e-mail: weber.romania@yahoo.com

J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341



Geothermische Fernwärme in Rumänien

Nutzungspotenzial und Optimierungsstrategien für die Gemeinden Lovrin

Ergebnisbericht des Projektpartners Weber Romania S.R.L.

September 2019

Autoren: Johann Gerbl, Filip Alexandru





1. Einführung	3
2. Geografische Lage Lovrin	6
3. Aufganenstellung	7
4. Ist-Analyse	8
5. Wärmebedarf	10
5.1 Raumwärmebedarf	11
5.2 Wärmebedarf fur Warmwasserversorgung	11
6. Heizzentrale	12
6.1 Einstellplan fur die Heizzentrale	15
7. Netzplanung	15
7.1 Netzaufbau	16
7.2 Umverteilung und Hausanschlüsse	17
8. Rohr-/Verlege-Systeme	17
9. Netzdimensionierung	19
9.1 Netzbetrieb	19
9.2 Betriebsregime	20
9.3 Hausstationen	21
9.4 Umrüstung bestehender Heizungsanlagen	22
9.5 Dimensionierung von Fernwärmerohren	22
9.6 Netzverluste	23
10. Tiefbautechnik	24
10.1 Dehnpolster	25
11. Netzbetrieb	25
11.1 Mengenregelung	25
11.2 Temperaturregelung	26
12. Kostenschätzung	26
13. Betreibermodell	27
14. Fazit	28
Literatur	29



e-mail: weber.romania@yahoo.com J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341

1. Einführung

Mit ca. 20 Mio. Einwohnern ist Rumänien das siebtgrößte Land in der EU und das zweitgrößte Land in Süd- und Osteuropa nach Polen.

Die Erforschung von geothermischen Ressourcen in Rumänien begann in den 60er Jahren. Im Laufe der Zeit wurden mehr als 200 Quellen erforscht, wobei festgestellt wurde, dass Rumänien über Bezugsorte mit Temperaturen zwischen 40 und 120° C verfügt. Derzeit werden ca. 145,1 MWt (2870 TJ/Jahr) aus 96 Thermalquellen (55° bis 115° C) genutzt.

Die gewonnene Wärme wird vorwiegend in das Fernwärmesystem eingespeist, sowie für Heizbäder und das Wärmen von Gewächshäusern genutzt. Die meisten der genutzten

Anlagen sind technisch überholt und benötigen dringend eine Sanierung.

Die Entwicklung der Geothermie wurde wesentlich durch unvermeidliche Schwierigkeiten geprägt, die beim Übergang von der zentral verwalteten zur freien Marktwirtschaft aufgetreten sind. Darüber hinaus haben, trotz der wesentlichen vorhandenen Ressourcen, die unzureichende Kenntnisse über und der schwere Zugang zu den neuesten Technologien, sowie das fehlende Know-how die Entwicklung der Branche gehemmt. Als Ergebnis fällt die aktuelle Geothermienutzung weit hinter dem erheblichen nachgewiesenen Potenzial des Landes.

Die Förderung und die Nutzung von Thermalwässern ist im Bergbaugesetz Nr. 85/2003 geregelt. Unabhängig von der Tiefe der Thermalwässer sind die Bestimmungen des Wassergesetzes Nr. 107/1996 ebenfalls anwendbar, sollte der Einsatz der geothermalen Energie auch die Nutzung von Wasserquellen voraussetzen. Um jedwelche Studien oder Arbeiten durchführen zu können, muss eine Förderungslizenz von der Nationalagentur für Mineralressourcen eingeholt werden, die infolge der Organisierung eines öffentlichen Angebotswettbewerbs erteilt wird.

Aufgrund der Förderungslizenz ist deren Inhaber berechtigt, eine Lizenz für die Nutzung der entdeckten Thermalwässer unmittelbar bei der ANRM einzuholen. Die Lizenz für die Nutzung von Thermalwässern kann durch die ANRM auch infolge eines öffentlichen Angebotswettbewerbs oder aufgrund von Verhandlungen erteilt werden. Der Inhaber der Nutzungslizenz zahlt eine Jahresgebühr für die Nutzungstätigkeit und eine Bergbaulizenzgebühr und ist verpflichtet, eine finanzielle Bürgschaft für die Wiederherstellung der Umweltlage zu bestellen.

dieser Energiequelle an und fördert den Einbau von Wärmepumpen.



tel/fax: 0256-455001 e-mail: weber.romania@yahoo.com J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341

Wärmepumpen stellen eine weitere verbreitete Form der Nutzung der geothermischen Energie dar. Die Nutzung der oberflächennahen Geothermie ist jedoch relativ jung in Rumänien. Trotz dieser Tatsache regt die bestehende Gesetzgebung explizit zur Nutzung

In Rumänien gibt es zurzeit zwei Gesellschaften, welche die meisten der vorhandenen geothermischen Ressourcen ausschöpfen: Transgex SA (www.transgex.ro) und Foradex SA (www.foradex.ro). Die langfristigen Konzessionen wurden für fast alle bekannten geothermischen Reservoiren an diese zwei Gesellschaften vergeben.

Stärken - Schwächen

- hohes natürliches Potenzial
- Existenz einer Gesetzgebung im Bereich
- Existenz von Fördermitteln
- hohes intellektuelles Potenzial für Spezialisten
- Existenz von Forschungsprojekten im Bereich
- Vorzeigeprojekte
- geografische Limitierung der Ressourcen
- geringe Einkommen der Bevölkerung
- subventioniertes Fernwärmesystem
- relativ geringer Bekanntheitsgrad der Systeme

Chancen - Risiken

- unterschriebenes Kyoto-Protokoll
- Existenz von Verpflichtungen abgeleitet aus dem Weißen Papier und aus der Verordnung 2001/77/EC
- hohes Wirtschaftswachstum
- Einkommenswachstum
- allgemeine positive Einstellung gegenüber erneuerbarer Energien
- Sanierung der bestehenden Fernwärmesysteme
- Unzufriedenheit über das Fernwärmesystem
- oft wechselnde Rechtsbedingungen
- konservative Einstellung gegenüber Neues



Ziel des Projekts "Geothermische Fernwärme in Rumänien" ist daher die:

Optimierung des bestehenden Fernwärmebetriebs in der Gemeinde Lovrin.

- Erarbeitung der Grundlagen für einen gemeinsamen Fernwärmebetrieb der Gemeinden Lovrin und Gottlob aus geothermischen Ressourcen bzw. Entwicklung eines Fernwärme-nutzungskonzepts mit Handlungsempfehlungen.
- Ableitung eines Handlungsleitfaden, der auch weitere Gemeinden bei der Umsetzung einer geothermischen Nah- bzw. Fernwärmeversorgung unterstützt.
- Erarbeitung von Machbarkeitsstudien, damit die Gemeinden für die spätere großtechnische Umsetzung entsprechende Finanzierungsanträge aus EU-Fördertöpfen stellen können.

