

Schlussbericht Oktober 2002

Fernwärme Emmen

Schlussbericht Ausbauphase 1998 bis 2002

ausgearbeitet durch
Stefan Krummenacher
Energie Treuhand ETL AG
Cysatstrasse 23a, 6004 Luzern

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

Résumé

- 1. Ausgangslage, Zielsetzung**
- 2. Methodik**
 - 2.1 Datenerfassung
 - 2.2 Projektentwicklung und Messperiode
- 3. Projektbeschreibung (Kurzübersicht)**
 - 3.1 Wärmeerzeugung
 - 3.2 Fernwärmegebiet
 - 3.3 Übergabestationen
- 4. Hauptergebnisse**
 - 4.1 Kostenzusammenstellung
 - 4.2 Anschlussgradentwicklung
 - 4.3 Genutzte Wärme aus dem Kehrichtverbrennungsprozess
 - 4.4 Lastgang
- 5. Betriebserfahrungen**
 - 5.1 Ungeplante Betriebsunterbrüche
 - 5.2 Leckstellen im Fernwärmenetz
 - 5.3 Wärmeverluste
- 6. Weitere Entwicklung**
 - 6.1 Sommerfall
 - 6.2 Winterfall

Anhang

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung

Im Rahmen der Sanierung der KVA Luzern wurden konkrete Überlegungen zu einer Ausweitung der thermischen Nutzen der anfallenden Energie aus der Kehrichtverbrennung angestellt. Aufgrund verschiedener grosser Feuerungen in der Nähe der KVA, welche sanierungspflichtig wurden, konnte das Projekt Fernwärme Emmen schliesslich realisiert werden. Die Anlagen sind seit anfangs Juli 1999 in Betrieb. Der vorliegende Schlussbericht zuhanden des Bundesamtes für Energie (BFE) legt Rechenschaft über den Stand der Umsetzung und den Zielerreichungsgrad ab. Die Berichtsperiode umfasst die Ausbauphase 1 der Jahre 1998 bis 2002.

Für die Datenerfassung werden alle Wärmebezüger mittels geeichten Wärmezählern erfasst und abgerechnet. Je nach Grösse der Kunden erfolgt die Ablesung kontinuierlich oder durch quartalsweise Ablesungen. Eine gesamthafte Erfassung der Abwärmenutzung erfolgt bei der Wärmeauskopplung bei der KVA. Die Korrektur der Witterungseinflüsse erfolgt wo sinnvoll durch die Berücksichtigung der Heizgradtage (HGT).

Die Hauptergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- Das gesamte Projekt weist eine **Investitionsgrösse** von rund SFr. 8,86 Mio auf. Der Kostenvoranschlag wurde um rund 7% überschritten (ohne Berücksichtigung der Teuerung). Insgesamt beträgt die Trasse-Länge rund 3200 Meter.
- Die erreichte **Anschlussgradiententwicklung** beträgt heute 5,75 MW gegenüber 5,1 MW aufgrund der ursprünglichen Planung. Die erwartete Zielsetzung wurde damit noch übertroffen. Ebenfalls konnten die gesteckten Ziele für die Wärmenutzung aus dem Kehrichtverbrennungsprozess erreicht werden. Sie beträgt heute heizgradtag-bereinigt rund 15'500 MWh pro Jahr.
- Die Auswertung der **Betriebserfahrungen** fällt nach 3 Jahren positiv aus. Seit der Inbetriebnahme im Sommer 1999 waren während der gesamten Laufzeit keine ungeplanten Unterbrüche zu verzeichnen. Insgesamt können die Betriebszustände als stabil bezeichnet werden und die erforderlichen Unterhaltsarbeiten bewegen sich im üblichen Rahmen.
- Bei über Tausend Schweissnähten sind während den ersten 3 Betriebsjahren nur gerade zwei **Leckstellen** aufgetreten. Diese wurden als klare Schweissfehler erkannt und innerhalb der Garantieleistungen repariert.

Die erreichte Anschlussgradiententwicklung entspricht der ursprünglichen Planung und die vorhandenen Leistungsreserven bei der KVA Luzern sind ausgeschöpft. Ein weiterer Ausbau der Fernwärme Emmen wäre somit mit umfangreichen Eingriffen beim Dampfprozess der KVA verbunden. Ein solches Szenarium von vielen weiteren Zusammenhängen abhängig und eine abschliessende Beurteilung ist an dieser Stelle nicht möglich.

Résumé

Dans le cadre de l'assainissement de l'usine d'incinération des ordures de Lucerne, des réflexions concrètes ont été menées au sujet d'une extension de la valorisation thermique de l'énergie libérée par l'incinération des ordures. Le projet de chauffage urbain de la région d'Emmen a pu finalement voir le jour du fait des différentes sources de chauffage de grande puissance à proximité de cette usine, nécessitant un assainissement. Ces installations ont été mises en service au début juillet 1999. Ce rapport final adressé à l'Office fédéral de l'énergie (OFE) rend compte de l'état de la mise en oeuvre et du degré de réalisation des objectifs. La période examinée englobe la phase d'extension 1 des années 1998 à 2002.

Pour la saisie des données, la consommation de chaleur de tous les clients a été mesurée et décomptée au moyen de compteurs de chaleur étalonnés. Selon l'importance du client, la lecture s'effectue en continu, ou trimestriellement. Une saisie globale de l'utilisation de chaleur est effectuée par le découplage de chaleur à l'usine d'incinération. La correction des effets dus au climat s'effectue le cas échéant par prise en compte des jours-degrés de chauffage.

