestation	kW _{th}	80	
Wärmeleistung Erdgaskessel	kW _{th}		80
Hausanschluss	€	7.300	
indirekte Hausübergabestation mit WWB inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€	6.300	
Erdgaskessel mit WWB inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€		10.800
Planung, Unvorhergesehenes	€	2.000	1.600
Gesamtinvestition	€	15.600	12.400

Tabelle 7-8 Investitionskosten Gewerbebetrieb incl. 16% MWSt.

Mit Kosten des Fernwärmeanschlusses beim Einfamilienhaus von knapp 8.000 €, beim Mehrfamilienhaus von knapp 9.000 € und beim Gewerbebetrieb von knapp 16.000 € liegen die Investitionen zwar geringfügig über den Kosten des Austauschs eines Erdgaskessels, aber unter den Kosten einer Erneuerung der Ölheizung.

Insoweit sind die Investitionskosten für einen Fernwärmeanschluss auch für jeden Gebäudeeigentümer im Rahmen des Üblichen. Insoweit spricht objektiv nichts dagegen, sich im Rahmen der Heizungserneuerung an das vorhandene noch erdgasbasierte Fernwärmenetz anzuschließen, sofern die Bruttokosten der Fernwärme wirtschaftlich wettbewerbsfähig zur Erdgas-Einzelheizung sind.

Vergleich der Wärmekosten beim Anschluss an das vorhandene erdgasbasierte Fernwärmenetz im Vergleich zu den Voll- und den laufenden Kosten der Erdgas-Einzelheizung

Der Wirtschaftlichkeitsvergleich ist den Tabellen zu entnehmen.

		Einfamilienhaus Fernwärme	Einfamilienhaus Neuer Erdgaskessel	Einfamilienhaus Bestehender Erdgaskessel
Wärmeleistung	kW _{th}	15	15	15
Investitionskosten inkl. MwSt.	€	7.600	6.000	
Kapitalkosten inkl. MwSt.	€/a	545	494	
Verbrauchskosten inkl. MwSt.	€/a	1.683	2.073	2.073
Betriebskosten inkl. MwSt.	€/a	65	154	154
Jahreskosten inkl. MwSt.	€/a	2.293	2.721	2.227
Wärmebedarf	kWh _{th} /a	28.500	28.500	28.500
Wärmepreis inkl. MwSt.	Ct/kWh _{th}	8,0	9,5	7,8

Tabelle 7-9 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmeversorgung Einfamilienhaus

Wirtschaftlichkeit Wärmeversorgung Einfamilienhaus

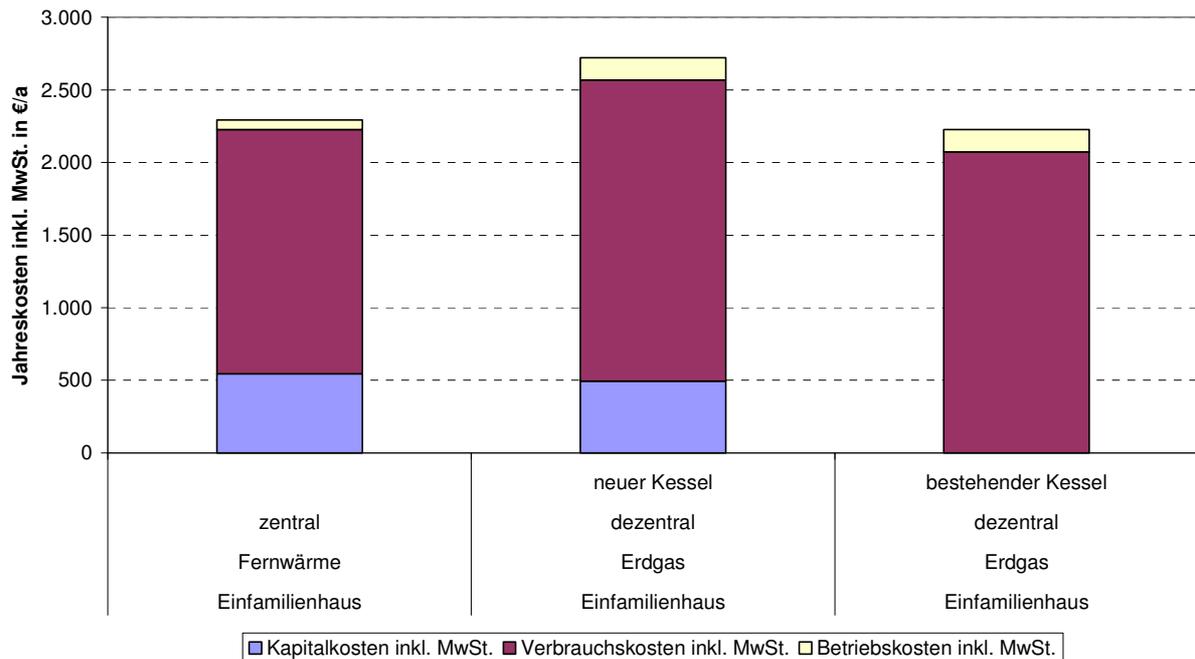


Abbildung 7-1 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmeversorgung Einfamilienhaus

		Mehrfamilienhaus Fernwärme	Mehrfamilienhaus Neuer Erdgaskessel	Mehrfamilienhaus Bestehender Erdgaskessel
Wärmeleistung	kW _{th}	50	50	50
Investitionskosten inkl. MwSt.	€	8.800	8.400	
Kapitalkosten inkl. MwSt.	€/a	626	692	
Verbrauchskosten inkl. MwSt.	€/a	5.981	7.195	7.195
Betriebskosten inkl. MwSt.	€/a	87	196	196
Jahreskosten inkl. MwSt.	€/a	6.694	8.083	7.391
Wärmebedarf	kWh _{th} /a	105.000	105.000	105.000
Wärmepreis inkl. MwSt.	Ct/kWh _{th}	6,4	7,7	7,0

