

---

# Machbarkeitsstudie Solarenergiedorf Seinstedt

OT von Achim, Samtgemeine Oderwald

---

## Nahwärmeversorgung aus Solarthermie und Großwärmespeicher

---

Auftraggeber

**Landkreis Wolfenbüttel**

---

---

Juni 2014  
GUT  
Brandt/Illmer  
Gartenstraße 7  
37574 Einbeck

---

## Inhaltsverzeichnis

1.	Veranlassung.....	3
2.	Diskussion der Wärmegewinnung aus umweltfreundlichen Energiequellen.....	3
3.	Gegenstand der Machbarkeitsstudie .....	5
4.	Vorgehensweise .....	6
5.	Verbrauchsdaten .....	6
6.	Deckungsbeiträge und Versorgungssicherheit .....	8
7.	Geordnete Jahresdauerlinie.....	9
8.	Solaranlage .....	9
9.	Groß-Wärmespeicher .....	11
10.	Nahwärmenetz .....	14
11.	Wärmetransport mittels Heizwasser in vorisolierten erdverlegten Leitungen .....	15
12.	Wärmenetzbetrieb und Voraussetzungen für optimale hydraulische und thermische Gestaltung der Versorgung mit Nahwärme bei den Abnehmern.....	18
13.	Investitionskosten, Wärmepreis, Wirtschaftlichkeit .....	20
14.	Fördermittel .....	20
15.	Heizkostenvergleich.....	21
16.	Realisierungsempfehlung .....	23
17.	Wärmepreismodell.....	26
18.	Betreibermodell .....	26

## Anhang

Kostenkalkulation

Wärmeverkaufserlöse

Vergleich der effektiven Wärmekosten für ein Einfamilienhaus

## 1. Veranlassung

Der Landkreis Wolfenbüttel hat es sich zum Ziel gesetzt, Energieprojekte in Gemeinden zu initiieren, die das Gebot der effizienten und nachhaltigen Energieversorgung im ländlichen Raum konsequent umsetzen. Dies wird nicht nur als Beitrag zur Energiewende und zur aktiven Zukunftsgestaltung gesehen, sondern dient auch dem Ziel einer Erweiterung der Wertschöpfung unmittelbar vor Ort unter Ausnutzung vorhandener, bisher wenig erschlossener Ressourcen. Nachhaltige und intelligente Nutzung der heimischen Energiequellen erhöht dabei die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern. Es bedeutet, örtlich neue Qualifikationen zu vermitteln und damit auch Tätigkeitsfelder zu erschließen, die dem Bedeutungsverlust ländlicher Gemeinden entgegenwirken können. Die immense strukturpolitische Bedeutung einer solchen Initiative steht angesichts der aktuellen energiepolitischen, demografischen und siedlungspolitischen Diskussionen außer Frage.

Um die Eigeninitiative vor Ort zu mobilisieren und zu motivieren, hat der Landkreis im Jahr 2011/2012 einen **Bioenergiedorfwettbewerb** durchgeführt. Begleitet von Wissenschaftlern der Universität Göttingen aus der Arbeitsgruppe von Prof. Schmuck, den Kooperationspartnern (IZNE), dem Niedersächsisches Landvolk Braunschweiger Land e. V. und der Gesellschaft für umweltfreundliche Technologien e. V. (GUT) konnten Bürger aus den Dörfern im Landkreis ihre Ideen für eine nachhaltige Energieversorgung entwickeln und präsentieren. Ortsbürgermeister und Ortsbeiräte waren aufgerufen, das bürgerschaftlichen Engagement zu unterstützen.

Eine Jury aus Fachleuten der Universität Göttingen und des Landkreises Wolfenbüttel, unterstützt durch die o. g. Kooperationspartner, hat unter Berücksichtigung der Tiefe des Engagements, der Sinnhaftigkeit der vorgestellten Lösungsansätze und der voraussichtlichen Machbarkeit aus den vier Dörfern der Endrunde die Gemeinden Schliestedt und Seinstedt als Sieger ausgewählt. Zu diesem Vorgang liegt eine ausführliche Berichtsvorlage von Frau Dr. Karpenstein-Machan vom IBR - Göttinger Institut für Bioenergie und Regionalentwicklung e. V. vor, das ebenfalls in den Findungs- und Auswahlprozess involviert ist.

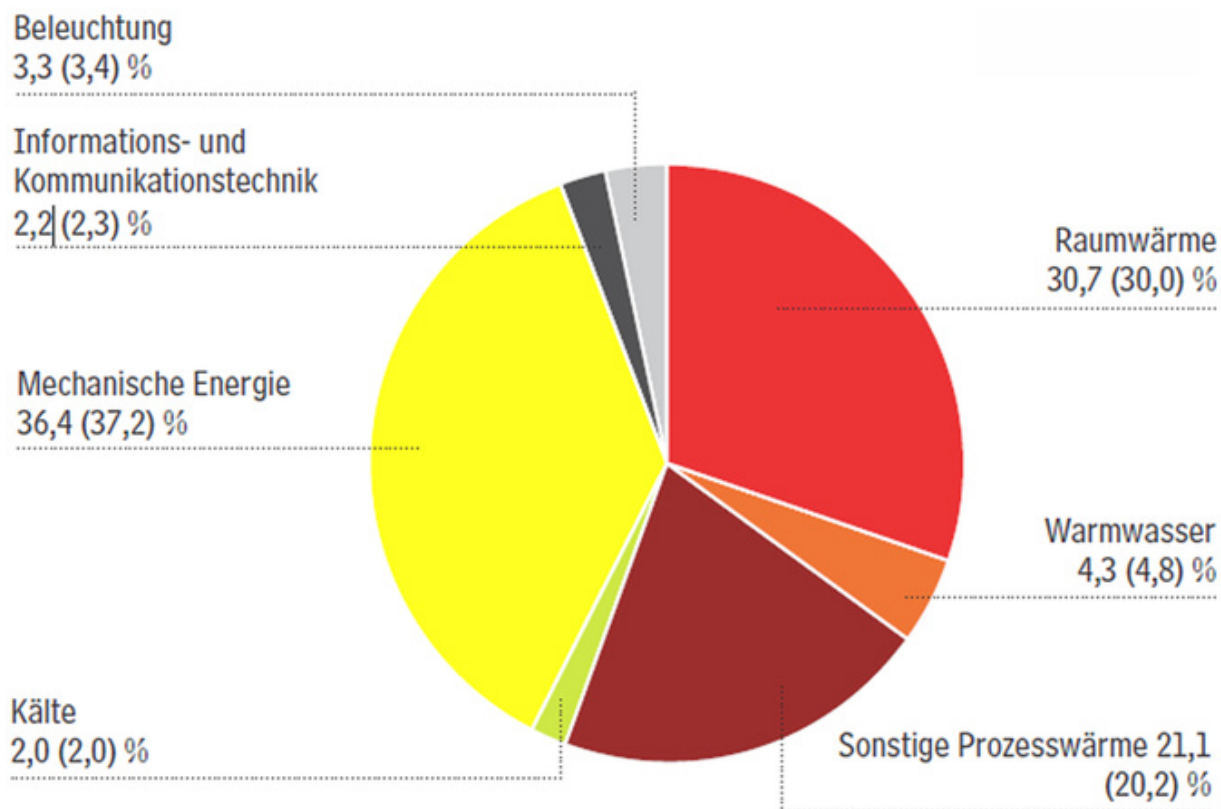
## 2. Diskussion der Wärmegewinnung aus umweltfreundlichen Energiequellen

Die öffentliche Auseinandersetzung zum Thema Energiewende ist größtenteils auf die Erzeugung und Verteilung von elektrischer Energie fokussiert, Wärmeenergie kommt wenig vor. Kaum Beachtung findet der Sachverhalt, dass elektrische Energie nur einen Anteil von ca. 20% am Endenergieverbrauch hat, der Anteil von Wärme für Raumheizung und Warmwasserbereitung hingegen mit nahezu 40% doppelt so hoch liegt.

Die Energiewende kann nur gelingen, wenn dem Bereich Wärme die gebührende Aufmerksamkeit zuteil wird. Wesentlich ist in diesem Bereich die Minimierung von Wärmeverlusten durch Verbesserung des Wärmeschutzes. Als einem weiteren Baustein kommt der Effizienzverbesserung eine große Bedeutung zu. Es gilt, die eingesetzte Primärenergie besonders effizient und mit höchstmöglichem Exergie Wirkungsgrad zu nutzen. Wirksamste Technologie ist hierfür die Kraft-Wärme-Kopplung. Der dann noch verbleibende Energiebedarf muss durch Nutzung der Sonnenenergie in allen ihren Erscheinungsformen gedeckt werden.

Direkte Sonnenenergie wird gegenwärtig fast ausschließlich zeitsynchron zum Verlauf der Solareinstrahlung genutzt. Dies gilt insbesondere für Fotovoltaik zur Stromerzeugung. Energiespeicherung findet lediglich bei netzfernen oder mobilen Anwendungen statt. Inzwischen wird der Einsatz von Speicherbatterien forciert, allerdings nur für den Tag-Nachtausgleich. Bei Solarthermie-Anlagen sind Wärmespeicher zwar unabdingbar, aber auch da erfolgt die Energiespeicherung i. d. R. maximal für den Zeitraum von einer Woche. Ähnliches gilt für Windenergie, für die es der-

zeit keine Speicherung im nennenswerten Umfang gibt.



Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen

Nur bei Bioenergie könnte aufgrund der Tatsache, dass es sich bereits um gespeicherte Sonnenenergie handelt, eine bedarfssynchrone Verwendung erfolgen. Biomasse wird direkt verfeuert (klassisch) oder mittels BHKWs nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung verstromt. Bei der Verstromung von Biomasse anfallende Abwärme ist die ressourcenschonende Wärmequelle für die bereits existierenden Bioenergiedörfer.

Aufgrund der begrenzten Anbauflächen und der in der öffentlichen Auseinandersetzung zunehmend beschworene Flächenkonkurrenz ist der Anteil der Bioenergie für die dörfliche und kommunale Versorgung nicht mehr unbegrenzt ausbaufähig.

Eine Alternative ist die Wärmeversorgung auf Basis direkter Sonnenenergienutzung. Bei der direkten Umwandlung von Solarstrahlung in Wärme liegt die Effizienz bzw. Ausbeute bis zu 50-mal höher im Vergleich zu Bioenergie, die den Umweg über den Nutzungspfad Pflanzenwachstum – Biomasse-Verwertung geht.

Das größte Hindernis für diese Technologie stellt die Energieverschiebung von der Ertragszeit im Sommer zur Nutzungszeit im Winter dar. Die einfachste und effektivste Lösung ist derzeit die Wärmespeicherung in großen Heißwasserspeichern.



### 3. Gegenstand der Machbarkeitsstudie

Der Ort Seinstedt, ein Ortsteil von Achim, gehört zur Samtgemeinde Oderwald und war eines der Dörfer, die am Wettbewerb des Landkreises Wolfenbüttel teilgenommen haben. In Seinstedt wohnen in 105 Gebäuden mit ca. 110 Haushalten etwa 260 Einwohner.

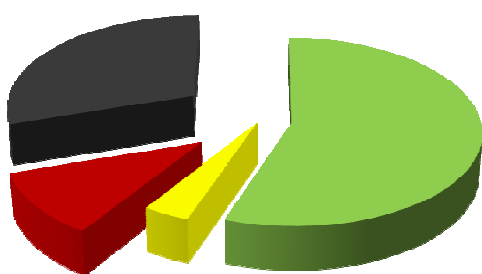
Seinstedt besitzt eine kompakte Flächenstruktur mit wenig Streubebauung. Somit sind günstige Voraussetzungen gegeben, um mittels Nahwärmenetz eine zentrale und zugleich wirtschaftliche Wärmeversorgung für den gesamten Ort aufzubauen

Eine weitere wesentliche Voraussetzung für den Aufbau einer ökonomisch fundierten Nahwärmeversorgung ist die Bereitschaft möglichst vieler Hauseigentümer, sich an ein zukünftiges Nahwärmenetz anzuschließen. Nur so kann eine ausreichende Anschluss- und Absatzdichte für ein Nahwärmenetz erzielt und der Bau des Netzes über den Verkauf der Abwärme sicher refinanziert werden.



Seinstedt bietet für die Transformation zu einem Sonnenenergiedorf gute Voraussetzungen.

- Die Akzeptanz der Bevölkerung und die Bereitschaft mitzumachen sind groß.
- Das Dorf ist ausreichend kompakt, um eine Nahwärmenetz zur Verteilung der Solarwärme wirtschaftlich betreiben zu können.
- Seinstedt verfügt über einen nicht bewirtschafteten Südhang, der sich für die Aufstellung der solarthermischen Anlagenkomponenten mit einer Fläche von ca. 6.000 m<sup>2</sup> bestens eignet.
- Unmittelbar davor liegt eine Geröllhalde, in deren Hang zwei Großspeicher mit den erforderlichen insgesamt ca. 25.000 m<sup>3</sup> Inhalt bzw. 1.000 MWh Wärmekapazität gut platzierbar sind.
- Seinstedt bietet sich durch die unmittelbare Nähe zum Atommülllager Asse optimal an, um die Erfolgsaussichten für die Energiewende mit dem Demonstrationsprojekt einer erstmals zu 100% solar versorgte Gemeinde glaubhaft zu belegen und damit über den Ort und die Region hinaus eine wichtige Signalwirkung zu entfalten.



- Bereitschaft ja
- Bereitschaft vielleicht
- Bereitschaft nein
- keine Angabe

Anschlussbereitschaft in Seinstedt ca. 60%

#### 4. Vorgehensweise

Um die Akzeptanz und Bereitschaft zum Anschluss an ein Nahwärmenetz in Seinstedt zu erkunden, wurde eine Befragung der Haushalte und Gewerbebetriebe durchgeführt. Vom Büro GUT wurde ein Fragebogen zur Erfassung der erforderlichen Daten vorgelegt. Die Gutachter standen den Bürgern bei offenen Fragen beratend zur Seite, um ggf. auf Unkenntnis basierende Vorbehalte zu zerstreuen und einen möglichst hohen Rücklauf der Fragebögen zu gewährleisten. Mit dem Fragebogen wurden die spezifischen Daten der Gebäude und Bestandsheizanlagen, die Nutzungscharakteristiken und die bisherigen Brennstoffverbräuche erfasst. Weiterhin wurde die Bereitschaft der Hausbesitzer abgefragt, ob und unter welchen Bedingungen sie ihr Gebäude an ein zukünftiges Nahwärmenetz anschließen würden.

Für eine mögliche Nahwärmeversorgung werden unter Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen und der Charakteristik des Jahresgangs für den Wärmebedarf die erforderlichen Kennwerte für die Auslegungsleistung ermittelt. Es werden die Kosten für die Wärmebereitstellung und nach Anwendung auf ein Wärmepreismodell die Kosten für den Wärmebezug der Abnehmer ermittelt.