Les principaux résultats peuvent être résumés ainsi:

- Le projet total représente un **volume d'investissement** d'environ 8,86 mio. CHF. Le budget a été dépassé d'environ 7% (compte non tenu du renchérissement). Au total, la longueur de la ligne atteint 3200 mètres environ.
- Le **niveau de raccordement** réalisé s'élève aujourd'hui à 5,75 MW comparativement aux 5,1 MW prévus initialement dans le plan original. L'objectif visé a donc pu être dépassé. De même, les objectifs de valorisation de la chaleur dégagée par le processus d'incinération des ordures ont pu être satisfaits. Le niveau atteint aujourd'hui environ 15.500 kWh par jour, pondéré en fonction des degrés-jours de chauffage.
- L'évaluation de **l'expérience d'exploitation** se révèle positive après 3 ans. Depuis la mise en service en été 1999, aucun arrêt d'exploitation non programmé n'est à signaler durant toute la période considérée. Globalement, l'état de l'exploitation peut être considéré comme stable, tandis que les travaux de maintenance nécessaires peuvent être désignés comme étant de l'ordre courant.
- Parmi plus d'un millier de soudures, seuls deux **points de fuite** ont été constatés durant les 3 premières années d'exploitation. Ceux-ci sont reconnaissables clairement comme des défauts de soudage, qui ont été réparés dans le cadre des prestations de garantie.

Le niveau de raccordement obtenu correspond aux plans d'origine, et les réserves de puissance disponibles de l'usine d'incinération de Lucerne sont épuisées. Par conséquent, une extension supplémentaire du chauffage urbain d'Emmen serait liée à une intervention majeure dans le cycle de chaleur de l'usine. Un tel scénario est tributaire de nombreux autres facteurs, ce qui rend toute évaluation définitive impossible à ce stade.

1. Ausgangslage, Zielsetzung

Erste Überlegungen zum Aufbau und Betrieb der Fernwärme Emmen AG gehen zurück auf die Sanierung und den Ausbau der KVA Luzern im Jahr 1995. Damals wurden konkrete Überlegungen zu einer Ausweitung der thermischen Nutzen der anfallenden Energie aus der Kehrichtverbrennung angestellt. Aufgrund verschiedener grosser Feuerungen in der Nähe der KVA, welche sanierungspflichtig wurden, konnte das Projekt umgesetzt werden und ist seit anfangs Juli 1999 in Betrieb.

Der vorliegende Schlussbericht zuhanden des Bundesamtes für Energie (BFE) legt Rechenschaft ab über den Stand der Umsetzung und den Zielerreichungsgrad. Ebenfalls soll im Sinn des Wissenstransfers auf einige Besonderheiten der Fernwärme Emmen eingegangen werden

2. Methodik

2.1 Datenerfassung

Für die Datenerfassung werden alle Wärmebezüger mittels geeichten Wärmezählern erfasst und abgerechnet. Je nach Grösse der Kunden erfolgt die Ablesung kontinuierlich (Shopping Center und Schwimmbad Mooshüsli) oder durch quartalsweise Ablesungen. Eine gesamthafte Erfassung der Abwärmenutzung erfolgt bei der Wärmeauskopplung bei der KVA.

Die Korrektur der Witterungseinflüsse erfolgt wo sinnvoll durch die Berücksichtigung der Heizgradtage (HGT). Die angewendeten Algorithmen sind aus den entsprechenden Berechnungen ersichtlich.

2.2 Projektentwicklung und Messperiode

In Anlehnung an das Subventionsgesuch umfasst der vorliegende Bericht die Ausbauphase **x+5**, welche die Jahre 1998 bis und mit 2002 umfasst. Als massgebliche Messperiode wird für alle Kunden die Periode vom 1. Januar bis 31. Dezember 2001 gewählt.

3. Projektbeschreibung (Kurzübersicht)

3.1 Wärmeerzeugung

Bereits seit mehreren Jahren wird das Kantonsspital Luzern ab der KVA Luzern mit thermischer Energie versorgt. Die Fernwärme Emmen (FWE) ist eine Erweiterung dieser Anlagen und profitiert von der bereits bestehenden Wärmeauskopplung ab dem Dampfprozess der KVA.

Anlagentechnisch gesehen wurde im bestehenden Pumpenhaus ein Öltank demontiert, um den notwendigen Platz für die Abnahmestation der Fernwärme Emmen zu schaffen. Die hydraulische Einbindung stellt sicher, dass:

- Die Wärmeversorgung des Kantonsspitals jederzeit in erster Priorität gewährleistet ist;

- Durch eine hohe Temperaturspreizung sowohl die Stromaufnahme der Fernwärmepumpen minimiert wird und durch eine tiefe Rücklauftemperatur die Wärmeverluste reduziert werden;
- Durch den Einsatz von 3 Wärmetauschern eine Redundanz von über 95% im Jahresschnitt erreicht wird.

Im weiteren wurde angestrebt, durch eine möglichst geringe Eingriffstiefe und durch einfache Schaltungen die bestehenden Anlagen des Spitals möglichst wenig zu beeinflussen. Die gewählte hydraulische Einbindung (Einspritzschaltung mit variablen Wassermengen über den Umformern) ist im folgenden Bild schematisch dargestellt.

