

# Öffentliche Fernwärmeversorgung: Wärmerückgewinnung von Selbstversorgern

Autor(en): **Böhi, Hans**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **114 (1996)**

Heft 20

PDF erstellt am: **14.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78968>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Hans Böhi, Basel

# Öffentliche Fernwärmever sorgungen

## Wärmerückgewinnungen von Selbstversorgern

**Der folgende Beitrag untersucht die technischen, energetischen und wirtschaftlichen Randbedingungen von Wärmeeinspeisungen in ein bestehendes Fernwärmenetz unter dem Aspekt des Stellenwertes der Fernwärmeversorgung am Gesamtwärmebedarf der Schweiz. Er beruht auf einer von der Kommission für Anschlussfragen von Selbstversorgern (KAS) und dem Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) in Auftrag gegebenen Untersuchung.**

### Gesetzliche Vorschriften

Der Energienutzungsbeschluss (ENB) vom 14. Dezember 1990 und die Energienutzungsverordnung vom 22. Januar 1992 regeln in den Abschnitten über die «Selbstversorger» die allgemeinen Anschlussbedingungen für die Rücklieferung von Energie an öffentliche Energieversorgungsunternehmen. Die Bestimmungen gelten grundsätzlich für alle leitungsgebundenen Energien, sind aber in erster Linie auf die Rücklieferung von Elektrizität ausgerichtet. Angewendet auf die Wärme ergeben sich die wichtigsten Begriffe und Bestimmungen wie folgt:

### Unternehmen der öffentlichen Energieversorgung

- Öffentlich-rechtlich organisierte (Kanton, Städte oder Gemeinden);

- anderweitig organisierte Unternehmen, in denen die öffentliche Hand über eine Mehrheitsbeteiligung verfügt und ein Leistungsauftrag für die Versorgung eines Gebietes vorliegt.

### Wärme in einer für das Netz geeigneten Form

Damit die Wärme in «geeigneter Form» geliefert werden kann, sind die Temperaturen und Druckverhältnisse des Netzes des Versorgungsunternehmens einzuhalten. Dazu ist eine hydraulische Trennung zwischen dem Primärnetz (Versorgungsunternehmung) und dem Sekundärnetz (Selbstversorger) notwendig. Dies bedeutet, dass eine Wärmeübergabestation, bestehend aus Wärmetauscher und Anlagen für Steuerung und Regelung, eingebaut werden muss. Eine Abnahmepflicht der Unternehmen der öffentlichen Versorgung besteht für regelmässige Rücklieferungen. Regelmässig sind die Rücklieferungen von Wärme während mindestens 2000 h pro Jahr.

### Vergütung

Die Vergütung für Wärmelieferungen entspricht den Wärmegestehungskosten der Versorgungsunternehmung unter Berücksichtigung des Zeitpunktes und der Verfügbarkeit. Der ENB sieht keine Bevorzugung von Wärmerücklieferungen aus Abwärme oder regenerierbaren Ener-

gien gegenüber Lieferungen aus anderen Energieträgern vor.