Für die Weber Romania S.R.L. waren hierbei folgende Arbeitpakete vorgesehen:

- Kommunikation mit den Gemeinden, Zusammenstellung aktueller Betriebsparameter, Unterstützung bei vor-Ort-Terminen, Übersetzungsarbeiten für GeoT), Hydrologisches Gutachten (Fremdkosten), Ermittlung des Wärmebedarfs.□ Plausibilisierung des hydrologischen Gutachtens für Lovrin und Gottlob, welches durch ein rumänisches Fachbüro erstellt werden sollte.
- technische Prüfung und Zeichnungen der verschiedenen Optionen, Einholung von Angeboten (auf rumänischer Seite); Kostenermittlungen.
- Ermittlung der räumlichen Verteilung des Wärmbedarfs von Haushalten und Landwirtschaft, Kostenberechnungen und technische Zeichnungen für Nahwärmeversorgung.
- Vorbereitung der Veranstaltungen (Ergebnispräsentation, Terminabstimmungen, Räumlichkeiten, Erstellung und Versand Einladungen, etc.).



Geografische Lage Lovrin 2.

Lovrin liegt 50 Kilometer nordwestlich von Timișoara im Banat, und 20 Kilometer südöstlich von der Stadt Großsanktnikolaus.

In Lovrin kreuzen sich die Eisenbahnlinien, die nach Sânnicolau Mare und Timișoara führen sowie die Linien Nerău-Periam-Arad und Lovrin-Jimbolia.



Bild 1: Kreis Timis





Bild 2: Lageplan Gemeinde Lovrin

3. Aufgabenstellung

Die Gemeinde Lovrin benötigt eine Machbarkeit für ein Fernwärmenetz zur geothermische Nutzung der neun vorhandenen Thermalwasserbohrungen.

Ziel der Machbarkeitsstudie ist die Schaffung der technischen und wirtschaftlichen Grundlagendaten für die Erweiterung und modernisierung der vorhandenen Fernwärmeversorgung.

Für die Machbarkeitsstudie stellte die Gemeinde Lovrin alle bekannten Daten zur Auswertung zur Verfügung.

Auf Basis dieser Daten wurde zunächst eine grobe Netzstruktur entwickelt und vorausgelegt. Basierend auf dieser ersten Netzstruktur wurde eine sinnvoll erschließbare Struktur erarbeitet. Hierzu führten Mitarbeiter von WR und der Gemeinde Lovrin eine gemeinsame Begehung der potenziellen Trassen durch.



e-mail: weber.romania@yahoo.com J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341



Mit den ermittelten Daten und den festgelegten Trassen wurden Kostenanfragen vorbereitet. Mit den erhaltenen Kostenschätzungen wurden schließlich verschiedene Preisszenarien durchgerechnet.

Definitionen

Wärmemenge pro Zeiteinheit (MJ/s oder kW), die einem Heizlast:

Gebäude zur Beibehaltung einer Temperatur zugeführt

werden muss.

Heizwärmebedarf: Wärmemenge, die in einem Jahr für die Beheizung eines

Gebäudes benötigt wird.

Jahreswärmemenge, die für die Nutzung eines Gebäudes Nutzenergiebedarf:

benötigt wird. Enthalten sind hier der Heizwärmebedarf und

der Wärmebedarf zur Trinkwarmwasserbereitung.

Endenergieverbrauch: Jahreswärmeverbrauch bereinigt um die Verluste der

Anlage.

Produkt aus der Zahl der Heiztage und der Differenz <u>Gradtagszahl:</u>

zwischen der mittleren Raumtemperatur und der mittleren

Außentemperatur.

Grundlagen

Die Gemeinde Lovrin hat zur Zeit 3.223 Einwohner. Die Bevölkerungsdichte beträgt 56 Einwohner je km².

Die Fläche der Gemeinde beträgt 57,63 km².

In der Gemeinde Lovrin gibt es eine zentrale Trinkwasseversorgung aber keine Abwasserkanalisation.

In Lovrin gibt es ein Höhenunterschied von 3,0 m innerhalb des Ortsgebietes.

4. **Ist-Analyse**

Im Gebiet der Gemeinde Lovrin wurden von 1977 bis 1984 neun Thermalwasserbohrungen abgeteuft, bei der maximalen Fließrate von 12 l/s je Bohrung.

Die Gemeinde Lovrin fördert das rund 84 °C heiße Wasser zu Heizzwecken, wobei das Thermalwasser direkt in das Wärmenetz der Gemeinde gepumpt wird. Aufgrund der chemischen Zusammensetzung des Thermalwassers bilden sich Ablagerungen und Korrosion in den Rohrleitungen und Heizkörpern, was zu hohem Wartungsaufwand führt. Neben der Nahwärmenutzung wird das Thermalwasser zusätzlich balneologischen im



örtlichen Thermalbad genutzt. Da die Gemeinde über keine Abwasserkanalisation verfügt und das Thermalwasser nicht über eine zweite Bohrung wieder in das Reservoir zurückgeführt wird, erfolgt die Entsorgung aktuell in einen Entwässerungsgraben. Zur Zeit sind alle alle öffentliche Gebäude und auch 100 Haushalte an dieses Fernwärmenetz angeschlossen.

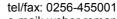
Die Heizzentrale ist seit 1999 nicht mehr voll funktionsfähig (d.h. praktisch außer Betrieb). Auch die Pumpe in der Heizzentrale, welche normalerweise den Druck in derVerteilleitung erhöht, ist zurzeit außer Betrieb

Die letzte Nutzung des Thermalwassers vor dessen Einleitung in einen Entwässerungsgraben erfolgt im örtlichen Thermalbad.

Nach dem Hallenbad als letztem Glied in der Kaskadennutzung wird das Wasser in einen Entwässerungsgraben geleitet.

In Lovrin gibt es 1100 Gebäude mit 1264 Wohnungen, die an das Fernwärmenetz angeschlossen weden könnten

In diesem Kapitel wird der Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser abgeschätzt In einem nächsten Schritt wird eine Aufteilung der erzeugten Wärme an die Verbraucher als Grundlage für die anschließenden Energiebilanzen und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen angenommen.



e-mail: weber.romania@yahoo.com J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341



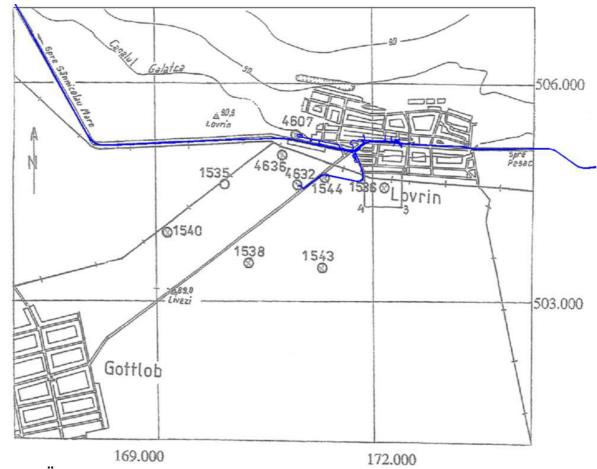


Bild 3: Überblick über die Lage der Thermalwasserbohrungen im Bereich der Gemeinde Lovrin

Die erste Bohrung (Nr. 4607) ist derzeit die einzige aktive Förderbohrung im Projektgebiet. Das Thermalwasser fließt mit 84 °C frei aus d.h. mit zumindest 0,5 bar bei der maximalen Fließrate von 12 l/s.