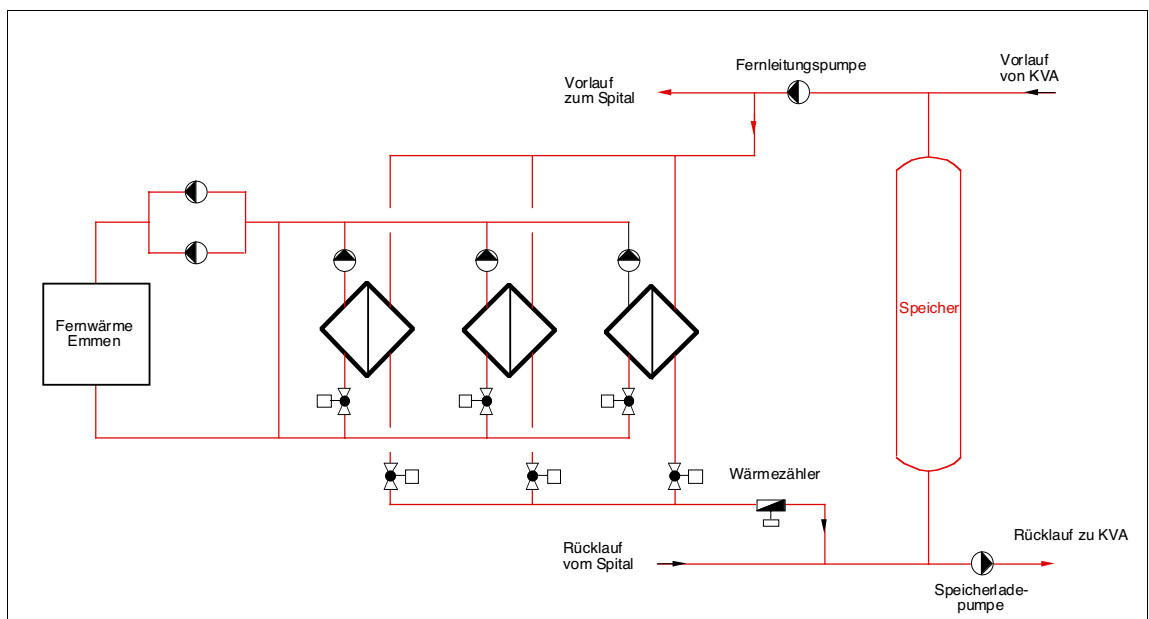


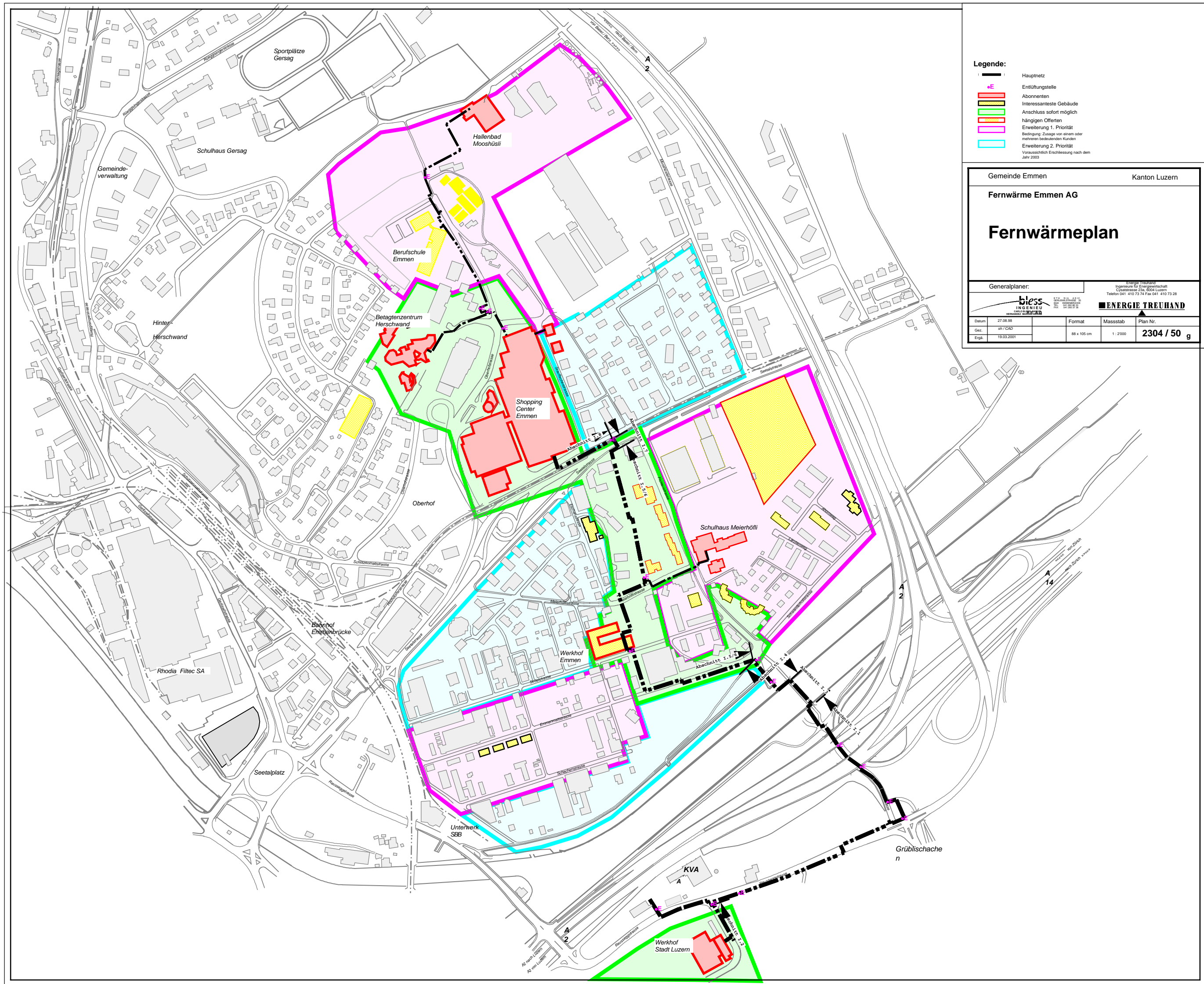
Abbildung 1: Hydraulische Einbindung der Fernwärme Emmen in die Wärmeversorgung des Kantonsspitals