## Energiewirtschaftlicher Stellenwert der Fernwärme in der Schweiz

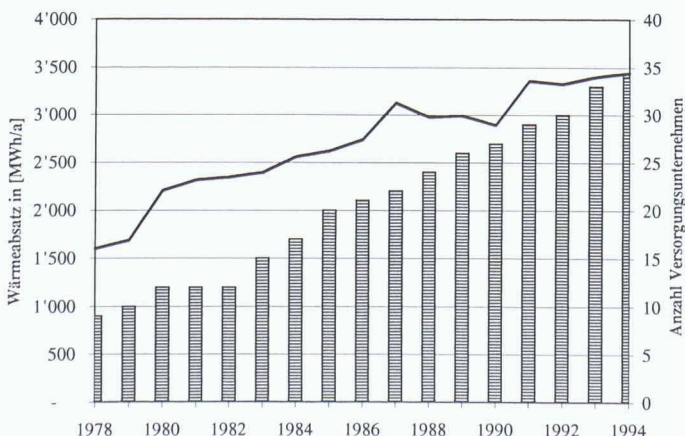
Die ersten Fernwärmenetze wurden Mitte der 30er Jahre in Lausanne und für die ETH in Zürich in Betrieb genommen. Während des Krieges im Jahre 1942 entstand die heute grösste Fernwärmeversorgung der Schweiz in der Stadt Basel. Bis anfangs der 80er Jahre ist eine relativ langsame Entwicklung bezüglich neuer Fernwärmesysteme festzustellen. In diesem Zeitraum entstanden in Bern, Zürich, Genf, Liestal, Neuchâtel und La Chaux-de-Fonds neue öffentliche Fernwärmeversorgungen. Ab 1980 entwickelten sich dann eine grössere Anzahl mittlerer bis kleinerer Versorgungen. Diese sind sehr oft privatrechtlich als Aktiengesellschaft organisiert, wobei (in den meisten Fällen) die öffentliche Hand als Mehrheitsaktionär beteiligt ist.

Die Graphik (1) gibt einen Überblick über die zeitliche Entwicklung der Fernwärme in der Schweiz.

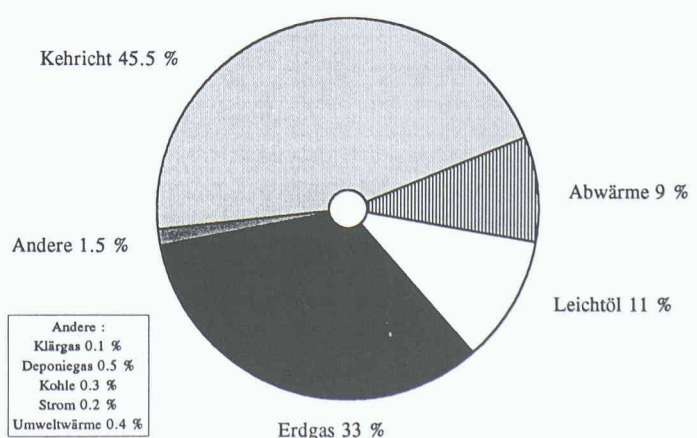
Bei der Analyse der Gründe, die dazu führten, ein Fernwärmenetz aufzubauen und zu erstellen, ergeben sich die folgenden Gruppierungen:

### Nutzung vorhandener Abwärme

Die Nutzung von Abwärme aus Kehrichtverbrennungsanlagen war in vielen Fällen (Basel, Bern, Zürich, Horgen, Winterthur, St. Gallen) der Hauptgrund, eine Fernwärmeversorgung aufzubauen. Abwärmennutzung aus Kernkraftwerken war bei der Refuna (Regionale Fernwärmeversorgung Unteres Aaretal) und bei der Atel (Dampfversorgung für eine Kartonagefabrik) ausschlaggebend.



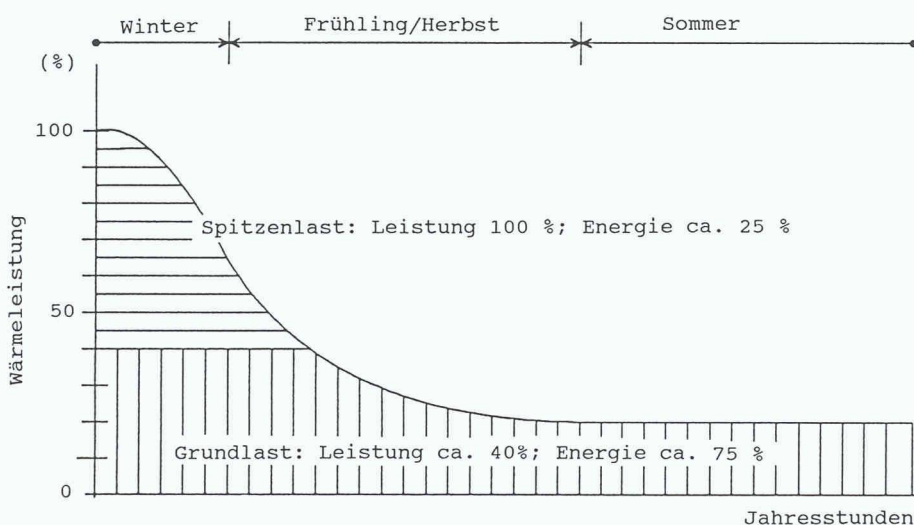
1 Die Entwicklung der Fernwärmever sorgung in der Schweiz



