

Nahwärmekonzept für Offenbach an der Queich im Hinblick auf eine Nutzung der Geowärme

Mit freundlicher Unterstützung des:



Rheinland-Pfalz

Ministerium für Umwelt, Forsten
und Verbraucherschutz

Auftraggeber: Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz
Rheinland-Pfalz

Datum: 31.07.2006

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

Dipl.-Ing. (FH) Christian Pohl

Tel: 06721 / 409 218

Fax: 06721 / 409 184

pohl@tsb-energie.de

Dipl.-Ing. (FH) Kerstin Kriebs

Tel: 06721 / 409 296

Fax: 06721 / 409 184

kriebs@tsb-energie.de

im

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

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	4
1 Kurzvorstellung des Geothermieprojekts in Offenbach an der Queich	5
2 Abwärme von Geothermieanlagen	8
3 Erschließung von Wärmesenken	11
3.1 Nutzung der Restwärme nach der Stromerzeugung.....	11
3.1.1 Fernwärmenetze zur Bereitstellung von Raumwärme-, Warmwasserbereitungs- und Prozesswärmebedarf im Niedertemperaturbereich	11
3.1.2 Wärmenutzung in Gewerbe und Industrie.....	16
3.2 Nutzung der Rückkühlwärme	18
3.2.1 Landwirtschaft und Gartenbau.....	18
3.2.2 Wärmenutzung in Aquakulturen	19
3.2.3 Straßen und Brücken eisfrei halten.....	20
3.2.4 Dezentrale Wärmepumpen und „kalte Fernwärme“	20
4 Ortsgemeinde Offenbach an der Queich – Ist-Analyse	22
4.1 Strom- und Wärmeverbrauch in Offenbach an der Queich	23
4.1.1 Stromverbrauch	23
4.1.2 Wärmeverbrauch zum Heizen und zur Warmwasserbereitung	24
4.1.3 Warmwasseranschluss von Haushaltsgeräten als zusätzlicher Wärmeverbrauch	26
4.2 Beheizungsstruktur der Einzelheizungen anhand der Schornstiefegerdaten	28
4.3 CO ₂ -Emissionen durch den Wärme- und Stromverbrauch	29
4.4 Brennstoffverbrauch durch den Wärme- und Stromverbrauch	30
4.5 Brennstoffkosten in Offenbach an der Queich.....	31
5 Mögliche Wärme- und Strombedarfsdeckung mit einem geothermischen Kraftwerk in Offenbach an der Queich	32
6 Der Anschluss an Geowärme – in der Geothermieregion im Vergleich zu Wärmedämmung und Solarthermie die wirtschaftliche Alternative	35
7 Nahwärmepotential	38
7.1 Nahwärmeinsel Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“	38
7.2 Nahwärmeinsel Queichtal-Bad	39
7.3 Vollständige Nahwärmeversorgung Offenbach an der Queich	42
8 Anlegbarer Wärmepreis für die Nahwärmeversorgung mit Geowärme	43
8.1 Anlegbarer Geowärmepreis für Nahwärmeinsel Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“	44

8.2	Anlegbarer Geowärmepreis Nahwärmeinsel Queichtal-Bad.....	45
8.3	Anlegbarer Geowärmepreis vollständige Nahwärmeversorgung Offenbach an der Queich.....	47
8.4	Sensitivitätsanalyse Geowärmepreis hinsichtlich Anschlussdichte	48
9	Zusammenfassung.....	54

Einleitung

In diesem Konzept wird erarbeitet, wie die Wärmenutzung einer Geothermieanlage in Offenbach in einem Nahwärmenetz umgesetzt werden kann.

Ausgehend vom Standort der geothermischen Bohrung im Gewerbegebiet wird ein Nahwärmenetz untersucht, das mit ein bis zwei Trassen das Gewerbegebiet und die öffentlichen Gebäude bis zum Freibad erschließen kann. Die übrige Bebauung in der Gemeinde besteht überwiegend aus kleinen Gebäuden (Einfamilienhäuser).

Neben der Geowärme steht Rückkühlwärme hinter der Turbine zur Verfügung. Für diese Niedertemperaturwärme werden Nutzungsmöglichkeiten aufgezeigt, um den Kühlwasserbedarf reduzieren zu können. Sowohl zur Wärmeversorgung von Gebäuden als auch zur Bereitstellung von Prozesswärme im Gewerbegebiet oder zur Beheizung von landwirtschaftlichen Produktionsstätten werden Einsatzmöglichkeiten vorgestellt.

Zur Abschätzung des Potentials in der Gemeinde Offenbach wird zunächst die bestehende Beheizungsstruktur mithilfe von Daten des Bezirksschornsteinfegers ausgewertet. Ein wesentlicher Bestandteil ist der wirtschaftliche Vergleich der Nahwärmeversorgung mit der derzeitigen Wärmeversorgung bzw. mit zu erneuernden Anlagen. Anhand einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird der mögliche Einspeisepreis für Geowärme in das Nahwärmenetz ermittelt. Die Abgabe von gesicherter bzw. ungesicherter Wärme spielt dabei eine wichtige Rolle.

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

1 Kurzvorstellung des Geothermieprojekts in Offenbach an der Queich

Für das Geothermiekraftwerk in Offenbach ist eine Förderbohrung mit Reinjektionsbohrung am selben Bohrplatz (als Dublette bezeichnet) mit einer Förderleistung von bis zu 100 kg/s Thermalwasser bei einer Temperatur von etwa 150°C geplant. Der Standort liegt im mittleren Oberrheingraben. Dort wird in einer Tiefe von rund 2.800 m Thermalwasser mit einer Temperatur von ca. 150°C erwartet.

In einer ersten senkrecht ausgeführten Aufschlussbohrung wird der Nutzhorizont erkundet. Bohrbeginn war der 01.03.2005. Für die Erschließung der Wärmequelle ist HotRock Erdwärmekraftwerk GmbH & Co zuständig.

Zur Verstromung ist eine Kalina-Anlage bestehend aus zwei Blöcken mit jeweils ca. 6,1 MW_{el} elektrische Leistung vorgesehen, die in zwei Ausbaustufen erfolgen soll. Die installierbare, elektrische Leistung ist von den hydrogeologischen und geothermischen Verhältnissen im Muschelkalk abhängig, sodass nach dem derzeitigen Projektstand noch kein Leistungswert angegeben werden kann. Die Wärme soll zur Bereitstellung von Heiz- und Prozesswärme ausgekoppelt werden. Für die Kraftwerkstechnik ist der Siemens-Bereich Industrial Solutions and Services zuständig.



Abbildung 1-1 Standort der Geothermieanlage (Quelle: Hotrock)

Eine schematische Darstellung zeigt den Aufbau der Geothermieranlage.

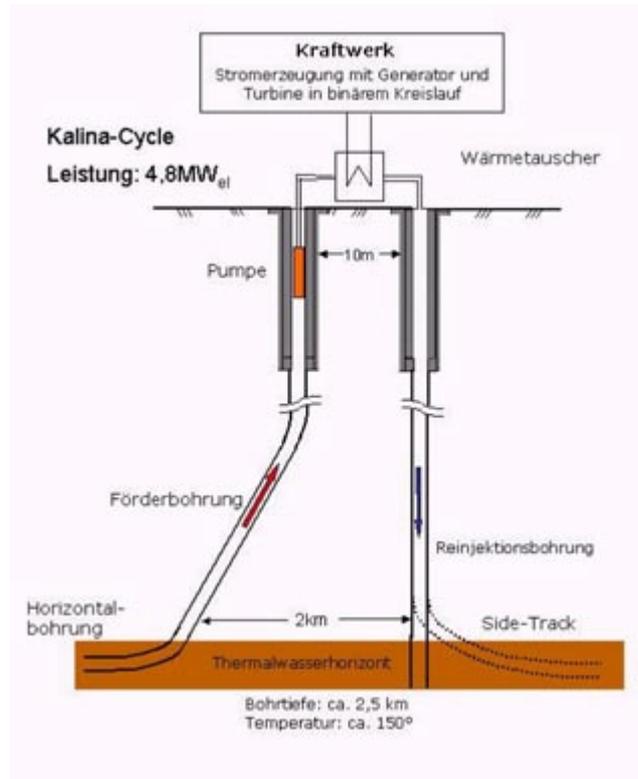


Abbildung 1-2 Schematische Darstellung Geothermieranlage (Quelle: HotRock)

Mit einem Temperaturniveau von etwa 100°C bis 150°C können konventionelle Kraftwerkstechniken keine wirtschaftliche Stromerzeugung erreichen. Deswegen kommen in solchen Geothermiekraftwerken entweder der ORC-Prozess oder der Kalina-Prozess zum Einsatz. Für die Stromerzeugung in Offenbach wurde der Kalina-Prozess vorgesehen. Dieser lässt höhere, elektrische Wirkungsgrade als der ORC-Prozess erwarten.

Als binäres Arbeitsmedium wird in der Regel eine Mischung aus Wasser und Ammoniak eingesetzt. Der Vorteil gegenüber einem reinen Arbeitsmittel ist das Sieden und Kondensieren über einen großen Temperaturbereich bei einem bestimmten Druck, während ein reiner Stoff bei einer Temperatur siedet und kondensiert. In einem Wärmetauscher nähert sich der Temperaturverlauf des binären Gemischs dem der Temperaturquelle an. Die Differenz bei reinen Arbeitsmedien ist größer, sodass dort höhere Übertragungsverluste vorliegen, die zu einem schlechteren Wirkungsgrad führen.

Die Gesamtanlage bietet die Auskopplung von Wärme an zwei verschiedenen Prozesspunkten.

Die Nutzung der Restwärme vom Thermalwasser kann mit einem zweiten Wärmetauscher erfolgen, der zwischen dem ersten Wärmetauscher für das Geothermiekraftwerk und der Reinjektion des Thermalwassers anzuordnen ist.

Auch die Rückkühlwärme des Prozesses kann als Niedertemperaturwärme genutzt werden.

Die unterschiedlichen Wärmeauskopplungen der derzeitigen einzigen, europäischen Geothermie-Anlage mit Kalina-Prozess in Húsavík in Island sind schematisch dargestellt. Seit 1970 ist die Anlage unter den damals ausgelegten Parametern in Betrieb. Gegenüber der verhältnismäßig hohen Rücklauftemperatur des Thermalwassers von rund 86°C nach dem Kalina-Prozess sind in der heutigen Planung für einen effizienteren Betrieb niedrigere Rücklauftemperaturen vorgesehen.