3.2 Fernwärmegebiet

Die Evaluierung des Fernwärmegebiets wurde im Bericht zum Vorprojekt detailliert dargestellt. Als kurze Zusammenfassung soll an dieser Stelle wiederholt werden, dass

- das entsprechende Gebiet hauptsächlich aufgrund von vier grossen Wärmeabnehmern mit sanierungspflichtigen Kesseln ausgeschieden wurde. Damit konnte sichergestellt werden, dass bereits zu Projektbeginn ein ausreichendes Absatzpotential erschlossen werden konnte;
- eine sinnvolle Etappierung für den weiteren Ausbau ermöglicht wird.

Im Rahmen der Detailplanung wurde die Trasseführung durch Optimierungsschritte noch auf einigen Teilstrecken geändert und das Gebiet aufgrund neuer potentieller Wärmeabnehmer ausgeweitet. Eine Übersicht des Fernwärmegebiets ist im Plan auf der folgenden Seite dargestellt. Zur besseren Orientierung kann beim Berichtsverfasser ein weiterer Plan mit dem Masstab 1:15000 im Format DXF bestellt werden.



- Legende:**
- Hauptnetz
 - Entlüftungstelle
 - Abonnement
 - Interessanteste Gebäude
 - Anschluss sofort möglich
 - hängigen Offerten
 - Erweiterung 1. Priorität
 - Bedingung: Zusage von einem oder mehreren bestehenden Kunden
 - Erweiterung 2. Priorität
 - Voraussichtlich Erschliessung nach dem Jahr 2003


Gemeinde Emmen

Kanton Luzern

Fernwärme Emmen AG

Fernwärmeplan

Generalplaner:



ENERGIE TREUHAND

Logo für Energie Treuhand
Energie Treuhand AG
Postfach 204, 6004 Luzern
Telefon 041 410 73 74 Fax 041 410 73 28

Datum	27.08.98	Format	Massstab	Plan Nr.
Gez.	sh / CAD			
Erstg.	19.03.2001	88 x 105 cm	1 : 2'000	2304 / 50 g

Das gesamte Netz wurde durch vorgedämmte KMR-Stahlrohre mit maximaler Dämmstärke (Normreihe 3) ausgeführt. Die wichtigsten Eckpunkte des Ferwärmenetzes lassen sich wie folgt zusammenfassen (Stand 2002):

Dimension	Länge in Trasse-Meter	Bemerkungen
DN 200	1911	Davon 75 Meter sichtbar an Sedelbrücke montiert
DN 150	175	Mehrheitlich an Decke in Einstellhalle Emmen Center
DN 125	259	
DN 100	616	
DN 80	190	
DN 65	-	
DN 50	69	
Total	3220	

Tabelle 1: Eckpunkte des Ferwärmenetzes (Stand 2002):

Ausbauphasen

Die Realisation des Projekts Fernwärme Emmen AG wird in verschiedenen Ausbauphasen unterteilt. Diese Ausbauphasen berücksichtigen den zeitlichen Verlauf und sind in der nachfolgenden Tabelle beschrieben:

Ausbau-Phase	Beschrieb	Leistung (Planungswerte)
x (=1998)	Der Bauentscheid wird gefällt.	
x+1 (=1999)	Ein Jahr später sind die hauptsächlichen Wärmebezüger sowie allfällige weitere Interessenten in unmittelbarer Nähe zum Hauptnetz angeschlossen resp. kurz vor Bauabschluss und das Netz geht in Betrieb	4'500 kW
x+5 (=2002)	5 Jahre nach dem Bauentscheid ist zusätzlich eine Anschlussgradiententwicklung von 20% im Gebiet Meierhöfli realisiert. Der Zeithorizont x+5 bildet die Betrachtungsebene für die Wirtschaftlichkeit des Projekts und definiert auch den Umfang des vom BFE unterstützten Projekts.	5'100 kW
x+25	In 15 bis 25 Jahren ist die angenommene maximale Leistungsdichte im ausgeschiedenen Fernwärmegebiet erreicht und damit der Ausbau abgeschlossen. Anlageteile mit einer Amortisationszeit von 15 bis 25 Jahre (insbesondere die Hauptleitung) werden auf diesen Horizont dimensioniert.	11'000 – 18'000 kW

Tabelle 2: Definition der Ausbauphasen resp. der Anschlussgradiententwicklung

3.3 Übergabestationen

Die Wärmeübergabestationen befinden sich im Eigentum der Fernwärmegesellschaft und umfassen jene Komponenten, welche die Wärmelieferung zu den vertraglichen Bedingungen ermöglichen. Die Installationstechnische Abgrenzung ist im folgenden Bild dargestellt.