2 Fernwärmeezeugung nach Energieträgern

<b>Rechtsform</b>	Öffentlich-rechtliche Regiebetriebe	Aktiengesellschaften, oft mit Mehrheitsbeteiligung der öffentlichen Hand	Genossenschaften, Zweckverband
Anzahl	12	11	3
<b>Unternehmensgrösse (Wärmeverkauf)</b>	Grosse Versorgungsungen (250-1000 GWh/a)	Mittlere Versorgungsungen (50-250 GWh/a)	Kleine Versorgungsungen (<50 GWh/a)
Anzahl	4	8	4
<b>Temperaturniveau</b>	Niedertemperaturnetz (Vorlauf <95°)	Mitteltemperaturnetz (Vorlauf 95°-120°)	Hochtemperaturnetz (<120°)
Anzahl	7	11	8
<b>Art der Bezüger</b>	Raumheizung und Warmwasseraufbereitung	Raumheizung, Warmwasseraufbereitung und Dampflieferung	Dampflieferung für Prozesswärme
Anzahl	20	3	3

3



4

#### Vorhandensein von grossen Wärmebezügern

In einigen Fällen war auch das Vorhandensein von grossen Wärmebezügern auf engem Raum der Ausgangspunkt für eine zentrale Wärmeversorgung. Sie waren Garanten für eine von Beginn an betriebswirtschaftlich vertretbare Anlage. Zu dieser Kategorie gehören die Fernwärmenetze von Martigny, Genf, der ETH Zürich und des Flughafens Zürich.

#### Rationelle Energienutzung mit dezentralen WKK-Anlagen

Rationelle Energienutzung oder Stromerzeugung mit kleinen Wärmekraftkopplungsanlagen waren in den letzten Jahren oft der Beweggrund für die Realisierung von kleineren Fernwärmenetzen, die als Nahwärmeversorgungsnetze bezeichnet werden.

#### Nutzung von regenerierbaren Energien

Die Nutzung von Geothermie war beim Bauteilscheid für den Wärmever-

bund Riechen ausschlaggebend. Einen grossen Stellenwert hat heute auch die Nutzung von Holz bei kleineren bis mittleren Nahwärmeversorgungsungen (Affoltern am Albis, Rafz).

Der energiewirtschaftliche Stellenwert ist mit einem Anteil von 3,5% (3500 GWh/a) am schweizerischen Endverbrauch für Wärme von untergeordneter Bedeutung.

Mit 46% ist Kehrrecht der wichtigste Energieträger in der Fernwärmeproduktion der Schweiz (2). Etwa 9% kommen aus der Abwärmenutzung von Kernkraftwerken. Klärgas, Deponiegas und Umweltwärme tragen mit 1% zur Erzeugung von Fernwärme bei. Gesamthaft gesehen, werden 56% des Fernwärmeverbrauchs durch nicht fossile Brennstoffe erzeugt. Bei den fossilen Brennstoffen liegt der Schwerpunkt beim Erdgas mit einem Anteil von 33%. Leichtöl mit einem Anteil von 11% wird vor allem für die Deckung der Spitzenlast eingesetzt. Die Anteile Kohle und Elektrizität mit zusammen 0,5% sind sehr klein.