Die technische Konzeption der Solaranlage, des Großwärmespeichers und des Nahwärmenetzes werden kurz dargestellt. Eine erste Dimensionierung der Systemkomponenten wird vorgenommen. Für das Nahwärmenetz erfolgt eine Grob-Vorplanung mit Dimensionierung der einzelnen Stränge und Hauszuleitungen. Die erforderlichen Investitionskosten werden durch Kostenschätzung ermittelt.

Das Wärmeversorgungskonzept wird hinsichtlich seiner Wirtschaftlichkeit bewertet. Für diese Bewertungen werden die Gesamtkosten, die Wärmegestehungskosten und der daraus abgeleitete Wärmepreis unter Berücksichtigung der Fördermöglichkeiten eingeschätzt.

Für die später voraussichtlich zu beantragenden Fördermittel ist das Konzept zur Nahwärmenutzung aus einer thermischen Solaranlage mit Großwärmespeicher plausibel darzulegen. Die erforderlichen technischen und ökonomischen Daten, Länge der Nahwärmetrasse, Anzahl der Übergabestationen, Bauart der Rohrleitungen (Einfach- oder Doppelrohr), wichtige Kennzahlen der Wärmegewinnung und -speicherung etc. werden angegeben. Die vorliegende Studie kann zur Beantragung der Fördermittel herangezogen werden.

#### 5. Verbrauchsdaten

Die Auswertung der Daten der Fragebögen zur Ermittlung der zu erwartenden Wärmeverbräuche der anschlussbereiten Haushalte umfasst die Plausibilitätsprüfung der Selbstauskünfte zum bisherigen Heizenergieverbrauch. Soweit die Daten vollständig sind, erfolgt eine Korrelation mit den Flächendaten, der Bauart und dem Baualter der Gebäude sowie mit dem Baualter und der Dimensionierung der Heizanlagen. Fehlende Verbrauchsangaben wurden auf der Grundlage plausibler Mittelwerte abgeschätzt.

Nr.	Straße	Anschluss 1 = ja 2 = vielleicht	Energieart	mittlerer Wärmeverbrauch kWh/a	Leistung kW
1	Achimer Straße, Feuerwehr	1	Erdgas	12.110	7
2	Achimer Straße 6	1	Öl	15.220	9
3	Achimer Straße 8	1	Erdgas	17.715	10

Nr.	Straße	Anschluss 1 = ja 2 = viel- leicht	Energieart	mittlerer Wärmever- brauch kWh/a	Leistung kW
4	Alter Mühlenweg 1	1	Öl/Holz	20.623	12
5	Alter Mühlenweg 6	1	Öl	23.911	14
6	Alter Mühlenweg 7	1	Erdgas/Holz	21.350	12
7	Alter Mühlenweg 11	1		22.500	13
8	Bundesstraße, Kirche, Gemeinde	1	Erdgas	13.438	8
9	Bundesstraße 2	1	Holz	20.960	12
10	Bundesstraße 3	1		22.500	13
11	Bundesstraße 4	1		10.000	6
12	Bundesstraße 5	1		22.500	13
13	Bundesstraße 6	1	Öl/Holz	54.083	31
14	Bundesstraße 7	1	Erdgas	33.647	19
15	Bundesstraße 9	1	Erdgas/Holz	33.103	19
16	Bundesstraße 15	1		22.500	13
17	Bundesstraße 16	1	Öl	51.686	29
18	Bundesstraße 17	1	Erdgas	21.020	12
19	Bundesstraße 19	1		22.500	13
20	Bundesstraße 21	1	Erdgas/Holz	17.315	10
21	Bundesstraße 21	1		22.500	13
22	Bundesstraße 21	1	Holz	31.667	18
23	Bundesstraße 22	1	Holz	32.000	18
24	Bundesstraße 24	1	Erdgas/Holz	54.430	31
25	Bundesstraße 25	2		22.500	13
26	Bundesstraße 26	1	Erdgas	34.460	20
27	Bundesstraße 27	1	Erdgas	16.000	9
28	Bundesstraße 31	1	Öl	28.333	16
29	Donnerberg 2	1	Erdgas	27.279	16
30	Donnerberg 4	1	Öl	26.707	15
31	Erbbrinksweg 7	1	Öl	19.300	11
32	Erbbrinksweg 9	1		22.500	13
33	Kirchhofsweg 1	2	Erdgas	20.530	12
34	Kirchhofsweg 5	1	Fl.gas/Holz	39.127	22
35	Kirchhofsweg 6	1	Öl/Holz	16.700	10
36	Kunterhofsweg 2a	1	Öl/Holz	20.750	12
37	Kunterhofsweg 3	1	Öl/Holz	31.250	18
38	Kunterhofsweg 5	1	Öl	29.750	17
39	Meerfeldstraße 1a	1	Erdgas/Holz	24.937	14
40	Meerfeldstraße 2	1	Öl	47.033	27
41	Meerfeldstraße 2	1	Öl	36.975	21
42	Meerfeldstraße 9	1	Erdgas/Holz	13.819	8
43	Meerfeldstraße 11	1	Erdgas/Holz	9.860	6
44	Pfarrtwete	1	Erdgas	11.015	7
45	Sack 1	1	Erdgas/Holz	39.928	23
46	Sack 5	1		35.000	20
47	Sack 6	1	Öl	52.366	30
48	Sack 6a	1		zus. mit Nr. 6	
49	Sahlberg 2	1	Erdgas	20.250	15

Nr.	Straße	Anschluss 1 = ja 2 = viel- leicht	Energieart	mittlerer Wärmever- brauch kWh/a	Leistung kW
50	Sahlberg 3	1	Öl	12.750	8
51	Sahlberg 5	1	Erdgas	15.176	9
52	Sahlberg 6	1	Pellets	12.000	7
53	Schmiedestraße 1	1	Öl	29.467	17
54	Schmiedestraße 2	1	Öl/Holz	25.750	15
55	Schmiedestraße 3	1	Erdgas	26.860	15
56	Schmiedestraße 4	1	Erdgas	17.600	10
57	Schmiedestraße 6	1	Öl/Holz	38.100	22
58	Schmiedestraße 12	1	Öl	24.367	14
59	Twete 4	1		22.500	13
60	Winkel 1	1		22.500	13
61	Winkel 2	1	Öl	25.500	15
62	Winkel 2a	1	Öl/Holz	13.517	8
63	Winkel 2b	2		22.500	13
64	Winkel 4	1		22.500	13
65	Winkel 5	2		22.500	13
				<b>1.619 MWh/a</b>	<b>935 kW</b>
				<b>GZF 0,80</b>	<b>748 kW</b>

## 6. Deckungsbeiträge und Versorgungssicherheit

Die Deckungsbeiträge der Wärmeversorgung werden als monatliche Mittelwerte des Wärmebedarfs dargestellt. Die tatsächlich auftretenden Extremwerte an besonders kalten Tagen und die Deckung der Bedarfsspitzen werden in der Jahresdauerlinie (Pkt. 0) aufgezeigt.

Wärmebedarf (kW) und Wärmeverbrauch (MWh/a):

maximaler effektiver Wärmeleistungsbedarf

Gleichzeitigkeitsfaktor 0,85 und Vollbenutzungsstunden

1.800 h/a ohne Wärme-Speicher- und Netzverluste                      kW                      748

Wärmeverbrauch der Abnehmer    MWh/a                      1.620

Wärmeverbrauch mit Netz- und Speicherverlusten                      MWh/a                      2.180

Der Deckungsbeitrag der thermischen Solaranlage am Wärmebedarf der potenziellen Abnehmer beträgt 100%. Mittels Großwärmespeicher wird die saisonale Verschiebung von Solarertrag und Wärmebedarf ausgeglichen.

Um die Versorgungssicherheit bei extremen Wetterbedingungen und Ausfällen von Systemkomponenten zu gewährleisten, wird am Hauptverteiler der Anschluss für eine mobile Heizanlage vorgesehen. Durch den Abschluss eines Vertrages für die Bereitstellung eines „Hotmobiles“, dass im Bedarfsfall geordert werden kann, wird die Versorgungssicherheit gewährleistet.

## 7. Geordnete Jahresdauerlinie

Die Jahresdauerlinie für den Wärmebedarf ist eine graphische Darstellung der Summenhäufigkeit der Wärmeleistung, die anzeigt, wie lange eine bestimmte Wärmeleistung im Verlauf eines Kalenderjahres auftritt. Unter Berücksichtigung einer näherungsweise linearen Abhängigkeit zwischen Außentemperatur und Wärmebedarf und der Gleichsetzung des Normwärmebedarfes mit der maximal nachgefragten Wärme lässt sich aus der Jahresdauerlinie der Außentemperatur die Wärme-Jahresdauerlinie ableiten (**blau**).

Im Diagramm 1 ist der Deckungsanteil der Solargewinne **rot** eingezeichnet. Die Graphik zeigt, dass diese Fläche zwischen den beiden Linien nach oben erweitert den Rahmen des Diagramms sprengt. Der Sonnenertrag ist in der Summe größer als die Fläche unterhalb der Dauerlinie, die den Wärmebedarf für das Nahwärmenetz inklusive der Verluste darstellt.

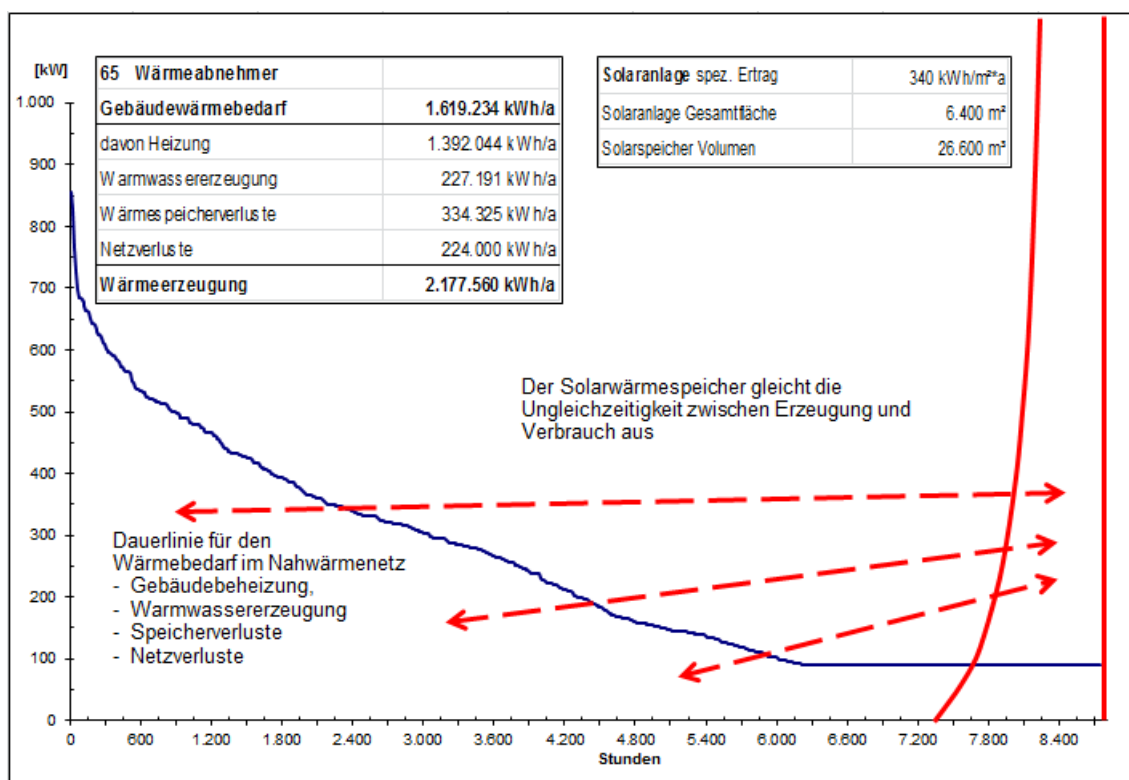


Diagramm 1 Geordnete Dauerlinie für den Wärmebedarf mit Deckungsanteilen des Großwärmespeichers

## 8. Solaranlage

Die Wärmegewinnung erfolgt mittels einer Solarkollektoranlage und ist somit das Herzstück der Solarenergieversorgung. Die erste überschlägige Dimensionierung der erforderlichen Kollektorfläche für Seinstedt beim Einsatz von Solarflachkollektoren ergibt eine Größenordnung von 6.200 m<sup>2</sup> bis 6.400 m<sup>2</sup>. Der Wärmeertrag der Anlage liegt bei 2.200 MWh pro Jahr und deckt damit den Gesamtwärmebedarf der Abnehmer und der Wärmeverluste von Netz und Speicher, die in der Summe etwa auf gleichem Niveau liegen.

Es ist davon auszugehen, dass bei Inbetriebnahme der Gesamtanlage nicht alle anzuschließenden Gebäude des Versorgungsgebiets bereits auf Solarwärme umgestellt sind. In dieser Anfangszeit wird die Ladungsreserve des Speichers aufgebaut, die die Varianz des Wärmeertrags in Abhängigkeit von der tatsächlichen Sonneneinstrahlung (Wetter) abdeckt. Später ermöglicht die aufgebau-

te Reserve ggf. den nachträglichen Anschluss zusätzlicher Wärmeabnehmer an das Versorgungssystem.

Die Ausführung der Solarkollektoranlage ist bei Umsetzung des Projekts nach genauer Marktrecherche und Einholung von Angeboten zu konkretisieren und eine Wahl zwischen den Ausführungsvarianten Flach- oder Vakuumröhrenkollektor zu treffen.

### **Flachkollektoren**

Hauptmerkmal der Flachkollektoren ist die Ausrichtung einer flachen, ebenen Absorberfläche zur Sonne (keine Krümmung, keine Konzentration). Flachkollektoren werden zur Erwärmung von Schwimmbadwasser, Gemischen aus Wasser und Frostschutz sowie Luft verwendet.

Das am häufigsten eingesetzte Abdeckmaterial für die der Sonne zugekehrten Seite ist Solarglas, das mitunter antireflexbehandelt wird. Heutige Flachkollektoren werden meistens mit Kupferabsorber ausgeführt.

Die Oberflächenbeschichtung der Absorber entscheidet neben der Dämmung und den Eigenschaften des Solarglases über die Leistungsfähigkeit des Kollektors. Sie soll hochselektiv sein, das heißt deutlich mehr als 90 % der einfallenden kurzwelligigen Einstrahlung (ca. 300 - 3500 nm Wellenlänge) durch Absorption aufnehmen, aber weniger als 10 % der aufgenommenen Energie wieder in Form langwelliger Strahlung durch Emission abgeben.

Historisch wurde dafür galvanisch eine schwarze Beschichtung aufgebracht, der sogenannte Schwarzchrom. Neuere Beschichtungen erlauben nicht nur höhere Wirkungsgrade, sondern sind unter Produktions- und Recyclingaspekten auch umweltfreundlicher. Am verbreitetsten ist eine durch Kathodenzerstäubung aufgebrachte Schicht auf Titanbasis in dunkelblauem Farbton. Neuentwicklungen setzen Beschichtungen auf der Basis von Keramik-Metall-Nano-Strukturen ein.

