

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses

Band: 75 (1984)

Heft: 6

Artikel: Energiewirtschaftliche Überlegungen im Zusammenhang mit Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen

Autor: Keppler, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-904378>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Blockheizkraftwerke können hingegen unter gewissen Bedingungen sinnvoll sein.

4. Mit moderner Technologie insbesondere zur Emissionsbegrenzung

verbrannt, kann der Kohle in Zukunft grössere Bedeutung zugebilligt werden.

5. Der Einsatz von Fernwärme ist in jedem Einzelfall mit möglichen Al-

ternativen zu vergleichen.

6. Die Planung einer Fernwärmeversorgung hat zukünftige Angebots- und Nachfrageentwicklungen zu berücksichtigen.

Energiewirtschaftliche Überlegungen im Zusammenhang mit Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen

E. Keppler

Die Zweckmässigkeit des Einsatzes von Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen hängt sehr stark vom eingesetzten Primärenergieträger sowie von der gesamten Energiesituation eines Landes ab.

Vor diesem Hintergrund werden die für die Schweiz spezifischen Gesichtspunkte dargestellt und insbesondere die Haltung der Elektrizitätswirtschaft gegenüber WKK-Anlagen der verschiedenen Typen erläutert.

L'opportunité de l'emploi de systèmes de couplage chaleur-force dépend très fortement de l'agent d'énergie primaire utilisé et de l'ensemble de la situation énergétique d'un pays.

Sur cet arrière-plan, l'article présente les aspects spécifiques de la Suisse et explique l'attitude de l'économie électrique vis-à-vis des systèmes de couplage chaleur-force des différents types.

1. Gesamtenergetische Betrachtungen für die Schweiz

Gesamtenergetische Betrachtungen über Wärme-Kraft-Kopplungs-(WKK-)Anlagen können von Land zu Land diametral verschieden sein. Nachfolgend werden lediglich solche Betrachtungen dargestellt, welche für unser Land aus volkswirtschaftlicher Sicht allgemein anerkannt und vertretbar sind.

Unter einer WKK-Anlage versteht man eine Anlage, in welcher ein Energieträger gleichzeitig Strom und Nutzwärme produziert.

In der Schweiz wird der Strom zu etwa 70% aus Wasserkraft erzeugt; in den Wasserkraftwerken kann aber, wenn man von der Verlustwärme (z.B. Lagerreibung) absieht, keine Wärmeerzeugung angekoppelt werden. Die restlichen rund 30% der Stromerzeugung erfolgen in Kernkraftwerken, welche sich, wie alle anderen thermischen Kraftwerke, für die WKK eignen.

Zur Nutzwärmeversorgung werden in der Schweiz alle verfügbaren Energieträger herangezogen, wie flüssige Brennstoffe, Elektrizität, Gas, Kohle, Holz, Fernwärme, Müll und Abfälle (vgl. Fig. 1). Den Löwenanteil haben dabei die flüssigen Brennstoffe, die Heizöle, die in der Schweiz ausschliesslich im Wärmemarkt eingesetzt werden. Alle diese Energieträger, selbstverständlich mit Ausnahme der sekundären Energieträger Elektrizität

und Fernwärme, eignen sich für WKK-Anlagen.

Eines der erklärten und unwidersprochenen Ziele der Schweiz ist seit dem Erdölchock von 1973 das Substituieren des Erdöls, also auch der flüssigen Brennstoffe, was vor allem auf dem Wärmemarkt zu erfolgen hat.

WKK-Anlagen sind deshalb grundsätzlich nur sinnvoll, wenn sie ohne Erdöl betrieben werden, da die Stromerzeugung in der Schweiz bis heute diesen Energieträger praktisch nicht beansprucht hat, abgesehen vom einzigen grösseren thermischen Kraftwerk Vouvry und einigen wenigen kleineren Reserveeinheiten und Notstromgruppen.