Weiter charakterisieren lässt sich der schweizerische Fernwärmemarkt an Hand einiger wichtiger Kenngrössen wie

3

Kenngrössen des schweizerischen Fernwärmemarktes

4

Schema der Verteilung von Grundlast und Spitzenlast auf das ganze Jahr

5

Energetische Beurteilung, unterteilt in die bei der Beschreibung von Wärmelieferungen Dritter verwendeten Gruppierungen

6

Schematische Darstellung der Einspeisung von Wärme in ein Fernwärmenetz

Rechtsform, Unternehmensgrösse, Temperaturniveau und Art der Wärmebezüger (3).

#### Wärmerücklieferungen Dritter

Um den aktuellen Stand bezüglich Wärmerücklieferungen von Selbstversorgern zu erfassen, wurden mit den Verantwortlichen der acht grösseren Fernwärmeversorgungsungen, die etwa 80% des Marktes abdecken, Gespräche geführt. Grundsätzlich sind alle Betreiber bereit, Wärme von Selbstversorgern zu übernehmen unter der Voraussetzung, dass energetisch, betrieblich und finanziell keine Verschlechterung der heutigen Situation eintritt.

Diese Randbedingungen sind bei den einzelnen Unternehmungen unterschiedlich. In Abhängigkeit von der Art der Fernwärmeezeugung kann man folgende Gruppierungen unterscheiden:

#### Fernwärmeversorgungsunternehmen mit sehr hohem Anteil an KVA-Abwärme

Fernwärmeversorgungsunternehmen mit hohem Anteil an KVA-Abwärme benötigen nur für die Spitzenlastabdeckung im Winter Kesselanlagen mit fossilen Brennstoffen. Im Sommer und in der Übergangszeit ist die aus der Kehrrechtverbrennung anfallende Abwärme grösser als der Bedarf im Fernwärmenetz. Sie wird in diesen Zeiten entweder mit einer Kondensationsturbine verstromt oder an die Umgebung abgegeben. Wärmerücklieferungen von Selbstversorgern führen bei dieser Konstellation zu einer Erhöhung der Stromproduktion der Kondensationsturbine. Sie sind somit aus energetischer Sicht nur sinnvoll, wenn es sich um Abwärme aus einem industriellen Prozess handelt, die sonst an die Umgebung abgegeben werden müsste oder wenn fossil erzeugte Spitzenlast ersetzt werden kann.

### Fernwärmeversorgungen mit gasbetriebenen Wärme-Kraftkopplungsanlagen ohne Nutzung von Umwelt- und Abwärme

Die Grundlast und damit auch der Betrieb wird im Sommer über WKK-Anlagen abgedeckt. Die Rücklieferung von Wärme führt im Sommer zu weniger Betriebsstunden der WKK-Anlage. Im Winter kann die Spitzenlast reduziert werden. Für Wärmelieferungen von Selbstversorgern sind nur technische und finanzielle Aspekte massgebend.

### Fernwärmeversorgungen mit Nutzung regenerierbarer Energien

Die Grundlastdeckung erfolgt über Wärmepumpen mit Umweltwärme als Wärmequelle. Wärmerücklieferungen sind somit nur als Ersatz für fossil erzeugte Spitzenlast erwünscht. Bei Nahwärmeversorgungen mit Holz sind Wärmerücklieferungen von industrieller, anderweitig nicht verwendbarer Abwärme sinnvoll.

### Wärmelieferungen von Selbstversorgern und zukünftiges Wärmerücklieferungspotential

Die Fernwärmeversorgungen von Basel und Winterthur haben beispielsweise Vereinbarungen über Bezug von Spitzenlast mit der Ciba, Werk Basel, bzw. der Sulzer AG Winterthur. Bei den befragten Unternehmungen wurden keine Anfragen von Selbstversorgern für Wärmerücklieferungen gestellt.

Wärmerücklieferungen beziehen sich aus Sicht der Versorgungsunternehmung immer auf einzelne Fälle, die separat beurteilt werden müssen. Der Einbezug von dezentralen WKK-Anlagen ist aus Sicht der Versorgungsunternehmer denkbar, wenn es betriebswirtschaftlich sinnvoll ist, statt teuren Netzausbauten autonome kleine Nahwärmeversorgungen zu erstellen.