### **Vakuumröhrenkollektoren**

Vakuumröhrenkollektoren werden ebenfalls zur Erwärmung von Wasser und/oder Wasser-Frostschutz-Gemischen eingesetzt, aber auch zur Erzeugung von Prozessdampf. Der Absorber und damit auch das Wärmedium werden gegen die Außenumgebung durch ein Vakuum isoliert.

Vorwiegen sind zwei Varianten von Vakuumröhren erhältlich: Vakuumröhren, bei denen ein innen liegender Metallabsorber vom Wärmeträgermedium durchströmt wird und Vakuumröhren, bei denen eine Beschichtung auf der Oberfläche der inneren der zwei Glasröhren aufgetragen ist, die direkt vom Wärmeträgermedium durchströmt wird. Die Beschichtungen bestehen i. d. R. aus verschiedenen Lagen aufgedampfter Metallfilme oder nanostrukturierter Metall-Keramik.

Die aufgefangene Wärmeenergie kann durch ein integriertes U- oder koaxiales Rohr abtransportiert werden, das von der Wärmeträgerflüssigkeit direkt durchflossen wird. Das sogenannte „Heat-Pipe“ wird aus der Vakuumröhre heraus und auf eine vom Wärmeträger durchflossenen Schiene geführt. Vorteil dieser Anordnung ist das leichte Auswechseln einer defekten Vakuumröhre ohne Ablassen der Trägerflüssigkeit.

Im Winterhalbjahr bringen Vakuumkollektoren auf Grund ihrer optimalen Dämmung wesentlich höhere Erträge als Flachkollektoren. Die Widerstandsfähigkeit gegenüber sehr tiefen Temperaturen wird mit durchschnittlich -30 Grad Celsius angegeben. Grundsätzlich ist jedoch unter -10 °C Außentemperatur ein Frostschutz durch einen Zusatzes zum Wärmedium vorzusehen.

Wirkungsgrad und flächenspezifischer Ertrag von Vakuumröhrenkollektoren hängen von mehreren Faktoren ab. Bei vergleichbaren Röhrenkonstruktionen gilt: je größer der Durchmesser der Röhren, desto besser ist der Wirkungsgrad. Verbreitet sind Röhren mit 48 mm und 58 mm

Durchmesser. Direktdurchflossene Röhren haben bei gleicher Konstruktion der Röhren einen besseren Wirkungsgrad als Heat-Pipe-Röhren. Bei Vakuumröhrenkollektoren mit CPC-Spiegel liegt die Vakuumröhre vor einem Spiegel, der bei diffuser Strahlung (gestreutem Licht) einen höheren Flächenenertrag liefert und somit die Leistung deutlich erhöht.

Vakuumröhrenkollektoren erreichen gegenüber Flachkollektoren gleicher Größe wesentlich höhere Betriebstemperaturen und eignen sich dadurch auch zur Erzeugung industrieller Prozesswärme. Die Absorbiertemperatur und somit auch die Flüssigkeitstemperatur kann je nach Konstruktion und Anwendung bis zu 350 °C erreichen. Dadurch könnten die Vakuumröhrenkollektoren im Vergleich zu Flachkollektoren vor allem im Sommer das Wärmemedium noch schneller und bereits bei geringerer Einstrahlung zum Kochen bzw. Verdampfen bringen. Wird die Wärme nicht rechtzeitig abgeführt (z. B. in einen Pufferspeicher), verdampft bei Drucklossystemen ein Teil der Flüssigkeit. Bei Drucksystemen wird der Druck in der Anlage so groß, dass Flüssigkeit durch ein Sicherheitsventil in ein offenes Gefäß abgelassen wird, um ein Bersten der Anlage zu verhindern.

Ähnlich wirkt sich bei Drucksystemen ein Pumpenstillstand z. B. durch einen Stromausfall aus. Wird die Flüssigkeit nicht umgewälzt und der Kollektor somit gekühlt, kann es zur Überhitzung des Trägermediums kommen. Nach Abkühlung des Systems muss dann Wärmeträgerflüssigkeit aufgefüllt werden, bis der notwendige Druck in dem Kreislauf wieder erreicht ist. In jedem Fall müssen Vakuum- wie auch Flachkollektoren so beschaffen sein, dass sie sowohl die maximale Stillstandstemperatur als auch den dabei anstehenden Systemdruck über längere Zeit unbeschadet überstehen.

## 9. Groß-Wärmespeicher

Wärmespeicher bieten die Möglichkeit, die Asynchronizität zwischen Wärmeerzeugung und Wärmebedarf auszugleichen. Für die saisonale Wärmespeicherung, d. h. die Verschiebung des Wärmertrags aus der einstrahlungsintensiven Jahreszeit in die Monate des geringen Wärmeertrags und hohen Wärmeverbrauchs sind Heißwasserspeicher einer Größenordnung erforderlich, wie sie bisher selten gebaut wurden. Hohe Baukosten und eher niedrige Kosten für fossile Energieträger haben die Umsetzung von Wärmespeicherprojekten im Großmaßstab nicht gefördert.

Seit dem Boom beim Bau von Biogasanlagen, bei denen in der Regel Großbehälter als Fermenter eingesetzt werden, sind die Preise für entsprechende Behälterbauwerke stark gefallen. In den neunziger und zu Beginn der 2000er Jahre wurden mehrere Großwärmespeicher realisiert (Friedrichshafen, München etc.), mit deren Hilfe Sonnenwärme vom Sommer in den Winter verschoben wurde. Bei den bisher ausgeführten Projekten wurde jedoch keine solarthermische Vollversorgung angestrebt oder realisiert. Zumeist lag der Deckungsanteil unter 50 %, da zu hohe Speicherkosten befürchtet wurden.



Wärmespeicher in Friedrichshafen (1996), 12.00 m<sup>3</sup>, Durchmesser 32 m, Höhe 12 m



Nachdem in den letzten Jahren weitere Kostensenkungen zu beobachten waren und Erfahrungen beim Bau von Großbehältern mit Wärmedämmung gemacht wurden, ist der Durchbruch für eine solarthermische Vollversorgung von ganzen Ortschaften absehbar. Um die Wende auch im Bereich Gebäudeheizung zu beschleunigen, sind Vorreiter erforderlich, bei denen sowohl die generelle Machbarkeit nachgewiesen als auch die Funktion der einzelnen Komponenten optimiert werden kann.

### Be- und Entladung, Schichtung

Die Beladung der Wärmespeicher erfolgt geschichtet und in einem Umlauf.

Das ausgekühlte Speicherwasser wird am unteren Anschluss von Speicher 1 mit einer Temperatur von 35 - 50°C (abhängig vom Ladezustand und der Rücklaufemperatur des Nahwärmenetzes) entnommen und so langsam durch die Solaranlage hindurchgefördert, dass der Sollwert der Vorlaufemperatur des Wärmespeichers von 75 - 80°C direkt erreicht wird. Mit dieser Temperatur strömt das Wasser in den oberen Anschluss von Speicher 2 ein. Der untere Anschluss von Speicher 2 ist mit dem oberen Anschluss von Speicher verbunden. Bei kontinuierlichem Wärmeüberschuss in der strahlungsreichen Zeit März bis September wandert auf diese Weise die Grenze bzw. Grenzschicht zwischen heißen und kühlerem Wasser vom oberen Bereich des Speicher 2 bis nach unten und danach vom oberen Teil des Speichers 1 ebenfalls bis nach unten. Je nach tatsächlicher Gesamteinstrahlung im jeweiligen Jahr kommt gegen Ende September die heiße Schicht am unteren Anschluss von Speicher 1 an und beide Speicher haben den maximalen Ladezustand erreicht.

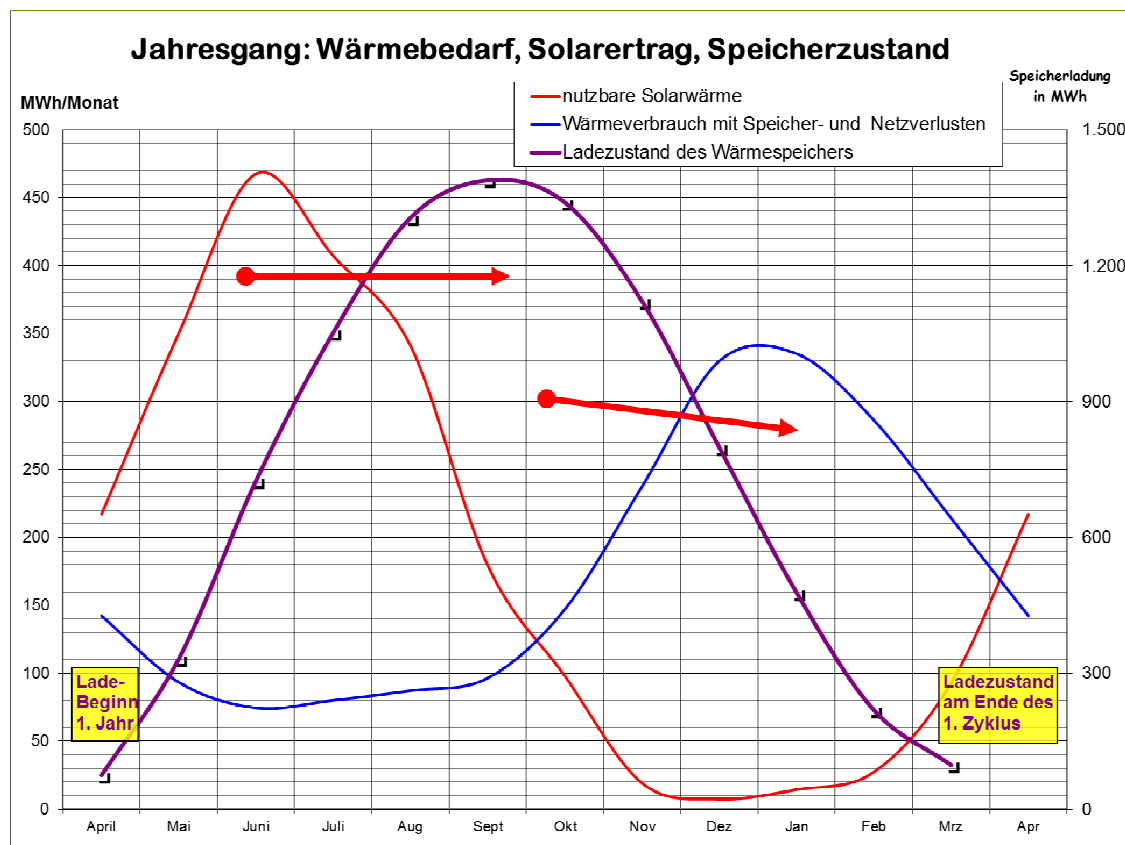


Diagramm 2 Jahresgang Be- und Entladung der Groß-Wärmespeicher

Im Oktober liegt je nach aktueller Einstrahlung das Äquilibrium, d.h. Solarertrag und Wärmeabnahme durch das Nahwärmenetz sind im zeitlichen Mittel gleichauf. Von tageszeitlichen Schwankungen abgesehen werden weder nennenswerte Wärmemengen eingespeichert noch entnom-



men. Im Verlauf des Monats geht der direkt oder unmittelbar nutzbare Ertrag der Solaranlage zurück, die Entladephase der Speicher beginnt.

In besonders strahlungsreichen Jahren kann es vorkommen, dass bei bereits durchgängig auf 80°C aufgeladenen Wärmespeichern weiterhin Ertragsüberschüsse über den mittlere Wärmebedarf im NW-Netz hinaus bestehen. Dieser Überschuss kann zur weiteren Anhebung der Speichertemperatur und somit zum Aufbau von Reserven genutzt werden.

Ab Ende Oktober übersteigt der Wärmebedarf im zeitlichen Mittel den Ertrag der Solaranlage und die Speicher werden entladen. Kühles Rücklaufwasser aus dem NW-Netz wird am unteren Zulauf von Speicher 1 eingeleitet und heißes Wasser für den Netzvorlauf am oberen Anschluss von Speicher 2 entnommen.

Sofern aus Kostengründen relativ niedrige Heißwasserspeicher < 12m eingesetzt werden müssten, wäre der Einsatz einer höhenverschiebbaren Entnahmeeinrichtung sinnvoll. Mit deren Hilfe kann der Stratifikation der Grenzschicht zwischen kühlerem und heißem Wasser begegnet werden. Dazu wird bei moderaten Außentemperaturen < 0°C die Netztemperatur auf 70°C abgesenkt, indem Wasser mit mittlerem Temperaturniveau aus dem Bereich der Grenzschicht beigemischt wird.

Ende März übersteigt im zeitlichen Mittel die Wärmeerzeugung der Solaranlage den Wärmebedarf des NW-Netzes und die Wärmespeicher werden wieder aufgeladen. Bis dahin ist die Grenzschicht bis nahe an den oberen (Vorlauf) Anschluss von Speicher 2 gelangt.

Sollte wieder erwarten die Wärmekapazität als Folge zu hoher Rücklauftemperaturen einzelner Wärmeabnehmer geringer ausfallen, oder der Wärmeverbrauch ansteigen, so könnte kurzfristig mittels einer mobilen Heizanlage Wärme eingespeist werden. Mittelfristig könnte aber auch die Solaranlage erweitert werden. Alternativ kann mittels einer Wärmepumpe dem ausgekühltem Heißwasserspeicher weitere Wärme entnommen und auf das Nutztemperaturniveau angehoben werden. Da dies erst nach der eigentlichen Kälteperiode erfolgt, wird das Problem winterlichen Strommangels aus regenerativen Quellen durch eine derartige Ergänzungs- oder Notlösung nicht verschärft. Der Einsatz einer hierfür zu verwendenden Elektrowärmepumpe könnte dabei auf Zeiten eines hohen Solar- oder Windstromangebotes fokussiert werden.

### **Gesicherte Vollversorgung**

Alle bisher im großen Maßstab realisierten System solarer Wärmeversorgung sind mit einem zusätzlichem Wärmeerzeuger ausgerüstet, bei dem entweder fossile Brennstoffe oder Biomasse eingesetzt werden, seltener elektrische Systeme wie Wärmepumpe oder Direktheizer.

Begründung sind die prohibitiven Kosten für die Wärmespeicherung. Bei saisonalen Speichern müssen die Investitionskosten auf äußerst geringe Nutzyklenzahlen von 1 pro Jahr, 20 über dem Refinanzierungszeitraum oder 50 - 60 auf die Nutzungsdauer umgelegt werden. Selbst dann, wenn nur sehr geringe Betriebskosten anfallen, müssen die hohen Finanzierungskosten erwirtschaftet werden und haben bisher dazu geführt, dass saisonale Speicherung nicht wirtschaftlich dargestellt werden konnte.