Gedacht wurde sieben der neun Thermalwasserbohrungen zu nutzen was ein maximalen Fließrate von 70 l/s ergibt.

5. Wärmebedarf

Der Gesamtwärmebedarf umfaßt den Raumwärmebedarf und den Wärmebedarf für die Trinkwassererwärmung (TWE).

In der Regel wird ein Nahwärmenetz ganzjährig betrieben. Ausgelegt wird es auf die Spitzenlast im Winter. Den größten Teil des Jahres wird das Wärmenetz nur in Teillast betrieben und die maximale Leistung wird an sehr wenigen Stunden im Jahr benötigt. Dies wird anhand der sog. geordneten Jahresdauerlinie eines Nahwärmenetzes ersichtlich.



1000

800

600

400

200

0

Wärmeleistung / kW

6000

8000

tel/fax: 0256-455001

e-mail: weber.romania@yahoo.com

J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341

Bild 4: Jahresdauerlinie Nahwärmenetz

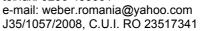
Für die Projektierung einer Nahwärmeversorgung ist neben dem Leistungsbedarf, bestehend aus Raum- und Trinkwasser-Wärmebedarf, die zeitliche Charakteristik wesentlich. Zur überschlägigen Auslegung der Wärmeerzeugung kann die Jahresdauerlinie verwendet werden

4000 Jahresstunden

2000

5.1 Raumwärmebedarf

Mit dem sogenannten Siedlungstypenverfahren eine sehr einfache, überschlägige Wärmebedarfsermittlung möglich. Dabei werden die realen Bebauungen verschiedenen typischen Gebäude- und Siedlungsstrukturen zugeordnet, für die bereits Kenndaten ermittelt worden sind. Bei guter Übereinstimmung zwischen realer Bebauung mit der jeweiligen Typisierung kann mit Hilfe dieser Werte schnell und kostengünstig der Wärmebedarf abgeschätzt werden.





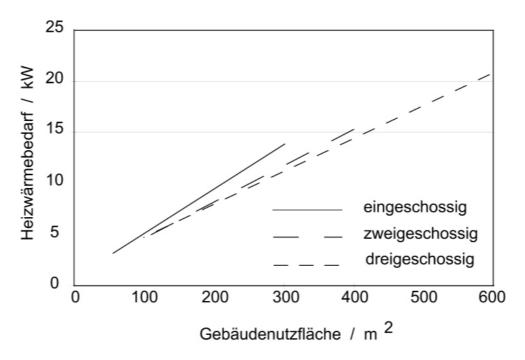


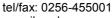
Bild 5: Heizwärmebedarf in Abhängigkeit der Nutzfläche eines freistehenden Gebäudes

5.2 Wärmebedarf für Warmwasserversorgung

Mit Hilfe der durchschnittlichen Personenanzahl eines Haushaltes kann ein überschlägiger Jahreswärmeverbrauch ermittelt werden.

Lebensstandard	Brauchwasser- verbrauchsmenge I/Person,d	Jahreswärme- verbrauch kWh/WE,a
Soz. Wohnungsbau	25-40	800-1300
Allg. Wohnungsbau	30-45	950-1450
Gehobener Wohnungs-	40-50	1300-1650
bau/Eigentumswohnung		
Einfamilienhäuser	45-60	1450-1950
Luxusvillen	50-95	1600-3100

Tabelle 1: Warmwasser- und Wärmeverbrauchsmengen in Abhängigkeit der sozialen Stellung



e-mail: weber.romania@yahoo.com J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341



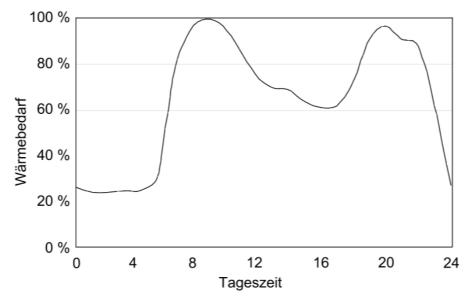


Bild 6: Charakteristischer Tagesgang einer Wohnsiedlung

6. Heizzentrale

Auslegungsdaten Heizzentrale

 $P_{\text{Instalata}}$ = 4,30 Gcal/h = 5.76 MW/h

 $T_{Tur A.G}$ = 75 $^{\circ}$ C $T_{Reur A.G}$ = 55 $^{\circ}$ C $Q_{h maxim}$ = 252 mc/h

In der bestehenden Heizzentrale, in der Mitte von Lovrin gelegen, wird die Wärme für das Fernwärmenetz erzeugt. Die bestehende Heizzentrale wird saniert. In ihr sind 2 Geothermie-Wärmetauscher zur Entwärmung des Thermalwassers und Aufheizung des Fernwärmewassers untergebracht. In der Heizzentrale sind auch 2 Redundanzheizkessel montiert, die, sollte die Geothermie-Anlage einmal unerwartet ausfallen, weiterhin die Wärmeerzeugung gewährleisten und alle Kunden mit Wärme versorgen. Die Kessel heizen außerdem an kalten Tagen die aus der Geothermie gewonnene Temperatur gleitend auf, damit in jedem Objekt, das mit Fernwärme versorgt wird, ein angenehmes Komfortniveau auch an kältesten Tagen gewährleistet ist.

Die Pumpen – zwei große für den Winter und eine kleinere für die Sommermonate –, die das Fernwärmewasser im gesamten Netz umwälzen und zu jeder einzelnen Kundenstation fördern, sind ebenfalls in der Geothermie-Heizzentrale platziert. Die Versorgungs- und Ausfallsicherheit für die Geothermie-Heizzentrale hat oberste Priorität. So gibt es zwei voneinander unabhängige Stromnetzeinspeisungen, zwei Hochspannungstrafos, von denen jeder für sich die elektrische Gesamtleistung der



Heizzentrale abdecken kann, ein Notstromaggregat und eine Batterieanlage zur Absicherung aller Computer und Steuergeräte. Darüber hinaus gibt es auf dem Gelände einen Anschlusspunkt für ein großes, dieselbetriebenes Netzersatzaggregat, das sogar das Heizwerk komplett mit Strom – unabhängig vom öffentlichen Netz – versorgen könnte. Die Redundanzheizkessel werden mit Heizöl befeuert.