Dagegen sind WKK-Anlagen auf Basis der anderen Primärenergien, also von Gas, Kohle, Holz, Müll und Abfällen, förderungswürdig. Selbstverständlich gilt dies auch für die

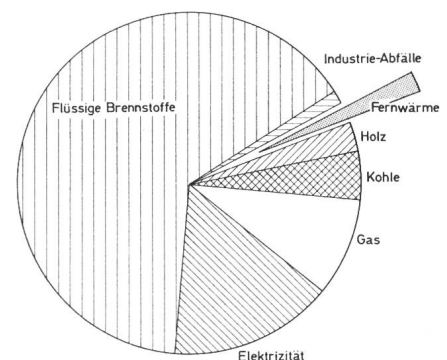


Fig. 1 Nutzwärmeproduktion 1982 nach Energieträgern (Endverbrauch)

Adresse des Autors

Dr. E. Keppler, Direktor des Verbands Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, 8021 Zürich

Kernspaltung; so sind in den Kernkraftwerken Gösgen und Beznau entsprechende WKK-Vorhaben bereits realisiert oder im Bau begriffen. Es muss wohl nicht darauf hingewiesen werden, dass mit Fernwärme aus Kernkraftwerken ein nennenswerter Substitutionsbeitrag geliefert werden kann.

Da es unsinnig ist, WKK-Anlagen auf Ölbasis zu betreiben, was unsere Erdölabhängigkeit nicht vermindert, sondern vergrössert, wird neuerdings propagiert, man solle den in solchen Anlagen erzeugten Strom ausschliesslich zum Betrieb von Wärmepumpen benützen. Wenn es sich dabei tatsächlich um ein sog. geschlossenes Wärmeversorgungssystem handelt, also um eine autarke Strom- und Wärmeinsel, dann kann man vom gesamtenergetischen Standpunkt nicht viel dagegen einwenden. Solche Kleinanlagen dürften aber aus technischen und wirtschaftlichen Überlegungen kaum in grosser Zahl gebaut werden.

2. Bedeutung der WKK-Anlagen in der Schweiz im Vergleich zum Ausland

Die Schweiz ist – wie z.B. auch Norwegen – ein traditionelles Land der Wasserkraftnutzung; fossilbefeuerte Kraftwerke wurden praktisch keine gebaut, und man ging direkt über zur Nutzung der Kernspaltung in Kernkraftwerken. Die Ausgangslage für die WKK war deshalb bei der Elektrizitätswirtschaft nicht günstig. Einzig Industriebetriebe haben dort, wo die Deckung eines grossen Wärmebedarfes (Prozesswärme) im Vordergrund stand, WKK-Anlagen realisiert, und diese wurden problemlos in EW-Netze eingegliedert.

Heute bestehen in unserem Land rund 40 grössere und über 100 Mini-WKK-Anlagen (letztere sind vor allem Biogas-betriebene Anlagen, sog. Totems) mit einer installierten Gesamtleistung von rund 200 MW, was in etwa 1,5% der total installierten Leistung entspricht.

Die Anzahl von WKK-Anlagen dürfte in den nächsten Jahren zunehmen, da verschiedene Elektrizitätswerke begonnen haben, Pilotprojekte von WKK-Anlagen zu unterstützen. Auch die Kernkraftwerksbetreiber und die Öffentlichkeit stehen der Forderung nach Fernwärmeversorgung zunehmend positiver gegenüber.

Nur drei Hinweise zum Ausland:

- Auch die norwegische Elektrizitätswirtschaft kennt keine WKK, da sie heute noch die gesamte Stromerzeugung durch Wasserkraft decken kann.
- Auch die Elektrizitätswirtschaft der USA betrieb bis vor einigen Jahren keine WKK-Anlagen, obwohl sie einen grossen Anteil ihrer Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen deckt; nur waren damals diese Brennstoffe billig, fast unerschöpflich und zum grossen Teil im eigenen Land abbaubar. Heute propagieren die Elektrizitätswerke die WKK, die sog. Cogeneration, wie wenn sie sie entdeckt hätten.
- In der BRD dienten seit jeher die fossilen Brennstoffe der Stromerzeugung, doch waren sie verhältnismässig teuer und mussten teilweise importiert werden. Deshalb und auch wegen der klimatischen Verhältnisse waren WKK-Anlagen für die Elektrizitätswirtschaft gün-

stig, da ja der Gesamtwirkungsgrad der Erzeugungsanlagen auf gegen 80% erhöht werden konnte. Dies wird durch die beträchtliche, in Fernheizkraftwerken installierte Leistung unterstrichen (Fig. 2).