Es ist hier jedoch der positive Skaleneffekt zu beachten. Der Preis von Heißwasserspeichern ist eine Funktion der Größe mit fallenden spezifischen Kosten bei zunehmendem Volumen. Wenn überhaupt saisonale Speicherung von Solarwärme zur Diskussion steht, so ist der sich ergebende Speicherpreis umso günstiger je größer der Speicher oder auch je höher der Deckungsgrad ist. Allerdings wirkt sich auch eine ungenutzte Überdimensionierung kontraproduktiv aus.

Bei 100%iger Deckung des Wärmebedarfs aus einem Saisonspeicher ist kein Zusatzsystem erforderlich, sofern ein Notfalladapter für de Anschluss einer mobilen Notanlage vorhanden ist. Die

damit verbundenen Einsparungen führen mittelbar zu einem weiteren Kostenvorteil gegenüber einer Teilversorgung aus kleineren saisonalen Wärmespeichern.

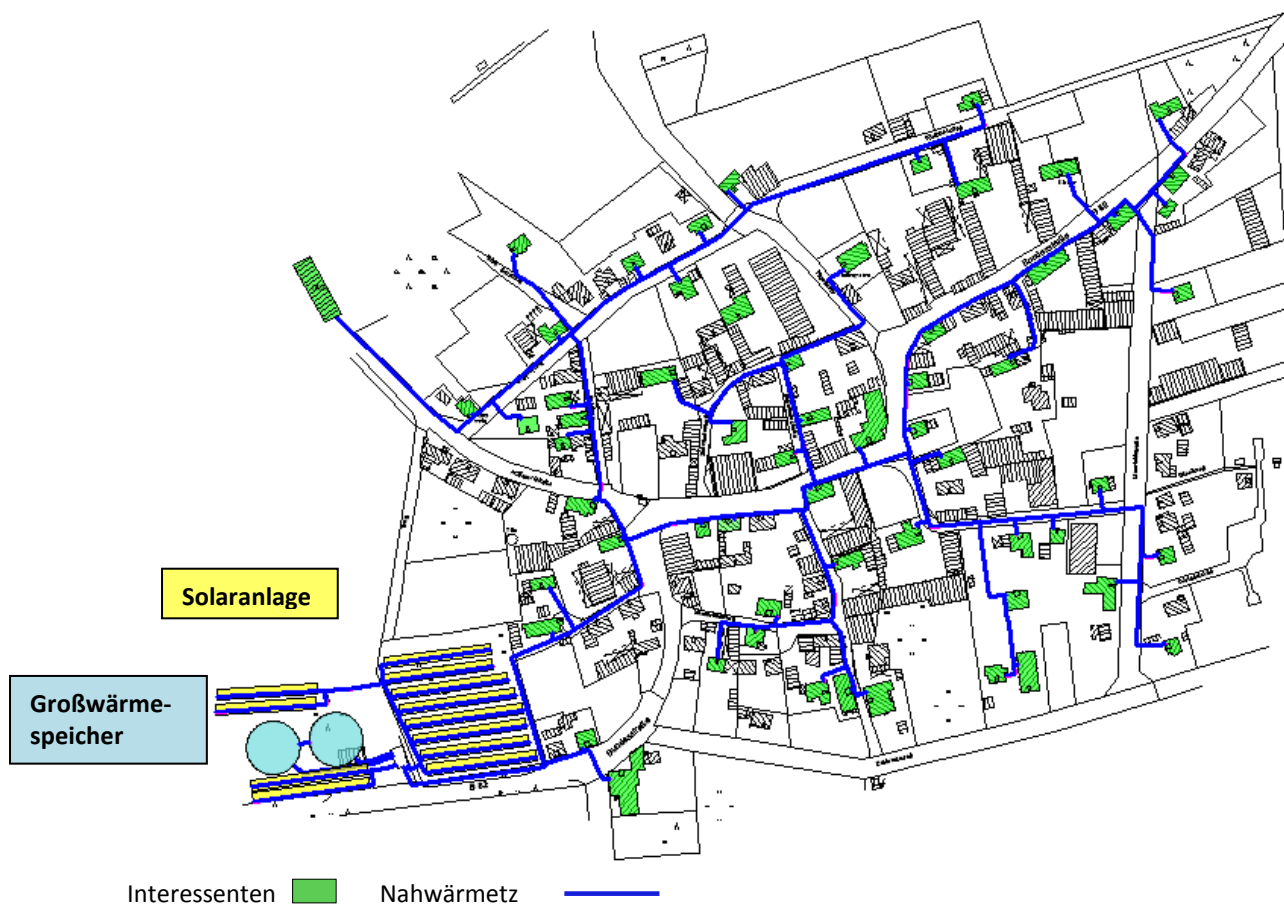
Ein weiterer Aspekt stellt die Ressourcennutzung dar. Solare Vollversorgung zieht Flächenverbrauch nur für die Solaranlage selbst und den Wärmespeicher nach sich. Dabei ist es zukünftig denkbar, beides zu kombinieren, d. h. Solarspeicher und Solaranlage nutzen übereinander dieselben Flächen. Auch eine Hybridkombination zur Nutzung von Wärme- und Stromerzeugung auf derselben Fläche ist machbar, durch spezielle fotovoltaische Beschichtung der thermischen Absorber der Solaranlage.

Systeme, die für die Ergänzungsheizung auf Brennstoffe aus extra angebaute Biomasse zurückgreifen, haben demgegenüber einen weitaus höheren Flächenbedarf. Unter Berücksichtigung aller Umwandlungs- und Speicherverluste ist für dieselbe Energiemenge bei Anbaubiomasse etwa 30-mal soviel Fläche erforderlich im Vergleich zu einer solarthermischen Anlage. Deshalb sind zukünftig mit Biomasse betriebene zusätzliche Wärmeerzeuger nur dann sinnvoll, wenn auf ohnehin vorhanden überschüssige und somit flächenschonend gewonnene Biomasse (Resthölzer) zurückgegriffen werden kann. Dies ist immer seltener der Fall, zumal mittlerweile häufiger Kronenholz verwertet wird, welches eigentlich für die Humusbildung im Wald verbleiben sollte.

Unter Berücksichtigung aller vorgenannten Aspekte erscheint es sinnvoll, im vorliegenden Projekt erstmalig eine Vollversorgung ohne Zusatzsystem zu realisieren.

## 10. Nahwärmenetz

Die Topografie von Seinstedt weist einen Höhenunterschied zwischen den am tiefsten und am höchsten gelegenen Netzpunkten von maximal 20 Metern auf.



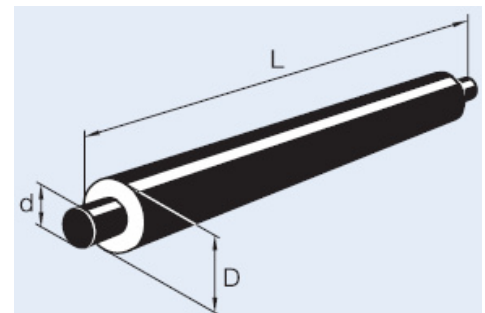
Wärmenetze mit kostengünstiger Direktversorgung, die ohne Wärmetauscher in den Hausanschluss-Stationen auskommen, benötigen keine zusätzlichen Vorkehrungen für die Druckanhebung in höher gelegenen Netzteilen, sofern der Höhenunterschied zwischen Hoch- und Tiefpunkt des Netzes weniger als 40 m beträgt.

Die Vorteile eines Nahwärmenetzes mit direkter Betriebsweise liegen auf der Hand:

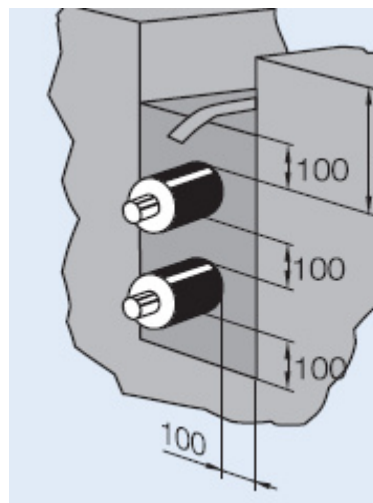
- Kosteneinsparung durch besonders einfache und kompakte Hausanschluss-Stationen
- Kosteneinsparung im Netz, da durch optimale Hydraulik vergleichsweise kleine Rohrquerschnitte verlegt werden können
- verringerte Netzverluste, da die Netztemperatur um 5 - 10 Grad niedriger gehalten werden kann als bei Netzen mit Wärmetauschern
- Schutz der Kundenanlagen, da diese mit optimal konditioniertem und entgastem Umlaufwasser durchströmt werden und damit eine längere Lebensdauer aufweisen als bei Betrieb mit eigenem sauerstoffreichen Heizungswasser, wie dies mit Wärmetauscher der Fall wäre.

### 11. Wärmetransport mittels Heizwasser in vorisolierten erdverlegten Leitungen

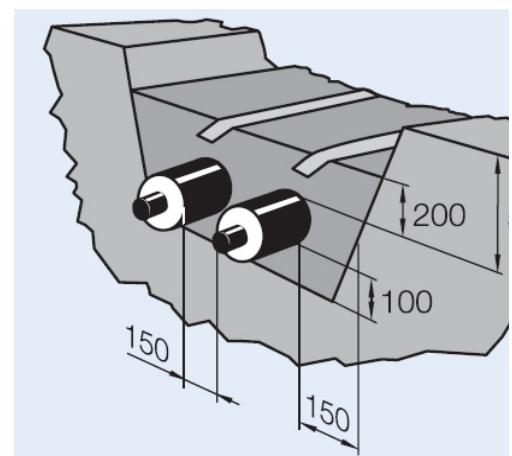
Stand der Technik sind vorisolierte Leitungen. Als mediumführende Rohre werden Stahlrohre, bei kleineren Dimensionen ( $D = 15 - 75 \text{ mm}$ ) auch elastische Kunststoffrohre, eingesetzt. Über das Mediumrohr ist coaxial ein Mantelrohr montiert und der Zwischenraum mit Polyurethanschaum ausgeschäumt. Güte und Querschnitt des Schaums bestimmen die Dämmeigenschaften, die Qualität der Verbindungstechnik (Schweißnähte) und der Abdichtung der Nahtstellen bei den Mantelrohren sind für die Langlebigkeit ausschlaggebend.



Im Bereich des Schaums sind elektrische Leiter eingelegt, mit deren Hilfe der dämmtechnische Zustand der Rohrleitungen eindringende Feuchte (von außen durch das Mantelrohr bzw. von innen aus dem Heizungsrohr) ununterbrochen überwacht wird. Sollte an einer Stelle eine Undichtigkeit auftreten, so erfolgt eine Warnmeldung. Mittels spezieller Messgeräte kann der Ort des sich anbahnenden Schadens lokalisiert werden, bevor der Schaden zu einer Störung des Netzbetriebes führen kann.



im Netz bzw. deren Dichtigkeit gegen



Es werden immer zwei Rohre benötigt. Die Vorlaufleitung transportiert das Heizwasser mit max.  $90^\circ\text{C}$  (Winter), min.  $70^\circ\text{C}$  (Sommer) zum Wärmekunden. Die Rücklaufleitung dient dem Rücktransport des durch die Wärmeabnahme abgekühlten Heizwassers ( $60 - 40^\circ\text{C}$ ) zum Wärmeerzeuger. Dabei wird das Heizwasser im Kreislauf geführt. Die Rücklauftemperatur ist zum wirtschaftlichen

Betrieb des Nahwärmenetzes möglichst weit abzusenken, optimal sind 50 - 40°C. Die Rohre werden in der Regel nebeneinander, bei besonders engen Raumverhältnissen auch übereinander, verlegt.

Ebenfalls eingesetzt werden Doppelrohre. Dabei befinden sich zwei Rohre innerhalb eines gemeinsamen Mantelrohres. Die Ausführung als Doppelrohr erreicht bei derselben Dämmserie jeweils bessere Dämmwerte (15 – 40 %). Damit fallen geringere Wärmeverluste als bei Einzelrohrverlegung an. Die Doppelrohrverlegung stellt jedoch höhere Anforderungen an die Ausführung bei der Rohrmontage und kann bei schwierigen Verlegverhältnissen nicht immer eingesetzt werden. Die Verlegekosten für beide Rohrtypen sind ähnlich, auch wenn bei Doppelrohren der Rohrgraben schmalere und tiefer, insgesamt jedoch wegen des geringeren Grabenprofils kostengünstiger ausfällt.

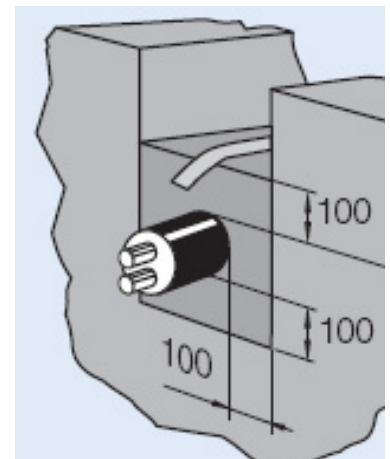
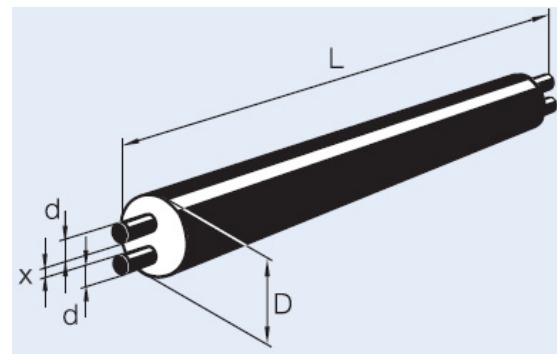
Die Verlegtiefe der Rohrleitungen richtet sich nach der erforderlichen Überdeckung. Diese liegt bei mindestens 500 mm im unbefestigten Gelände ohne Befahrung und bis 1000 mm im Bereich von übergeordneten Verkehrswegen. Aus rohrstatischen Gründen ist eine Überdeckungshöhe von 600 bis 800 mm optimal. Im öffentlichen Raum ist eine mittlere Überdeckung ab Rohrkuppe von 800 mm gebräuchlich, die im Bereich der Anschlussleitungen von Gebäuden bis auf 500 mm reduziert werden kann, sofern keine Überfahmung mit schwerem Gerät zu erwarten ist. Wärmeleitungsstrassen dürfen nicht mit Großgehölzen bepflanzt werden, um im – zwar sehr unwahrscheinlichen, jedoch nicht gänzlich auszuschließenden – Reparaturfall Behinderungen durch starkes Wurzelwerk zu vermeiden.

Im Bereich von Bach- oder Flussquerungen, können die Leitungen auch frei und abhängig vom Rohrquerschnitt für kürzere Spannweiten selbsttragend ausgeführt werden. Vorzugsweise werden die Nahwärmeleitungen bei Gewässerquerungen jedoch im Bereich von Brücken geführt und an den Brückenwangen aufgehängt, so wie dies auch bei Kanalrohren und anderen medienführenden Leitungen üblich ist.