Tabelle 7-10 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmeversorgung Mehrfamilienhaus

Wirtschaftlichkeit Wärmeversorgung Mehrfamilienhaus

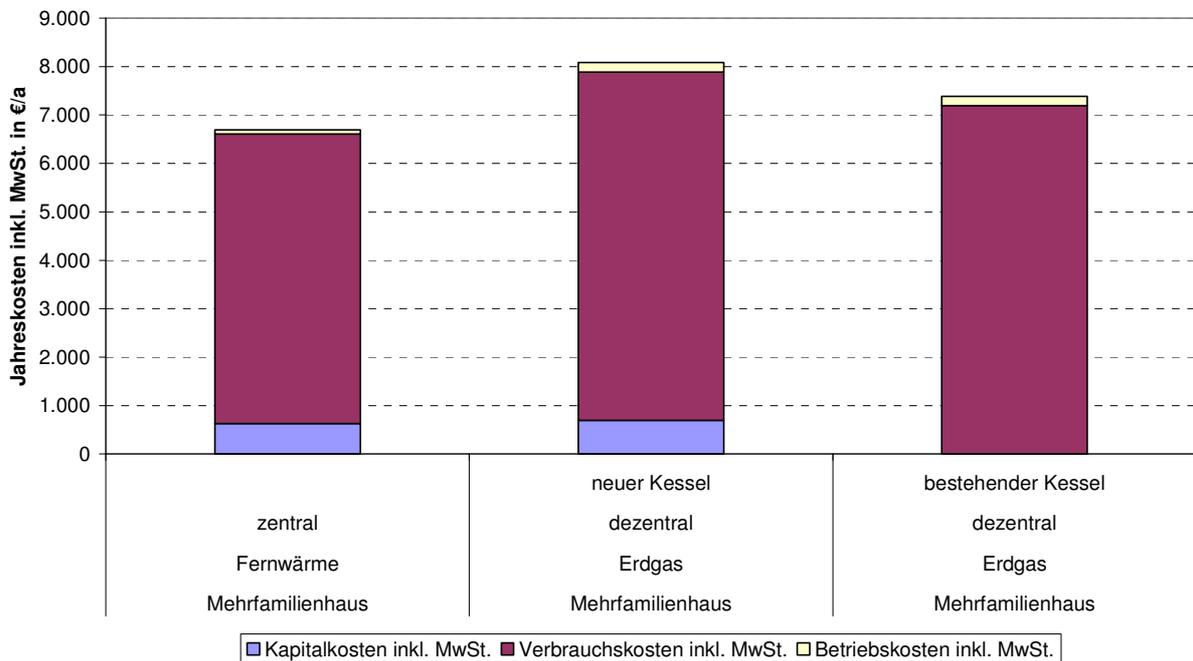


Abbildung 7-2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmeversorgung Mehrfamilienhaus

		Gewerbebetrieb Fernwärme	Gewerbebetrieb Neuer Erdgaskessel	Gewerbebetrieb Bestehender Erdgaskessel
Wärmeleistung	kW_{th}	80	80	80
Investitionskosten inkl. MwSt.	€	15.600	12.400	
Kapitalkosten inkl. MwSt.	€/a	1.120	1.021	
Verbrauchskosten inkl. MwSt.	€/a	8.020	9.239	9.239
Betriebskosten inkl. MwSt.	€/a	127	267	267
Jahreskosten inkl. MwSt.	€/a	9.267	10.527	9.506
Wärmebedarf	$\text{kWh}_{\text{th}}/\text{a}$	136.000	136.000	136.000
Wärmepreis inkl. MwSt.	Ct/ kWh_{th}	6,8	7,7	7,0

Tabelle 7-11 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmeversorgung Gewerbebetrieb