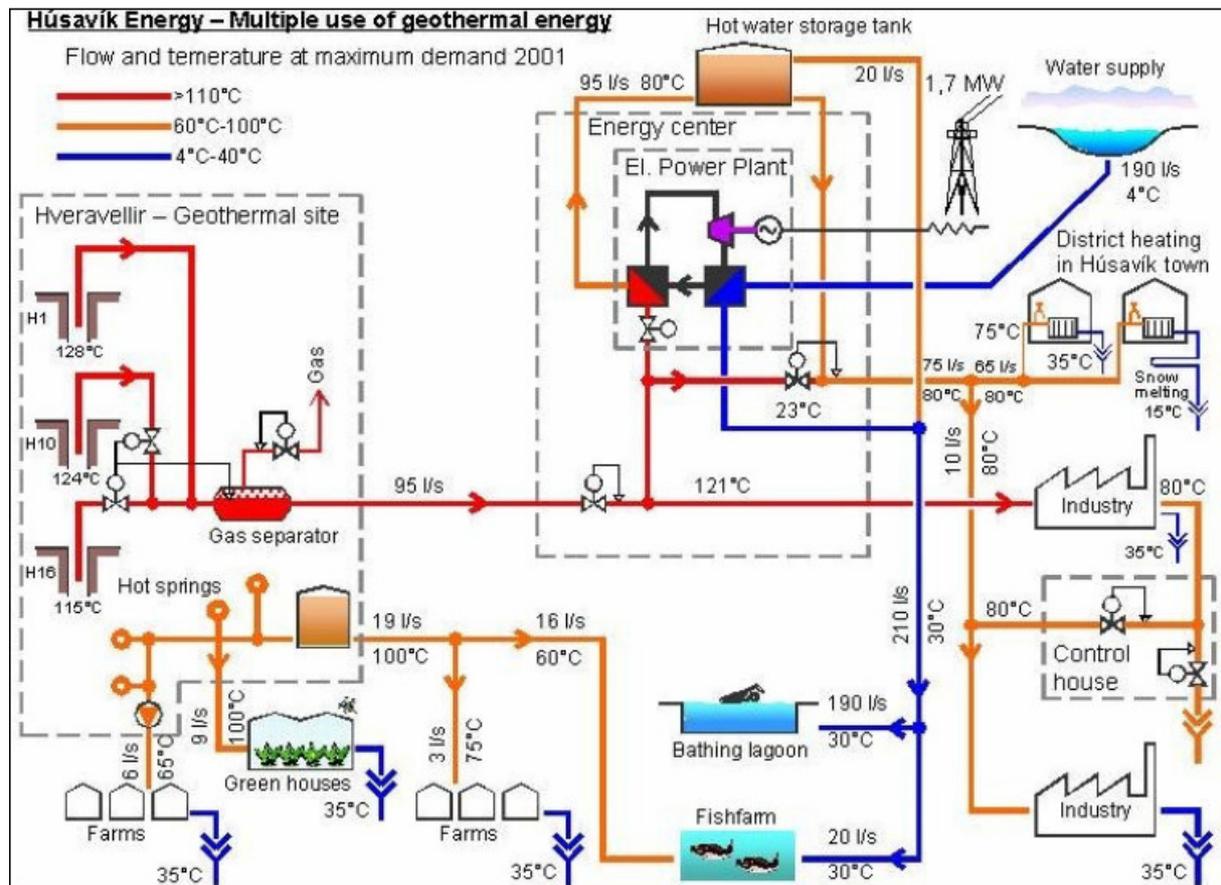


Fig 3.2.1. Húsavík Energy – Multiple use of geothermal energy – Process diagram

Abbildung 1-3 Schematische Darstellung der Geothermie-Anlage mit Kalina-Prozess in Húsavík, Island (Quelle: Fjarhitun Consulting Engineers, Island)

2 Abwärme von Geothermieranlagen

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.

Im Kalina-Prozess wird in der Regel ein Wasser-Ammoniak-Gemisch als Arbeitsmedium eingesetzt, das durch die Variation der Zusammensetzung an die Bedingungen angepasst werden kann. Im ORC-Prozess sind verschiedene Arbeitsmedien einsetzbar. Dadurch können sich für dieselbe Thermalwasservorlauf-temperatur z. T. stark differierende Rücklauf-temperaturen 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 Kalina-Prozesses ist unten eine Schemazeichnung mit beispielhaften Temperaturen abgebildet.

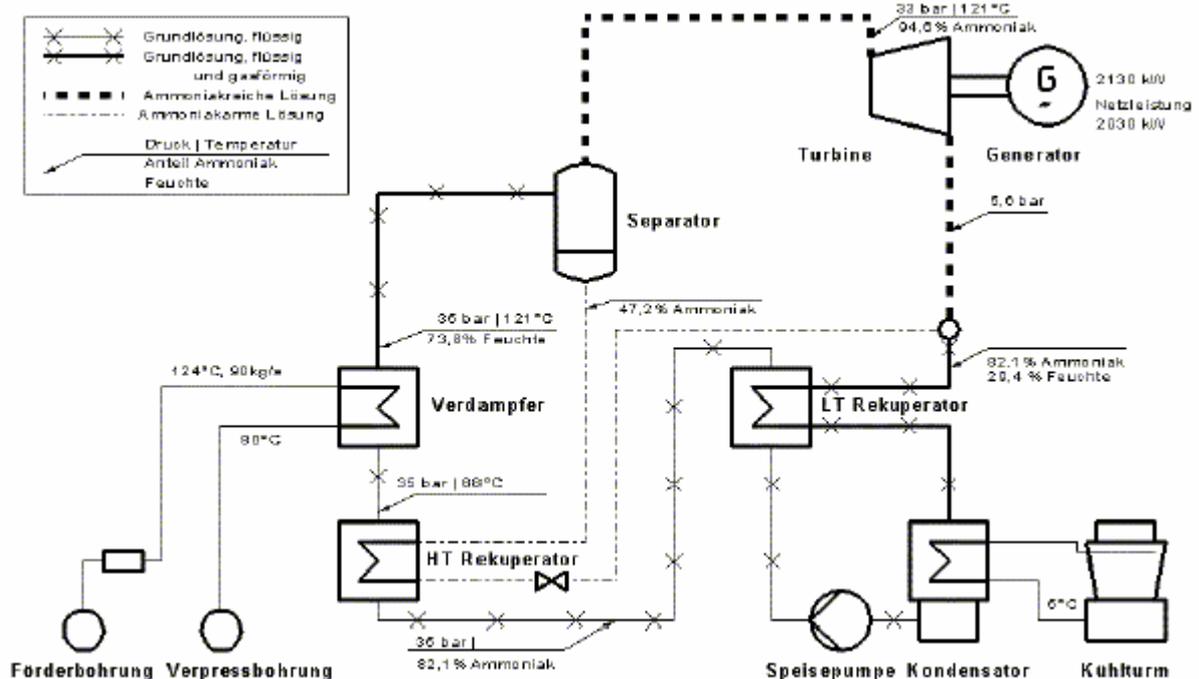


Abbildung 2-1 Geothermie-Anlage mit Kalina-Prozess
(Quelle: GeoForschungsZentrum Potsdam)

Zur Versorgung eines Heißwassernetzes ist eine Vorlauftemperatur von mindestens 70 °C zur Fern- und Prozesswärmebereitstellung notwendig. Falls das Rücklauftemperaturniveau des Thermalwassers nach dem Prozess nicht ausreicht, kann aus dem Thermalwasservorlauf zum Prozess Wärme ausgekoppelt werden. Allerdings steht dann weniger Wärme für den 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.

Für ein hydrothermales Kraftwerk aus zwei 3 MW_{el}-Modulen würden sich folgende Strom- und Wärmemengen ergeben.

		Geothermiekraftwerk 6 MW _{el}
Elektrische Leistung	MW _{el}	6
Elektrische Arbeit	MWh _{el} /a	42.000
Thermische Leistung	MW _{th}	4,6
Thermische Arbeit	MWh _{th} /a	32.200

Tabelle 2-1 Kenndaten zum geplanten hydrothermalen Geothermiekraftwerk in Offenbach an der Queich

Die Wärmemenge bezieht sich auf die zusätzliche Wärmeauskopplung nach dem Kraftwerksprozess, die allerdings nicht den Kraftwerkswirkungsgrad verbessert. Die Rückkühlwärme des Kraftwerkprozesses ist hier nicht berücksichtigt.

Durch die Einspeisevergütung nach dem Erneuerbare Energien Gesetz stellen sich Geothermiekraftwerke als reine Stromerzeuger, d. h. als reine Kondensationskraftwerke, auch ohne Wärmenutzung wirtschaftlich dar. Die in der Rückkühlung anfallende, große Wärmemenge zu nutzen ist aus klima-, umwelt- und volkswirtschaftlichen Gründen hochgradig attraktiv.

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.

3 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 ($T_{\text{max}} = 35\text{°C}$)

3.1 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.

3.1.1 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.

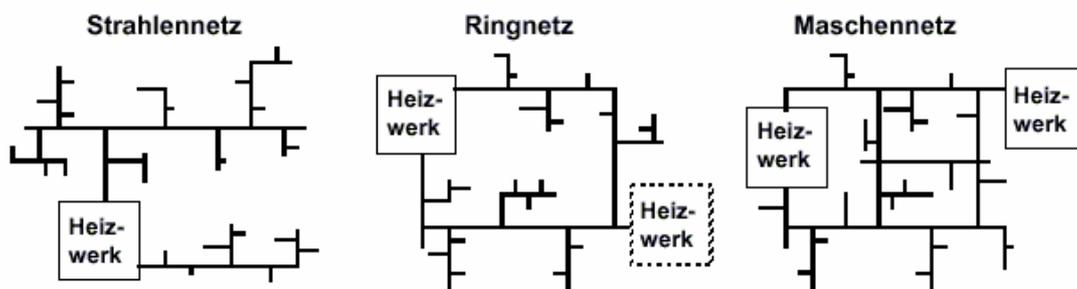


Abbildung 3-1 Schematische Darstellung Nahwärmenetze
(Quelle: Fraunhofer UMSICHT: Leitfaden Nahwärme)

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 Verteilung angeschlossen werden. Für eine dichte Bebauung ergeben sich hohe Investitionskosten durch die große Anzahl an Abzweigen und Formstücken sowie langen Hausanschlussleitungen.

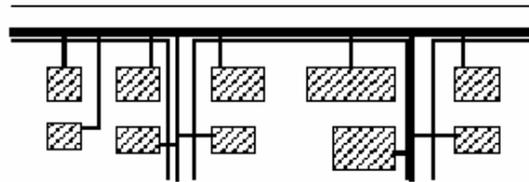


Abbildung 3-2 Schematische Darstellung Standard-Trassenführung
(Quelle: Fraunhofer UMSICHT: Leitfaden Nahwärme)

Eine kostengünstigere Anbindung stellt die **Haus-zu-Haus-Trassenführung** dar. Dazu werden benachbarte Gebäude zu Gruppen zusammengefasst, sodass nur ein Haus an die Verteilung 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.