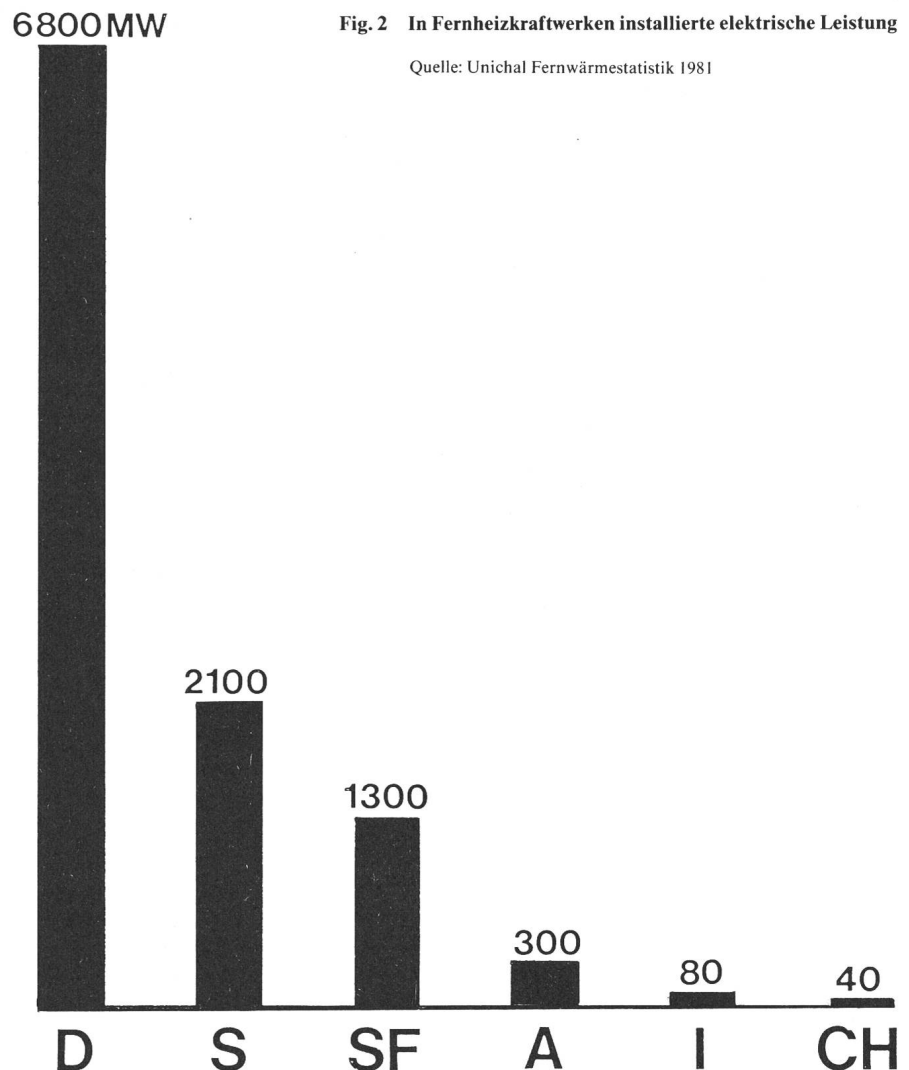
3. Tarifarische Aspekte

Im Jahre 1979 hat der VSE Empfehlungen über Anschlussbedingungen für dezentrale Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen herausgegeben mit folgenden Schlussfolgerungen:

- Das Elektrizitätswerk ist nicht rechtlich, aber aus energiepolitischen Gründen zur Übernahme des von WKK-Anlagen gelieferten Stroms verpflichtet.
- Im Bedarfsfall ist dem WKK-Betreiber (Eigenproduzenten) die benötigte Ergänzungsenergie zu liefern.

Die Empfehlungen in bezug auf die Tarife lauten wie folgt:

- Der vom Eigenerzeuger gelieferte Strom ist im Rahmen des Beschaf-



fungswertes gleichwertiger Energie zu vergüten.

- Winter/Sommer-Strompreisabstufung ist vorzusehen.
- Damit dürften sich Stromvergütungen von etwa 3–5 Rp./kWh im Sommer und von 5–8 Rp./kWh im Winter ergeben

Diese Vergütungen liegen im allgemeinen erheblich unter den Selbstkosten des WKK-Betreibers; höhere Vergütungen für Stromrücklieferungen ins Netz lassen sich eventuell aus energiepolitischen Gründen vertreten, doch bedeuten sie eine Subventionierung der WKK-Anlagen, welche von den übrigen Stromabnehmern zu tragen ist.