Wirtschaftlichkeit Wärmeversorgung Gewerbebetrieb

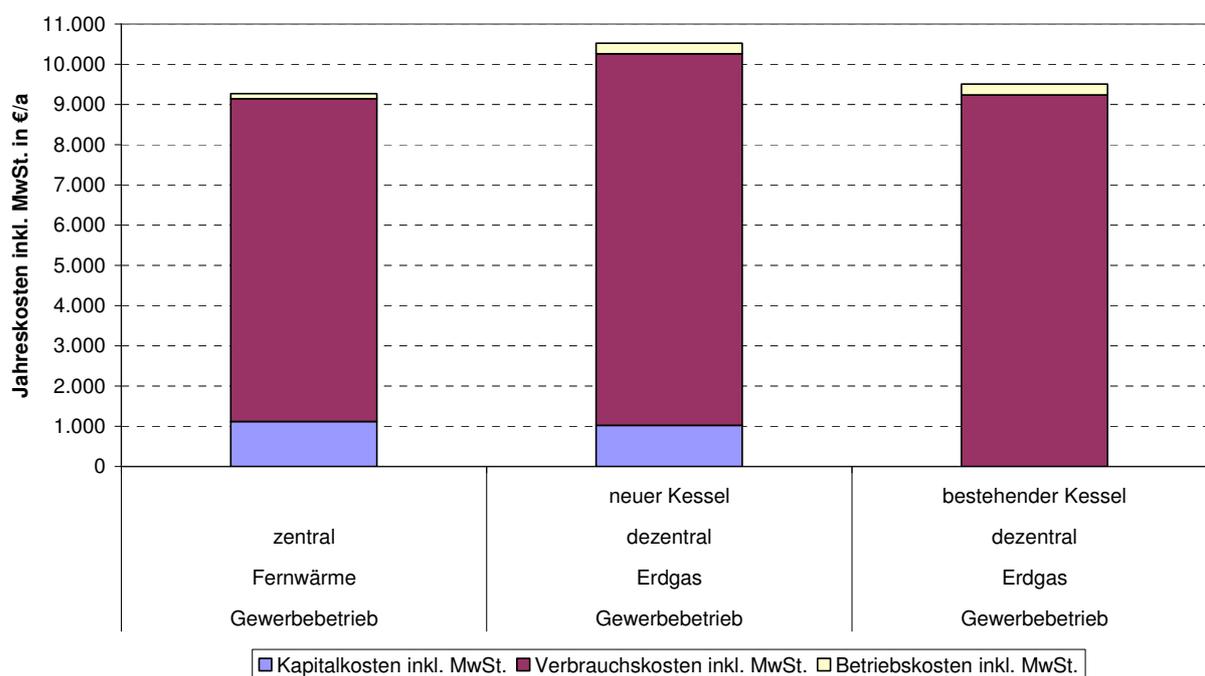


Abbildung 7-3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmeversorgung Gewerbebetrieb

Danach ist schon heute beim Einfamilienhaus bei anstehender Heizungserneuerung der Anschluss an das vorhandene noch erdgasbasierte Fernwärmenetz in den Jahreskosten um mehr als 400 € bzw. um 16% günstiger als die Erneuerung der Erdgasheizung. Der Anschluss an das Fernwärmenetz ist sogar schon fast wettbewerbsfähig zu den laufenden Kosten der Erdgasheizung.

Beim Mehrfamilienhaus ist die Einsparung durch den Anschluss an das Fernwärmenetz noch größer als beim Einfamilienhaus. Im Vergleich zu den Vollkosten der Erdgas-Einzelheizung, das heißt wenn die Heizung erneuert werden muss, spart der Gebäudeeigentümer beim Mehrfamilienhaus jährlich fast 1.400 € bzw. 17%. Was besonders interessant ist: Der Fernwärmeanschluss ist sogar um ca. 700 € bzw. 10% pro Jahr billiger als die laufenden Kosten der Erdgasheizung. Das heißt: Hier lohnt generell die sofortige Umstellung auf Fernwärme.

Ähnlich ist es beim Gewerbebetrieb. Auch hier ist der Anschluss an das vorhandene Wärmenetz zu den aktuellen Fernwärmeariften schon heute um 1.260 € bzw. um 12% billiger als die Vollkosten der Erdgas-Einzelheizung. Mit einer Einsparung von 240 €/Jahr gilt dies auch im Vergleich zu den laufenden Kosten der Erdgas-Einzelheizung. Insoweit lohnt auch hier eine sofortige Umstellung auf Fernwärme.

Fazit:

Bei allen drei Gebäudekategorien „Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus, Gewerbebetrieb“ sind die Jahreskosten für die Fernwärmeversorgung mit den derzeitigen noch erdgasbasierten Fernwärmeariften der Verbands- und Gemeindewerke Rülzheim günstiger als die Kosten der Wärmeversorgung mit einem neuen Erdgaskessel. Insoweit lohnt es für die Gebäudeeigentümer, deren Gebäude an der Fernwärmetrasse des vorhandenen erdgasbasierten Wärmenetzes liegen, sich bei anstehenden Heizungserneuerungen schon heute an das vorhandene Wärmenetz anzuschließen.

Sogar für diejenigen, deren Einzelheizung noch nicht zur Erneuerung ansteht, ist es interessant, sich zu den derzeitigen Fernwärmeariften an das vorhandene Fernwärmenetz anzuschließen, sind doch die Fernwärmearife sogar wettbewerbsfähig zu den laufenden Kosten der Erdgas-Einzelheizung.

8 Anlegbarer Wärmepreis für die Fernwärmeversorgung mit Geowärme

Durch die Umsetzung eines Geothermiekraftwerks und eine damit verbundene Umstellung auf Geowärme werden sich im Gegensatz zum derzeitigen Fernwärmetarif andere Wärmepreise ergeben. Zur Berechnung eines anlegbaren Wärmepreises wird für eine vollständige Fernwärmeversorgung in Rülzheim eine Wirtschaftlichkeit aufgestellt.

Bezüglich eines anlegbaren Geowärmepreises sind unterschiedliche Situationen zu bewerten.

Dazu werden die Kapital- und Betriebskosten der Fernwärmeversorgung berechnet. Für die dezentrale Wärmeversorgung auf Basis von Erdgaskesseln werden die Jahreskosten aus den Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten bestimmt. Damit die Fernwärmeversorgung konkurrenzfähig zur dezentralen Wärmeversorgung wird, sind maximal die gleichen Jahreskosten anzusetzen. In der Tabelle entsprechen die Differenzkosten den maximalen Verbrauchskosten der Fernwärme. In Bezug auf den Gesamtwärmebedarf der jeweiligen Ausbaustufe wird ein anlegbarer Wärmepreis ermittelt.

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden die Jahreskosten und die Wärmepreise der beiden Anlagenvarianten anhand von Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 berechnet.

Es sind Rahmenbedingungen für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu Grunde gelegt.

Bestimmung kapitalgebundene Kosten

Zinssatz	5 %
Abschreibungsdauer Nahwärmeleitungen	25 Jahre
Abschreibungsdauer Hausübergabestation	30 Jahre
Abschreibungsdauer Heizkessel	20 Jahre
Abschreibungsdauer Planung, Unvorgesehenes	15 Jahre

Bestimmung verbrauchsgebundene Kosten

Arbeitspreis Erdgas ab 4.229 kWh _{Ho} /a ¹	4,41 Ct/kWh _{Ho} inkl. MwSt.
Grundpreis bis 12 kW _{th} Anschlussleistung ¹	115,54 €/a inkl. MwSt.
Grundpreis jedes weitere kW _{th} Anschlussleistung ¹	9,05 €/a inkl. MwSt.
allgemeiner Strompreis Haushalt ²	17,00 Ct/kWh _{el} inkl. MwSt.
allgemeiner Strompreis Gewerbe ²	15,00 Ct/kWh _{el} inkl. MwSt.