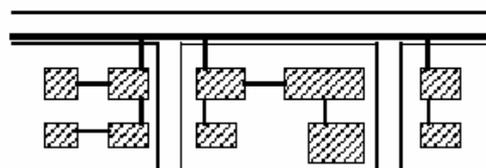


Abbildung 3-3 Schematische Darstellung Haus-zu-Haus-Trassenführung
(Quelle: Fraunhofer UMSICHT: Leitfaden Nahwärme)

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.

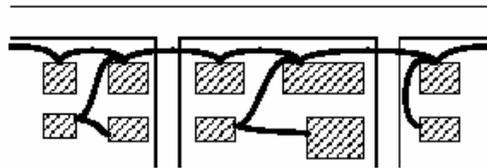


Abbildung 3-4 Schematische Darstellung Einschleif-Trassenführung
(Quelle: Fraunhofer UMSICHT: Leitfaden Nahwärme)

Fernwärmeerschließung einzelner Siedlungstypen

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



Abbildung 3-5 Siedlungstyp dörfliche Bebauung (Ortskern)
(Quelle: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation)



Abbildung 3-6 Siedlungstyp mit einzelstehenden Ein- und Zweifamilienhäusern
(„Neubaugebiet“) (Quelle: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation)

Siedlungstyp		Dörfliche Bebauung	Einzelstehende Ein- und Zwei- familienhäuser
Bruttobaufläche (BBF)	ha	51	71
mittlere Geschoszahl		1,8	1,8
spezifischer Heizleistungsbedarf pro Geschossfläche	$W_{th}/(m^2 \cdot a)$	109	71
Grundflächenzahl		0,2	0,1
Geschossflächenzahl		0,36	0,18
spezifischer Heizleistungsbedarf pro ha BBF	kW_{th}/ha BBF	392,4	127,8
Heizleistungsbedarf	MW_{th}	20	9
Vollbenutzungsstunden	h/a	1.650	1.650
Jahresnutzungsgrad	%	75	75
Jahreswärmebedarf	MWh_{th}/a	24.900	11.300
spez. Heizleistungsbedarf pro ha BBF	kW_{th}/ha	392	128
spez. Jahreswärmebedarf pro BBF	$MWh_{th}/(ha \cdot a)$	486	158
spez. Trassenlänge Haupttrasse + Hausanschlussleitungen	m/ha	25	33

Tabelle 3-1 Abschätzung Jahreswärmebedarf der beiden Siedlungstypen

Bei diesem Vergleich wird deutlich, dass gegenüber der 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.

3.1.2 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.

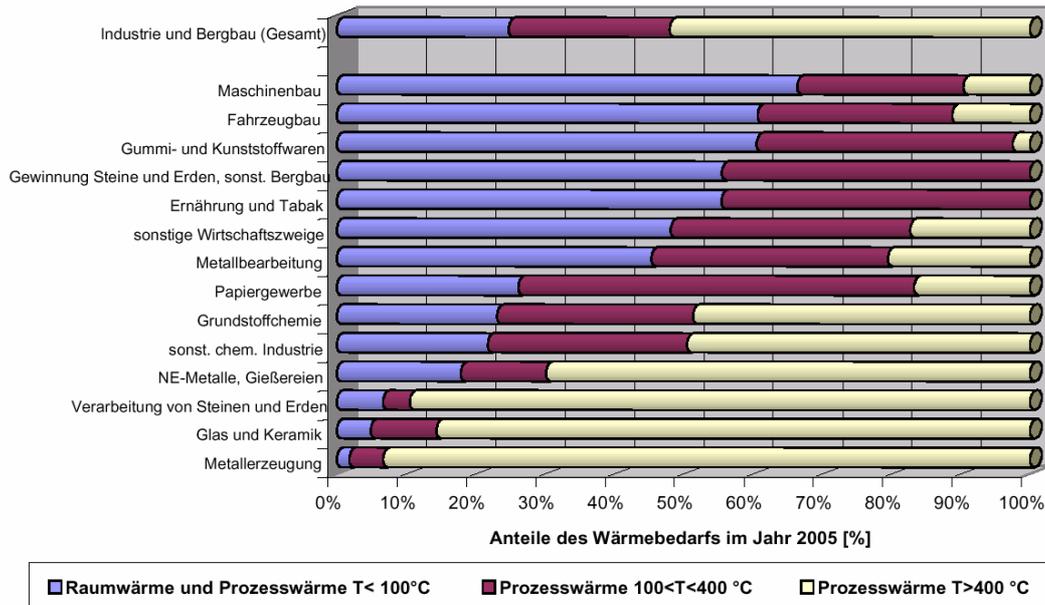


Abbildung 3-7 Aufteilung der Wärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus in verschiedenen Industriezweigen

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 3-2 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 3-3 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 Geothermiekraftwerks möglichst umfassend zu nutzen.

3.2 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.

3.2.1 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 Gewächshäustemperatur 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 3-8 Bodenheizung und Vegetationsheizung (Quelle: Klaus Kuba GmbH)



Abbildung 3-9 Hebe-Senk-Heizung (Quelle: Landesinitiative Zukunftsenergie NRW)

3.2.2 Wärmenutzung in Aquakulturen

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



Abbildung 3-10 Foto einer Fischzucht (Quelle: Albe Fischfarm)

3.2.3 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.

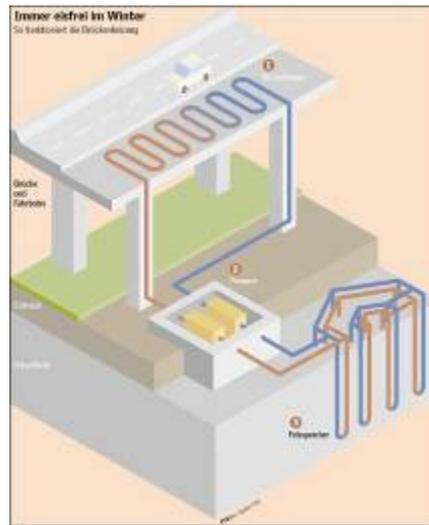


Abbildung 3-11 Skizze einer Brückenheizung mit Wärmepumpe
(Quelle: Financial Times Deutschland)

3.2.4 Dezentrale Wärmepumpen 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, so dass 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.

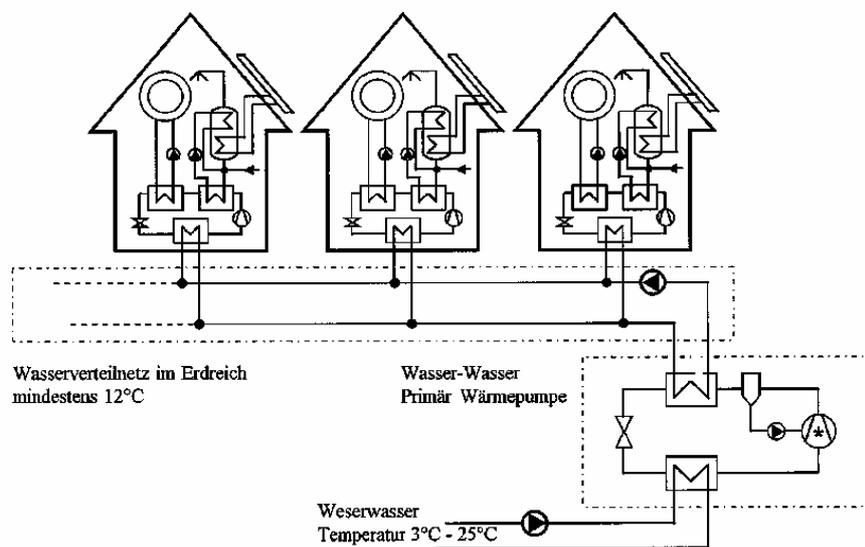


Abbildung 3-12 Systemskizze der „Kalten Nahwärme“ in Ohrberg

4 Ortsgemeinde Offenbach an der Queich – Ist-Analyse

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

Einwohner	6.196 ¹
Anzahl Wohngebäude	1.473 ² (Wohngebäude mit mindestens einer Wohnung)
Anzahl Wohnungen	2.380 ²
Anzahl Gebäude	ca. 1.800
Gemarkungsfläche	
Baufläche, gesamt	251 ha
Wohnbaufläche	89 ha
Gemischte Baufläche	60 ha
Gewerbliche Baufläche	102 ha

Standort geothermische Bohrung



Abbildung 4-1 Luftbild von Offenbach an der Queich
(Quelle: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation)

¹ Verbandsgemeinde Offenbach an der Queich: Stand 31. März 2006

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

4.1 Strom- und Wärmeverbrauch in Offenbach an der Queich

Der Strom- und Wärmeverbrauch in Offenbach an der Queich werden aus Verbrauchsdaten und statistischen Daten ermittelt.

4.1.1 Stromverbrauch

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

Einwohner	ca. 6.200 EW
Stromverbrauch Haushalte + Kleinverbraucher pro Einwohner (RLP)	3.400 kWh _{el} /(EWa)
Stromverbrauch Haushalte + Kleinverbraucher	21.100 MWh _{el} /a
Stromverbrauch Haushalte pro Einwohner (RLP)	1.800 kWh _{el} /(EWa)
Stromverbrauch Haushalte	11.200 MWh _{el} /a
Stromverbrauch Kleinverbraucher pro Einwohner (RLP)	1.600 kWh _{el} /(EWa)
Stromverbrauch Kleinverbraucher	9.900 MWh _{el} /a

Tabelle 4-1 Energiekennndaten Stromverbrauch Offenbach an der Queich

Der Vergleich des tatsächlichen Stromverbrauchs mit den Durchschnittswerten von Rheinland-Pfalz zeigt einen einwohnerbezogen leicht überdurchschnittlichen Stromverbrauch in Offenbach an der Queich.

Stromverbrauch nach Konzessionsabgabe²	23.800 MWh_{el}/a
Stromverbrauch nach Durchschnittswerten (Energiebericht RLP 2000)	21.100 MWh_{el}/a

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

² Pfalzwerke: Konzessionsabgabe-Abrechnung vom 08.04.2005

4.1.2 Wärmeverbrauch zum Heizen und zur Warmwasserbereitung

Den Wärmebedarf von Offenbach an der Queich 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 Offenbach an der Queich ist die gesamte Bruttobaufläche mit 251 ha bekannt. Anhand von Luftbildern und Katasterplänen wird für Offenbach an der Queich eine einzige Siedlungszelle generiert und eine durchschnittliche Bebauung festgelegt.