In der Westschweiz haben die Elektrizitätswerke folgende gemeinsame Rückvergütungsregel für Biogasanlagen eingeführt: 7,5 Rp./kWh im Hochtarif und 5 Rp./kWh im Niedertarif.

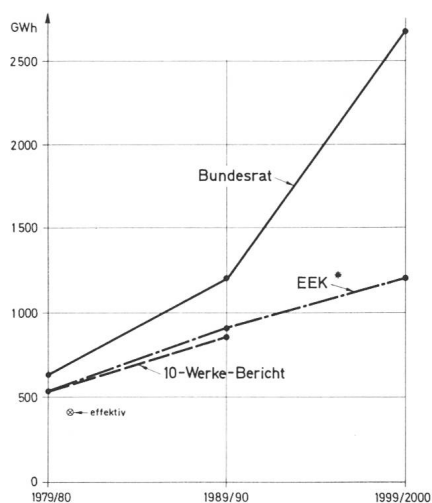
4. Ziele der Energiepolitik des VSE

Bereits im Jahre 1975 hat der VSE in These 3 seiner Zielsetzungen erklärt:

«Die Elektrizitätswerke sind am Aufbau von Fernwärmeversorgungen interessiert; sie sind bereit, zur direkten Nutzung von Wärme aus Kernkraftwerken beizutragen. Bei grossen Heizzentralen ist die Ergänzung mit Elektrizitätserzeugungsanlagen zu prüfen.»

Die Elektrizitätswirtschaft hat stets Vorbehalte angemeldet bezüglich dezentralen Kleinanlagen, die Heiz- oder Dieselöl verbrennen, da diese WKK-Anlagen ihrer Ansicht nach umweltschutzmässig eher nachteilig sind, zusätzlich flüssige Brennstoffe brauchen und für Einfamilienhäuser ungeeignet sind.

Im 1979 erschienenen 6. Zehn-Werke-Bericht hat der VSE seine Substitutionsziele festgelegt. Im Winter 1989/90 soll die zusätzliche Erzeugung elektrischer Energie aus WKK-Anlagen rund 350 GWh betragen, was einer Verdoppelung der heutigen Produktionsmöglichkeit entspricht. Bereits dazu braucht es gewaltige Anstrengungen, wenn man bedenkt, dass ein Blockheizkraftwerk mit einer elektrischen Leistung von rund 1500 kW ein Wärmekollektiv von rund 1000 Wohnungen erfordert und dass rund 100



* Angebotsvariante I

Fig. 3 Der Beitrag von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen zur schweizerischen Strombedarfsdeckung im Winter

solcher Anlagen bis 1990 in Betrieb stehen sollten.

Überdies ist diese Zusatzproduktion aus WKK ein geringer Zustupf zur Deckung des ansteigenden Strombedarfs gemäss Zehn-Werke-Bericht und kann somit Grosskraftwerke nicht ersetzen.

Diese VSE-Prognosezahlen stimmen bis zum Jahr 1990 in der Grössenordnung überein mit den Vorstellungen der Eidgenössischen Energiekommission (EEK) und des Bundesrates (siehe Fig. 3). Dagegen wird nach Meinung der Elektrizitätswirtschaft das Potential von kleinen dezentralen WKK-Anlagen für das Jahr 2000 von Bundesrat und EEK weit überschätzt; sofern dafür flüssige Brennstoffe eingesetzt werden, würde diese Zielsetzung auch dem Substitutionsgedanken widersprechen.

Anders ist die Situation, wenn man WKK nicht mit vielen dezentralen, neuen Kleinanlagen einführt, sondern auf Basis der bereits bestehenden thermischen Kraftwerke, d.h. in der Schweiz auf Basis der Kernkraftwerke.

In den heute bestehenden Kernkraftwerken Beznau I und II, Mühleberg und Gösgen steht bereits eine Leistung von rund 4000 MW zur Wärmenutzung zur Verfügung (neben der Stromerzeugung). Diese Leistung lässt sich selbstverständlich nicht vollumfänglich für Fernwärmezwecke nutzen. Unter Inkaufnahme einer Reduktion der Stromproduktion von rund 20% könnten jedoch – vom Potential her gesehen – etwa 2500 MW für die Wärmeversorgung dienen. Dies ent-

spricht dem Raumheizbedarf von rund 200 000–250 000 Wohnungen. Mit der Inbetriebnahme des KKW Leibstadt würde sich dieses Potential um weitere rund 150 000 Wohneinheiten erhöhen. Wenn auch noch die Möglichkeiten der Wärmespitzendeckung durch konventionelle Reserve-Heizwerke oder Wärmespeicherkapazitäten in Betracht gezogen werden, so würde das Wärmeversorgungspotential nochmals ganz erheblich ansteigen.