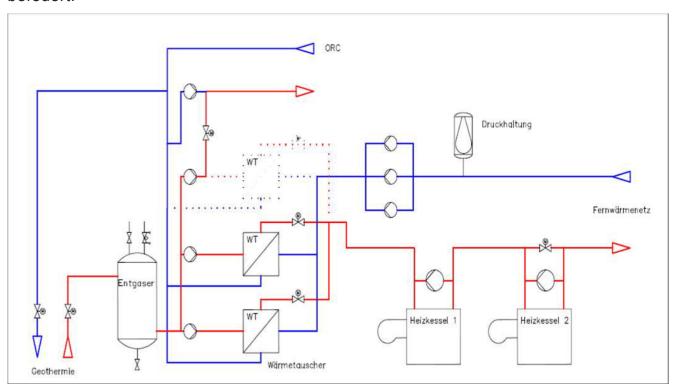
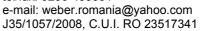


Bild 7: Schema Heizzentrale



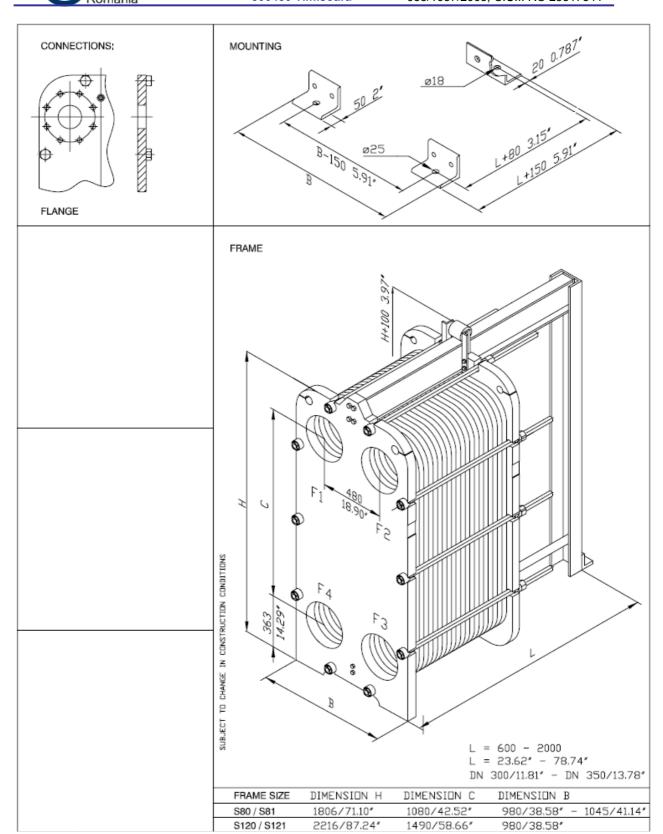


Bild 8: Plattenwärmetauscher



e-mail: weber.romania@yahoo.com J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341

6.1 Einstellplan für die Heizzentrale

Rücklaufdruck: 3 - 4,5 bar

Die Druckdifferenz von Vorlauflauf / Rücklauf beim Verlassen der Heizzentrale beträgt 3 -

6 bar.

Die Werte sind für die Abweichung der Heizzentrale sind ± 2° C

Tabelle 2:

Nr. crt.	T _{ext} [° C]	Т _Т [°С]	T _R [° C]	Q _{max} [mc/h]
1.	<-12	85	52	252
2.	-11	84	51,5	250
3.	-10	83	51	245
4.	-9	82	50,5	240
5.	-8	81	50	235
6.	-7	80,5	50	230
7.	-6	79,5	49	225
8.	-5	78,5	48	215
9.	-4	77,5	47	205
10.	-3	77	46,5	195
11.	-2	75,8	45,8	185
12.	-1	75	45	175
13.	0	74	44	170

7. Netzplanung

Geplant sind alle Wohnung und Häuser entlang der Strassen Str.2, Str.6 Str.9, und Str.30, an das Fernheizungsnetz anzuschliessen.

Größtenteils erfolgt die Verlegung der Fernheizungsrohre unter unbefestigter Oberfläche, entlang des Grunstreifens der Strasse



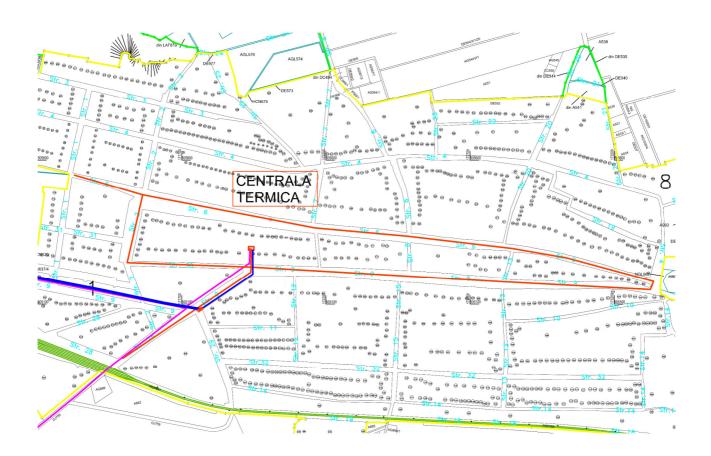


Bild 9: Lageplan Lovrin

Tabelle 3: Nahwärmeversorgungrohre

Strasse	Durchmesser [mm]	Länge [m]
Str. 2	DN 150	480 (2 x 240)
Str. 6	DN 150	4.100 (2 x 2.050)
Str. 9	DN 150	5.560 (4 x 1.390)
Str. 30	DN 150	1.230 (2 x 615)
Gesamt	länge	11.370

7.1 Netzaufbau

Moderne Nahwärmeversorgungssysteme werden nahezu ausschließlich als Zweileiter-System (Vor-/Rücklauf) mit Heizwasser als Wärmeträgermedium betrieben.

Bei kleinen und mittleren Fernwärmenetzen sind Strahlennetze vorzuziehen, da diese die

geringste Trassenlänge haben.

7.2 Unterverteilung und Hausanschlüsse

Der Trassenverlauf richtet sich nach geographischen bzw. städtebaulichen Gegebenheiten (Straßenführung, fremde Medienleitungen etc.) und den verwendeten Rohr- bzw. Verlegesystemen.

Die häufig eingesetzte "Standard-Trassenführung" in öffentlichen Wegen bietet die größte Flexibilität bzgl. des Anschlusses weiterer Kunden, da jeder Kunde separat an die Verteilleitung angeschlossen wird

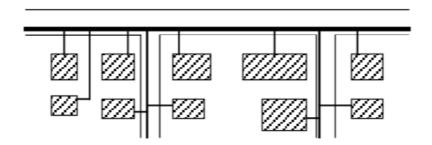


Bild 10: "Standard"-Trassenführung

8. Rohr-/Verlege-Systeme

Zur Fernwärmeversorgung stehen - je nach Anwendungsgebiet - verschiedene Verlegesysteme zur Verfügung:

Das Kunststoffverbundmantelrohr mit Stahlmediumrohr (KMR) ist aufgrund der Standardisierung, der Robustheit und des geringen Materialpreises das meistverlegte Rohrsystem.

Die Verlegung der hier vorgestellten Rohrsystems erfolgt aus Kostengründen als sogenannte Flachverlegung ohne definiertes Gefälle, ohne Entlüftungsarmaturen an Hochpunkten und ohne Schachtbauwerke. Auf die früher übliche Gefälleverlegung wird bei diesen Rohrsystemen verzichtet.

Grundsätzlich wird angestrebt die Rohrleitung möglichst im Tagestakt zu verlegen, um die Kosten für die Baustellenabsicherung zu reduzieren und die Störungen des Verkehrs und der Anwohner so gering wie möglich zu halten.