Bruttobaufläche Offenbach an der Queich	251 ha
mittlere Geschossezahl	1,8
spezifischer Heizleistungsbedarf pro Geschossfläche	90 $W_{th}/(m^2 \cdot a)$
Grundflächenzahl	0,1
Geschossflächenzahl	0,18
spezifischer Heizleistungsbedarf pro ha BBF	162 kW_{th}/ha BBF
Heizleistungsbedarf Siedlungszelle Offenbach	41 MW_{th}
Vollbenutzungsstunden	1.650 h/a
Jahresnutzungsgrad	75 %
Jahreswärmebedarf Siedlungszelle Offenbach	50.000 MWh_{th}/a

Tabelle 4-2 Abschätzung Jahreswärmebedarf Offenbach an der Queich

Danach errechnen sich für Offenbach an der Queich ein Heizleistungsbedarf von 41 MW_{th} und ein Jahreswärmebedarf von 50.000 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 Offenbach an der Queich ist auch möglich anhand von Durchschnittswerten, die aus dem Energiebericht¹ für Rheinland-Pfalz von 2000 entnommen werden können.

Einwohner	ca. 6.200 EW
Endenergieverbrauch Haushalte + Kleinverbraucher für Wärmeversorgung ohne Heizstrom pro Einwohner (RLP)	9.700 kWh _{EE} /(EWa)
Endenergieverbrauch Haushalte + Kleinverbraucher für Wärmeversorgung ohne Heizstrom	60.100 MWh _{EE} /a
Wärmeverbrauch Haushalte + Kleinverbraucher ohne Heizstrom ($\eta = 0,75$)	45.000 MWh_{th}/a

Tabelle 4-3 Energiekenndaten Wärmeverbrauch Offenbach an der Queich

Der Vergleich der Ergebnisse „Siedlungszelle“ mit 50.000 MWh_{th}/a und „Durchschnittswerte“ nach Energiebericht Rheinland-Pfalz 2000 mit 45.000 MWh_{th}/a zeigt eine gute Übereinstimmung, so dass der ermittelte Wärmeverbrauch in einer realistischen Größenordnung liegt.

Der Erdgasverbrauch in Offenbach an der Queich bestätigt die Abschätzung des Wärmebedarfs

Nach der Berechnung der Konzessionsabgabe lag der Verbrauch des leitungsgebundenen Energieträgers Erdgas in 2004 in Offenbach an der Queich bei

Erdgasverbrauch: 45.344 MWh_{H₀}/a
bzw. bei
41.221 MWh_{H_U}/a

Bei 75 % Jahresnutzungsgrad der Erdgasheizungen entspricht der Erdgasverbrauch von 41.221 MWh_{H_U}/a einer Nutzwärmeerzeugung von 30.916 MWh_{th}/a.

Unter Berücksichtigung, dass neben Erdgas auch noch andere Energieträger wie Heizöl-, Elektro- und Festbrennstoffheizungen zu berücksichtigen sind, bedeutet dies, dass der nach der Siedlungszellenmethode abgeschätzte Wärmeverbrauch von Offenbach in Höhe von 50.000 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

4.1.3 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 Nahwärmenetz 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 Offenbach (2.380 Wohnungen)	2.380
Wärmesenke Warmwasserbereitung Spülmaschinen Offenbach	257 MWh _{th} /a

Tabelle 4-4 Wärmeverbrauch Warmwasserbereitung Spülmaschinen

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 Offenbach (2.380 Wohnungen)	2.380
Wärmesenke Warmwasserbereitung Waschmaschine Offenbach	281 MWh _{th} /a

Tabelle 4-5 Wärmeverbrauch Warmwasserbereitung Waschmaschinen

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 Offenbach an der Queich um ca. 538 MWh_{th}/a bzw. um 1 % auf etwa 50.538 MWh_{th}/a erhöhen lassen. Gleichzeitig würde der Stromverbrauch um ca. 542 MWh_{el} bzw. um 2 % sinken.

4.2 Beheizungsstruktur der Einzelheizungen anhand der Schornsteinfegerdaten

Zur Ermittlung der dezentralen Beheizungsstruktur in Offenbach an der Queich stellten die zuständigen Bezirksschornsteinfeger die statistisch ausgewerteten Daten der von ihnen überwachten Kleinfeuerungsanlagen zur Verfügung.

Insgesamt werden 1.451 messpflichtige (Wärmeleistung > 11 kW) Gas/Öl-Feuerstätten in Offenbach an der Queich von Schornsteinfegern kontrolliert. Für diese wurden statistische Daten gebildet, die im Folgenden ausgewertet sind.

Baujahr	bis 78	79 - 82	83 - 85	86 - 90	91 - 97	98 - 03	04 - 05	Summe
11 - 25 kW	14	15	48	146	315	227	30	795
25 – 50 kW	111	73	36	81	115	84	10	510
50 - 100 kW	31	7	5	15	19	6	0	83
über 100 kW	11	6	7	9	21	9	0	63
Summe	167	101	96	251	470	326	40	1.451

Tabelle 4-6 Altersstruktur und Leistungsverteilung der messpflichtigen Feuerstätten in Offenbach an der Queich

Die Leistungsverteilung der Heizungen ist von kleinen Anlagen geprägt. Es gibt nur wenige größere Anlagen. In Bezug auf den Brennstoff der messpflichtigen Anlagen werden 55,6 % mit Erdgas, 44,2 % mit Heizöl und nur 0,2 % mit Feststoff betrieben.

Verteilung der Feuerstätten nach eingesetztem Brennstoff

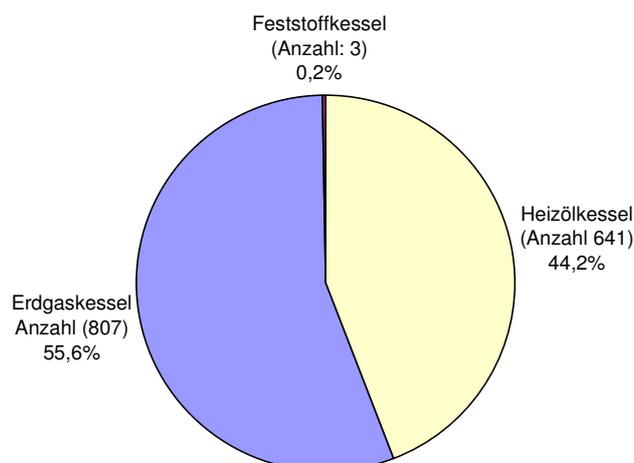


Abbildung 4-2 Anteil Erdgas-, Heizöl- und Feststoffkessel

4.3 CO₂-Emissionen durch den Wärme- und Stromverbrauch

Aus der vorangegangenen Datensammlung werden die Kohlendioxidemissionen in der Gemeinde Offenbach an der Queich überschlägig ermittelt.

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

Strom	641,3 kg/MWh _{BS}
Erdgas	253,6 kg/MWh _{BS}
Heizöl	328,7 kg/MWh _{BS}
Braunkohlebriketts	457,6 kg/MWh _{BS}
Steinkohlebriketts	433,4 Kg/MWh _{BS}
Stückholz	20,8 kg /MWh _{BS} ²

Strombezug Kraftwerksmix	23.800 MWh _{el} /a
Erdgasverbrauch Feuerstätten	41.200 MWh _{Hu} /a
Heizölverbrauch Feuerstätten	24.800 MWh _{Hu} /a
Braun-, Steinkohle- und Stückholzverbrauch Feuerstätten	700 MWh _{Hu} /a
CO₂-Emissionen Offenbach an der Queich	34.000 t CO₂/a

Tabelle 4-7 Abschätzung Kohlendioxidemissionen Offenbach an der Queich aus dem Strom- und Wärmeverbrauch

Die derzeitigen Gesamt-CO₂-Emissionen des rund 6.200 Einwohner zählenden Ortes Offenbach an der Queich aus dem Strom- und Wärmeverbrauch mit rund 34.000 t CO₂ pro Jahr (ohne Verkehrsemissionen) können durch ein 6 MW_{el} Geothermiekraftwerk vollständig vermieden werden.

Hinzu kommen die CO₂-Gutschriften aus dem den Bedarf von Offenbach an der Queich übersteigenden Strom von 18.200 MWh_{el}/a. Bezogen auf den deutschen Kraftwerksmix errechnet sich eine zusätzliche CO₂-Gutschrift von 11.700 t CO₂/a.

Ein Geothermiekraftwerk mit 6 MW_{el} in Offenbach an der Queich würde damit insgesamt 45.700 Tonnen CO₂ pro Jahr einsparen.

¹ Spezifische CO₂-Emissionen aus GEMIS 4.2 Stand Oktober 2004

² Spezifische CO₂-Emissionen aus GEMIS 4.14 Stand September 2002

4.4 Brennstoffverbrauch durch den Wärme- und Stromverbrauch

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

Ist-Zustand

Wärme	50.000	MWh _{th} /a
Strom	23.800	MWh _{el} /a
Jahresnutzungsgrad Heizungen	75	%
Jahresnutzungsgrad Kraftwerksmix	38	%
Brennstoffbedarf Wärme	67.000	MWh _{BS} /a
Brennstoffbedarf Strom	63.000	MWh _{BS} /a
Brennstoffbedarf gesamt	130.000	MWh_{BS}/a
Spez. Energie	0,123	t SKE/MWh _{BS}
Energiebedarf Wärme	8.241	t SKE/a
Energiebedarf Strom	7.749	t SKE/a
Energiebedarf insgesamt	15.990	t SKE/a
Erdgasbedarf / Heizölbedarf (Brennstoffäquivalent)	13.000.000	m³/a bzw. l/a

Im Ergebnis werdend derzeit rund 130.000 MWh_{BS}/a aus fossilen Energieträgern für die Wärme- und Stromversorgung von Offenbach an der Queich aufgewandt. Dies entspricht einem Äquivalent von 13 Millionen Litern Heizöl bzw. Kubikmetern Erdgas. Mit einem 6 MW_{el} Geothermiekraftwerk würden diese 13 Millionen Liter Heizöl- bzw. Erdgasäquivalente zu 100% substituiert. Hinzu kommt die Brennstoffgutschrift für den mit 18.200 Megawattstunden/Jahr den Bedarf von Offenbach an der Queich übersteigenden Strom.