### Energetische Aspekte von Wärmerücklieferungen

Der Wärmeleistungs- und Wärmebedarf der an einem Fernwärmenetz angeschlossenen Bezüger wird durch Grund- und Spitzenlastanlagen gedeckt. Als Spitzenlastanlagen werden normalerweise fossil gefeuerte Kesselanlagen verwendet. Diese werden an kalten Tagen bei hohem Leistungsbedarf zugeschaltet und haben somit kurze Betriebszeiten und kleine jährliche Betriebsstunden. Die Grundlast wird über KVA-Abwärme, WKK-Anlagen und Wärmepumpen abgedeckt. Diese Anlagen

### Art der Versorgung

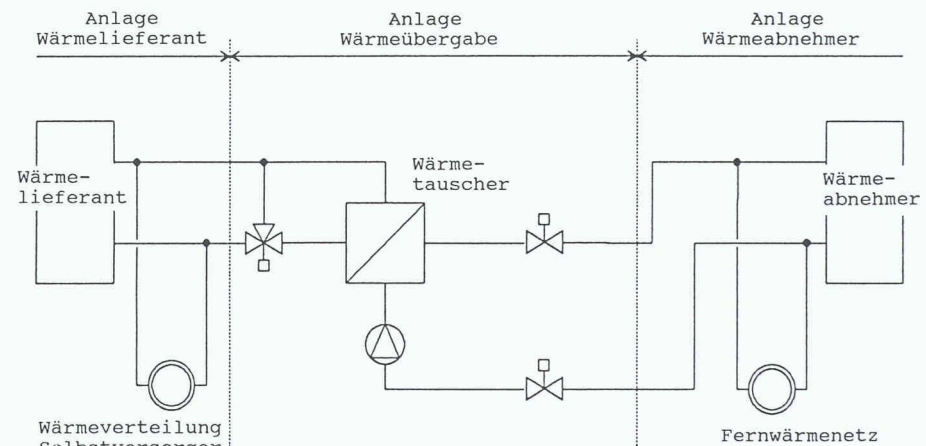
Versorgungsunternehmen	Selbstversorger	Sommer (Grundlast)	Winter (Spitzenlast)	Übergangszeit
Hoher Anteil an KVA-Abwärme mit fossiler Spitzenlastdeckung	Kessel	o	++	o
	WKK	o	++	+
	Abwärme	o	++	+
	Umweltwärme	o	++	+
Grundlast mit gasbetrieb. WKK-Anlagen ohne Nutzung von Umwelt- und Abwärme, Spitzenlast fossil	Kessel	o	++	o
	WKK	+	++	+
	Abwärme	++	++	++
	Umweltwärme	++	++	++
Grundlast mit regenerierbaren Energien Spitzenlast fossil	Kessel	o	++	o
	WKK	o	++	o
	Abwärme	+	++	+
	Umweltwärme	+	++	+

0 = nicht sinnvoll

+ = vertretbar

++ = sinnvoll

5



6

sind auf etwa 40-60% der maximal notwendigen Leistung ausgelegt, produzieren aber je nach Charakteristik der Jahresdauerlinie etwa 50-85% der produzierten Wärme (4).

Je nach Art der Fernwärmeversorgung beim Versorgungsunternehmer ergibt sich eine unterschiedliche Interessenslage für die Übernahme von Wärmelieferungen. Unterteilt in die bei der Beschreibung von Wärmelieferungen Dritter verwendeten Gruppierungen ergibt sich die energetische Beurteilung gemäss (5).