Kunststoffverbundmantelrohre (KMR) sind die am häufigsten eingesetzten Fernwärmeleitungen beim Neubau. Aufgrund ihrer hohen Druck- und



Temperaturbeständigkeit können sie in jedem Nahwärmenetz eingesetzt werden. Da es sich um ein nicht selbstkompensierendes Rohrsystem handelt, treten Spannungen und Dehnungen auf, die eine aufwendige Rohrnetzstatik und ggf. Kompensationsmaßnahmen notwendig machen. Zur Verbindung der Rohrstangen (Schweißen, Muffenmontage) sowie zur Verlegung und Einrichtung sollten fachlich versierte Unternehmen eingeschaltet werden. Dem günstigen Materialpreises stehen aufwendige Verlegemaßnahmen gegenüber.

Tabelle 4: Kunststoffverbundmantelrohre (KMR)

Temperatur/Druck:	130-140°C / 16-25 bar
Durchmesser:	DN 20-1000
lieferbare Längen:	6-12-16 m Rohrstangen
Besonderheit:	auch als Doppelrohr bis DN 150

Flexible Kunststoffmediumrohre (PMR) sind im Gegensatz zu den flexiblen Metallmediumrohren (MMR) preiswerter, leichter und einfacher zu biegen (kleinere Radien). Aufgrund dieser Vorteile werden Kunststoffmediumrohre den Metallmediumrohren vorgezogen, sofern die niedrigere Druck- und Temperaturbeständigkeit ausreicht. Gegenüber dem KMR von Vorteil ist die variable, einfache Trassenführung, so daß der Rohrverlauf den lokalen Gegebenheiten (Fremdleitungen, Topographie) angepaßt werden kann.

Tabelle 5: Flexible Kunststoffmediumrohre

Temperatur/Druck:	85-95 °C / 6-10 k	oar		
Durchmesser:	DN 22 - DN 100	Rollen		
	DN 63 - DN 110	Stangen		
lieferbare Längen:	bis 50 / 100 m	Rollen		
	12 m	Stangen		
Besonderheit:	Doppelrohrrollen bis DN 40			
		·		

Die Anforderungen an den Tiefbau und die Verlegung sind gering, so daß sich diese Rohre schnell und kostengünstig verlegen lassen. Da flexible Kunststoffmediumrohre in fast allen Nennweiten auch als Rollen angeboten werden, reduziert sich die Anzahl der erdverlegten Verbindungen auf das Notwendige (T-Stücke etc.). Von Nachteil gegenüber dem KMR ist der höhere Preis für Rohre und Formstücke, der für größere Rohre überproportional ansteigt. Die niedrigeren Verlegekosten kompensieren erfahrungsgemäß



e-mail: weber.romania@yahoo.com J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341

bei Rohrleitungen bis etwas DN 65 den höheren Materialpreis.

Flexible Kunststoffmediumrohre lassen sich aufgrund der Nennweiten (bis DN 110) und der Einsatzgrenzen (95 °C, 6 bar) als Hausanschlußleitung, aber auch als Verteilleitung in Nahwärmenetzen mit niedrigen Netztemperaturen nutzen. Hierbei muß beachtet werden, daß ein nachträglicher Anschluß an das im Betrieb befindliche Netz möglich, aber aufwendig ist. Ein Anbohren wie beim KMR ist nicht möglich; man muß sich mit dem Einfrieren bzw. Abquetschen der Leitung behelfen.

9. Netzdimensionierung

Das projektierte Netz für Lovrin sieht jetzt rund 500 Hausanschlüsse mit etwa 400 Übergabestationen vor.

Die Heizzentrale kann dauerhaft 5.000 kW Wärmeleistung und für begrenzte Zeiträume 5.700 kW Wärmeleistung bei einer Auslegung des Fernwärmenetzes für 75°C im Vorlauf und 55°C im Rücklauf bereitstellen

Der optimale Rohrdurchmesser wird von zwei gegenläufigen Einflüssen bestimmt. Zum einen sind die Material- und Tiefbaukosten bei kleinerem Rohrdurchmesser geringer, zum anderen sind der Druckverlust (Druckstufung der Rohrsysteme beachten!) und damit die Pumpstromkosten höher. Im Bereich der Hausanschlüsse sind auch die durch die Fließgeschwindigkeit verursachten Geräuschemissionen zu beachten. Um die Kosten zu minimieren, ist im Einzelfall eine im wesentlichen von der Netzstruktur, den Vor- und Rücklauftemperaturen, den Gleichzeitigkeitsfaktoren, den geodätischen Höhen und den Stromkosten bestimmte Analyse notwendig. Weiterhin ist der Druckverlust abhängig von der Wandrauhigkeit, die bei Kunststoff- und Kupfermediumrohren (k=0,01 mm) geringer ist als bei Stahlrohren (k=0,1 mm). Zur Dimensionierung der Rohrdurchmesser muß außer dem Druckverlust, der für eine erste Grobprojektierung mit 100 Pa/m angenommen wird, auch bei jedem Trassenabschnitt die maximal zu übertragene Wärmeleistung (zzgl. des Netzverlustes) bekannt sein. Anschließend erfolgt die Optimierung der Nennweitenwahl, die mit modernen Auslegungsprogrammen automatisiert erfolgt.

9.1 Netzbetrieb

Für den Netzbetrieb entscheidend sind die Parameter Druck und Temperatur:
Der Wärmeerzeuger gibt den Rahmen für die Netztemperatur (Vor- und Rücklauf) vor.
Eine Erhöhung der Vorlauftemperatur ist z.B. durch einen zwischengeschalteten



e-mail: weber.romania@yahoo.com J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341

Spitzenlastkessel und eine Rücklauftemperaturabsenkung z.B. durch eine Wärmepumpe möglich. Die Netztemperaturen müssen bei der Auslegung der Hausstationen (direkt, indirekt bzw. mit oder ohne Warmwasser) und des Netzes (Stahl oder Kunststoff als Mediumrohr) beachtet werden. Die Vorlauftemperatur variiert dabei zumeist zwischen 70 und 130 °C, die Rücklauftemperatur zwischen 30 - 60 °C. Aufgrund wirtschaftlicher Vorteile wird eine Netzvorlauftemperatur unter 90 °C für Nahwärmesysteme gewählt.

Der Netzdruck ist im Gegensatz zur Netztemperatur vorrangig von der Netzstruktur und der Topographie abhängig. Der Netzdruck muß ausreichend hoch sein, um den kritischen Verbraucher zu versorgen und zugleich sicherstellen, daß bei diesem der Druck mit ausreichendem Sicherheitsabstand oberhalb des Dampfdruckes des Wärmeträgers liegt. Dies gilt ebenfalls für den Ruhedruck, der bei Stillstand des Systems durch eine Druckhalteeinrichtung aufrechterhalten wird. Die Kundenanlagen, d.h. die Wärmetauscher bei indirektem bzw. die Heizkörper bei direktem Anschluß, müssen für diesen Druck ausgelegt werden.

Für die Strömungsgeschwindigkeit in den Rohren muß die Mindest- (ansonsten Gefahr des Einfrierens bei Flachverlegung) und Maximalgeschwindigkeit (Geräuschentwicklung, Druck) eingehalten werden. Im Regelfall werden Strömungsgeschwindigkeiten von 1-2 m/s erreicht.