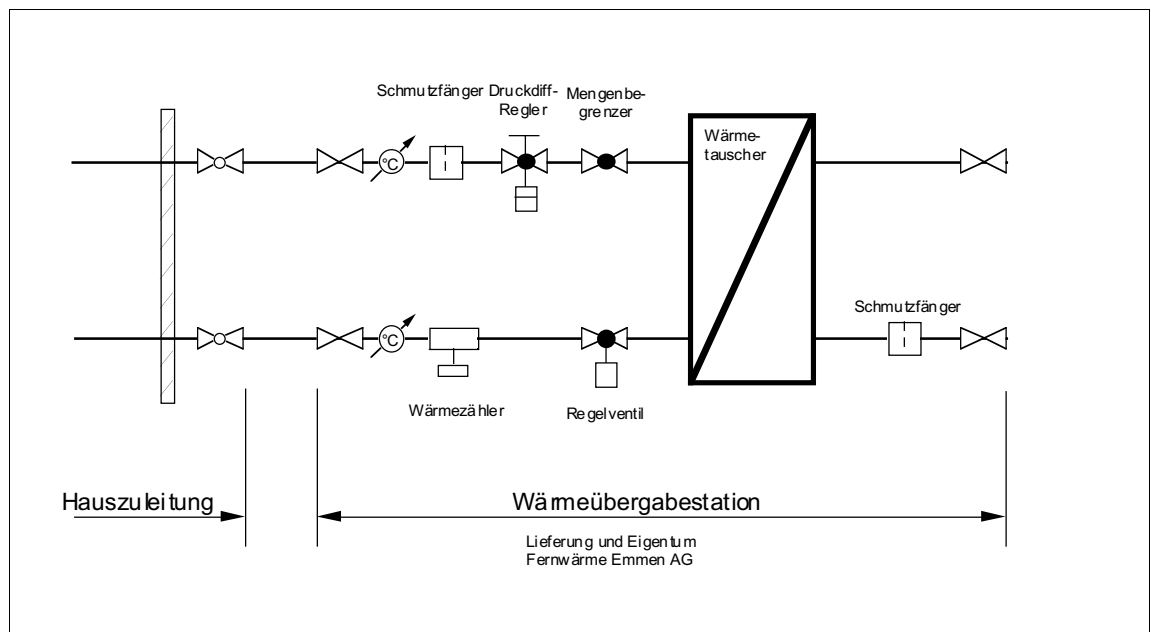


Abbildung 2: Wärmeübergabestationen mit installationstechnischer Abgrenzung

4. Hauptergebnisse

4.1 Kostenzusammenstellung

Die nachfolgende Tabelle vergleicht den Kostenvoranschlag gemäss der Eingabe an das BfE laut Gesuch vom 13. 3. 1998 mit der tatsächlich abgerechneten Bausumme:

Position	Kostenvoranschlag in CHF	Abgerechnet CHF	Bemerkungen
Wärmeauskopplung	2'500'000.-	2'500'000.-	
Pumpenstation	635'000.-	589'163.-	
Leitungsbau	4'029'000.-	5'273'834.-	Hauptsächliche Mehraufwendungen: <ul style="list-style-type: none"> • Schadenfall durch Schlagwetter (ca. 200 kFr.) • Ausweitung des Fernwärmegebiets zugunsten Wärmeübergabestationen • Mehrpreise beim Tiefbau
Wärmeübergabestationen	824'000.-	423'147.-	Weniger, dafür grössere Übergabestationen
Diverse	313'000	inkl.	
Total	8'301'000.-	8'876'145.-	
	100%	106,9%	

Tabelle 3: Kostenzusammenstellung Stand Ende 2001. Die noch verbleibenden Investitionen für den Anschluss Fachmarkt werden vollständig durch den Anschlusskostenbeitrag gedeckt.

4.2 Anschlussgradiententwicklung

Bei der Projektierung der Anlagen wurde prognostiziert, dass beim Ausbaustand x+5 eine Anschlussleistung von 5'100 kW erreicht wird. Die folgende Tabelle zeigt, dass die tatsächlich erreichte Anschlussgradiententwicklung diese Annahme sogar noch übertrifft.

Kunde	Anschlussleistung im Winter [kW]	Bemerkungen
Emmen Center (Hauptgebäude)	1500	Nur Heizung, ohne Absorber-Kältemaschinen
Emmen Center (Wohnhaus)	435	
Betagtenheim Herdschwand	700	
Werkhof Stadt Luzern	450	
Schulhaus Meierhöfli	350	Ohne die laufende Schulhauserweiterung
Schwimmbad Mooshüsli	450	
Stauffacherstrasse 12/14	125	
Fachmarkt Meierhöfli	1740	Zur Zeit im Bau
Total	5750	
Prognose gemäss Projekt und Gesuch BFE vom 13.3.1998	5100	
Zielerreichungsgrad	>100%	

Tabelle 4: Anschlussgradiententwicklung und Kontrolle Zielerreichungsgrad

4.3 Genutzte Wärme aus dem Kehrlichtverbrennungsprozess

Grundsätzlich werden alle Wärmebezüger mittels geeichten Wärmehählern erfasst und abgerechnet. Je nach Grösse der Kunden erfolgt die Ablesung kontinuierlich (Shopping Center und Schwimmbad Mooshüsli) oder durch quartalsweise Ablesungen. Eine gesamthafte Erfassung der Abwärmenutzung erfolgt bei der Wärmeauskopplung bei der KVA.

Die Korrektur der Witterungseinflüsse erfolgt wo sinnvoll durch die Berücksichtigung der Heizgradtage (HGT). Die verwendeten Wert sind aus den Tabellen im Anhang ersichtlich.