### Technische Randbedingungen und Kosten

Die für die Wärmerücklieferung notwendigen Anlagen für die Wärmeübergabe setzen sich zusammen aus:

- einer Wärmeübergabestation
- den Einrichtungen für Steuerung, Regelung und eventuell Datenübertragung
- einer Pumpe für die Einspeisung auf der Primärseite

Diese Einrichtungen werden benötigt, um die Wärme - wie im ENB vorgeschrieben - in geeigneter Form liefern zu

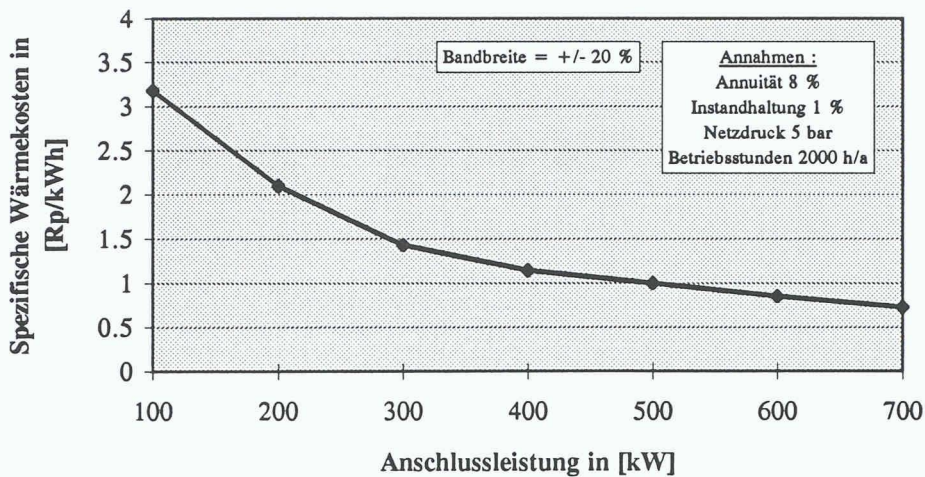
können. Die technischen Randbedingungen werden durch das Netz, in das eingespiessen wird, vorgegeben. Die wichtigsten Anforderungen sind:

- Einhaltung der Vor- und Rücklauftemperaturen
- Einhaltung der erforderlichen Netzdrücke. Diese sind abhängig vom jeweiligen Standort und vom Wärmebedarf (Durchflussmenge) im Netz
- Falls in einem Netz mehrere Einspeisungen vorhanden sind, kann eine Steuerung über ein übergeordnetes Leitsystem notwendig sein (6).

Die Kosten für die Einspeisung von Wärme in ein Fernwärmenetz betragen je nach Anschlussleistung zwischen 3,0-7,5 Rp./kWh ohne Berücksichtigung der Wärmeerzeugungskosten (7).

### Sind Wärmerücklieferungen Dritter energetisch sinnvoll und betriebswirtschaftlich tragbar?

Die von Fernwärmeversorgungen für Wärmelieferungen aus KVA-Anlagen und Kernkraftwerken bezahlten Wärmepreise liegen zwischen 1,0-3,0 Rp./kWh. Damit ist klar, dass sich Wärmerücklieferungen



7

Wärmeerzeugungskosten im Verhältnis zur Anschlussleistung

im Normalfall nur für grössere Leistungen (>500 kW) und hohe Jahresbetriebsstunden (>2000 h/Jahr) lohnen. Gleichzeitig muss die Wärme sehr günstig, beispielsweise aus anderweitig nicht verwendbarer Abwärme, produziert werden. Das Potential für Wärmerücklieferungen Dritter wird durch die technischen und betriebswirtschaftlichen Randbedingungen stark eingeschränkt. Einzellösungen sind, wie die Beispiele in Basel (Wärmeverbund IWB mit Ciba) und in Winterthur (Wärmeverbund FW Winterthur mit Sulzer AG) zeigen, realisiert worden.