9.2 **Betriebsregime**

Ziel der Netzregelung ist es, den schwankenden Kundenbedarf an Energie mit möglichst geringen Kosten (Pumpstromkosten, Wärmebereitstellungskosten etc.) zu decken. Die Regelung kann als Mengenregelung oder Temperaturregelung erfolgen Bei der Mengenregelung wird der Massenstrom des Wärmeträgers dem Bedarf angepaßt. Dies führt zu höheren Druckverlusten und Pumpleistungen.

Für die Festlegung des Betriebsregimes ist weiterhin entscheidend, ob nur der Heizwärmebedarf oder auch der Warmwasserbedarf durch Fernwärme gedeckt werden soll. Im Regelfall wird eine Kombifahrweise, bestehend aus Temperatur- und Mengenregelung gewählt. Bei dieser werden kurzfristige Lastspitzen durch einen erhöhten Mengenstrom und langfristige Änderungen des Wärmebedarfs (saisonale Schwankungen) durch Temperaturänderung ausgeglichen. Sofern keine Warmwasserversorgung vorgesehen ist, kann die Netztemperatur in Schwachlastzeiten bis unter 60 °C abgesenkt bzw. außerhalb der Heizperiode die Fernwärmeversorgung



vollständig eingestellt werden. Bei der Warmwasserbereitung hingegen muß eine Mindesttemperatur (meist 70-75 °C, abhängig von der Kundenanlage) gewährleistet sein, so daß in Schwachlastzeiten (Sommer) bei konstanter Temperatur nur der Mengenstrom geregelt wird.

9.3 Hausstationen

Die Hausstation ist das Bindeglied zwischen dem Fern/Nahwärmenetz und der Hausanlage (Heizungsanlage). Sie besteht aus der Übergabestation, die zum Eigentum des Wärmelieferanten zählt, und der Hauszentrale, welche sich im Eigentum des Kunden befindet. Während die Übergabestation der vertragsgemäßen Wärmeübergabe hinsichtlich Druck und Temperatur dient, wird in der Hauszentrale die Wärmelieferung an die thermischen und hydraulischen Gegebenheiten der Hausanlage angepaßt. Übergabestation und Hauszentrale können baulich getrennt oder in einer Einheit zusammengefaßt sein.

Im Gegensatz zu der früher praktizierten individuellen Fertigung und Installation werden heute vorgefertigte, standardisierte Hausstationen (sogenannte Kompaktstationen) eingesetzt. Diese Stationen enthalten alle Anlagenkomponenten und werden montagefertig beim Kunden angeliefert, um mit der Hausanlage verbunden zu werden. Damit reduzierte sich die durchschnittliche Installationszeit einer Station von 2-3 Tagen auf ca. 0,5 Tage.

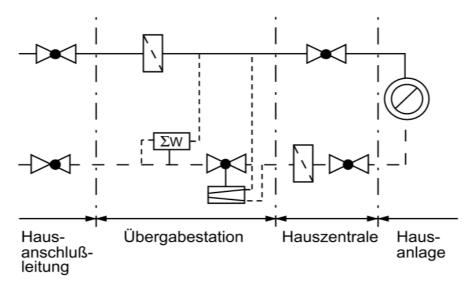


Bild 11: Hausanschluß (direkt ohne Beimischung)

Bei der direkten Anbindung durchströmt das Fernheizwasser auch die Anlagenteile



der Hausanlage. . Bei zu hohen Netztemperaturen kann bei der direkten Variante über eine Beimischung aus dem Hausanlagenrücklauf die Hausanlagenvorlauftemperatur angepaßt werden.

9.4 Umrüstung bestehender Heizungsanlagen

Die Wärmeleistung eines Heizkörpers ist von der mittleren Heizkörpertemperatur abhängig. Im Gegensatz zu der bei Heizungsanlagen üblichen Auslegung auf 90/70 °C für die Vorlauf-/Rücklauftemperatur müssen bei der Fernwärmeversorgung wesentlich größere Spreizungen erreicht werden. Dadurch reduziert sich wiederum die mittlere Heizkörpertemperatur. Um diese Reduzierung auszugleichen, müßten die Heizkörper vergrößert werden, um weiterhin die erforderliche Raumwärme bereitzustellen. Je geringer die Vorlauftemperatur und je größer die Spreizung desto stärker wird die Heizkörperleistung gemindert.

Tabelle 6: Minder-/Mehr-leistung eines Heizkörpers in Abhängigkeit von der Temperaturspreizung gegenüber einer 90/70°C - Auslegung

VL/RL-Temperatur	Mehr-/Minderleistung
der Hausanlage	gegenüber 90/70°C
110/60 °C	+4 %
110/50 °C	-12 %
110/40 °C	-29 %
90/70 °C	±0 %
90/60 °C	-14 %
90/50 °C	-27 %
90/40 °C	-42 %
60/40 °C	-62 %

9.5 Dimensionierung von Fernwärmerohren

Die Dimensionierung des KMR - wie auch der anderen Rohrsysteme - erfolgt überschlägig anhand des Druckverlustes von 100 Pa/m. Zugleich müssen minimale und maximale Geschwindigkeiten eingehalten werden.



e-mail: weber.romania@yahoo.com J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341

DN	d _{an} [mm]	S _w [mm]	**D _a [mm]	Wasser- geschw. [m/s]	Wasser- strom [m3/h]	Leistung ?T= 20 K [kW]	Leistung ?T= 40 K [kW]	Leistung ?T= 60 K [kW]	Leistung ?T= 80 K [kW]
15	21,3	*2,6	90	0,28	0,206	5	9	14	19
20	26,9	*2,6	90	0,35	0,464	11	21	32	42
25	33,7	3,2	90	0,41	0,858	20	39	59	78
32	42,4	*2,6	110	0,50	1,959	45	89	130	180
40	48,3	*2,6	110	0,56	2,902	66	130	200	260
50	60,3	*2,9	125	0,65	5,413	120	250	370	490
65	76,1	*2,9	140	0,77	10,634	240	480	730	970
80	88,9	3,2	160	0,85	16,238	370	740	1110	1480
100	114,3	3,6	180	1,00	32,340	740	1470	2210	2940
125	139,7	3,6	200	1,15	56,668	1290	2580	3870	5160
150	168,3	4	250	1,29	93,489	2130	4260	6380	8510

Tabelle 7: Stahlmediumrohr, z.B. KMR bei 100 Pa/m Druckverlust

DN	d _{an} [mm]	S _w [mm]	D _a [mm]	Wasser- geschw. [m/s]	Wasser- strom [m3/h]	Leistung ?T= 20 K [kW]	Leistung ?T= 40 K [kW]	Leistung ?T= 60 K [kW]	Leistung ?T= 80 K [kW]
15	15	1,0	66	0,28	0,133	3	6	9	12
18	18	1,0	66	0,32	0,232	5	11	16	21
22	22	1,0	66	0,38	0,423	10	19	29	39
28	28	1,2	77	0,45	0,825	19	38	56	75
35	35	1,5	90	0,52	1,506	34	69	100	140
42	42	1,5	110	0,60	2,559	58	120	180	230
54	54	1,5	125	0,72	5,240	120	240	360	480
70	70	2,0	140	0,85	10,413	240	470	710	950
88,9	88,9	2,5	160	1,00	19,762	450	900	1350	1800