4.5 Brennstoffkosten in Offenbach an der Queich

Die jährlichen Ausgaben für Brennstoffe zur Abdeckung des Heizwärme- und Warmwasserbedarfs leiten sich wie folgt her:

Erdgasbedarf	45.300 MWh _{Ho} /a
Arbeitspreis Erdgas brutto ¹	6,73 Ct/kWh _{Ho}
Erdgaskosten	3.048.690 €/a
Heizölbedarf	2.480.000 l/a
spez. Heizölpreis brutto ²	63,81 Ct/l
Heizölkosten	1.582.488 €/a
Brennstoffkosten	4.631.178 €/a

Tabelle 4-8 Brennstoffkosten Offenbach an der Queich
(gerechnet mit Endkundenpreisen)

Nach dieser Berechnung werden in Offenbach an der Queich bei den derzeitigen Gas- und Ölpreisen jährlich 4,63 Millionen Euro für den Bezug von Öl und Gas ausgegeben. Durch den Bau eines 6 MW_{el}-Geothermiekraftwerks und die Umstellung von Offenbach an der Queich auf eine 100%ige Nahwärmeversorgung mit Geowärme könnten die Brennstoffkosten für den Erdgas- und Heizölbezug in der Gemeinde zu 100 % vermieden und damit eine zusätzliche örtliche Wertschöpfung von 4,63 Mio. Euro pro Jahr generiert werden.

¹ Thüga Rheinhessen Pfalz: Preisblatt Erdgas 01.01.2006 (Grundpreistarif)

² Heizölbörse: 16. KW 2006, PLZ-Gebiet 76, 2.000 l Liefermenge

5 Mögliche Wärme- und Strombedarfsdeckung mit einem geothermischen Kraftwerk in Offenbach an der Queich

Der Vergleich der Energieverbrauchsdaten von Offenbach an der Queich mit Daten eines Geothermiekraftwerks mit 6 MW_{el} und 7.000 Vollbenutzungsstunden zeigt, dass hinsichtlich des Jahreswärmebedarfs eine siebenfache Überdeckung gegeben ist. Der erzeugte Strom des Kraftwerkes übersteigt mit 176 % auch den Stromverbrauch in Offenbach an der Queich.

		Offenbach an der Queich Verbrauch	Geothermiekraftwerk 6 MW _{el}	Erzeugung in % des Verbrauchs
Elektrische Leistung	MW _{el}		6	
Elektrische Arbeit	MWh _{el} /a	23.800	42.000	176 %
Thermische Leistung	MW _{th}	41		
Thermische Arbeit	MWh _{th} /a	50.000	336.000	672 %

Tabelle 5-1 Energetischer Vergleich Geothermiekraftwerk und Bedarf von Offenbach an der Queich

Zur vollständigen Wärmeversorgung von Offenbach an der Queich über ein Fernwärmenetz wäre die Wärmeleistung der 6 MW_{el}-Geothermieanlage ausreichend, außerdem ist bei der gemeinsamen Versorgung der tatsächliche Bedarf aufgrund von Gleichzeitigkeiten niedriger als die Summe der Einzelbedarfe. Eine zusätzliche Wärmeerzeugung wird jedoch ohnehin zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit notwendig sein.

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

Für ein Geothermiekraftwerk mit 6 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	7.650	26,8	625	2,2	45	0,2	8.320	29,1	20.264	70,9
Februar	6.800	23,8	625	2,2	45	0,2	7.470	26,1	21.114	73,9
März	4.250	14,9	625	2,2	45	0,2	4	17,2	23.664	82,8
April	2.975	10,4	625	2,2	45	0,2	920	12,8	24.939	87,2
Mai	2.125	7,4	625	2,2	45	0,2	3.645	9,8	25.789	90,2
Juni	0	0	625	2,2	45	0,2	2.795	2,3	27.914	97,7
Juli	0	0	625	2,2	45	0,2	670	2,3	27.914	97,7
August	0	0	625	2,2	45	0,2	670	2,3	27.914	97,7
September	2.975	10,4	625	2,2	45	0,2	670	12,8	24.939	87,2
Oktober	3.825	13,4	625	2,2	45	0,2	3.645	15,7	24.089	84,3
November	4.675	16,4	625	2,2	45	0,2	4.495	18,7	23.239	81,3
Dezember	7.225	25,3	625	2,2	45	0,2	5.345	27,6	20.689	72,4
Jahr	42.500	12,4	7.500	2,2	538	0,2	50.538	14,7	292.462	85,3

Tabelle 5-2 Prozentuale Aufteilung des Wärmebedarfs in Offenbach an der Queich an Wärmebereitstellung eines Geothermiekraftwerks mit 6,1 MW_{el} bei 343.000 MWh/Jahr bzw. 28.583 MWh pro Monat an thermischer Arbeit

Nach dieser Aufstellung kann mit einem 6 MW_{el}-Geothermiekraftwerk der gesamte Jahreswärmebedarf zu Raumheizung und Warmwasserbereitung in Offenbach an der Queich inklusive der Warmwasserbereitung für die Haushaltsgeräte abgedeckt werden. Damit wären rund 15 % der Wärme des 6 MW_{el}-Geothermiekraftwerks genutzt.

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 Offenbach an der Queich vollständig versorgenden geothermischen Nahwärmenetzes.

Dies bedeutet, dass die Erdgas- und Öl-Einzelheizungen in Offenbach an der Queich durch eine Hausübergabestation ersetzt und über ein neu zu bauendes Nahwärmenetz 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

6 Der Anschluss an Geowärme – in der Geothermieregion im Vergleich zu Wärmedämmung und Solarthermie die wirtschaftliche 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 in dem 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 Geonahwärmeversorgung 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 Nahwärmeversorgung 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 Nahwärmenetz 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 Geonahwärme
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 6-1 Ökologischer Vergleich zwischen Dämmung und Umstellung auf Geonahwärme

Die Bilanzen zeigen, dass ein Mehrfamilienhaus mit verbessertem Wärmedämmstandard Einsparungen im Primärenergiebedarf und in den CO₂-Emissionen von über 50 % erreicht. Durch die Nahwärmeversorgung 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 saniert Erdgaskessel	Mehrfamilienhaus unsaniert Geonahwärme
spez. Kapitalkosten	€/m ² a	9,73	3,64
spez. Einsparung Primärenergie	kWh _P /m ² a	117	219
spez. Kosten Primärenergieeinsparung	Ct/kWh_{PE}	8,3	1,7
spez. Einsparung CO ₂ -Emissionen	kg CO ₂ /m ² a	30	55
spez. Kosten CO₂-Emissioneneinsparung	€/t CO₂	320	68

Tabelle 6-2 Wirtschaftliche Bewertung der Primärenergie- und CO₂-Einsparung für Wärmedämmung und Umstellung auf Geonahwärme

Die Einsparungen an Primärenergie- und Kohlendioxid-Emissionen durch einen erhöhten Wärmedämmstandard sind im Vergleich zur Nahwärmeversorgung mit Geothermie nicht so kostengünstig. Die spezifischen Kosten für die Einsparungen betragen für die Nahwärmeversorgung mit Geothermie nur etwa 40 % der spezifischen Kosten für den höheren Wärmedämmstandard. Aus dieser Sichtweise wäre für die Gebäude in Offenbach an der Queich die Nahwärmeversorgung 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 Nahwärmenetz 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 Nahwärmeversorgung mit Geothermie erfolgen.

7 Nahwärmepotential

In Offenbach an der Queich ist kein Nahwärmenetz vorhanden. Aufgrund dessen wird zunächst die Bildung von einzelnen Nahwärmeinseln in der Gemeinde geprüft.

Da sich die geothermische Bohrung im Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“ befindet, wird dieses Gewerbegebiet als eine Nahwärmeinsel betrachtet.

Die öffentlichen Liegenschaften in der Nähe vom Queichtalbad können ebenfalls zu einem Nahwärmeverbund zusammengefasst werden.

Zu Schluss wird die vollständige Erschließung aller Liegenschaften in Offenbach an der Queich zu einem Nahwärmenetz untersucht.

7.1 Nahwärmeinsel Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“

Das Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“ befindet sich östlich von Offenbach an der Queich. Dort sind zusammen mit dem Daimler-Chrysler Logistik-Center 12 Gewerbebetriebe angesiedelt. Dort befindet sich auch die geothermische Bohrung.

Standort geothermische Bohrung



Abbildung 7-1 Luftbild Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“
(Quelle: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation)

In der folgenden Tabelle sind die Kenndaten zur Erschließung der Nahwärmeinsel Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“ aufgeführt.

Die Längen der Nahwärmetrasse wurden aus den Luftbildern ermittelt.

Länge Nahwärmetrasse	1,7 km
Länge Hausanschluss	0,7 km
Länge Gesamtnetz	3,4 km
Summe Wärmeleistungsbedarf ¹	8,75 MW _{th}
Jahresgesamtwärmebedarf	3.100 MWh _{th} /a
Anzahl Hausanschlüsse	14
Spez. Wärmeleistung bezogen auf Nahwärmetrasse	5.147 W _{th} /m
Spez. Wärmeabsatz bezogen auf das Gesamtnetz	1,3 MWh_{th}/a·m
Spez. Anzahl Hausanschlüsse bezogen auf Nahwärmetrasse	7 1/km
Spez. Nahwärmetrasse pro Hausanschluss	121 m/Ha
Spez. Wärmeleistung pro Hausanschluss	625 kW/Ha
Spez. Jahreswärmebedarf pro Hausanschluss	750 MWh/Ha·a

Tabelle 7-1 Kenndaten zur Erschließung der Nahwärmeinsel
Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“

Mit einem Nahwärmenetz entlang der Straßen im Gewerbegebiet ergibt sich ein durchschnittlicher Wärmeabsatz. Allerdings ist der Jahresgesamtwärmebedarf stark abhängig von der Art des Gewerbebetriebs.

7.2 Nahwärmeinsel Queichtal-Bad

Derzeit besteht für das Queichtal-Bad und die Queichtal-Halle eine gemeinsame Wärmeversorgung. Die Pfalzwerke AG betreiben eine Wärmepumpe mit einem Tiefbrunnen als Wärmequelle sowie eine solarthermische Anlage zur Warmwasserbereitung im Contracting.

Auf diesem kleinen Wärmeverbund aufbauend werden weitere öffentliche Liegenschaften in der Nähe des Freibads für eine Nahwärmeinsel einbezogen. Folgende Liegenschaften werden dazu berücksichtigt.