### Entwicklungstendenzen für Fernwärmever sorgungen

#### Energiepreisniveau der fossilen Brennstoffe

Die relativ langsame Entwicklung ist fast ausschliesslich durch ökonomische Faktoren geprägt. Die hohen Kapitalkosten für die Erstellung der Wärmeerzeugungsanlagen und der Netze sowie die allgemein bekannte Phasenverschiebung zwischen Investitionen und Ertrag aus Wärmeverkauf führt - je nach Art und Grösse der Anlage - zu Wärmeverkaufspreisen von 5,5 Rp./kWh (IWB, Basel) bis zu 12 Rp./kWh (Holzschnitzelanlagen). Die meisten Fernwärmeanbieter sind bei rein betriebswirtschaftlicher Betrachtung und den heutigen Öl- und Gaspreisen kaum konkurrenzfähig mit einer Gas- oder Öleinzelnheizung. Diese Situation kann sich ändern bei einer allgemeinen Verteuerung der fossilen Brennstoffe und wenn bei einem Vergleich die externen Kosten, die bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen, berücksichtigt werden.

#### Abwärmenutzung

Grosse technische Potentiale waren bei den bestehenden Kernkraftwerken und ihren allfälligen Ersatzlösungen vorhanden. Die Nutzung hängt jedoch weitgehend von den politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ab. Die Abwärmenutzung aus der KVA-Turgi ist in Planung und wird 1997 realisiert sein.

#### Rationelle Energienutzung mit dezentralen WKK-Anlagen

Die Entwicklung von Nahwärmever sorgungen wird zur Hauptsache durch den Gaspreis und die Rücknahmevergütung des produzierten Stromes beeinflusst. Als Ersteller und Betreiber werden Elektrizitätsgesellschaften, Gemeinden und private Unternehmungen (Wärmelieferung als Contractor) tätig sein.

#### Nutzung regenerierbarer Energien

Das gegenwärtig tiefe Energiepreisniveau benachteiligt die Erstellung von Nahwärmever sorgungen mit Nutzung von Umweltwärme stark. Es ist aber anzunehmen, dass die Holzenergienutzung sich in den nächsten Jahren weiter entwickelt. Dabei wird es sich zum grössten Teil um Anlagen im Leistungsbereich von 500 kW bis etwa 2000 kW handeln. Als Ersteller und Betreiber werden Gemeinden, Elektrizitätsversorgungen und private Unternehmungen auftreten. Klar ist, dass sich Wärmerücklieferungen nur für grössere Anschlussleistungen und hohe Nutzungsdauer lohnen.

#### Wärmeverkauf

Die Zuwachsrate des Wärmeverkaufs der statistisch erfassten Fernwärmever sor-

gung wird sich wahrscheinlich mit etwa 4% pro Jahr im bisherigen Rahmen halten.

Die verkaufte Wärmemenge wird seit 1987 statistisch erfasst. Die mittlere Zuwachsrate in den Jahren 1980 bis 1994 beträgt 4,2%. Der Anteil am Gesamtwärmemarkt hat sich in diesen Jahren von 2,1% auf 3,1% vergrössert. Die Zuwachsraten der einzelnen Versorgungsunternehmen schwankt stark. Während bei den neuen kleineren Unternehmungen im Jahre 1994 hohe Zuwachsraten festzustellen sind, ergaben sich bei älteren Netzen sehr kleine Werte. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Mehrverbrauch neuer Anschlüsse durch Energiesparmassnahmen bei bestehenden Liegenschaften kompensiert wird.

### Fazit

Der Marktanteil der Fernwärme- und Nahwärmever sorgungen am Gesamtwärmebedarf beträgt nur etwa 3,5% mit leicht steigender Tendenz.

Das Potential für Wärmerücklieferungen von Selbstversorgern wird durch die gegebenen technischen Randbedingungen stark eingeschränkt.

Für Wärmelieferant und Wärmeabnehmer wirtschaftlich tragbare Lösungen beschränken sich auf Einzelfälle, die unter den Betroffenen und unter Berücksichtigung der allgemeinen Grundsätze des Energienutzungsbeschlusses im direkten Kontakt ausgearbeitet werden können.

(Der Bericht ist beim BEW, Telefon 031 322 56 11, erhältlich.)

Adresse des Verfassers:

Hans Böbi, dipl. Ing. ETH, Gruneko AG, Münchensteinerstrasse 43, 4002 Basel