Bestimmung betriebsgebundene Kosten

Wartung / Instandhaltung Heizkessel	2 % der Investition (Heizanlage)
Wartung / Instandhaltung Hausübergabestation	2 % der Investition (Station)
Wartung / Instandhaltung Fernwärmeleitungen	1 % der Investition (Trasse)
Emissionsmessung	50 €/a inkl. MwSt.

¹ Thüga AG Rheinhessen Pfalz: Sonderpreistarif für Heizgaskunden und für Gewerbetreibende, Preisstand 01.01.2006

² Verbands- und Gemeindewerke Rülzheim: Stromtarife; Preisstand ab 01. Januar 2006, TSB-Berechnung durchschnittlicher Strompreis

8.1 Anlegbarer Geowärmepreis für die bestehende Fernwärmeversorgung

Über das derzeit vorhandene noch erdgasbasierte Fernwärmenetz mit seinen 8,65 km Fernwärmetrasse und 220 angeschlossenen Gebäuden werden 18.000 MWh_{th} pro Jahr an Wärme abgesetzt.

Hierbei finanziert sich das Fernwärmenetz aus dem Leistungspreis und der Zählermiete Fernwärme.

Arbeitspreis Fernwärme ¹	41,84 €/MWh _{th} inkl. MwSt.
Leistungspreis Fernwärme bis 39 kW _{th} ¹	18,77 €/(kW _{th} a) inkl. MwSt.
Leistungspreis Fernwärme ab 40 kW _{th} ¹	21,11 €/(kW _{th} a) inkl. MwSt.
Zählermiete Fernwärme ¹	7,15 €/Monat inkl. MwSt.

Die Geowärme ersetzt künftig die derzeit erdgasbasierte Fernwärme. Insoweit darf die Geowärme allenfalls preisgleich sein, damit sie von den Kunden akzeptiert wird. Bei einer über das derzeitige Fernwärmenetz abgesetzten Jahreswärmemenge von 18.000 MWh_{th} und einem Arbeitspreis der erdgasbasierten Fernwärme von 36,07 €/MWh_{th} netto wäre damit für ein Geothermiekraftwerk für die Wärmebelieferung des vorhandenen Fernwärmenetzes eine Zusatzeinnahme von rund 650.000 €/Jahr zzgl. Mehrwertsteuer möglich. Aus diesem Betrag müsste die Anbindung des Geothermiekraftwerks an das vorhandene Nahwärmenetz finanziert werden.

¹ Verbands- und Gemeindewerke Rülzheim: Tarife Fernwärmeversorgung, Preisstand ab 01. Januar 2006

8.2 Anlegbarer Geowärmepreis für Anbindung weiterer Gebäude an das bestehende Fernwärmenetz

Etwa 284 Gebäude können noch an das bestehende Wärmenetz angeschlossen werden.

Für den Austausch des vorhandenen Einrohrsystems im Netz Mitte/Nord gegen ein Zweirohrsystem werden ebenfalls Investitionskosten abgeschätzt.

An das vorhandene Fernwärmenetz können zu den bisher schon angeschlossenen 220 Gebäuden noch weitere 284 Gebäude angeschlossen werden. Die hierdurch erreichte zusätzliche Wärmeabnahme liegt bei 5.541 MWh_{th} pro Jahr.

Der Anschluss dieser 284 Gebäude an das vorhandene erdgasbasierte Fernwärmenetz ist zu den derzeitigen Tarifen für den einzelnen Gebäudeeigentümer immer wirtschaftlicher als die Erneuerung der vorhandenen Erdgas- und Ölelheizung. Der Anschluss an das vorhandene Fernwärmenetz ist sogar schon sinnvoll, wenn eine Heizungserneuerung noch nicht ansteht.

Erweiterung Wärmenetz		Fernwärmeversorgung	Dezentrale Erdgasheizungen
Fernwärmetrasse	€	1.962.000	
Hausanschluss	€	1.067.000	
indirekte Hausübergabestation inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€	1.087.000	
Erdgastherme inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€		1.716.000
Planung, Unvorhergesehenes	€	617.000	257.000
Gesamtinvestition	€	4.733.000	1.973.000
Anzahl Hausanschlüsse		284	284
Investition pro Hausanschluss	€/Ha	16.665	6.950

Tabelle 8-1 Investition Fernwärmeversorgung und dezentrale Erdgasheizungen
Erweiterung Wärmenetz

Der anlegbare Wärmepreis berechnet sich für den Fall, dass eine dezentrale Erdgasheizung erneuert werden muss, wie folgt.

Erweiterung Wärmenetz		Fernwärmeversorgung	Dezentrale Erdgasheizung
Investitionskosten inkl. MwSt.	€	4.733.000	1.973.000
Kapitalkosten inkl. MwSt.	€/a	345.069	162.456
Verbrauchskosten inkl. MwSt.	€/a		380.309
Betriebskosten inkl. MwSt.	€/a	59.260	55.750
Jahreskosten inkl. MwSt.	€/a	404.329	557.025
Differenz Jahreskosten inkl. MwSt.	€/a	194.186	
Wärmebedarf Rülzheim	MWh _{th} /a	4.820	
anlegbarer Wärmepreis inkl. MwSt.	Ct/kWh_{th}	4,0	

Tabelle 8-2 Berechnung anlegbarer Wärmepreis Fernwärmeversorgung mit Geowärme in Rülzheim
Erweiterung Wärmenetz

Bei 4.820 MWh_{th} pro Jahr an zusätzlicher Wärmeabnahme durch die 284 zusätzlich anschließbaren Gebäude und einem anlegbaren Fernwärmepreis von 34,5 €/ MWh_{th} netto (= 40 €/MWh_{th} brutto) ergibt sich eine mögliche zusätzliche Einnahme für das Geothermiekraftwerk von rund 166.000 € zzgl. Mehrwertsteuer pro Jahr.