Dort, wo eine Brückenverlegung nicht möglich oder zu aufwändig ist, können Wasserläufe gedükkert oder mittels gesteuertem Spülbohrverfahren unterquert werden.

Beim Spülbohren wird von einer Kopfgrube aus eine horizontale Bohrung durchgeführt, die das Gewässer in der erforderlichen Tiefe mittels gesteuerten vertikalen Bogenverlaufs unterquert und an in einer Zuggrube wieder auftaucht. Anschließend wird an dem Bohrgestänge ein Aufweitkopf mit Zuganker angebracht. In dessen Zugschatten wird die Nahwärmeleitung eingezogen. Während des Einzuges wird durch das Hohlrohr des Bohrgestänges eine Substanz in den Ringspalt zwischen aufgeweiteter Bohrung und Nahwärmeleitung gepumpt, die die Reibung im Bohrkanaal minimiert. Dadurch wird sowohl der Einzug der Leitung erleichtert als auch das Mantelrohr vor Beschädigung geschützt.

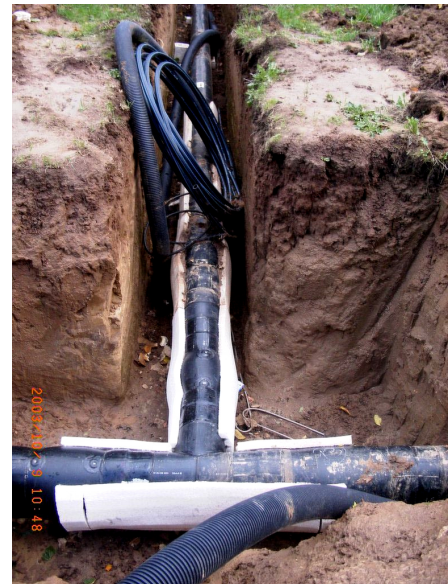
Das Spülbohrverfahren kommt auch dann infrage, wenn bei Querungen von öffentlichen Wegen und Straßen eine offene Bauweise nicht gestattet wird.



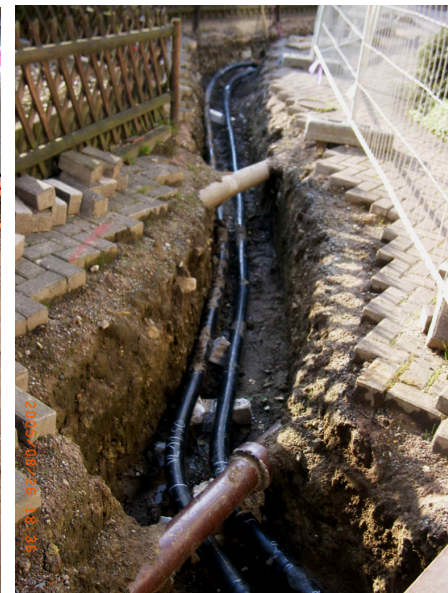




Rohrverlegung im Graben



Rohrverlegung zum Hausanschluss mit KMR



mit flexiblem Rohr

### Wärmeverluste des Nahwärmenetzes und der Speicher

Die Netzverluste betragen ca. 12 % bezogen auf die jährliche Wärmeabgabe an die Kunden, pro Jahr in der Größenordnung von 225 MWh. Für die Berechnung der Netzverluste wurden Rohre mit erhöhter Dämmstärke Serie 2 eingesetzt, die Netznennweiten wurden hydraulisch optimiert. Vorrangig sollen Doppelrohrleitungen eingesetzt werden, d. h. Vor- und Rücklaufleitungen werden in einer gemeinsamen Wärmedämmung geführt und sind verlustärmer als Vor- und Rücklaufleitung mit jeweils eigener Wärmedämmung.

Bedingt durch Bauart und Volumen der Speicher von je 13.300 m<sup>3</sup> betragen die Wärmeverluste der Speicher zusammen etwa 334 MWh im Jahr. Da es sich ausschließlich um Wärme aus direkter Solarenergiegewinnung handelt, wird die Emissionsbilanz dadurch nicht negativ beeinflusst.

## **12. Wärmenetzbetrieb und Voraussetzungen für optimale hydraulische und thermische Gestaltung der Versorgung mit Nahwärme bei den Abnehmern**

Die Nahwärmeleitung wird mittels einer drehzahl geregelter Netzpumpe vom Verteiler aus gespeist. Die Pumpe baut den erforderlichen Differenzdruck auf der ausreicht, um das Heizwasser durch die Rohre des Nahwärmenetzes fließen zu lassen und die Strömungswiderstände in den jeweiligen Heizwärmeverteilungen der Gebäude überwindet. In den Gebäuden selbst wird keine weitere Umwälzpumpe benötigt. Die Betriebskosten für eine hauseigene Umwälzpumpe (oft > 100 €/Jahr für Strom) und deren regelmäßiger Austausch (ca. alle 10 Jahre) entfallen.

Durch eine intelligente Steuerungskonzeption werden die Be- und Entladung des Wärmespeichers und die bedarfsgerechte Abgabe der Wärme an die Abnehmer optimiert.

Um eine hohe Effizienz des Wärmetransportes über das Nahwärmenetz zu den Wärmeabnehmern zu erreichen, ist es unabdingbar, die Hydraulik der anzuschließenden Abnehmer einer Überprüfung zu unterziehen. Die vorgefundenen hydraulischen Mängel sind zu beheben. Die erforderlichen Maßnahmen sind in der Regel einfach und kostengünstig umzusetzen. In vielen Fällen reicht es aus, vorhandene Fußventile oder Thermostatventilkörper korrekt abzugleichen und/oder Strangreguliertventile zu justieren. Die genaue Durchführung dieser Maßnahmen ermöglicht den Bau und Betrieb des Nahwärmenetzes mit optimierten Nennweiten und minimierten Wärmeverlusten.

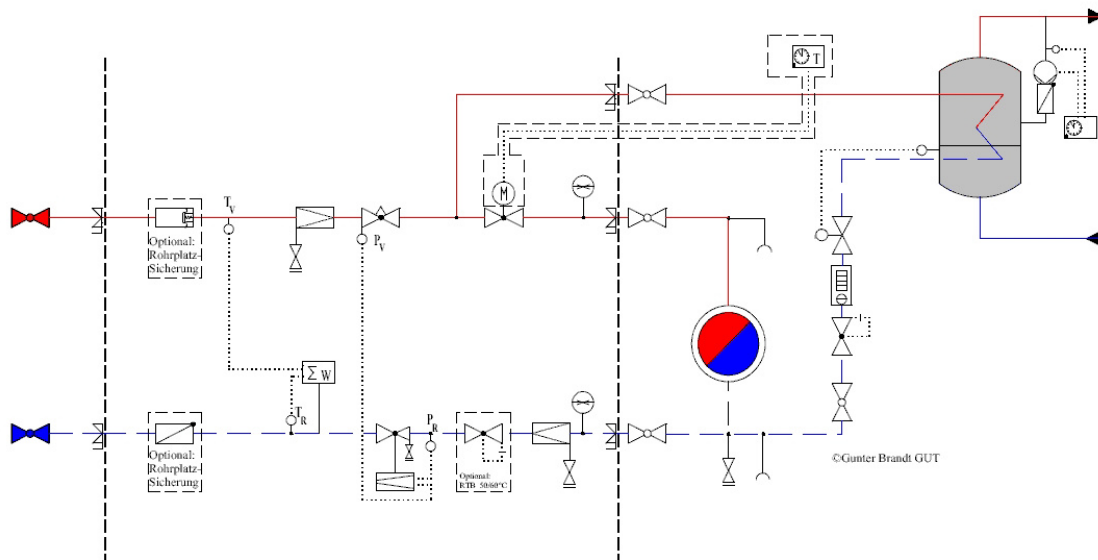
Die Gutachter stellen bei der energetischen Analyse von Wohnhäusern, gewerblichen und öffentlichen Gebäuden immer wieder folgende Mängel fest:

1. Die Rücklauftemperaturen liegen beim Einsatz konventioneller Gebäudeheizungen in der Regel viel zu hoch.
2. Die genutzten Temperaturspannen zwischen dem Heizungsvorlauf und – rücklauf fallen zu gering aus.

Als Folge ist der umlaufende Heizungswasser-Volumenstrom viel zu groß. Die Pumpen sind überdimensioniert und verbrauchen zu viel Strom. Die zu geringe Spreizung ist u. a. ein Indiz für ungeeignete hydraulische Regelarmaturen (wie etwa Überströmer oder Umlenkschaltungen) und fehlenden hydraulischen Abgleich der jeweiligen Heizanlage bzw. Heizwärmeverteilung. Dabei gelangt das Heizwasser insbesondere bei geringer Abnahme im Sommer und in der Übergangszeit schlecht ausgenutzt, d. h. zu heiß, in den Rücklauf.

Überhöhte Wärmeverluste (auf der Rücklaufleitung) und ein zu großer Pumpenstromverbrauch sind die Folgen, obendrein kann es zu Geräuschbildung insbesondere an den Thermostatventilen kommen. Bei Versorgung mittels Nahwärme wären viel zu groß dimensionierte Leitungen (teurer, verlustreicher) erforderlich.

Zwischen Hauptwärmenetz und den Unterverteilungen in den zu versorgenden Objekten erfolgt die hydraulische Verbindung direkt, d. h. ohne Wärmetauscher. Dies erlaubt niedrigere Vor- und Rücklauftemperaturen, sodass die Wärmeverluste des Netzes deutlich geringer ausfallen und weniger Strom für die Umwälzpumpen verbraucht wird. Durch eine zentrale Wasseraufbereitung und gasarme Konditionierung mittels Vakuumentgaser wird ein störungs- und verschleißarmer Netzbetrieb gewährleistet. Die Entgasung des Wassers fördert zudem die Langlebigkeit der Rohrnetze und Heizflächen innerhalb der internen Verteilung.



Hydraulisches Schaltbild Hausanschluss-Station 10 – 30 kW

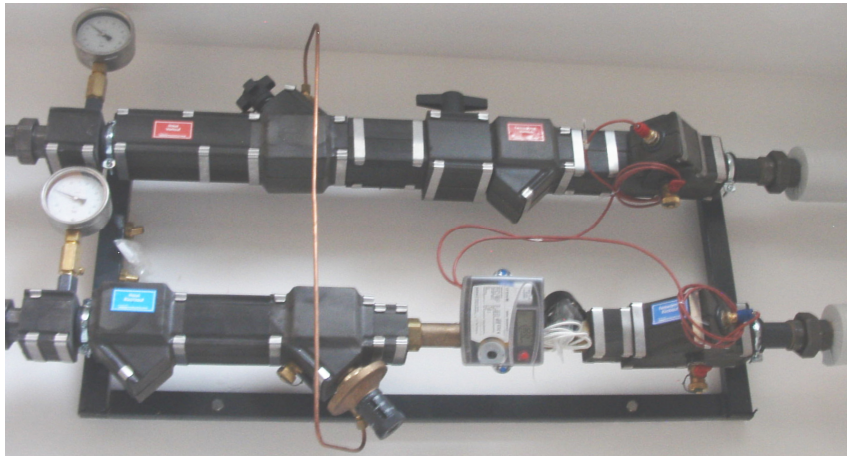
Die Hausanschluss-Stationen haben einen kompakten Aufbau und enthalten im Wesentlichen die folgenden Komponenten:

- Filtersiebe sowohl im Vorlauf zum Nahwärmenetz hin als auch im Rücklauf zur Kundenanlage hin, zum Schutz der Hausanlage und des Nahwärmenetzes vor Schmutzeintrag.
- Differenzdruckregler für die Anpassung des Netzförderdrucks an den tatsächlich erforderlichen Förderdruck für das zu versorgende Gebäude.
- Mengenbegrenzer zur Einstellung der Leistung auf den erforderlichen Wert des zu versorgenden Objektes.
- Durchflussstellventil für die Regelung der Heizleistung. Hier kann bauseits ein Motorsteller aufgesetzt werden, der nach den Vorgaben der Haustemperaturreglung (z. B. im einfachsten Fall realisiert durch einen Uhrenthermostat) die Heizleistung regelt.
- Wärmemengenzähler zur stichtagsgenauen Erfassung der bezogenen Wärmemengen, des Heizwasserdurchsatz, der Monatsspitzenleistung und des Monatshöchstwertes für den Heizwasserdurchsatz.  
Alle Werte werden am Monatsersten gespeichert und sind jeweils für 13 Monate abrufbar.
- Armaturen zum Füllen, Entlüften und Entleeren
- Anschluss für einen Brauchwasserladekreis, der mit einer einfacher aber wirkungsvollen Reglergruppe (bauseits) auf effiziente Weise für guten Warmwasserkomfort sorgt.

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen Hausanschlussstationen für Wärmeleistungen von 10 bis 30 kW mit und ohne Verkleidung.

Bei Leistungen darüber kommen größere, aber hinsichtlich der Komponenten gleichartige Stationen zum Einsatz.





Hausanschluss-Station 10 – 30 kW

### 13. Investitionskosten, Wärmepreis, Wirtschaftlichkeit

Die Kostenermittlung für das Primär-Nahwärmenetz (alle Kostenangaben **ohne Mehrwertsteuer**) wurde auf der Grundlage einer Berechnung des Wärmeflusses und einer darauf aufbauenden Netzdimensionierung sowie unter Anwendung spezifischer Baukosten für vergleichbare Wärmenetze durchgeführt. Dabei ergaben sich spezifische Nettokosten von 228 €/Trassenmeter **bei Förderung inkl. Tiefbau**, gemittelt über alle Nennweiten (288 €/Trm ohne Förderung).

Die Kosten für die Hausanschluss-Stationen wurden inklusive Montagekosten für jeden Gebäudeanschluss berücksichtigt, jedoch ohne die sekundärseitigen internen Kosten für den Anschluss an die jeweilige Hausverteilung in den zu versorgenden Gebäuden. Eine Kostenbeteiligung der Wärmeabnehmer an den Investitionskosten ist nicht vorgesehen, da andernfalls eine wesentliche Voraussetzung für die Förderung des Hausanschlusses durch die KfW nicht gegeben ist. Wird eine Genossenschaft gegründet, zahlt jeder Beitretende einen Genossenschaftsanteil in der Größenordnung 3.000 – 5.000 €. Dabei sind der Beitritt zur Genossenschaft und die Zahlung der vereinbarten Einlage Voraussetzung für den Anschluss an die gemeinsame Wärmeversorgung. Mit der Genossenschaftseinlage wird jeder Wärmeabnehmer Genossenschaftler und damit Miteigentümer der solaren Bioenergieanlage.

Für die Funktion von Solaranlage, Speicher und Nahwärmenetz sind die hydraulische Systemkomponenten, Steuerung und Regelung eingerechnet. Rücklagen für Wartung, Unterhalt und Bedienung sowie Vertragskosten für die mobile Wärmeversorgung im Bedarfsfall sind ebenfalls in der Kostenanalyse berücksichtigt.