	Verbrauch HGT-korrigiert	Berücksichtigte Periode	Bemerkungen
Messwerte	[MWh/a]		
Emmen Center: Heizung	2.551	2001	Effektiv gemessene Werte im Jahr 2001 ohne der dannzumal im Bau befindlichen Erweiterung des Centers um 30%
Emmen Center: Absorber	3.949	2001	Effektiv gemessene Werte im Jahr 2001
Emmen Center: Wohnhaus	1.321	2001	
Betagtenzentrum Herdschwand	1.933	2001	
Werkhof Stadt Luzern (ehemals ABB)	757	2001	
Schulhaus Meierhöfli	616	2001	
Schwimmbad Mooshüsli	1.892	2001	Effektiv gemessene Werte für 9 Monate im Jahr 2001 (ohne Sommermonate)
Sommerverbrauch Schwimmbad Mooshüsli	205	Sommer 2002	Effektiv gemessene Werte für 3 Monate im Sommer 2002
Stauffacherstrasse 12/14	391	2001	
Summe Messwerte	13614	2001	

Annahmen			
Fachmarkt Meierhöfli	1.875		Zur Zeit im Bau, Annahme für Energieverbrauch: EBF 42'200 m2, Ehww 160 MJ/m2a
Summe Annahmen	1.875		

Total Fernwärme Emmen	15.489
Sollwert laut Verfügung BFE vom 12.6.1998	15.000
Zielerreichungsgrad	> 100%

Tabelle 5: Genutzte Wärme aus dem Kehrlichtverbrennungsprozess mit Kontrolle des Zielerreichungsgrads.

4.4 Lastgang

Die folgenden Abbildungen zeigen den Lastgang auf dem Netz für die Zeit vom 1.12.2001 bis 31.12.2001. Die total abonnierte Leistung betrug dannzumal 4,0 MW, da zu diesem Zeitpunkt der Fachmarkt Meierhöfli noch keine Wärme bezog (Siehe Abschnitt 4.2)

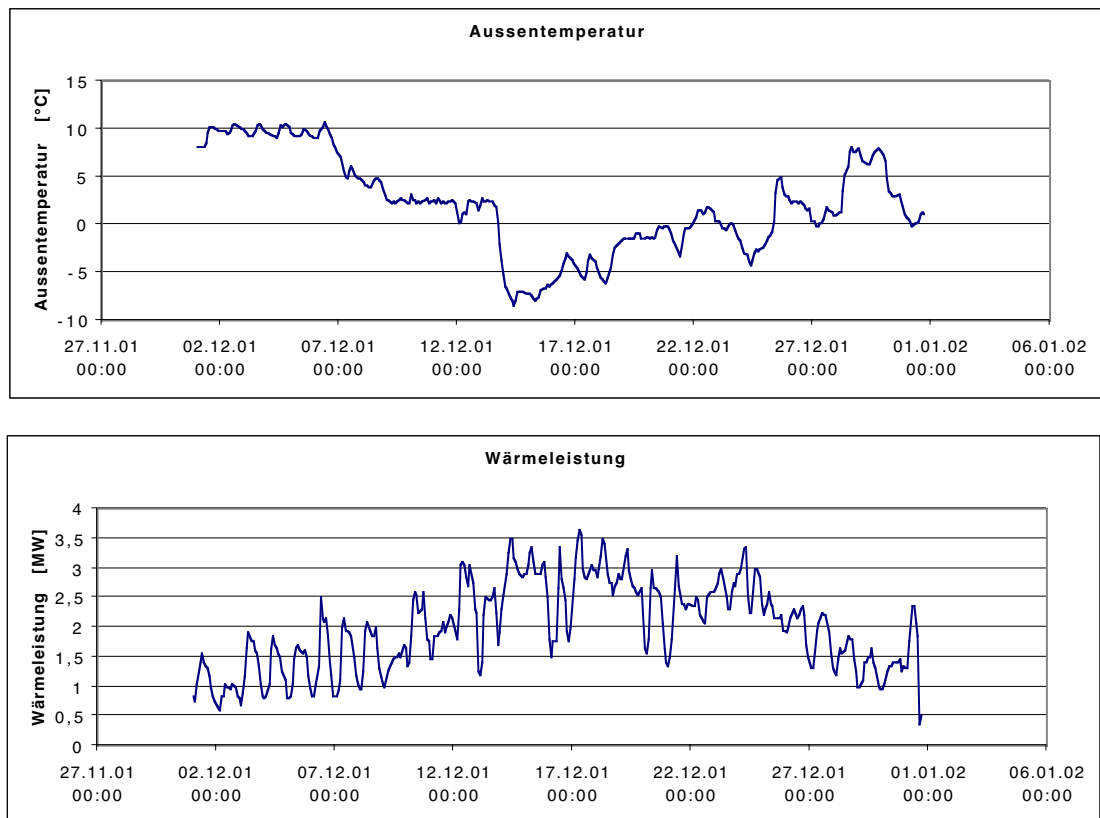


Abbildung 3: Lastgang [MW] und Aussentemperatur für die Periode vom 1.12.2001 bis 31.12.2001.

Während der dargestellten Periode betrug der maximale Wärmeleistungsbedarf 3,6 MW bei einer Aussentemperatur von ca. -5°C . Bei einer abonnierten Leistung von derzeit 4,05 MW ergibt sich damit eine Gleichzeitigkeit von $g = 3,6 \text{ MW} / 4,05 \text{ MW} = 89\%$

Für die gleiche Periode erfolgt in der folgenden Abbildung die Auswertung der Korrelation von Aussentemperatur und Wärmeleistungsbedarf. Dazu erfolgte eine Erfassung der relevanten Daten in 2-Stundenschritten¹.