8.3 Anlegbarer Geowärmepreis der Fernwärmeversorgung der noch nicht erschlossenen Bereiche

Um den anlegbaren Geowärmepreis zu berechnen, werden die Kosten der derzeitigen Erdgas-Einzelheizung den Wärmekosten des neu zu bauenden Fernwärmenetzes gegenübergestellt. Dieser Betrachtung liegt der Netzausbau wie in Abschnitt 6.3 beschrieben zugrunde.

Für das im Rahmen der Erweiterung neu zu bauende Fernwärmenetz werden die Kapital- und Betriebskosten der Fernwärmeversorgung berechnet. Für die dezentrale Wärmeversorgung auf Basis von Erdgaskesseln werden die Jahreskosten aus den Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten bestimmt. Damit die Geo-Fernwärmeversorgung konkurrenzfähig zur dezentralen Wärmeversorgung wird, sind maximal die gleichen Jahreskosten anzusetzen. In der Tabelle entsprechen die Differenzkosten den maximalen Verbrauchskosten der Geo-Fernwärme. In Bezug auf den Wärmebedarf, der im Bereich der Netzerweiterung anfällt, wird der hier anlegbare Wärmepreis ermittelt.

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden die Jahreskosten und die Wärmepreise der beiden Beheizungsvarianten anhand von Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 berechnet.

Ausbau Wärmenetz		Fernwärmeversorgung	Dezentrale Erdgasheizungen
Fernwärmetrasse	€	22.829.000	
Hausanschluss	€	7.126.000	
indirekte Hausübergabestation inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€	7.258.000	
Erdgastherme inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€		11.457.000
Planung, Unvorhergesehenes	€	5.582.000	1.718.000
Gesamtinvestition	€	42.795.000	13.175.000
Anzahl Hausanschlüsse		1.896	1.896
Investition pro Hausanschluss	€/Ha	22.571	6.950

Tabelle 8-3 Investition Fernwärmeversorgung und dezentrale Erdgasheizungen
Ausbau Wärmenetz incl. 16% MWSt.

Der anlegbare Wärmepreis berechnet sich für den Fall, dass eine dezentrale Erdgasheizung erneuert werden muss, wie folgt.

Ausbau Wärmenetz		Fernwärmeversorgung	Dezentrale Erdgasheizung
Investitionskosten inkl. MwSt.	€	42.795.000	13.175.000
Kapitalkosten inkl. MwSt.	€/a	3.135.307	1.084.855
Verbrauchskosten inkl. MwSt.	€/a		2.538.967
Betriebskosten inkl. MwSt.	€/a	492.890	372.210
Jahreskosten inkl. MwSt.	€/a	3.628.287	3.996.032
Differenz Jahreskosten inkl. MwSt.	€/a	367.745	
Wärmebedarf	MWh _{th} /a	32.180	
anlegbarer Wärmepreis inkl. MwSt.	Ct/kWh_{th}	1,1	

Tabelle 8-4 Berechnung anlegbarer Wärmepreis Fernwärmeversorgung mit Geowärme in Rülzheim
Ausbau Wärmenetz

8.4 Anlegbarer Geowärmepreis der vollständige Fernwärmeversorgung

Da ein hydrothermales Geothermiekraftwerk mit einer typischen elektrischen Leistung zwischen 2.5 und 5.0 MW_{el} den gesamten Niedertemperaturwärmebedarf (<70 °C) von Rülzheim mit seinen 8.000 Einwohnern vollständig decken kann, gilt es, zur umfassenden Nutzung von Geowärme die gesamte Gemeinde Rülzheim mit einem Fernwärmenetz zu erschließen.

Für die vollständige Fernwärmeversorgung wird der gewichtete Mittelwert über alle Ausbaustufen gebildet.

	Wärmepreis inkl. MwSt.
Bestehendes Wärmenetz	4,422 Ct/kWh _{th}
Erweiterung bestehendes Wärmenetz	4,0 Ct/kWh _{th}
Ausbau bestehendes Wärmenetz	1,1 Ct/kWh _{th}
Wärmenetz Rülzheim	2,5 Ct/kWh_{th}

Tabelle 8-5 Anlegbare Wärmepreise

Wenn die Geofernwärme bei den derzeitigen Gastarifen wettbewerbsfähig sein soll, ist im Vergleich zur dezentralen Wärmeversorgung mit Erdgas für die Fernwärmeversorgung mit Geowärme ein anlegbarer Wärmepreis von maximal 2,5 Ct/kWh_{th} möglich. Dem Geothermiekraftwerk stünde damit durch die Wärmeabgabe eine jährliche Zusatzeinnahme von 1.375 Millionen Euro zur Verfügung. Dafür kann der Wärmeanbieter auch die Versorgungssicherheit durch eine weitere Wärmeerzeugungsanlage betreiben.

Zusammenfassung

Auf Grund günstiger geologischer Ausgangsbedingungen verfügen die Süd- und Vorderpfalz über große Potentiale zur geothermischen Strom- und Wärmeezeugung. Mit der Feststellung der Fündigkeit der Geothermiebohrung Landau Ende 2005 besteht die Chance, dass in Rheinland-Pfalz in 2007 das erste industrielle geothermische Kraftwerk in Betrieb geht.