### 14. Fördermittel

Aus dem KfW-Programm Erneuerbare Energien können folgende Fördermittel als Tilgungszuschüsse beantragt werden:

**Nahwärmenetze** werden gefördert, wenn sie zumindest zu 50 % aus erneuerbaren Energien gespeist werden. Voraussetzung ist weiterhin ein nachgewiesener Mindestwärmeabsatz über das gesamte Netz von im Mittel 500 kWh pro Jahr und Meter Trasse. Die Förderung beträgt 60 €/Trassenmeter.

Bei Wärmenetzen mit einem im Mittel über das gesamte Netz erreichten Wärmeabsatz über 3 MWh pro Jahr und Meter Trasse halbiert sich der Förderhöchstbetrag.



Über die Wärmenetzförderung pro Meter Trasse hinaus können die **Hausübergabestationen** mit jeweils bis zu 1.800 € gefördert werden, wenn die Investitionen hierfür komplett und ausschließlich vom Investor und Betreiber des Wärmenetzes durchgeführt werden und kein kommunaler Anschlusszwang besteht.

Für **Wärmespeicher** von mindestens 20 m<sup>3</sup> wird unter bestimmten, hier erfüllten Bedingungen, ein Tilgungszuschuss gewährt: 250 € je m<sup>3</sup> Speichervolumen. Die Förderung ist auf 30 % der für den Wärmespeicher nachgewiesenen Nettoinvestitionskosten beschränkt. Der maximale Tilgungszuschuss je Wärmespeicher beträgt 1.000.000 €.

Bei der Erstinstallation von **Solarthermieanlagen** mit mehr als 40 m<sup>2</sup> Bruttokollektorfläche beträgt die Förderung für die ersten 40 m<sup>2</sup> 90 € je angefangenem Quadratmeter und für die darüber hinaus errichtete Bruttokollektorfläche 45 € je angefangenem Quadratmeter. Die maximale Förderhöhe beträgt 40% der förderfähigen Nettoinvestitionskosten, wenn die Nutzung überwiegend durch ein Wärmenetz mit mindestens 4 Abnehmern erfolgt.

Zusätzliche Fördervoraussetzung ist, dass die Anlagen Ein- oder Zweifamilienhäusern zur kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung dienen und mit Pufferspeichervolumina von mindestens 100 Litern je Quadratmeter Bruttokollektorfläche ausgestattet sind.

Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass ein gesetzlicher Anspruch auf Förderungen nicht besteht. Auch aus diesem Grund sollten vorrangig solche Förderprogramme in Anspruch genommen werden, bei denen eine verbindliche Förderzusage - wie bei KfW-Förderung - noch vor Projektbeginn gegeben wird.

## 15. Heizkostenvergleich

Der Heizkostenvergleich stellt die Gesamtkosten des Wärmeabnehmers bei unterschiedlichen Versorgungsvarianten dar. Die Werte sind in der Tabelle im Anhang dargestellt. Zur Ermittlung der Vollkosten werden Investitions-, Betriebs- und Energiekosten der Heizvarianten verglichen, beispielhaft bezogen auf ein Einfamilienhaus mit 180 m<sup>2</sup> beheizter Wohnfläche und einen 4-Personen-Haushalt. Der Wärmeverbrauch dieses Haushalts für Heizung und Warmwasser wird mit 28.160 kWh angesetzt. Das entspricht einem Heizölverbrauch von 3.220 Litern pro Jahr bzw. 3.140 bis 3.810 m<sup>3</sup> Erdgas, abhängig vom Heizwert des gelieferten Erdgases.

In den Diagrammen 3 und 4 ist die Darstellung der Kostenzusammensetzung aus Investitions-, Betriebs- und Energiekosten der Heizvarianten heute bzw. in 20 Jahren nachvollziehbar dargestellt. Die erforderlichen Investitionskosten werden durch die sogenannte Kostenumlage erfasst, d. h. jährliche Rücklagen für eine getätigte oder zu erwartende Neuanschaffung der Wärmeerzeugungsanlage, z. B. Öl- oder Gaskessel. Lediglich für Elektroheizungen wurde auf diese Umlage verzichtet, da diese Technologie voraussichtlich auf Grund der hohen Energiekosten nicht weiter relevant für Neuanschaffungen sein dürfte.

Diagramm 5 zeigt die Kosten der Beheizungsarten in den Jahren 1992, und 2014 an sowie die zu erwartenden Kosten bei abzusehenden Preissteigerungen in 10 und 20 Jahren, vorschauend auf die Jahre 2024 und 2034.

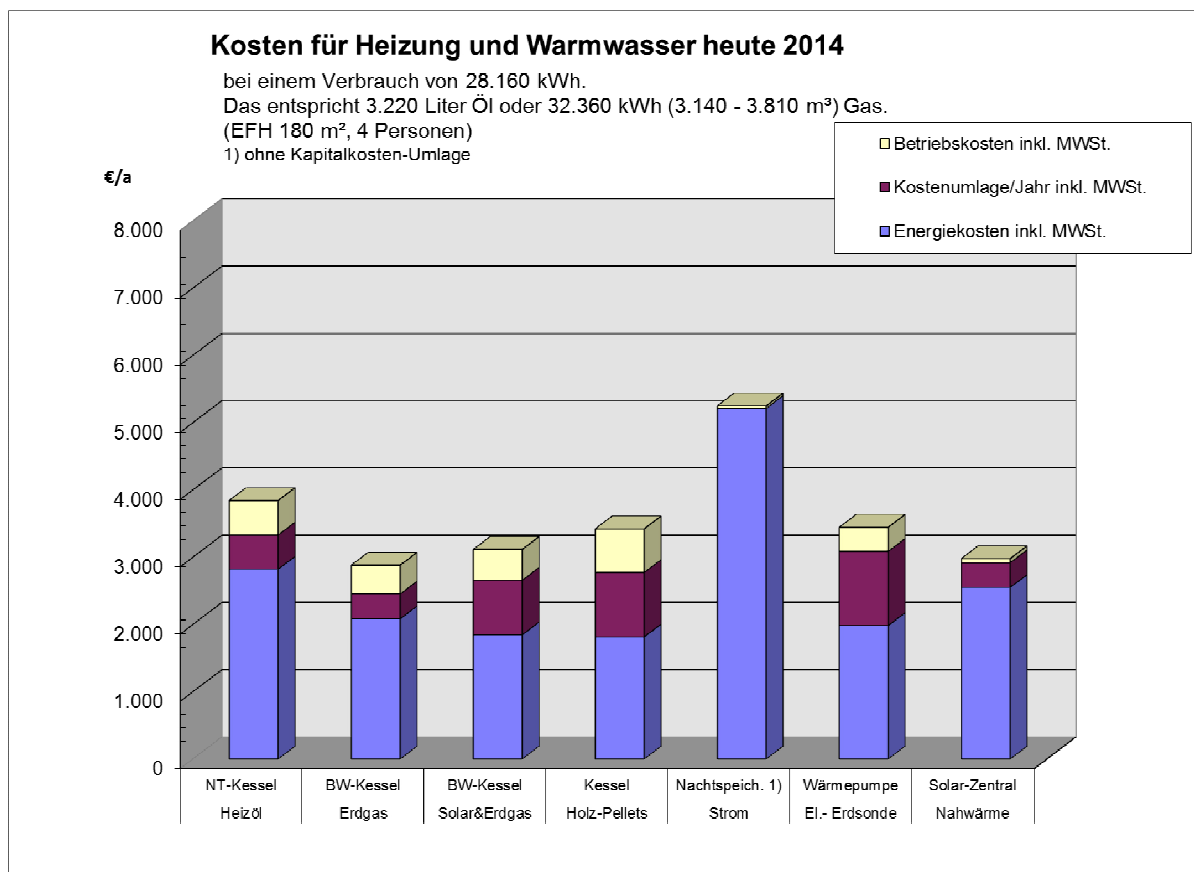


Diagramm 3 Heizkostenvergleich: Einfamilienhaus, 180 m² beheizte Wohnfläche, 4 Personen, aktuelle Kosten

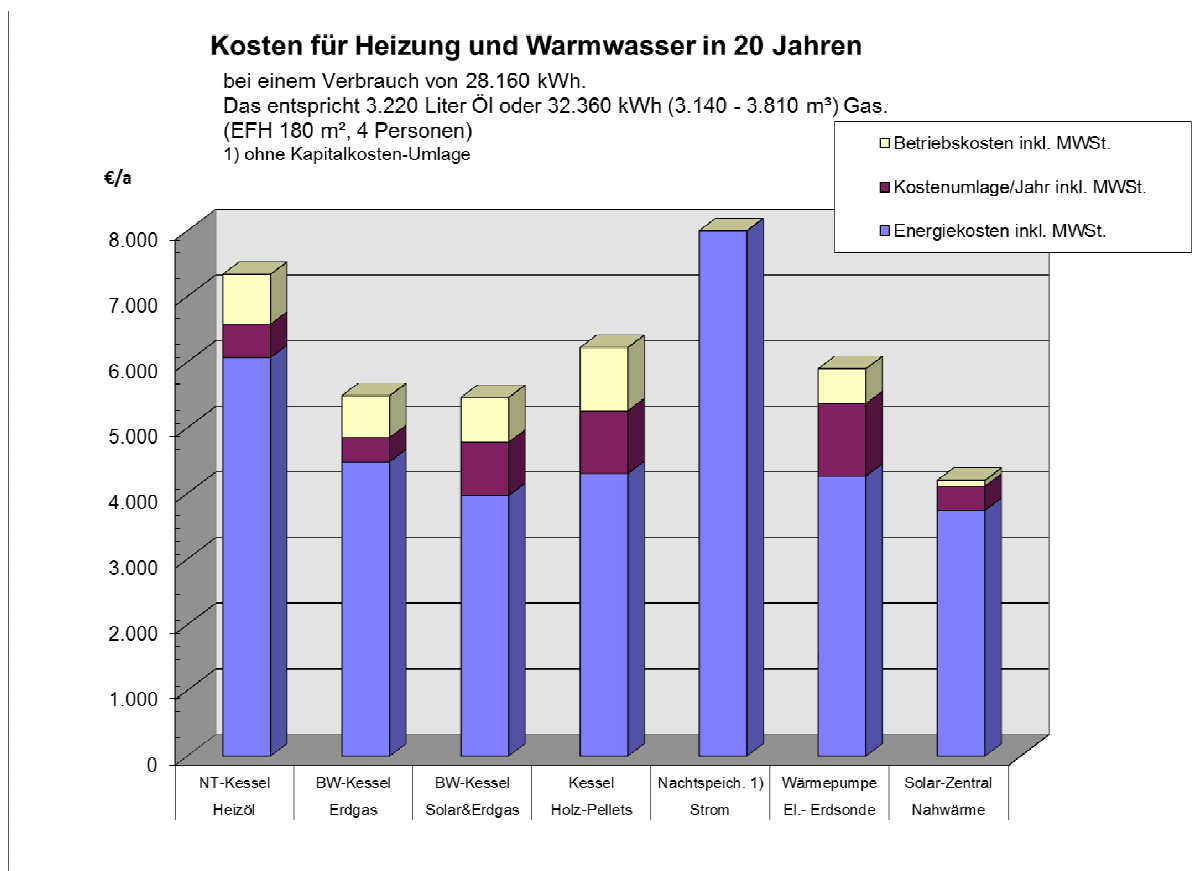


Diagramm 4 Heizkostenvergleich: Einfamilienhaus, 180 m² beheizte Wohnfläche, 4 Personen, Kosten in 20 Jahren

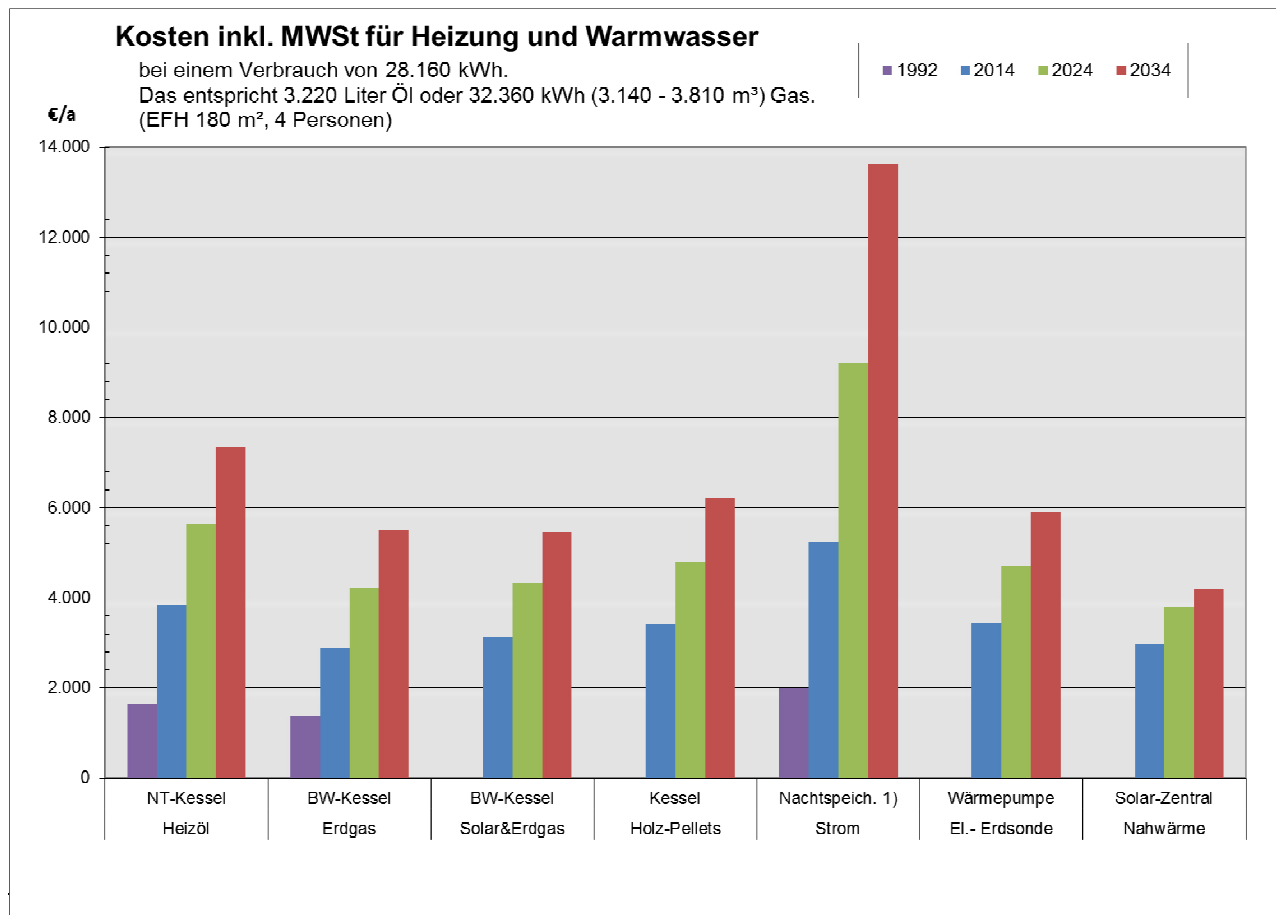


Diagramm 5 Heizkostenvergleich: Einfamilienhaus, 180 m² beheizte Wohnfläche, 4 Personen, zeitgestaffelt

## 16. Realisierungsempfehlung

Die Förderung des Projekts stellt die Grundvoraussetzung zur Realisierung dar. Über bekannte Fördermittel hinaus ist eine Investitionsbeihilfe der öffentlichen Hand für erforderlich, die den momentan gegebenen wirtschaftlichen Abstand zu einer herkömmlichen fossilen Wärmeversorgung egalisiert. Diese Investitionsbeihilfe kann mit dem Pilotcharakter des Gesamtprojekts begründet werden.