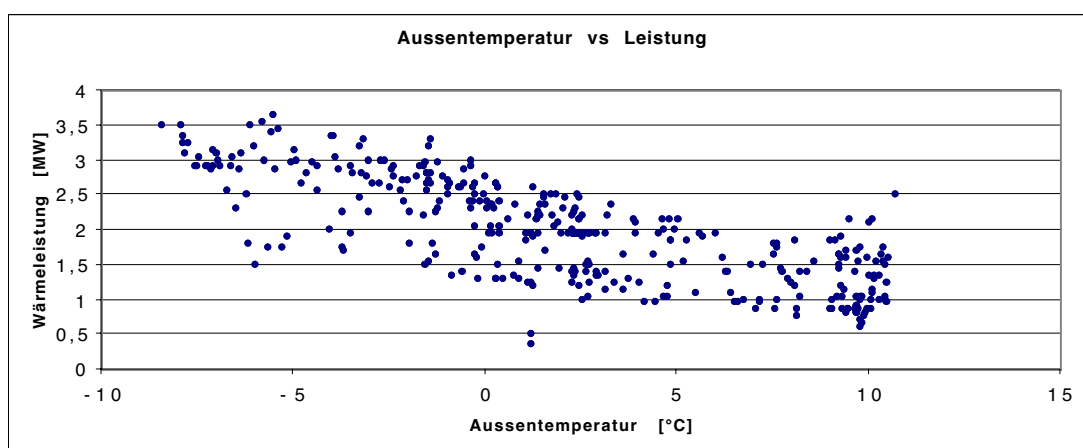


Abbildung 4: Korrelation von Aussentemperatur und Wärmeleistung für die Periode vom 1.12.2001 bis 31.12.2001

Die Korrelation von Aussentemperatur und Wärmeleistung sind zwar klar ersichtlich, die Werte streuen jedoch in einem grossen Bereich. Dies entspricht dem üblichen Bild von Fernwärmenetzen mit einer heterogenen Kundenstruktur. Ebenfalls erkennbar ist der Einfluss der Absorptions-Kältemaschinen, welche bereits ab einer Aussentemperatur von ca. 10° C Energie beziehen.

¹ Die Wahl dieses relativ grossen Intervalls erfolgt aufgrund der bestehenden Datenerfassung beim Kantonsspital, welche ebenfalls auf diesem Zeitraster basiert.

5. Betriebserfahrungen

5.1 Ungeplante Betriebsunterbrüche

Die Anlagen der Fernwärme Emmen wurden im Sommer 1999 in Betrieb gesetzt. Mit Ausnahme eines unerwarteten Stromunterbruchs während eines Unwetters (Lothar) waren während der gesamten Betriebszeit keine unerwarteten Betriebsunterbrüche zu verzeichnen.

5.2 Leckstellen im Fernwärmenetz

Eine zentrale Forderung an ein Fernwärmenetz besteht darin, eine dauerhafte und langfristige Dichtigkeit des gesamten Systems aufrecht zu erhalten. Trotz hohen Qualitätsanforderungen an die Ausführung des Werks treten jedoch in jedem Netz in eher zufälligen Zeitabständen Leckstellen auf. Sowohl Schäden am mediumführenden Stahlrohr wie auch am Kunststoffmantel führen zu einer Durchnässung der Wärmedämmung und können durch entsprechende Lecküberwachungsgeräte automatisch überwacht und angezeigt werden.

Um einen Vergleich dieser Ereignisse anzustellen, wird das Netz der Fernwärme Emmen mit der europäischen Schadensstatistik für KMR-Stahlrohre verglichen:

Zuordnung	Einheit	KMR-Schaden-statistik 1996	Fernwärme Emmen (Durchschnittswerte 1999 bis 2019)	Bemerkungen
Länge Trasse	[km]	2903	3,2	
Systemschäden gesamt	[pro 100 km Trasse und Jahr]	38,2	25 (hochgerechnet)	Fernwärme Emmen: Insgesamt 2 Schweißnahtfehler
Systemschäden in Garantiezeit / ausserhalb Garantiezeit	[pro 100 km Trasse und Jahr]	31,8 / 6,4	25 / 0	

Tabelle 5: Vergleich Schadensereignisse bei der Fernwärme Emmen mit der KMR-Schadensstatistik 1996 (Quelle: Euroheat and Power- Fernwärme International 3/1998 S. 69)

Grundsätzlich hat die oben aufgeführte Tabelle nur eine eingeschränkte Aussagekraft, da sich die zwei aufgetretenen Fehler bei der Fernwärme Emmen nur unter Vorbehalt statistisch auswerten lassen. Das Bild zeigt jedoch, dass bis heute bei der Fernwärme Emmen statistisch gesehen Schäden aufgetreten sind, wie sie üblicherweise bei Vorhaben dieser Art auftreten. Zudem sind diese innerhalb der Garantiefrist ohne Kostenfolge behoben worden. Dieses Ergebnis darf als erfreulich bezeichnet werden und stellt den beteiligten Handwerkern und Unternehmern ein gutes Zeugnis aus.

5.3 Wärmeverluste

Theoretische Wärmeverluste

Die verwendeten KMR-Rohre sind mit Polyurethanschaum versehen und weisen hervorragende Dämmeigenschaften aus. Für die Berechnung der theoretischen Wärmeverluste werden die gegenseitige Beeinflussung von Vor- und Rücklauf, die Verlegetiefe, die Vor- und Rücklauftemperaturen sowie die Dämmeigenschaften der verwendeten Materialien berücksichtigt. Die Wärmedurchgangszahlen für die verwendeten Dimensionen wurden aus den technischen Angaben des Produktlieferanten entnommen (Logstor Schweiz; Katalog 04.00, Tabelle Seite 4.1.4)

Für die Abschätzung der Verlustleistungen der Abnahmestation (Wärmeaufbereitung) und der Übergabestationen wurden branchenübliche Kennwerte herangezogen.