Die grundlegende Voraussetzung für eine wirtschaftlich konzipierte Fernwärmeversorgung ist eine ausreichende Verbrauchsdichte. Diese ist nötig, um die Wärmeverteilungskosten (Infrastrukturaufwendungen) im Interesse der Fernwärmekunden in finanziell tragbarem Rahmen zu halten und die Fernwärme zu marktgerechten und konkurrenzfähigen Preisen anbieten zu können. Die dazu notwendigen strukturellen Voraussetzungen sind in der Schweiz gegeben, und die bisherigen Realisationen (es bestehen in der Schweiz immerhin bereits neun voneinander unabhängige Fernwärmeversorgungen) haben gezeigt, dass diese Entwicklung ohne Anschlusszwang möglich war.

Eine solche Wärmenutzung zu Heizzwecken brächte neben dem erwünschten Substitutionseffekt auch massive volkswirtschaftliche Vorteile. Die erforderlichen Investitionen in die Verteilnetze wären zwar enorm (in Milliardenhöhe), könnten jedoch in verschiedene Ausbaustufen aufgeteilt werden. Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb ist ein rascher Ausbau der Feinverteilung in den Bezügergemeinden, wo zuerst die wärmeintensiven und nähergelegenen Bezügergruppen angeschlossen werden. Dieses Vorgehen würde sich auf die Beschäftigungslage in den betroffenen Regionen sehr positiv auswirken. Nicht zu vergessen sind aber die ökologischen Vorteile, welche ein Fernwärmeausbau mit der Verminderung der Umweltbelastung durch Abgase und Abwärme bringen würde.

Aufgrund dieser Überlegungen nehmen die schweizerischen Elektrizitätswerke zum Ausbau der Fernwärmeversorgung folgendermassen Stellung:

- Die schweizerischen Elektrizitätswerke fördern im Sinne einer Substitution von leichtem Heizöl die Fernwärme.
- Sie sind bereit, sich massgeblich am Aufbau und Betrieb von Fernwärmenetzen mitzubeteiligen.

- Sie stellen fest, dass die Wärmeauskopplung aus Kernkraftwerken eine besonders sinnvolle und rationelle Nutzung der Primärenergie erlaubt.
- Sie erachten es als volkswirtschaftlich wünschenswert, wenn möglichst viele verbrauchsnahe Wärmeabnehmer (Industrie, Gemeinden) mit Fernwärme aus Kernkraftwer-

ken versorgt werden können. Sie sind deshalb bereit, aus ihren Kernkraftwerken Wärme auszukoppeln und diese Wärme kostengünstig an die Fernwärmebetreiber zu liefern.

- Im Zusammenhang mit der aktiven Förderung der Fernwärme ist auch im Jahre 1981 die Übernahme des Generalsekretariates der Internatio-

nenal Union der Fernwärmeverteiler (UNICHAL) durch das VSE-Sekretariat erfolgt. Die internationalen Kontakte sollen dazu beitragen, dass auch in der Schweiz ein sinnvolles und koordiniertes Fernwärmeversorgungssystem aufgrund bereits vorliegender Erfahrungen aufgebaut werden kann.

Fernwärme vom Kernkraftwerk Beznau – REFUNA AG gegründet

K.-H. Handl

Seit dem 8. November 1983 werden die beiden Bundesinstitute EIR in Würenlingen und SIN in Villigen aus dem Kernkraftwerk Beznau der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG, NOK, mit Fernwärme versorgt. Der Bau der zwei Kilometer langen Rohrleitung ab dem KKW Beznau für die Wärmeversorgung von EIR und SIN ist die erste Stufe für das zukünftige Regionale Fernwärmenetz im Unteren Aaretal, REFUNA. Die am 21. Dezember 1983 gegründete Bau- und Betriebsgesellschaft REFUNA AG will die Bauarbeiten für die nächsten Abschnitte der Hauptleitungen so rasch vorantreiben, dass noch auf den Winter 1984/85 wesentliche Teile der acht beteiligten Gemeinden an das REFUNA-Netz angeschlossen werden können.