Queichtal-Bad mit Gaststätte und Wohnung

Queichtal-Halle

Sportheim am Queichtalstadion

Rathaus der Verbandsgemeinde

¹ TSB: Annahme für 1.200 Vollbenutzungsstunden

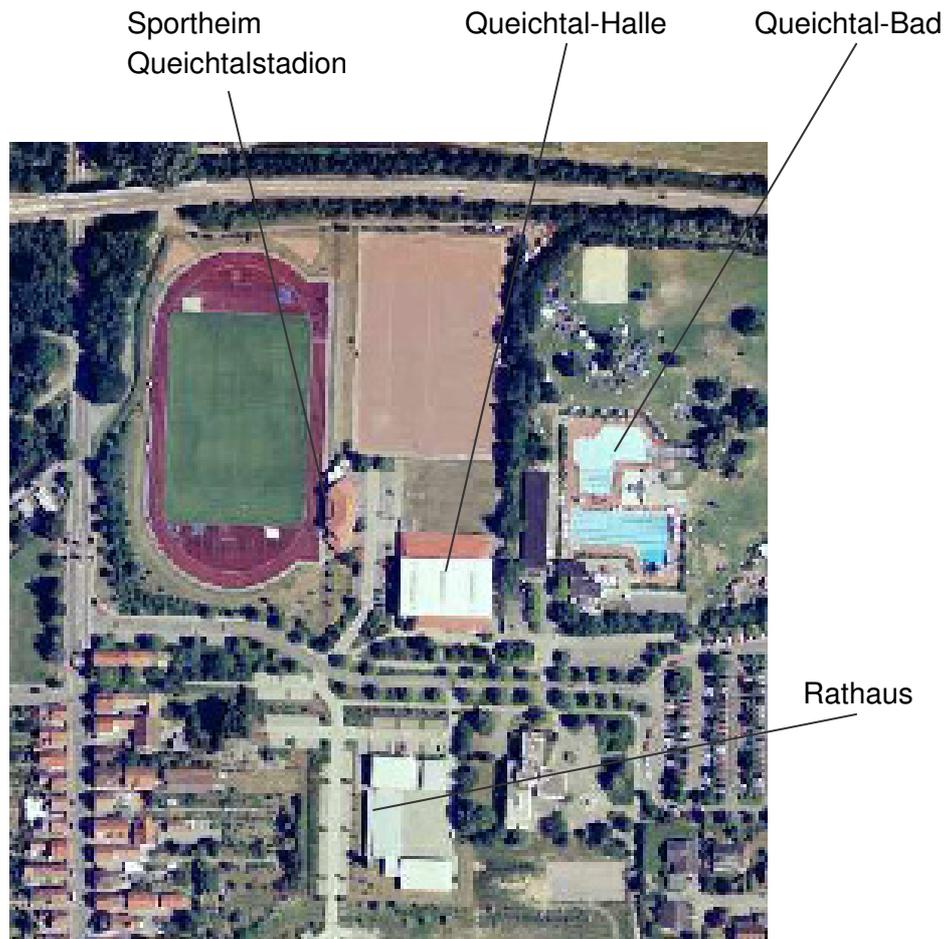


Abbildung 7-2 Luftbild öffentliche Liegenschaften um das Queichtal-Bad und Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“
(Quelle: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation)

Zur Verlegung der Nahwärmeleitungen vom Standort der geothermischen Bohrung bietet sich eine Trassenführung entlang der L509 an, da das Gelände dort nicht versiegelt ist und somit niedrigere Investitionskosten anzusetzen sind.

In der Tabelle sind die Kenndaten zur Erschließung der Nahwärmeinsel um das Queichtal-Bad aufgeführt.

Die Längen der Nahwärmetrasse wurden aus den Luftbildern ermittelt.

Länge Nahwärmetrasse	2,0 km
Länge Hausanschluss	0,4 km
Länge Gesamtnetz	2,4 km
Summe Wärmeleistungsbedarf ¹	1,2 MW _{th}
Jahresgesamtwärmebedarf	1.742 MWh _{th} /a
Anzahl Hausanschlüsse	4
Spez. Wärmeleistung bezogen auf Nahwärmetrasse	581 W _{th} /m
Spez. Wärmeabsatz bezogen auf das Gesamtnetz	0,7 MWh_{th}/a·m
Spez. Anzahl Hausanschlüsse bezogen auf Nahwärmetrasse	2 1/km
Spez. Nahwärmetrasse pro Hausanschluss	500 m/Ha
Spez. Wärmeleistung pro Hausanschluss	290 kW/Ha
Spez. Jahreswärmebedarf pro Hausanschluss	435.500 MWh/Ha·a

Tabelle 7-2 Kenndaten zur Erschließung der Nahwärmeinsel um das Queichtal-Bad

Aufgrund der verhältnismäßig großen Entfernung zwischen geothermischer Bohrung und dem Queichtal-Bad sowie der benachbarten Liegenschaften ergibt sich ein verhältnismäßig niedriger Wärmeabsatz. Die Entfernung ist in Bezug auf den Jahresgesamtwärmebedarf zu hoch.

¹ TSB: Annahme für 1.500 Vollbenutzungsstunden

7.3 Vollständige Nahwärmeversorgung Offenbach an der Queich

Die vollständige Nahwärmeversorgung umfasst alle Gebäude und Liegenschaften in Offenbach an der Queich.

Die entsprechenden Kenndaten sind aus der Tabelle zu entnehmen.

Länge Nahwärmetrasse	30,0 km
Länge Hausanschluss	14,4 km
Länge Gesamtnetz	44,4 km
Summe Wärmeleistungsbedarf	41 MW _{th}
Jahresgesamtwärmebedarf	50.000 MWh _{th} /a
Anzahl Hausanschlüsse	1.800
Spez. Wärmeleistung bezogen auf Nahwärmetrasse	1.367 W _{th} /m
Spez. Wärmeabsatz bezogen auf das Gesamtnetz	1,1 MWh_{th}/a·m
Spez. Anzahl Hausanschlüsse bezogen auf Nahwärmetrasse	60 1/km
Spez. Nahwärmetrasse pro Hausanschluss	17 m/Ha
Spez. Wärmeleistung pro Hausanschluss	23 kW/Ha
Spez. Jahreswärmebedarf pro Hausanschluss	27.778 MWh/Ha·a

Tabelle 7-3 Kenndaten zur vollständigen Nahwärmeversorgung von Offenbach an der Queich

Mit einem Nahwärmenetz entlang der Ortsstraßen ergibt sich mit 1,1 MWh_{th}/a·m nur ein verhältnismäßig niedriger Wärmeabsatz. Die Struktur der Bebauung lässt keine hohen Wärmedichten wie bei einer hoch verdichteten Bauweise erwarten.

8 Anlegbarer Wärmepreis für die Nahwärmeversorgung mit Geowärme

Für die Wärmelieferung eines Geothermiekraftwerk wird im Vergleich zu der derzeitigen, dezentralen Wärmeversorgung ein anlegbarer Wärmepreis bestimmt.

Es werden die Kapital- und Betriebskosten sowie die Verbrauchskosten nur bestehend aus den Hilfsenergiekosten der Nahwärmeversorgung berechnet. Für die dezentrale Wärmeversorgung auf Basis von Erdgaskesseln werden die Jahreskosten aus den Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten bestimmt. Damit die Nahwärmeversorgung konkurrenzfähig zur dezentralen Wärmeversorgung wird, sind maximal die gleichen Jahreskosten anzusetzen. In der Tabelle entsprechen die Differenzkosten den maximalen Verbrauchskosten der Nahwärme. In Bezug auf den Gesamtwärmebedarf der vorgestellten Nahwärmeinseln und des Gesamtausbaus wird ein anlegbarer Geowärmepreis 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 4.571 kWh _{Ho} /a ¹	5,51 Ct/kWh _{Ho} inkl. MwSt.
Arbeitspreis Erdgas ab 150.000 kWh _{Ho} /a	5,10 Ct/kWh _{Ho} inkl. MwSt.
Grundpreis bis 12 kW _{th} Anschlussleistung ¹	119,71 €/a inkl. MwSt.
Grundpreis jedes weitere kW _{th} Anschlussleistung ¹	9,05 €/a inkl. MwSt.
allgemeiner Strompreis Haushalt ²	16,00 Ct/kWh _{el} inkl. MwSt.
allgemeiner Strompreis Gewerbe ²	16,50 Ct/kWh _{el} inkl. MwSt.

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

² Pfalzwerke AG: Allgemeine Preise für Grund- und Ersatzversorgung mit elektrischer Energie nach § 36 Energiewirtschaftsgesetz; 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 Nahwärmeleitungen	1 % der Investition (Trasse)
Emissionsmessung	50 €/a inkl. MwSt.

8.1 Anlegbarer Geowärmepreis für Nahwärmeinsel Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“

Um den anlegbaren Geowärmepreis für die vorgeschlagene Nahwärmeinsel Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“ zu berechnen, werden die Kosten der derzeitigen Erdgas-Einzelheizungen den Wärmekosten des neu zu bauenden Nahwärmenetzes gegenübergestellt.

Für die Nahwärmeinsel werden die Kapital- und Betriebskosten sowie in den Verbrauchskosten nur die Hilfsenergiekosten bestimmt. Für die dezentrale Wärmeversorgung auf Basis von Erdgaskesseln werden die Jahreskosten aus den Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten berechnet. Damit die Geo-Nahwärmeversorgung konkurrenzfähig zur dezentralen Wärmeversorgung wird, sind maximal die gleichen Jahreskosten anzusetzen. In der Tabelle entsprechen die Differenzkosten den maximalen Verbrauchskosten der Geo-Nahwärme. In Bezug auf den Wärmebedarf in der Nahwärmeinsel wird der hier anlegbare Wärmepreis ermittelt.

Nahwärmeinsel Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“		Nahwärmeversorgung	Dezentrale Erdgasheizung
Nahwärmetrasse	€	1.434.000	
Hausanschluss	€	267.000	
Indirekte Hausübergabestation inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€	133.000	
Erdgaskessel inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€		499.000
Planung, Unvorhergesehenes	€	275.000	75.000
Gesamtinvestition	€	2.109.000	574.000
Anzahl Hausanschlüsse		14	14
Investition pro Hausanschluss	€/Ha	150.643	41.000

Tabelle 8-1 Investition Nahwärmeversorgung und dezentrale Erdgasheizung Nahwärmeinsel Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“

Der anlegbare Geowärmepreis berechnet sich für den Fall, dass die dezentralen Erdgasheizungen erneuert werden müssen, wie folgt.

Nahwärmeinsel Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“		Nahwärmeversorgung	Dezentrale Erdgasheizung
Investitionskosten inkl. MwSt.	€	2.109.000	574.000
Kapitalkosten inkl. MwSt.	€/a	155.836	47.267
Verbrauchskosten inkl. MwSt.	€/a	17.325	650.376
Betriebskosten inkl. MwSt.	€/a	19.670	10.680
Jahreskosten inkl. MwSt.	€/a	192.831	708.323
Differenz Jahreskosten inkl. MwSt.	€/a	515.492	
Wärmebedarf	MWh _{th} /a	10.500	
anlegbarer Wärmepreis inkl. MwSt.	Ct/kWh_{th}	4,9	

Tabelle 8-2 Berechnung anlegbarer Geowärmepreis
Nahwärmeinsel Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“

8.2 Anlegbarer Geowärmepreis Nahwärmeinsel Queichtal-Bad

Auch für die zweite, vorgeschlagene Nahwärmeinsel mit den öffentlichen Liegenschaften in der Nähe vom Queichtal-Bad wird der anlegbare Geowärmepreis bestimmt.