Über die Initialförderung oder Investitionsbeihilfe hinaus würde das Sonnenenergiedorf Seinstedt keine fortwährenden Fördermittel benötigen – im Gegensatz zur Bioenergie-, Fotovoltaik- oder Windenergieprojekten, bei denen eine mittelbare kontinuierliche Förderung durch die für 20 Jahre zu Garantipreisen abgenommene elektrische Energie erfolgt. Unter Berücksichtigung der langfristigen Förderinstrumente für die Wärmeversorgung aus Bionahwärme ist die Wärmeversorgung aus Sonnenwärme bei gesamtwirtschaftlicher Betrachtung kaum teurer.

Die Bedingungen, die an die üblichen Fördermittel für Nahwärmenetze geknüpft sind, können erfüllt werden, so dass eine hohe Wahrscheinlichkeit zur Bewilligung der Förderungen zu den bekannten Bedingungen besteht. Ein gesetzlicher Anspruch besteht jedoch nicht. Das Förderkriterium (KfW) von mindestens 500 kWh/Trm Wärmeabnahme wird mit 558 kWh/Trm erreicht.

Die Realisierungsempfehlung wird vorrangig von der ökonomischen Realisierbarkeit des Vorhabens bestimmt. Nach der Kostenermittlung sind die spezifischen Wärmegestehungskosten erchenbar, aus dem der Preis für die Wärmeabgabe an den Kunden abgeleitet wird. Dieser Preis

sollte zusammen mit dem einmaligen Kostenbeitrag (z. B. Genossenschaftsbeitrag) für den Kunden akzeptabel sein, d. h. möglichst unterhalb konventioneller Heizkosten liegen.

Die jährlichen Gesamtkosten, die sich aus dem Bau und Betrieb von Solarenergieanlage, Speicher und Nahwärmenetz ergeben, müssen vom **Betreiber** der Gesamtanlage durch den Verkauf der Jahreswärmemenge gedeckt werden. Die Jahreskosten umgelegt auf den Jahreswärmeverkauf ergeben die **spezifischen Wärmegestehungskosten** in €/MWh oder ct/kWh, die. Um weitere Faktoren der Wärmekosten zu berücksichtigen, wird dieser Wert modifiziert und in einem Wärmepreismodell werden Beträge für Arbeits-, Leistungs- und Grundpreis festgelegt (s. Kostenanalyse im Anhang).

Spezifische Wärmegestehungskosten nach Kostenanalyse:

spezifische Wärmegestehungskosten		Arbeitspreis <sup>1)</sup> nach Wärmepreismodell	
€/MWh	€/MWh inkl. MWSt	ct/kWh	ct/kWh inkl. MWSt
72,00	84,16	6,00	7,14

Die Preisentwicklung von Heizöl und Gas wird in den folgenden Graphiken gezeigt:

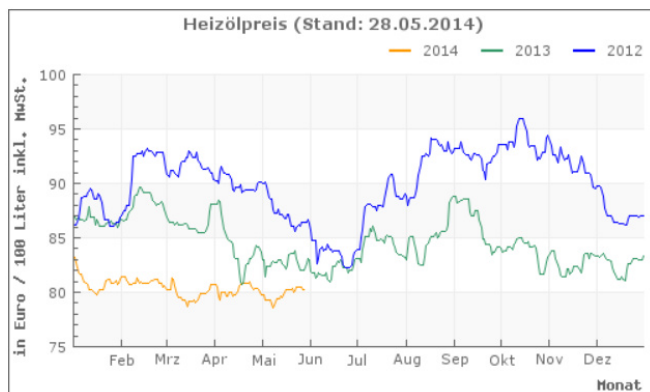


Bild 1 2014

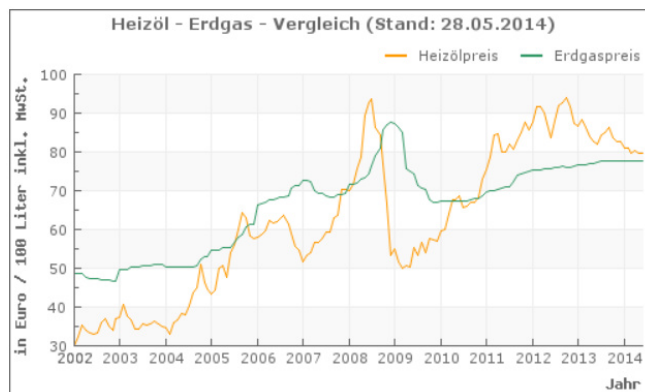


Bild 2 2002 - 2014

**Bild 1:** Entwicklung der durchschnittlichen Heizöl-Endverbraucherpreise für Standardqualität bei einer Abnahmemenge von 3.000 Litern, frei Haus, inkl. MWSt., Quelle: fastenergie.de

**Bild 2:** Vergleich - Ölpreis für Standard-Heizöl EL bei einer Abnahmemenge von 3.000 Litern und einer äquivalenten Menge von 33.540 kWh Erdgas bezogen auf den Preis von 100 Liter Heizöl. Quelle: fastenergie.de

Wärmepreise werden oft den reinen Energiekosten gleichgesetzt. Die von den Gasanbietern für Privathaushalte offerierte Arbeitspreise liegen für Erdgas derzeit bei 54 bis 62 €/MWh<sup>2)</sup> inkl. MWSt und damit unter dem Ölpreis von 85 bis 88 €/MWh (Quelle: verivox.de).

Zum Vergleich der realen Kosten für Raumwärme und Warmwasser sind für alle Beheizungsarten außerdem der Wirkungsgrad der Kesselanlage, Stromkosten, Wartung und Abschreibungen heranzuziehen. Der Heizkostenvergleich aus Sicht des **Wärmekunden** (siehe Anhang), beispielhaft für ein Einfamilienhaus mit 4-Personenhaushalt dargestellt, berücksichtigt für die verglichenen Beheizungsarten neben den Energiebezugskosten alle weiteren Betriebs- und Kapitalkosten. Für die

<sup>1</sup> Neben dem Arbeitspreis werden ein Grundpreis und ein Leistungspreis berechnet, siehe Pkt. 17 Wärmepreismodell

<sup>2</sup> Auch hier ist beim Vergleich der Grundpreis mit zu bewerten. Die Grundpreise verschiedener Anbieter weisen nicht unerhebliche Differenzen aus (120 bis >600 €/a).

Nahwärme-Varianten werden neben dem Wärmebezugspreis auf der Grundlage des vorgeschlagenen Wärmepreismodells die Genossenschaftsanteile und die durchschnittlichen Investitionskosten auf der Sekundärseite für die Anpassung der Heizungsverteilung an die Nahwärme eingerechnet. Die für den Hauseigner/Mieter relevanten **spezifischen Wärmekosten** der Beheizungsarten können somit verglichen werden.

Die spezifischen Wärmekosten wie dargestellt beruhen auf der Voraussetzung, dass zusätzlich zu den mit Förderprogrammen für Nahwärmenetz, Hausanschluss-Stationen, Pufferwärmespeicher und thermischer Solaranlage zu beantragenden **Fördermitteln von 1,3 Millionen Euro plus** weitere Fördermittel für das Pilotprojekt als Ganzes von rund **2,8 Millionen Euro** durch entsprechende Bewilligungsstellen bereit gestellt werden.

So berechnet liegen die spezifischen Wärmekosten aus Solarwärme zum heutigen Zeitpunkt etwas oberhalb einer erdgasbetriebenen Brennwertkesselanlage und erzielen unter Einrechnung differenzierter Preissteigerungsraten in 20 Jahren ein günstigeres Ergebnis.

Kostenart	Einheit	Einzelversorgung					Nahwärme	
		Heizöl NT-Kessel	Erdgas BW-Kessel	Solar&Erdgas BW-Kessel	Holzpellets Kessel	El.- Erdsonde Wärmepumpe	Solaranlage Interessenten erste Umfrage	Solaranlage 50% höhere Beteiligung
Speichergröße im beheizten Gebäude:		200   Speicher	200   Speicher	750   Speicher	750   Speicher	200   Speicher	300   Speicher	300   Speicher
<b>spezifische Wärmekosten inkl. MWSt</b>								
ohne Abschreibung heute	€/MWh	123,03	89,29	81,87	87,55	83,14	96,16	89,02
mit Abschreibung heute	€/MWh	141,06	102,41	110,66	121,52	122,33	109,23	102,09
mit Abschreibung in 20 Jahren	€/MWh	234,42	148,16	152,53	196,58	185,29	132,11	123,31

Die solarthermische Wärmeversorgung von Seinstedt führt in der Vollkostenanalyse und zu den vorgenannten Bedingungen und Einwerbung der Förderungen zu einer preislich vertretbaren Versorgung der Haushalte. Sie besteht den Vergleich zur bisherigen Beheizungstechnologien mit absehend steigenden Energiepreisen (siehe Heizkostenvergleich). Bei 50% größerer Beteiligung von Haushalten (letzte Spalte) könnte eine kostengünstigere Wärmeversorgung aus Sicht der Wärmekunden bereits heute erreicht werden.

Unter der Annahme, dass die Investitionskosten des gesamten Solarversorgungssystems statisch über die Nutzungsdauer von 50 - 60 Jahren refinanziert und abgeschrieben werden könnten, und im Vergleich zu weiterhin steigenden Energiepreisen ist das Projekt als wirtschaftlich anzusehen. Bankfinanzierungen über den genannten Zeitraum werden jedoch nicht angeboten.

Die Realisierung des Projekts ist nur unter Einwerbung zusätzlicher Förderbeträge aus Mitteln der öffentlichen Hand möglich. Der Bedarf an Fördermitteln beläuft sich nach erster Kostenschätzung auf 1.307.000 € aus bestehenden Förderprogrammen plus zusätzlichen 2.806.000 € für die Umsetzung des Pilotprojekts solthermisch beheizter Großwärmespeicher zur Nahwärmeversorgung.

**Die Umsetzung wird vorrangig unter dem Gesichtspunkt des Pilotprojekts und zur Erprobung zukunftsweisender Wärmeversorgung im ländlichen Bereich empfohlen.**

## 17. Wärmepreismodell

Der Wärmepreis sollte eine Kombination aus Wärmepreis (**Arbeitspreis**) und Grundpreis sein. Dazu kommt ein Messpreis, der die Kosten für die Messeinrichtung deckt.

Es wird ein Arbeitspreis von **60,00 €/MWh** (71,40 €/MWh inkl. MWSt) eingesetzt, der im Vergleich zu anderen gleichgelagerter Projekten günstig liegt. Der **Grundpreis** ist mit **0,50 €/m<sup>3</sup>** (0,60 €/m<sup>3</sup> inkl. MWSt.) für den Heizwasserdurchfluss auskömmlich. Hiermit wird in erster Linie der Betrieb des Nahwärmenetzes finanziert.

Der Wärmeabnehmer wird bei diesem Preismodell mit geringeren Grundkosten belohnt, wenn er seine Heizanlage hydraulisch gut einstellt. Der Wärmebezug erfolgt dadurch mit vergleichsweise geringem Heizwasserdurchfluss. Ein spezifisch geringerer Heizwasserdurchsatz erlaubt einen effizienten Betrieb des Nahwärmenetzes, da vergleichsweise weniger Strom für die Netzpumpen benötigt wird und die Wärmeverluste auf der Rücklaufleitung niedriger ausfallen.

Als dritte Kostenkomponente kommt eine **Pauschale** von ca. **50 €/Jahr** (59,50 €/a inkl. MWSt.) für Wärmemessung und den Austausch des Wärmemengenzählers im Fünfjahresrhythmus - wie er vom Eichgesetz gefordert wird - hinzu.

Die Preise müssen jedoch – wie alle anderen Werte – nach Feststellung der tatsächlichen möglichen Wärmekunden erhärtet oder korrigiert und vertraglich vereinbart werden. Ebenfalls vertraglich festzulegen ist die Preissteigerungsrate, der mit maximal 75 % der Preissteigerungsrate für leichtes Heizöl von den Gutachtern vorgeschlagen wird. Damit steigt der Wärmepreis in Folge steigender Heizölpreise weniger stark an, dieser Sachverhalt erhöht die Attraktivität der Nahwärmeversorgung.

Kostenerhöhungen beim Betrieb einer solaren Wärmeversorgungsanlage als mittelbare Folge von Steigerungen bei Energiepreisen, Löhnen und Kosten können abgedeckt werden, wenn unter diesen Bedingungen die Erlöse aus dem Wärmeverkauf ebenfalls steigen. Der Anstieg der Wärmepreise kann hierbei geringer ausfallen als der für es bei Kosten von Brennstoffen wie Heizöl oder Erdgas der Fall sein wird.

Den Wärmekunden steht damit im Vergleich zur bisherigen Verwendung fossiler Brennstoffe eine umweltfreundlich gewonnene Wärme zur Verfügung, deren Preis weniger ansteigen wird als derjenige der bisher verwendeten fossilen Energieträger. Um dies zu erreichen, kommt dem effizienten und kostengünstigen Transport der Wärme zu den zukünftigen Abnehmern eine besondere Bedeutung zu.

## 18. Betreibermodell

Die noch recht kurze Geschichte der Bioenergiedörfer und die Erfahrungen, die dort inzwischen gesammelt werden konnten, belegen: für die Errichtung und den Betrieb einer Nahwärmeversorgung im ländlichen Raum ist die Genossenschaft die erfolgreichste und aus wirtschaftlicher Sicht überzeugendste Betreiberform. Darüber hinaus bietet nur diese Betreiberform die Gewähr für eine hohe örtliche Identifikation mit dem Projekt. Die Genossenschaft liefert Anlass und Anstoß dafür, dass die örtliche Gemeinschaft gestärkt wird. Auf diese Weise werden Ideenreichtum, Kreativität und Entscheidungsbereitschaft bei der aktiven Gestaltung für die zukünftige ländliche Energieversorgung gestärkt und Grundlagen für deren zügige Umsetzung geschaffen. Somit wird dem Gebot nachhaltiger wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Entwicklung im ländlichen Raum optimal entsprochen – die Kompetenz in der Region wächst.