Depuis le 8 novembre 1983, deux instituts fédéraux, l'IFR à Würenlingen et le SIN (Institut Suisse de Recherches Nucléaires) à Villigen, sont chauffés à distance par la centrale nucléaire de Beznau des Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK). La construction d'une conduite de 2 km de long depuis la centrale nucléaire de Beznau, pour le chauffage de l'IFR et du SIN, a constitué la première étape du futur réseau régional de chauffage à distance dans la vallée inférieure de l'Aare, appelé REFUNA. La société de construction et d'exploitation REFUNA SA, fondée le 21 décembre 1983, veut faire avancer rapidement les travaux de la prochaine phase de construction des conduites principales, de manière à ce qu'une grande partie des huit communes concernées puisse être reliée au réseau REFUNA dès l'hiver 1984/85.

Adresse des Auteurs

Karl-Heinz Handl, Technischer Projektleiter REFUNA AG, Nordostschweizerische Kraftwerke AG, 5401 Baden

1. Initiative der Region

Am 22. April 1981 haben die Aargauer Gemeinden Böttstein, Döttlingen, Endingen, Klingnau, Rüfenach, Stilli, Villigen und Würenlingen zusammen mit Instituten, Grossverbrauchern und Förderern (Industrie, Bund und Kanton) das Konsortium REFUNA gegründet. Aufgabe des Konsortiums war die Erstellung eines ausführungsfähigen Bauprojekts für eine Regionale Fernwärmeversorgung im Unteren Aaretal, REFUNA, ausgehend vom Wärmelieferanten Kernkraftwerk Beznau.

Ziel des Projekts ist die Substitution von rund 16 000 Tonnen Heizöl pro Jahr im Endausbau.

Für den Entscheid, die Wärme aus Beznau zu beziehen, war neben der Tatsache der unmittelbaren Nachbarschaft massgebend, dass dort – wie in jedem anderen Kernkraftwerk – Wärme in praktisch jedem gewünschten Ausmass zur Nutzung zur Verfügung steht, wobei die durch Wärme-Kraft-Kopplung gewinnbare Wärme an der Auskopplungsstelle der Dampfturbinen nur rund ein Drittel der heute mit Öl erzeugten Wärme kostet.

Bereits Ende 1981 konnte das Konsortium den Stimmbürgern der betroffenen Gemeinden das Vorprojekt für die geplante Fernwärmeversorgung vorlegen. Nach der Zustimmung der Gemeinden zu den Kreditvorlagen wurde im Jahre 1982 ein ausführungsfähiges Bauprojekt für das Fernwärmenetz erstellt.

2. Das Bauprojekt

2.1 Übersicht

REFUNA hat nach dem gegenwärtigen Stand der Planung eine Wärmeanschlussleistung von total 70 000 kW. Das Versorgungsgebiet umfasst acht Gemeinden mit zusammen rund 15 000 Einwohnern. Die Versorgungsschwerpunkte liegen bis zu 7 km, die entferntesten Verbraucher mehr als 10 km vom Kernkraftwerk Beznau entfernt. Geodätische Höhenunterschiede bis zu 100 m zwischen der Wärmeauskopplung und den Endverbrauchern sind zu überwinden.

REFUNA passt damit weder in bezug auf seine Bevölkerungsdichte noch mit seinen übrigen Randbedingungen in jenes Bild, welches bisher von einem «fernwärmewürdigen» Gebiet gezeichnet wurde. Der Grund dafür, dass dennoch mit einem schon nach wenigen Jahren selbsttragenden Betrieb gerechnet werden darf, liegt in den günstigen Gesteungskosten für die Wärme an der Auskopplung im Kernkraftwerk Beznau und in einer weitgehenden Standardisierung der Bauelemente im ganzen Versorgungsgebiet. Die kapitalisierte Differenz zwischen den Wärmekosten ab Kernkraftwerk und jenen aus Öl kann für die Erschliessung der Versorgungsschwerpunkte durch Fernleitungen und Pumpenstationen sowie für die zusätzliche Einbindung von Reserveheizzentralen eingesetzt werden.

2.2 Anschlusswilligkeit

Das Interesse für einen Fernwärmeanschluss ist in der REFUNA-Region