Dimension	Länge in Trasse-Meter	U gem. Logstor Tabelle 4.1.4	Tem. VL	Temp. RL	t erdreich	Verlust pro Trassemeter	Jahres-verlust	Verlust-leistung
-	m	W/mK	°C	°C	°C	W/m	MWh/a	kW
DN 200	1.911	0,268	115	65	10	42,88	718	81,9
DN 150	175	0,256	115	65	10	40,96	63	7,2
DN 125	259	0,231	115	65	10	36,96	84	9,6
DN 100	616	0,207	115	65	10	33,12	179	20,4
DN 80	190	0,199	115	65	10	31,84	53	6,0
DN 65	0	0,188	115	65	10	30,08	0	0,0
DN 50	69	0,167	115	65	10	26,72	16	1,8
Summe	3.220						1.112	127
Wärmebrücken (Entlüftungen, Spezialteile usw.)						15%	167	19,0
							1.279	146
Verluste Abnahmestation (auf Gesamtverbrauch)			1,25%	13.614	MWh		170	19,4
Verluste Übergabestationen			0,75%	13.614	MWh		102	11,7
Total theoretische Wärmeverluste							1.551	177

Tabelle 6: Berechnung der theoretischen Wärmeverluste. (Quelle U-Wert: Logstor Schweiz; Katalog 04.00, Tabelle Seite 4.1.4)

Vergleich theoretische / effektive Wärmeverluste

Als effektive Wärmeverluste bezeichnen wir die Differenz zwischen der Hauptwärmezählung bei der Abnahmestation und der Summe aller Wärmezählerstände bei den Fernwärmekunden. In der Praxis hat diese Differenz zwei Ursachen:

- Tatsächliche Wärmeverluste ins Erdreich und bei den übrigen technischen Einrichtungen gemäss den oben modellhaft berechneten Vorgängen;
- Als zweite Möglichkeit müssen auch Ungenauigkeiten und Fehler bei den Wärmemesseinrichtungen in Betracht gezogen werden.

Rubriken		Messwerte	Bemerkung
Total umgesetzte Wärmemenge	MWh/a	13614	HGT-korrigiert
Davon an Kunden geliefert	MWh/a	11858	HGT-korrigiert
Verluste effektiv	MWh/a	1756	
Spezifische Verluste effektiv	%	12,9%	
Verluste theoretisch gem. Tabelle 6	MWh/a	1520	
Spezifische Verluste theoretisch	%	11,2%	
Differenz effektive - theoretische Verluste		1,7%	bezogen auf total umgesetzte Wärmemenge

Tabelle 7: Vergleich theoretische / effektive Wärmeverluste

Die oben stehende Tabelle zeigt, dass die tatsächlichen Verluste bezogen auf total umgesetzte Wärmemenge insgesamt 1,7 Prozent höher liegen als theoretisch berechnet. Aufgrund unserer Beobachtungen gehen wir davon aus, dass diese Differenz nicht durch mangelhafte Wärmemessungen erklärt werden muss, sondern dass die Modelle zur Berechnung der theoretischen Verluste tendenziell zu tiefe Werte ergeben.

6. Weitere Entwicklung

6.1 Sommerfall

Die Dimensionierung der Hauptleitungen basiert auf der Energieversorgung des Emmen Centers zur Kälteenergieerzeugung. Wie im Projekt vorgesehen sind mit den realisierten Leistungen und Temperaturen die Kapazitäten ausgeschöpft. Bezüglich dem Sommerfall ist demnach der Vollausbau erreicht.

6.2 Winterfall

Die Summe der angeschlossenen Fernwärmekunden beträgt heute 5750 kW. Aufgrund der Dimensionierung der Hauptleitung für den Sommerfall ergibt sich ein tatsächlich realisierbarer Ausbau von insgesamt ca. 11 bis 18 MW². Im Rahmen der Projektierung wurde das Fernwärmegebiet entsprechend ausgedehnt.

Die bei der Projektierung ausgewiesenen Leistungsreserven der bestehenden Wärmeauskopplung (ursprünglich für das Kantonsspital Luzern) sind mit der Inbetriebnahme der Fernwärme Emmen ausgeschöpft. Ein Ausbau der Fernwärme Emmen wäre demnach mit einer Anpassung der Wärmeauskopplung aus dem Dampfprozess der KVA verbunden. Aus heutiger Sicht müsste zu diesem Zweck die bestehende Dampfturbine entweder ersetzt oder aber mit grossem Aufwand umgebaut werden. Ein solcher Schritt wäre mit grossen finanziellen und organisatorischen Anstrengungen verbunden und scheint aus heutiger Sicht eher unwahrscheinlich. Jedoch ist ein solches Szenarium von vielen weiteren Zusammenhängen abhängig und eine abschliessende Beurteilung ist an dieser Stelle nicht möglich.

² In Abhängigkeit der erreichbaren Rücklauftemperaturen bei den Fernwärmekunden.

Anhang

Anhang 1: Tabelle Heizgradtage (HGT)

Heizgradtage 20/12 für Luzern

HGT eff

Quelle: HEV Schweiz

	Monatswerte	Quartalswerte
Okt 99	290	
Nov 99	527	
Dez 99	572	1389
Jan 00	615	
Feb 00	467	
Mrz 00	424	1506
Apr 00	244	
Mai 00	25	
Jun 00	8	277
Jul 00	27	
Aug 00	0	
Sep 00	33	60
Okt 00	265	
Nov 00	435	
Dez 00	508	1208
Jan 01	568	
Feb 01	461	
Mrz 01	366	1395
Apr 01	362	
Mai 01	38	
Jun 01	38	438
Jul 01	0	
Aug 01	0	
Sep 01	141	141
Okt 01	96	
Nov 01	495	
Dez 01	600	1191
Summe	3165	3165

87%

HGT norm

Quelle: SIA 381/3

Januar	653	
Februar	529	
März	498	1680
April	300	
Mai	151	
Juni	46	497
Juli	16	
August	15	
September	67	98
Oktober	273	
November	468	
Dezember	637	1378
Summe	3653	3653

100%