Nahwärmeinsel Queichtal-Bad		Nahwärmeversorgung	Dezentrale Erdgasheizung
Nahwärmetrasse	€	1.037.000	
Hausanschluss	€	144.000	
Indirekte Hausübergabestation inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€	32.000	
Erdgaskessel inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€		70.000
Planung, Unvorhergesehenes	€	182.000	11.000
Gesamtinvestition	€	1.395.000	81.000
Anzahl Hausanschlüsse		4	4
Investition pro Hausanschluss	€/Ha	348.750	20.250

Tabelle 8-3 Investition Nahwärmeversorgung und dezentrale Erdgasheizung
Nahwärmeinsel Queichtal-Bad

Der anlegbare Geowärmepreis berechnet sich für den Fall, dass die dezentralen Erdgasheizungen erneuert werden müssen, wie folgt.

Nahwärmeinsel Queichtal-Bad		Nahwärmeversorgung	Dezentrale Erdgasheizung
Investitionskosten inkl. MwSt.	€	1.395.000	81.000
Kapitalkosten inkl. MwSt.	€/a	103.411	6.677
Verbrauchskosten inkl. MwSt.	€/a	2.874	105.652
Betriebskosten inkl. MwSt.	€/a	12.450	1.600
Jahreskosten inkl. MwSt.	€/a	118.735	113.929
Differenz Jahreskosten inkl. MwSt.	€/a	-4.806	
Wärmebedarf	MWh _{th} /a	1.742	
anlegbarer Wärmepreis inkl. MwSt.	Ct/kWh_{th}	-0,3	

Tabelle 8-4 Berechnung anlegbarer Geowärmepreis
Nahwärmeinsel Queichtal-Bad

Wegen der verhältnismäßig großen Entfernung vom Standort der geothermischen Bohrung im Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“ zum Queichtal-Bad und den benachbarten, öffentlichen Liegenschaften stellt sich in Bezug auf den Wärmebedarf ein negativer Geowärmepreis ein. Dies bedeutet, dass der Wärmelieferant zusätzlich zur Bereitstellung von Geowärme einen Betrag für die Wärmeabnahme an die Kunden zahlen müsste.

8.3 Anlegbarer Geowärmepreis vollständige Nahwärmeversorgung Offenbach an der Queich

Für die vollständige Nahwärmeversorgung der Liegenschaften in Offenbach wird ebenfalls ein anlegbarer Geowärmepreis ermittelt.

Vollständige Nahwärmeversorgung		Nahwärmeversorgung	Dezentrale Erdgasheizung
Nahwärmetrasse	€	28.066.000	
Hausanschluss	€	6.765.000	
Indirekte Hausübergabestation inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€	6.890.000	
Erdgaskessel inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	€		6.707.000
Planung, Unvorhergesehenes	€	6.258.000	1.006.000
Gesamtinvestition	€	47.979.000	7.713.000
Anzahl Hausanschlüsse		1.800	1.800
Investition pro Hausanschluss	€/Ha	26.655	4.285

Tabelle 8-5 Investition Nahwärmeversorgung und dezentrale Erdgasheizung vollständige Nahwärmeversorgung Offenbach an der Queich

Der anlegbare Geowärmepreis berechnet sich für den Fall, dass die dezentralen Erdgasheizungen erneuert werden müssen, wie folgt.

Vollständige Nahwärmeversorgung		Nahwärmeversorgung	Dezentrale Erdgasheizung
Investitionskosten inkl. MwSt.	€	47.979.000	7.713.000
Kapitalkosten inkl. MwSt.	€/a	3.522.459	635.107
Verbrauchskosten inkl. MwSt.	€/a	80.000	3.784.302
Betriebskosten inkl. MwSt.	€/a	486.110	224.140
Jahreskosten inkl. MwSt.	€/a	4.088.569	4.643.549
Differenz Jahreskosten inkl. MwSt.	€/a	554.980	
Wärmebedarf	MWh _{th} /a	50.000	
anlegbarer Wärmepreis inkl. MwSt.	Ct/kWh_{th}	1,1	

Tabelle 8-6 Berechnung anlegbarer Geowärmepreis vollständige Nahwärmeversorgung Offenbach an der Queich

Wenn die Geonawärme bei den derzeitigen Gastarifen wettbewerbsfähig sein soll, ist im Vergleich zur dezentralen Wärmeversorgung mit Erdgas für die Nahwärmeversorgung mit Geowärme ein anlegbarer Wärmepreis von maximal 1,1 Ct/kWh_{th} möglich. Dem Geothermiekraftwerk stünde damit durch die Wärmeabgabe eine jährliche Zusatzeinnahme von rund 555.000 Euro zur Verfügung. Für diesen Betrag muss der Wärmeanbieter auch die Versorgungssicherheit durch eine weitere Wärmeerzeugungsanlage garantieren.

8.4 Sensitivitätsanalyse Geowärmepreis hinsichtlich Anschlussdichte

Ein wichtiges Kriterium für die Wirtschaftlichkeit eines Nahwärmenetzes ist der Wärmeab-
satz und die Anschlussdichte.

Dies wird beim Vergleich der beiden vorgeschlagenen Nahwärmeinseln deutlich. Während ein Nahwärmeverbund im Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“ mit einem hohen Wärmebedarf und einer hohen Wärmeleistung günstiger dasteht, ist ein Nahwärmeverbund um das Queichtal-Bad mit einem ebenfalls hohen Wärmebedarf und einer hohen Wärmeleistung ungünstiger aufgrund der Entfernung zwischen Wärmeerzeugung und –verbrauch. Wenn an die lange Transportleitung zum Queichtal-Bad weitere Wärmeabnehmer angeschlossen werden können, erhöht sich gleichzeitig mit der Zunahme der Anschlussdichte die Wirtschaftlichkeit. Dies ist bei der vollständigen Nahwärmeversorgung der Gemeinde Offenbach an der Queich zu erkennen.

Zur Erhöhung der Anschlussdichte sind weitere Betriebe in den Gewerbegebieten sowie entlang einer Haupttrasse vom Standort der geothermischen Bohrung zum Dorfkern wie z. B. die K40 und die Hochstadter Straße anzusiedeln.



Abbildung 8-1 Luftbild Gewerbegebiete in Offenbach an der Queich
(Quelle: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation)

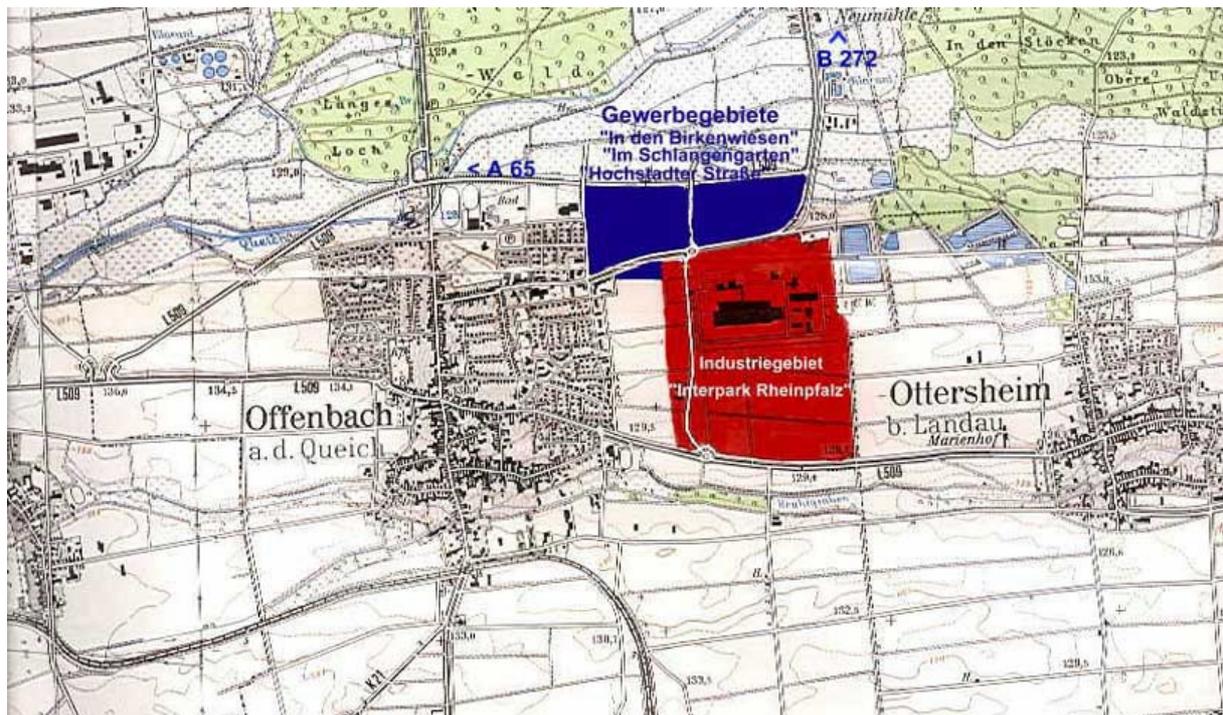


Abbildung 8-2 Lageplan Offenbach an der Queich mit Gewerbegebieten (Quelle: http://www.offenbach-queich.de/verbandsgemeinde_offenbach_an_der_queich/index.html)

Die älteren Gewerbegebiete „Im Schlangengarten“, „In den Birkenwiesen“ und „Hochstädter Straße“ mit einer Gesamtgröße von ca. 24,2 ha sind fast vollständig besiedelt. Freie Flächen, die von der Gemeinde Offenbach verkauft werden, sind nicht mehr vorhanden.

Im Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“ steht noch eine Fläche von etwa 300.000 m² von den rund 715.000 m² zur Ansiedlung von Betrieben zur Verfügung.



Abbildung 8-3 Freiflächen im Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“
(Quelle: Verbandsgemeindeverwaltung Offenbach an der Queich,
Interpark Rheinpfalz, Ihr Top-Standort in Deutschland)

Einige Wohngebiete in Offenbach an der Queich sind noch dünn besiedelt. Dabei handelt es sich um das Neubaugebiet „Südlich der Landauer Straße“ und das Wohngebiet zwischen Niedergasse und Böhlweg.