Tabelle 8: Flexibles Kupfer-mediumrohr bei 100 Pa/m Druckverlust

9.6 Netzverluste

Der Netzverlust ist vorrangig abhängig von der Siedlungsstruktur, d.h. bei einer Einfamilienhausbebauung ist die Netzlänge und damit der Netzverlust bezogen auf die übertragene Leistung größer als bei Reihen- oder Mehrfamilienhausbebauung. Der Einfluß der Auslegungs-Vorlauftemperatur ist dagegen sekundär. Bei niedrigerer Auslegungs-Vorlauftemperatur ist die Temperaturdifferenz zur Umgebung geringer,



zugleich jedoch müssen Rohre mit größerem Querschnitt eingesetzt werden, um bei gleicher Wärmeleistung den Druckverlust konstant zu halten; d.h. während die treibende Temperaturdifferenz sinkt, steigt die Wärmeübertragungsfläche

10. **Tiefbautechnik**

Längs der Trasse (Straße, Bürgersteig, Grünbereich etc.) wird die Oberfläche aufgerissen, ein Rohrgraben mit ca. 0,9 m Breite und 0,9 m Tiefe (oder tiefer, abhängig von den Vorgaben des Tiefbauamtes) maschinell ausgeschachtet und durch seitlichen Verbau, der durch Querspindel gehalten wird, abgestützt. An den Stellen des Rohrgrabens, wo Rohre bzw. Formstücke verschweißt werden müssen, werden Kopflöcher von 1,5-2 m Länge hergestellt.

Die Rohrgrabensohle wird mit einer 10 cm Sandschicht aufgefüllt und nivelliert. Die Rohre werden auf die vorbereitete Sohle gelegt - wobei die Querspindeln evtl. kurzfristig zu entfernen sind - und ausgerichtet. Die einzelnen Rohrstangen bzw. Formstücke werden miteinander verschweißt und mit Muffen nachisoliert. Je nach Verlegemethode (Kaltverlegung, Vorwärmung etc.) werden die Rohre thermisch/mechanisch vorgespannt, ggf. mit Dehnpolstern versehen und anschließend bis 20 cm über Rohrscheitel eingesandet und per Hand verdichtet. Der Rest des Grabens wird mit verdichtungsfähigem Material verfüllt und verdichtet; anschließend wird die Oberfläche wiederhergestellt.

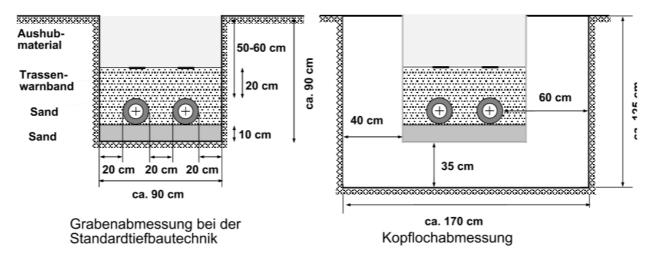


Bild 12: Rohrgraben- und Kopflochabmessungen bei der Standardtiefbautechnik



e-mail: weber.romania@yahoo.com J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341



Dehnpolster werden bei KMR in der Dehnungszone, d.h. an L- oder Z-Bögen, benötigt, da dort die Längsdehnung des Rohres aufgenommen wird. Ansonsten würde der isolierende PUR-Schaum zusammengepreßt und das Mantelrohr aufgrund der erhöhten Temperatur verspröden.

Bei unbefestigter Oberfläche ("Grünbereich") kann auf Dehnpolster verzichtet werden, da dort der Widerstand des Erdbodens gegen die Dehnung geringer ist. Nur bei größerer Rohrdehnung im Innenstadtbereich sollte der Einsatz von Dehnpolstern geprüft werden. Ein Ersatz für Dehnpolster ist der Druck-Bogen, der die Kräfte in einem Spezial-Mantel und einem verstärktem Stahlmediumrohr aufnimmt. Da mit dem Druck-Bogen beliebige Winkel (30, 45, 60, 90°) realisiert werden können, wird mehr Trassierungsfreiheit gewonnen.

11. Netzbetrieb

Höhere Strömungsgeschwindigkeiten erhöhen den Druckverlust und die übertragbare Wärmeleistung bzw. verringern die Verlegekosten, wenn bei gleicher Wärmeleistung ein Rohr kleinerer Nennweite verlegt wird. Die Strömungsgeschwindigkeit ist jedoch keine frei wählbare Größe, sondern ergibt sich aus dem zulässigen Druckverlust und der Rohrnennweite.

Desweiteren sind zwei Randbedingungen zu berücksichtigen: Erstens muß eine minimale Geschwindigkeit von ca. 0,8 m/s eingehalten werden, um eine Mindestumwälzung sicherzustellen und ein zu starkes Auskühlen zu verhindern. Zweitens ist die maximale Geschwindigkeit begrenzt, da sonst unerwünschte Geräuschentwicklungen auftreten können.

Rohrleitung	Nenndurch- messer	Maximale Strömungs- geschwindigkeit	Optimale Strömungs- geschwindigkeit
Transportleitung	= DN 500	4 m/s	< 3 m/s
Hauptverteilungsleitung	< DN 500	3 m/s	1 - 2 m/s
	= DN 150		
Unterverteilungsleitung	< DN 150	1,5 - 2 m/s	~ 1 m/s

Tabelle 9: Maximale und optimale Geschwindigkeiten in Fernwärmeleitungen

Mengenregelung

Bei der Mengenregelung bleibt die Vorlauftemperatur konstant, nur der Mengenstrom wird dem Bedarf angepaßt. Dadurch kann ein schnelles Regelverhalten erreicht werden, das



e-mail: weber.romania@yahoo.com J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341



zur Kompensation kurzfristiger Lastspitzen dient. Mit steigendem (sinkendem) Mengenstrom steigen (sinken) auch die Druckverluste und damit die Pumpstromkosten. Als Randbedingungen müssen zum einen die minimale umzuwälzende Heizwassermenge eingehalten werden um eine Auskühlung zu verhindern; zum anderen ist die maximale umzuwälzende Heizwassermenge durch die Leistung der Pumpen und die Druckfestigkeit des Netzes und der Hausanlagen beschränkt.

11.2 Temperaturregelung

Bei der Temperaturregelung bleibt der Mengenstrom konstant, nur die Vorlauftemperatur wird dem Bedarf angepaßt. Aufgrund des trägen Regelverhaltens dient die Temperaturregelung nur zur Kompensation vorhersehbarer Laständerungen. Einzuhaltende Randbedingungen sind die maximale Vorlauftemperatur des Wärmeerzeugers, des Netzes und der Hausstationen sowie die minimale Temperatur zur Warmwasserbereitung (wenn vorhanden).

12. Kostenschätzungen

Kostenschätzungen stellen eine erste Abschätzung der Kosten für ein Projekt dar. Auf Grund von nicht bekannten Gegebenheiten (z.B. liegen keine detaillierten Informationen über die Bodenverhältnisse, unterirdische Bauwerke und Versorgungsleitungen vor), unscharfe Abgrenzungen zwischen Gewerken und Änderungen bei der Ausführungsplanung bieten diese Kostenschätzungen einen Rahmen. Gegenüber den tatsächlich anfallenden Baukosten sind mit Abweichungen von 15% sowohl nach oben als auch nach unten zu rechnen. Die Gesamtkostenschätzung für das Fernwärmenetz in Lovrin beruht auf Kostenschätzungen für Einzelgewerke.