Eine genossenschaftliche Lösung ist nur dann zu verwirklichen, wenn sich hierfür ausreichend (an Zahl und Intensität der Aktivität) engagierte Bürger finden, die bereit sind für die Umsetzung eines solchen Projektes Verantwortung zu übernehmen.

Vor- und Nachteile einer Genossenschaft in Stichpunkten:

**Vorteile:**

- Mitbestimmung und Mitwirkungsmöglichkeit aller Wärmebezieher führen zu einer hohen Akzeptanz und damit zu einer erhöhten Potenzialausschöpfung. Dies begünstigt die Wirtschaftlichkeit und erlaubt einen vergleichsweise niedrigen Wärmepreis
- Der Wärmepreis muss keine externe Gewinnerwartung und nur vergleichsweise geringe zusätzliche Overhead-Kosten berücksichtigen.
- Kreditbereitschaft und -konditionen der Banken werden durch die Rechtsform Genossenschaft aufgrund eines besonders niedrigen Insolvenzrisikos begünstigt.
- Die Netzbetreiber können die Konstruktion eines Wärmeliefervertrages einschließlich Wärmepreis und dessen vertragliche Indizierung an nachvollziehbare betriebliche und energiewirtschaftliche Indikatoren anbieten und darüber hinaus Gewinne aus rationellem Betrieb und Bewirtschaftung ausschütten oder zur Senkung der Wärmekosten verwenden.
- Der Vermögensgewinn durch den Betrieb der Solarenergieanlage und des Wärmenetzes verbleibt in der Genossenschaft.
- Die Entscheidungen über zukünftige Entwicklungen werden durch derjenigen, die davon profitieren getroffen, damit verbunden ist ggf. eine erhöhte Innovationsbereitschaft.
- Mit zunehmender Tilgung der Kredite wird die Kapitalbeschaffung für Erweiterungen und Investition in weiterführende Technologien für regenerative Energiebeschaffung vor Ort unkompliziert.
- Stärkung der örtlichen Identität aufgrund der gemeinsamen Sache und der örtlichen Wirtschaft (Arbeit und Geld bleiben vor Ort).
- Unkompliziertes Prozedere bei Austritt oder Eintritt von Mitgliedern – erweiterungsoffenes Betreibermodell.

**Nachteile:**

- Ohne aktive Vorreiter vor Ort geht nichts!
- Der erhöhte Abstimmungsbedarf kann zu Verzögerungen bei der Realisierung führen.
- Soziale Spannungen oder Unverträglichkeiten zwischen Akteuren können die Realisierung behindern.
- Überlastung einzelner „Ehrenamtlicher“ im laufenden Geschäftsbetrieb nach der Euphorie der Startphase kann zu Spannungen führen, im schlimmsten Fall droht die Genossenschaft „kopflös“ zu werden mangels Mitwirkungsbereitschaft.

## Kostenkalkulation NW-Netz Seinstedt

<b>Netzlänge</b> [Trassenmeter] inkl. HA-Zuleitungen			<b>2.900 Trm</b>
Tiefbau			554.300 €
Rohrbau Netz und Hausanschlüsse			281.600 €
<b>Gesamtkosten Nahwärmenetz</b>			<b>835.900 €</b>
Förderung			-174.000 €
<b>Ges.kosten NW-Netz mit Förderg.</b>			<b>661.900 €</b>
HA-Stationen inkl. WMZ und Anschluss	65 Stck.		156.000 €
Förderung Stationen	1.800 € / Stck.		- 117.000 €
<b>Kosten HA-Stationen mit Förderung</b>			<b>39.000 €</b>
<b>Gesamtkosten Wärmeverteilung m. F.</b>			<b>700.900 €</b>
spezifische Kosten Nahwärmenetz	ohne/mit	Förderung	288/228 €/Trm
Wärmespeicher Anzahl / Volumen	2 x 13.000 =	26.600 m <sup>3</sup>	2.527.000 €
Einbindung			226.000 €
Förderung KfW Speicher	250 €/m <sup>3</sup> , max. 30% o. 1 Mio €		-758.100 €
<b>Gesamtkosten Wärmespeicher</b>			<b>2.034.900 €</b>
<b>Netzhydraulik</b> Verteiler, Pumpen, Wasseraufbereitung, Druckhaltung			35.000 €
<b>Gesamtkosten Netzhydraulik</b>			<b>35.000 €</b>
<b>Solaranlage</b>	250 €/m <sup>2</sup>	6.400 m <sup>2</sup>	1.600.000 €
Förderung KfW / m <sup>2</sup> Kollektorfläche	40 €/m <sup>2</sup>	max. 40%	-258.000 €
Notkesselanschluss, ZLT, Anbindung			55.000 €
<b>Gesamtkosten Solarthermie, Notversorgung, ZLT</b>			<b>1.397.000 €</b>
Kosten für Planung und Bauleitung			301.120 €
<b>Kosten Gesamtanlage inkl. Planung</b>			<b>5.776.020 €</b>
<b>Förderungen Netz, HA-Stationen, Speicher, Solaranlage</b>			<b>1.307.100 €</b>
<b>Genossenschaft</b> Anzahl Anschlüsse			65
Anteil/Anschluss (Eintrittsgeld + Einlage)	1.500 + 1.500 €		3.000 €
<b>Einnahmen Genossenschaftsanteile</b>			<b>195.000 €</b>
<b>Sonderförderung Pilotprojekt</b>			
<b>Solarthermie + saisonaler Groß-Wärmespeicher</b>			<b>- 2.806.400 €</b>
<b>Betreiberinvestition abzgl. Förderungen + Gen.beiträgen</b>			<b>1.467.520 €</b>
<b>Energiebilanz &amp; Kosten-Nutzenbetrachtung</b>			
Wärmeleistung der Abnehmer (Spitze)			748 kW
Abwärme (Wärmeverluste) Netz			32 kW
Abwärme Speicher			180 kW
Wärmeleistung inkl. Verluste Netz und WSpeicher			960 kW
Wärmebedarf der Abnehmer			1.619 MWh/a
Wärmebedarf Abwärme Netz per anno			224 MWh/a
Wärmebedarf Abwärme Speicher per anno			334 MWh/a
Gesamtwärmebedarf inkl. Speicher- und Netzverlusten			2.177 MWh/a
Solaranlage	Eta therm p.a. 35%	6.400 m <sup>2</sup>	4.992 kW
Solare Einstrahlung	Eta therm max. 78%		2.240 MWh/a
<b>Kapitaldienst</b>	Zins / Kapitalrücklaufzeit	3 % / 20 Jahre	
	ergibt Annuität	6,72 %	98.617 €/a
Vertragskosten mobile Wärmeversorgung			1.000 €/a
Strom Netzpumpen etc.	18.430 kWh/a	0,22 €/kWh	4.055 €/a
Wartung/Rücklagen Wärmeverteilung		1,0 %	9.920 €/a
Bedienung, Verwaltung, Betreuung Kundenanlagen			3.000 €/a
<b>jährliche Kosten</b>			<b>116.592 €/a</b>
<b>Wärmepreis Nahwärme aus BGA</b>	ohne / mit	MWSt	<b>72,00 / 85,69 €/MWh</b>



**Wärmeverkaufserlöse**

Wärmebedarf der Wärmekunden	1.619 MWh/a
Arbeitspreis (netto)	<b>60,00 €/MWh</b>
<b>Wärmeverkaufserlöse über Arbeitspreis (netto)</b>	<b>97.140 €/a</b>

Delta T (80°C - 50°C) Vorlauf-/Rücklauftemperatur	30 K
spez. Wärmekapazität	1,16 kWh/kg
Wärmebedarf der Wärmekunden	1.619 MWh/a
Heizwasserdurchlauf bei den Wärmekunden	46.530 m <sup>3</sup> /a
(Wärmebedarf [MWh/a] ./Delta T [K] ./spez. Wärmekap. [kWh/kg]*1000 [kg/m <sup>3</sup> ])	
Leistungspreis (netto)	0,50 €/m <sup>3</sup>
<b>Wärmeverkaufserlöse über Grundpreis (netto)</b>	<b>23.265 €/a</b>

Anzahl Wärmekunden	65
Grundpreis	50 €/a
<b>Erlöse aus Jahrespauschale Wärmemessung</b>	<b>3.250 €/a</b>

<b>Gesamterlöse aus Wärmeverkauf im 1. Jahr (netto)</b>	<b>123.655 €/a</b>
jährliche Kosten	-116.592 €/a
<b>Jährliche Über-/Unterdeckung (netto)</b>	<b>7.063 €/a</b>

## Vergleich der effektiven Wärmekosten für ein Einfamilienhaus in Seinstedt

EFH: 180 m<sup>2</sup>, 140 kWh/m<sup>2</sup>a, 4 Personen, 25 l/Person\*Tag

Kostenart	Einheit	Einzelversorgung					Nahwärme	
		Heizöl NT-Kessel	Erdgas BW-Kessel	Solar&Erdgas BW-Kessel	Holzpellets Kessel	El.- Erdsonde Wärmepumpe	Solaranlage Interessenten erste Umfrage	Solaranlage 50% höhere Beteiligung
Speichergröße im beheizten Gebäude:		200 l Speicher	200 l Speicher	750 l Speicher	750 l Speicher	200 l Speicher	300 l Speicher	300 l Speicher
<b>Investition - Kapitalkosten</b>								
Kessel, Speicher, Abgasseite	€	6.900	5.020	5.020	14.000	15.000		
Genossenschaftsbeitrag NW	€						0	0
hausinterne Anbindung NW	€						2.000	2.000
Solaranlage mit Speicher	€			6.980				
Förderung Solar/Pellet	€			-980	-1.000			
Abschreibungszeitraum	a	20	20	20	20	20	20	20
Anschlusskosten NW	€						1.500	1.500
Genossenschaftsbeitrag NW	€						1.500	1.500
Gesamt-Investitionskosten	€	<b>6.900</b>	<b>5.020</b>	<b>11.020</b>	<b>13.000</b>	<b>15.000</b>	<b>5.000</b>	<b>5.000</b>
Zins	%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%
Kostenumlage/Jahr inkl. MWSt.	€/a	508	369	811	957	1.104	<b>368</b>	<b>368</b>
<b>Energiekosten</b>								
Heizwärmeverbrauch	kWh/a	25.200	25.200	25.200	25.200	25.200	25.200	25.200
Wärme für Warmwasser	kWh/a	2.960	2.960	2.960	2.960	2.960	2.960	2.960
Wärme aus eigener Solaranlage	kWh/a			-3.750				
Wärmeverbrauch/Bezug	kWh/a	28.160	28.160	24.410	28.160	28.160	<b>28.160</b>	<b>28.160</b>
Kesselwirkungsgrad (bzg auf Hu)	%	95%	105%	105%	90%	COP 4,10		
Jahresnutzungsgrad (bzg auf Hu)	%	87%	97%	97%	83%	JAZ 3,80		
Brennstoffverbrauch Hu	kWhHu/a	<b>32.220</b>	29.151	25.269	34.010			
Brennstoffverbr. Gas Ho	kWhHo/a		<b>32.358</b>	<b>28.049</b>		7.411		
Energieinhalt	kWhHu/l	10						
Brennstoffverbrauch	l/a	3.222						
Brennstoffpreis <sup>ab 03/2013</sup>	€/l	0,74			4,202			
Leistungspreis Nahwärme	€/m <sup>3</sup>						0,60	0,60
Leistungskosten bei 30 K	€/a		101	101			486	486
Arbeitspreis für Erdgas/Nahwärme	ct/kWh		4,90	4,90		22,5	6,00	5,40
Energiekosten für Wärme	€/a	<b>2.383</b>	<b>1.586</b>	<b>1.374</b>	<b>1.429</b>	<b>1.667</b>	<b>1.690</b>	<b>1.521</b>
Hilfsenergie/Strom	€/a	99	67	77	98		0	0
Energiekosten gesamt netto	€/a	2.481	1.753	1.552	1.527	1.667	2.226	2.057
Energiekosten inkl. MWSt.	€/a	<b>2.953</b>	<b>2.086</b>	<b>1.847</b>	<b>1.817</b>	<b>1.984</b>	<b>2.648</b>	<b>2.447</b>
wie vor - monatliche Energiekosten	€/mo	<b>246</b>	<b>174</b>	<b>154</b>	<b>151</b>	<b>165</b>	<b>221</b>	<b>204</b>
spezif. Energiekosten inkl. MWSt.	ct/kWh	<b>10,49</b>	<b>6,23</b>	<b>5,51</b>	<b>6,45</b>	<b>7,05</b>	<b>9,41</b>	<b>8,69</b>
Kostensteigerung	%/a	3,0%	3,0%	3,0%	3,5%	3,0%	1,1%	1,1%
Energiekosten in 20 Jahren	€/a	<b>5.333</b>	<b>3.166</b>	<b>2.804</b>	<b>3.615</b>	<b>3.584</b>	<b>3.264</b>	<b>3.016</b>
<b>Betriebskosten</b>								
Grundpreis Nahwärme	€/a						50	50
Wartung	€/a	200	150	175	300	150		
Schornsteinfeger	€/a	80	60	60	95			
Instandsetzung	€/a	150	150	150	150	150		
Betriebskosten gesamt netto	€/a	430	360	385	545	300	50	50
Betriebskosten inkl. MWSt.	€/a	<b>512</b>	<b>428</b>	<b>458</b>	<b>649</b>	<b>357</b>	<b>60</b>	<b>60</b>
Kostensteigerung	%/a	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
Betriebskosten in 20 Jahren	€/a	<b>760</b>	<b>637</b>	<b>681</b>	<b>964</b>	<b>530</b>	<b>88</b>	<b>88</b>
<b>Gesamtkosten ohne Abschreibung</b>								
inkl. 19% MWSt.	€/a	<b>3.465</b>	<b>2.515</b>	<b>2.305</b>	<b>2.465</b>	<b>2.341</b>	<b>2.708</b>	<b>2.507</b>
<b>Gesamtkosten mit Abschreibung</b>								
inkl. 19% MWSt.	€/a	<b>3.972</b>	<b>2.884</b>	<b>3.116</b>	<b>3.422</b>	<b>3.445</b>	<b>3.076</b>	<b>2.875</b>
<b>jährliche Gesamtkosten</b>								
in 20 Jahren inkl. MWSt.	€/a	<b>6.601</b>	<b>4.172</b>	<b>4.295</b>	<b>5.536</b>	<b>5.218</b>	<b>3.720</b>	<b>3.472</b>
<b>spezifische Wärmekosten inkl. MWSt</b>								
ohne Abschreibung heute	€/MWh	123,03	89,29	81,87	87,55	83,14	96,16	89,02
mit Abschreibung heute	€/MWh	141,06	102,41	110,66	121,52	122,33	109,23	102,09
mit Abschreibung in 20 Jahren	€/MWh	234,42	148,16	152,53	196,58	185,29	132,11	123,31