Abbildung 8-4 Luftbild Neubaugebiet „Südlich Landauer Straße“
(Quelle: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation)



Abbildung 8-5 Luftbild Wohngebiet zwischen Niedergasse und Böhlweg
(Quelle: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation)

Im Hinblick auf die Anschlussdichte des Wärmenetzes wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

Um den Einfluss der Anschlussdichte auf die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes anschaulich darzustellen, wird zur Vereinfachung der Geowärmepreis für die Anbindung von Gebäuden in 10 % Schritten bezogen auf die Gesamtzahl der Gebäude in Offenbach an der Queich ermittelt. Es wird angenommen, dass das Nahwärmenetz in Offenbach an der Queich von Anfang an vollständig verlegt wird, während die Gebäude nach und nach bei Erneuerungsbedarf der Wärmeversorgung an das Wärmenetz angeschlossen werden.

Daraus ergeben sich folgende Werte.

Anteil Gebäude im Wärmenetz in %	Anzahl Gebäude	Anschlussdichte in $MWh_{th}/(a \cdot m)$	Geowärmepreis in Ct/ kWh_{th}
10	180	0,2	-47,1
20	360	0,3	-20,3
30	540	0,5	-11,4
40	720	0,7	-7,0
50	900	0,8	-4,3
60	1.080	1,0	-2,5
70	1.260	1,2	-1,4
80	1.440	1,3	-0,3
90	1.620	1,5	0,5
100	1.800	1,7	1,1

Tabelle 8-7 Sensitivitätsanalyse Geowärmepreis bezogen auf Anschlussdichte

Erst wenn mehr als 80 % der Gebäude in Offenbach an der Queich unter der Annahme von durchschnittlich 23 kW_{th} Wärmeleistung je Gebäude an das Wärmenetz angebunden sind, ergibt sich ein Geowärmepreis größer $0 \text{ Ct}/kWh_{th}$. Mit den ermittelten Geowärmepreisen wird für den Endverbraucher eine Heizkostengleichheit für die geothermische Abwärme gegenüber neuen Erdgaskesseln erreicht.

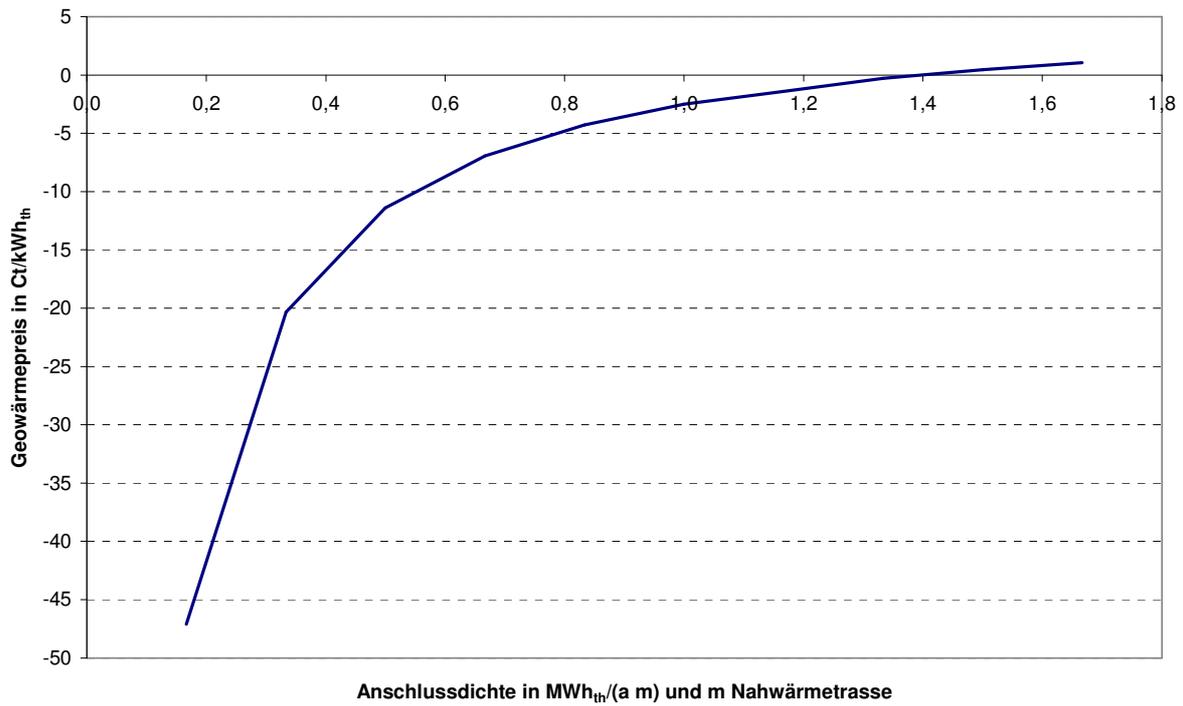


Abbildung 8-6 Sensitivitätsanalyse Geowärmepreis bezogen auf Anschlussdichte

Erst ab einer Anschlussdichte von $1,425 MWh_{th}/(a \cdot m)$ ergibt sich ein Geowärmepreis, der größer als $0 Ct/kWh_{th}$ ist.

9 Zusammenfassung

Auf Grund günstiger geologischer Ausgangsbedingungen verfügen die Süd- und Vorderpfalz über große Potentiale zur geothermischen Strom- und Wärmeerzeugung. 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 der Umsetzung eines Wärmenetzes.

In Offenbach an der Queich ist kein Nahwärmenetz vorhanden. Aufgrund dessen wurden zunächst einzelne Nahwärmeinseln in der Gemeinde und dann eine vollständige Erschließung aller Liegenschaften betrachtet.

In Offenbach an der Queich beträgt die maximale Wärmeleistung etwa $41 \text{ MW}_{\text{th}}$. Bedingt durch Gleichzeitigkeit wäre der gesamte Wärmebedarf bei der Versorgung mit Nahwärme mit einer 6 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 siebenfache. Aus Gründen der Versorgungssicherheit ist eine weitere Wärmeerzeugungsanlage erforderlich. Die darüber hinaus zur Verfügung stehende Wärme kann vor allem im Gewerbe (z.B. Trocknungsprozesse) und in der Landwirtschaft (z.B. Gewächshäuser, Aquakulturen) genutzt werden.

Um die Wärme bestmöglich nutzen zu können, müsste ein Wärmenetz zur vollständigen Versorgung der Liegenschaften in Offenbach an der Queich gebaut und weitere Wärmenutzungsmöglichkeiten erschlossen werden. Zur vollständigen Erschließung von Offenbach an der Queich sind ca. 30 km Nahwärmetrasse, 14,4 km Hausanschlussleitungen und rund 1.800 Hausübergabestationen zu verlegen bzw. zu bauen. Dazu ist ein Investitionsvolumen von ca. 48 Mio. € aufzuwenden. Verbunden mit dieser Investition wäre eine emissionsfreie Beheizung.

Es sind Kenndaten zu den beiden vorgeschlagenen Nahwärmeinseln und zum Nahwärmenetz zur vollständigen Versorgung der Gemeinde Offenbach an der Queich gegenübergestellt.

		Nahwärmeinsel Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“	Nahwärmeinsel Queichtal-Bad	Nahwärmenetz Offenbach an der Queich
Länge Nahwärmetrasse	km	1,7	2	30
Länge Hausanschluss	km	0,7	0,4	14,4
Länge Gesamtnetz	km	2,4	2,4	44,4
Summe Wärmeleistungsbedarf	MW _{th}	8,75	1,2	41
Jahresgesamtwärmebedarf	MWh _{th} /a	10.500	1.742	50.000
Anzahl Hausanschlüsse		14	4	1.800
Spez. Wärmeleistung bezogen auf die Nahwärmetrasse	W _{th} /m	5.147	581	1.367
Spez. Wärmeabsatz bezogen auf das Gesamtnetz	MWh _{th} /a·m	4,4	0,7	1,1
Spez. Anzahl Hausanschlüsse bezogen auf die Nahwärme- trasse	1/km	8	2	60
Nahwärmetrasse pro Hausanschluss	m/Ha	121	500	17
Wärmeleistung pro Hausanschluss	kW/ha	625	290	23
Jahreswärmebedarf pro Hausanschluss	MWh _{th} /Ha	750.000	435.500	27.778

Tabelle 9-1 Kenndaten zu Nahwärmenetzen

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der vollständigen Nahwärmeversorgung von Offenbach an der Queich zeigt, dass zur Erreichung von Heizkostengleichheit für den Endverbraucher die geothermische Abwärme einen Wert von rund 1,1 Ct/kWh_{th} erreicht.

Die anteiligen Investitionen für Netz, Anschluss und Übergabestation liegen mit ca. 26.700 € 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.

Für die Nahwärmeinsel Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“ beträgt der anlegbare Geowärmepreis 4,9 Ct/kWh_{th}. Wegen der verhältnismäßig großen Entfernung vom Standort der geothermischen Bohrung im Gewerbegebiet „Interpark Rheinpfalz“ zum Queichtal-Bad und den benachbarten, öffentlichen Liegenschaften stellt sich in Bezug auf den Wärmebedarf ein negativer Geowärmepreis in Höhe von -0,3 Ct/kWh_{th} ein.

Eine Sensitivitätsanalyse des Geowärmepreises hinsichtlich der Anschlussdichte zeigte, dass sich in Offenbach an der Queich erst ab einer Anschlussdichte von $1,425 \text{ MWh}_{\text{th}}/(\text{a}\cdot\text{m})$ eine Heizkostengleichheit für den Endverbraucher ergibt.

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 CO_2 für die Wärme- und Stromerzeugung auf Basis eines 6 MW_{el} -Geothermiekraftwerks betragen – bezogen auf den Strom- und Wärmeverbrauch von Offenbach an der Queich – ca. 34.000 t/a. Hinzu kommt eine CO_2 -Gutschrift von rund 11.700 Tonnen für die den Bedarf von Offenbach überschreitende Stromerzeugung von 18.200 kWh. Insgesamt würde damit ein 6 MW_{el} -Geothermiekraftwerk 45.700 Tonnen CO_2 einsparen.

In Bezug auf Brennstoff würden durch die Umstellung auf Geowärme ca. 13 Mio. l Heizöl- bzw. m^3 Erdgasäquivalente eingespart.

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 Offenbach an der Queich 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 Nahwärmeversorgung angestellt. Die spezifischen Kosten für die Einsparungen betragen für die Nahwärmeversorgung mit Geothermie nur etwa 40 % der spezifischen Kosten für den höheren Wärmedämmstandard. Aus dieser Sichtweise wäre für die Gebäude in Offenbach an der Queich die Nahwärmeversorgung mit Geothermie wirtschaftlicher als die Verbesserung des Wärmedämmstandards.

Insgesamt kann man festhalten, dass die Entwicklung der Geothermie in der „Geothermieresion“ 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 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.