Für Material und Verlegung auf unbefestigtem Grund wird von 300 €/m ausgegangen, bei Verlegung, Material und Straßenarbeiten auf befestigtem Grund werden 400 €/m veranschlagt.

Zusammengefasst haben die eingeholten Kostenschätzungen zu folgendem Ergebnis geführt:

Inbetriebnahme Brunnen	170.660,00 €
Heizzentrale	483.200,00€
Tiefbau	325.500,00 €
Rohrleitungsbau	2.842.500,00 €
Fernwärme-Übergabestationen	1.314.400,00 €



e-mail: weber.romania@yahoo.com J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341

Gesamt

5.136.260,00 €

Tabelle 10: Auswetung der Kostenschätzungen

13. Betreibermodell

Die Wahl des Betreibermodells hängt von verschiedenen lokalen Gegebenheiten ab, beispielsweise der Nutzerstruktur (Anzahl der zu versorgenden Objekte, der Einzelabnehmer, der Großverbraucher). Dabei stehen unterschiedliche Modelle zur individuellen Prüfung auf ihre Vor- und Nachteile zur Verfügung.

a. Eigenbetrieb (Kommune, Investor) mit Anschluss eigener und externer **Immobilien**

Vorteile: Anlage in Eigenbetrieb führt zur Kostenkontrolle, betriebswirtschaftliche Entscheidungen sowie Wahl des Energieträgers und Ausgestaltung der Energieversorgung liegen bei Kommune/Investor direkt.

Nachteile: möglicherweise hoher Aufwand bei Personal, Planung, Betrieb, Instandhaltung.

b. Gemeinschaftlicher Betrieb im Rahmen von Energieerzeugungsgemeinschaften beziehungsweise -genossenschaften (zum Beispiel: Bürgerenergiegenossenschaften)

Vorteile: Anlage in Eigenbetrieb mit Kostenkontrolle und Einfluss auf betriebswirtschaftliche Entscheidungen/Ausgestaltung der Energieversorgung mit Energieträger, hohe Akzeptanz der beteiligten Bürger durch Beteiligung an Planung, Finanzierung und Betrieb.

Nachteile: hoher Planungs- und Abstimmungsaufwand, möglicherweise langer Entscheidungsprozess

c. Contracting (Wärmebezug über Wärmelieferungsverträge)

Vorteile: Abgabe der Planung, Errichtung, und gegebenfalls Finanzierung des Betriebs an einen externen Contractor, Vermeidung von Planungs- und Investitionskosten sowie -



e-mail: weber.romania@yahoo.com J35/1057/2008, C.U.I. RO 23517341

aufwand, kein Betriebsführungsrisiko, keine Effizienzkostenverluste, Kosten für Wartung, Instandhaltung, Betriebsführung und Rohstoffe sind bereits im Wärmepreis enthalten.

Nachteile: vertragsabhängig gegebenenfalls geringer Einfluss auf Ausgestaltung der Energieversorgung

Die Wahl des Betreibermodells hängt letztlich von der geplanten Struktur und den Gegebenheiten in der Kommune ab und kann den Erfolg eines Projektes maßgeblich beeinflussen. Daher sollte bereits in einem frühen Planungsstadium eine größtmögliche Einbindung der Bürgerinnen und Bürger vor Ort erfolgen.

14. Fazit

Unter Klimaschutzaspekten gehören Wärmenetze zu den wichtigen Faktoren bei der Umsetzung der Energiewende im Wärmesektor. Bei der Energieversorgung im privaten, öffentlichen und gewerblichen Bereich zeichnen sich Wärmenetze dadurch aus, dass sie flexibel und leicht umstellbar betrieben werden können – sowohl mit fossiler als auch mit erneuerbar erzeugter Energie.

Mit dem Aufbau eines Wärmenetzes in Lovrin entstehen Funktionszusammenhänge zwischen verschiedenen Gebäuden, die es vor der Errichtung des Netzes nicht gab. Bei der Planung sind diese Funktionszusammenhänge zu beachten, damit über eine Amortisationszeit von 15-20 Jahren die Wirtschaftlichkeit des Netzes gewährleistet ist. Die Planung und der langfristige wirtschaftliche Betrieb setzen daher eine sorgfältige raum- und zeitbezogene Ist-Analyse der Energiesituation in der Gemeinde voraus. Darüber hinaus sind die Entwicklungsperspektiven der nächsten 15-20 Jahre mit Blick auf sich ändernde Energiebedarfe, zum Beispiel durch Nutzungsänderungen oder energetische Sanierungen, in der Kalkulation zu berücksichtigen. Die Einbeziehung der Kraft-Wärme-Kopplung kann sowohl ökologisch als auch ökonomisch eine interessante Alternative zu dezentralen Einzellösungen sein. Wärmenetze stellen dort, wo ihr Einsatz technisch machbar und ökonomisch sinnvoll ist, einen wichtigen Baustein in der kommunalen und regionalen Klimaschutzstrategie dar.

Literatur

[1] Gavrilescu O., Maghiar T. ş.a. (1998): The geothermal system from the University of Oradea - a new strategy simulation for the heat station, International Conference



RSEE'98, Felix SPA., Mai 1998.

- [2] C. Antal, T. Maghiar, O. Gavrilescu, I. Mintaş, Utilizarea energiei geotermale.

 Conversia energiei geotermale în energie electrică, Editura Universităţii din

 Oradea, 2000.
- [3] Gavrilescu O., Maghiar T., ş.a. (2000): Simulation of the Geothermal Binary Power Plant's Heat Exchangers From The University of Oradea Computer Science and Reliability, Session B2, International Conference RSEE'2000, Felix Spa, May 2000.
- [4] Setel Aurel, Antal Cornel, Ovidiu Gavrilescu, Marcel Rosca, Energia Geotermala in Romania, Editura Universitatii din Oradea 2010, ISBN 978-606-10-0060-9.
- [5] Neamtu, Ovidiu Marius, Rosca, Marcel Gavril, Bendea, Codruta Calina, 'Monitoring and data acquisition system for a geothermal heat pump Fundamentals of Electrical Engineering (ISFEE), 2014 International Symposium ISBN: 978-1-4799-6820-6 IEEE Conference Publications 2014.
- [6] ORDIN Nr. 845/2015 din 12 octombrie 2015 privind aprobarea reglementării tehnice "Normativ pentru proiectarea, executarea şi exploatarea instalaţiilor de încălzire centrală (revizuire şi comasare normativele I 13-2002 şi I 13/1-2002)", indicativ I 13-2015
- [7] Normativ pentru proiectarea si executarea instalatiilor de incalzire centrala I 13 02 I
- [8] ME 002-1997 Manual de specificații privind instalarea, exploatarea și mentenanța schimbătoarelor de căldură din instalație
- [9] NP 029-2002 Normativ de proiectare, execuţie şi exploatare pentru reţele termice cu conducte preizolate.
- [10] NP 059-2002 Normativ pentru exploatarea sistemelor centralizate de alimentare cu energie termică-rețele și puncte termice.