Die Umsetzung der Erdwärme in elektrische Energie ist derzeit nur mit geringen Wirkungsgraden möglich, so dass große Wärmemengen auf vergleichsweise niedrigem Temperaturniveau anfallen. Die Studie befasst sich daher mit den Nutzungsmöglichkeiten der Wärme und mit dem Ausbaupotential eines bestehenden Wärmenetzes.

Das vorhandene Wärmenetz in Rülzheim, das innerhalb von über 20 Jahren aufgebaut und erweitert wurde, wird beispielhaft für die Untersuchung herangezogen. Zunächst wurden das bestehende Netz und die dezentrale Wärmeversorgung in der Gemeinde anhand der energetischen Kenndaten dokumentiert.

Die bestehenden Heizzentralen stellen insgesamt rund $10 \text{ MW}_{\text{th}}$ Wärmeleistung zur Wärmeezeugung von ca. $19.000 \text{ MWh}_{\text{th}}/\text{a}$ zur Verfügung. Sie setzen sich aus mehreren Motor-BHKWs und Spitzenlastkessel zusammen. Über das Wärmenetz in Rülzheim sind neben kommunalen und kirchlichen Einrichtungen auch einige Gewerbebetriebe und private Abnehmer angeschlossen.

In Rülzheim beträgt die maximale Wärmeleistung etwa $47 \text{ MW}_{\text{th}}$. Bedingt durch Gleichzeitigkeit wäre der gesamte Wärmebedarf bei der Versorgung mit Nahwärme mit einer 5 MW_{el} – Geothermieanlage zu decken. Wegen der jahrzeitlich bedingten Schwankungen des Wärmebedarfs auf der einen Seite und dem angestrebten kontinuierlichen Betrieb des Kraftwerks übersteigt die zur Verfügung stehende Wärmemenge den Bedarf um das 5-fache. Eine $2,5 \text{ MW}_{\text{el}}$ -Anlage kann die Grund- und Mittelwärmelast decken. Die Spitzenlast und auch die Versorgungssicherheit muss von einer weiteren Wärmeezeugungsanlage abgedeckt werden. Die darüber hinaus zur Verfügung stehende Wärme kann vor allem im Gewerbe (z.B. Trockungsprozesse) und in der Landwirtschaft (z.B. Gewächshäuser, Aquakulturen) genutzt werden.

Um die Wärme bestmöglich nutzen zu können, müsste das Wärmenetz in Rülzheim vollständig ausgebaut und weitere Wärmenutzungsmöglichkeiten erschlossen werden. Zur vollständigen Erschließung von Rülzheim sind ca. 35 km neue Fernwärmetrasse, 17,5 km Hausanschlussleitungen und rund 2.180 Hausübergabestationen zu verlegen bzw. zu bauen. Dazu ist ein Investitionsvolumen von ca. 47,5 Mio. € aufzuwenden. Verbunden mit dieser Investition wäre eine emissionsfreie Beheizung.

Kenndaten zum bestehenden Wärmenetz, zur Erweiterung des bestehenden Wärmenetzes und zum Ausbau des bestehenden Wärmenetzes auf die gesamte Gemeinde Rülzheim sind gegenübergestellt.

		bestehendes Wärmenetz	Erweiterung bestehendes Wärmenetz	Vollständige Fernwärme- versorgung
Länge Fernwärmetrasse	km	8,65	8,65	40,65
Länge Hausanschluss	km	1,76	4,032	19,20
Länge Gesamtnetz	km	10,41	12,682	59,85
Summe Wärmeleistungsbedarf	MW _{th}	7	12,2	47
Jahresgesamtwärmebedarf	MWh _{th} /a	18.000	22.820	55.000
Anzahl Hausanschlüsse		220	504	2.400
Spez. Wärmeleistung bezogen auf die Fernwärmetrasse	W _{th} /m	909	1.415	1.162
Spez. Wärmeabsatz bezogen auf das Gesamtnetz	MWh _{th} /a·m	1,7	1,8	0,9
Spez. Anzahl Hausanschlüsse bezogen auf die Fernwärme- trasse	1/km	25	58	59
Fernwärmetrasse pro Hausan- schluss	m/Ha	39	17	17
Wärmeleistung pro Hausan- schluss	kW/ha	32	24	20
Jahreswärmebedarf pro Haus- anschluss	MWh _{th} /Ha	82	45	23

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der vollständigen Nahwärmeversorgung von Rülzheim zeigt, dass zur Erreichung von Heizkostengleichheit für den Endverbraucher die geothermische Abwärme einen Wert von rund 2,5 Ct/kWh_{th} erreicht.

Die anteiligen Investitionen für Netz, Anschluss und Übergabestation liegen mit ca. 22.500 € deutlich über denen einer Erdgasheizung, jedoch in der Größenordnung von Wärmepumpen-, Holzpellet- und BHKW-Anlagen. Die geothermische Nahwärme gleicht diesen Nachteil auf der Investitionsseite durch sehr niedrige und kaum variable Betriebskosten aus. Die Kostensicherheit für die Zukunft wird durch die geothermische Nahwärmeversorgung maximal.

Im Vergleich zum bestehenden Wärmenetz ist ein anlegbarer Wärmepreis für Geowärme in der Größenordnung des Arbeitspreises für die derzeitige Fernwärmeversor-

gung durch die Gemeindewerke Rülzheim anzusetzen. Der Arbeitspreis nach dem Preisstand vom 01.01.2006 beträgt 4,422 Ct/kWh_{th} inklusive Mehrwertsteuer. Über den Grundpreis sind die Netzkosten auf die Kunden umgelegt, sodass dieser nicht berücksichtigt werden kann.

Bei Anschluss der 284 Gebäude, die an den bestehenden Fernwärmeleitung liegen, beträgt der anlegbare Geowärmepreis unter Berücksichtigung des Austausches des Einrohrsystems 4,0 ct/kWh_{th}. Bei der Erschließung der übrigen 1896 Gebäude mit Fernwärmeleitungen, Hausanschlüssen und Hausübergabestation wird ein anlegbarer Geowärmepreis von 1,1 ct/kWh_{th} erzielt. Der gewichtete Mittelwert des Geowärmepreises für die vollständige Geowärmeversorgung von Rülzheim mit 2.400 Anschlüssen ergibt 2,5 ct/kWh_{th}.

Der größte wirtschaftliche Vorteil der geothermischen Wärmeversorgung ist die Unabhängigkeit von Brennstoffkosten. Einzig variable Größe sind noch die Betriebskosten des Netzes. Da diese in der Vergangenheit nur einen geringfügigen Anstieg zeigten, böte die Geowärme die Möglichkeit, sich von den Preissteigerungen von Öl und Gas vollständig zu entkoppeln.

Die Einsparungen an CO₂ für die Wärme- und Stromerzeugung auf Basis eines 5 MW_{el}-Geothermiekraftwerks betragen – bezogen auf den Strom- und Wärmeverbrauch von Rülzheim - ca. 28.500 t/a. Hinzu kommt eine CO₂-Gutschrift von 7.850 Tonnen für die den Bedarf von Rülzheim überschreitende Stromerzeugung von 11.5 Mio. kWh. Insgesamt würde damit ein 5 MW_{el}-Geothermiekraftwerk 36.350 Tonnen CO₂ einsparen.

In Bezug auf Brennstoff würden durch die Umstellung auf Geowärme ca. 10,7 Mio. l Heizöl- bzw. m³ Erdgasäquivalente eingespart. Im Vergleich zu anderen Kommunen ist dieser Wert niedriger, da sich die derzeit betriebenen Erdgas-BHKW günstig auf die CO₂-Bilanz auswirken.

Um den Wasserverbrauch zur Rückkühlung der Stromerzeugungsanlage zu senken, werden Einsatzmöglichkeiten der Rückkühlwärme im Garten- und Gemüsebau, in der Fischwirtschaft und weiteren Einsatzbereichen aufgezeigt. An Standorten ohne die Möglichkeit der Flusswasserkühlung wie in Rülzheim kann dies genehmigungsrechtlich von entscheidender Bedeutung sein.

Hinsichtlich der Kosten für die Einsparungen von Primärenergie und Kohlendioxid durch Erhöhung des Wärmedämmstandards wurde ein Vergleich mit der geothermischen Fernwärmeversorgung angestellt. Die spezifischen Kosten für die Einsparungen betragen für die Fernwärmeversorgung mit Geothermie nur etwa 40 % der spezi-

fischen Kosten für den höheren Wärmedämmstandard. Aus dieser Sichtweise wäre für die Gebäude in Rülzheim die Fernwärmeversorgung mit Geothermie wirtschaftlicher als die Verbesserung des Wärmedämmstandards.

Insgesamt kann man festhalten, dass die Entwicklung der Geothermie in der „Geothermieregion“ große Chancen im Hinblick auf Klima- und Emissionsschutz, auf Energieversorgungssicherung, auf regionale Wertschöpfung und die Entwicklung von Exporttechnologie bietet.

Das Maximum an Vorteilhaftigkeit bietet die geothermische Stromerzeugung dann, wenn sie mit einer umfassenden Wärmenutzung verbunden wird. Die Studie „Rülzheim“ zeigt, dass bei typischen Ortssituationen, wie sie in der Süd- und Vorderpfalz vorliegen, mit Geowärme eine wirtschaftlich zu Öl und Gas wettbewerbsfähig anbietbare Wärmequelle gegeben ist, deren Erschließung sich in jeder Hinsicht lohnt.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 Geothermie-Anlage mit ORC-Prozess (Quelle: GeoForschungsZentrum Potsdam)	9
Abbildung 1-2 Geothermie-Anlage mit Kalina-Prozess (Quelle: GeoForschungsZentrum Potsdam)	9
Abbildung 1-3 Kraftwerksnettoleistung für Thermalwassertemperaturen von 100°C bis 150°C (Quelle: FH München)	10
Abbildung 1-4 Rücklauftemperaturen für Thermalwasservorlauftemperaturen von 100°C bis 150°C (Quelle: FH München).....	11
Abbildung 1-5 Schema zu ORC-Anlage zur Strom- und Wärmeerzeugung (Quelle: Energie Schweiz) ..	12
Abbildung 2-1 Schematische Darstellung Nahwärmenetze (Quelle: Fraunhofer UMSICHT: Leitfaden Nahwärme)	14
Abbildung 2-2 Schematische Darstellung Standard-Trassenführung (Quelle: Fraunhofer UMSICHT: Leitfaden Nahwärme)	15
Abbildung 2-3 Schematische Darstellung Haus-zu-Haus-Trassenführung (Quelle: Fraunhofer UMSICHT: Leitfaden Nahwärme)	15
Abbildung 2-4 Schematische Darstellung Einschleif-Trassenführung (Quelle: Fraunhofer UMSICHT: Leitfaden Nahwärme)	16
Abbildung 2-5 Siedlungstyp mit einzelstehenden Ein- und Zweifamilienhäusern („Neubaugebiet“)	17
Abbildung 2-6 Siedlungstyp dörfliche Bebauung (Ortskern).....	17
Abbildung 2-7 Aufteilung der Wärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus in verschiedenen Industriezweigen	19
Abbildung 2-8 Bodenheizung und Vegetationsheizung (Quelle: Klaus Kuba GmbH)	21
Abbildung 2-9 Hebe-Senk-Heizung (Quelle: Landesinitiative Zukunftsenergie NRW).....	22
Abbildung 2-10 Foto einer Fischzucht (Quelle: Albe Fischfarm)	22
Abbildung 2-11 Skizze einer Brückenheizung mit Wärmepumpe (Quelle: Financial Times Deutschland).....	23
Abbildung 2-12 Systemskizze der „Kalten Nahwärme“ in Ohrberg	24
Abbildung 3-1 Luftbild von Rülzheim (Quelle: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation).....	25
Abbildung 3-2 Anteil Erdgas- und Heizölkessel.....	31
Abbildung 5-1 Katasterauszug von Rülzheim mit Fernwärmeleitungsverlauf (rote Linien: Nahwärme Zweirohr-System, blaue Linien: Nahwärme Einrohr-System)	44
Abbildung 5-2 Struktur des Wärmenetzes im Ortsbereich	45
Abbildung 5-3 Struktur des Wärmenetzes im Süd	46
Abbildung 6-1 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmeversorgung Einfamilienhaus	61
Abbildung 6-2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmeversorgung Mehrfamilienhaus	62
Abbildung 6-3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmeversorgung Gewerbebetrieb	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1 Typische Kenndaten von hydrothermalen Geothermiekraftwerken im Oberrheingraben	13
Tabelle 2-1 Abschätzung Jahreswärmebedarf der beiden Siedlungstypen.....	18
Tabelle 2-2 Anteil der Wärme unter 100°C in verschiedenen Industriesektoren (Quelle: R. Hofer: Technologiegestützte Analyse der Potentiale industrieller Kraft Wärme Kopplung, TU München, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik, 1994.....	19
Tabelle 2-3 Branchen und Prozesse mit dem größten Potential für Niedertemperaturwärme (Quelle: Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie AEE INTEC Institut für Nachhaltige Technologien, Österreich)	20
Tabelle 3-1 Stromverbrauch Rülzheim	26
Tabelle 3-2 Energiekenndaten Rülzheim.....	26
Tabelle 3-3 Abschätzung Jahreswärmebedarf Rülzheim	27
Tabelle 3-4 Wärmesenke Warmwasserbereitung Spülmaschinen pro Haushalt.....	29
Tabelle 3-5 Wärmesenke Warmwasserbereitung Waschmaschinen pro Haushalt.....	30
Tabelle 3-6 Altersstruktur und Leistungsverteilung der messpflichtigen Feuerstätten in Rülzheim	31
Tabelle 3-7 Fernwärmekunden in Rülzheim	33
Tabelle 3-8 Abschätzung Kohlendioxidemissionen Rülzheim aus dem Strom- und Wärmeverbrauch ...	34
Tabelle 3-9 Brennstoffkosten Rülzheim (gerechnet mit Endkundenpreisen)	36
Tabelle 4-1 Energetischer Vergleich Geothermiekraftwerk und Bedarf von Rülzheim	37
Tabelle 4-2 Prozentuale Aufteilung des Wärmebedarfs in Rülzheim an Wärmebereitstellung eines Geothermiekraftwerks mit 5 MW _{el} bei 280.000 MWh/Jahr bzw. 23.300 MWh pro Monat an thermischer Arbeit.....	38
Tabelle 4-3 Prozentuale Aufteilung des Wärmebedarfs in Rülzheim an Wärmebereitstellung eines Geothermiekraftwerks mit 2,5 MW _{el}	39
Tabelle 8-1 Ökologischer Vergleich zwischen Dämmung und Umstellung auf Geofernwärme	42
Tabelle 8-2 Wirtschaftliche Bewertung der Primärenergie- und CO ₂ -Einsparung für Wärmedämmung und Umstellung auf Geofernwärme	43
Tabelle 5-1 Kennwerte zum bestehenden Wärmenetz	47
Tabelle 5-2 Kenndaten zur Erschließung weiterer Gebäude, die an einer Fernwärmeleitung liegen.....	48
Tabelle 5-3 Kenndaten erforderliche Wärmetauscher im Wärmenetz	49
Tabelle 5-4 Kenndaten bei vollständiger Ausnutzung des bestehenden Fernwärmenetzes	50
Tabelle 5-5 Kenndaten zur Erschließung der derzeit nicht fernwärmeversorgten Bereiche	51
Tabelle 5-6 Kenndaten zum Ausbau des bestehenden Wärmenetzes auf ganz Rülzheim	52
Tabelle 6-1 Anbindung weiterer Gebäude an bestehendes Wärmenetz.....	55
Tabelle 6-2 Investitionskosten Anbindung weiterer Gebäude an bestehendes Wärmenetz (ohne Hausübergabestationen).....	55
Tabelle 6-3 Energiebilanz Einfamilienhaus.....	57
Tabelle 6-4 Energiebilanz Mehrfamilienhaus.....	57
Tabelle 6-5 Energiebilanz Gewerbebetrieb	58
Tabelle 6-6 Investitionskosten Einfamilienhaus.....	59
Tabelle 6-7 Investitionskosten Mehrfamilienhaus.....	59
Tabelle 6-8 Investitionskosten Gewerbebetrieb	60

Tabelle 6-9 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmeversorgung Einfamilienhaus	61
Tabelle 6-10 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmeversorgung Mehrfamilienhaus	62
Tabelle 6-11 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmeversorgung Gewerbebetrieb	63
Tabelle 7-1 Investition Fernwärmeversorgung und dezentrale Erdgasheizungen Erweiterung Wärmenetz	68
Tabelle 7-2 Berechnung anlegbarer Wärmepreis Fernwärmeversorgung mit Geowärme in Rülzheim Erweiterung Wärmenetz	69
Tabelle 7-3 Investition Fernwärmeversorgung und dezentrale Erdgasheizungen Ausbau Wärmenetz...	70
Tabelle 7-4 Berechnung anlegbarer Wärmepreis Fernwärmeversorgung mit Geowärme in Rülzheim Ausbau Wärmenetz	71
Tabelle 7-5 Anlegbare Wärmepreise	72