Refuna: regionale Fernwärmeversorgung im unteren Aaretal

Autor(en): **Walter, Rudolf**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 41

PDF erstellt am: **17.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75544

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

CAD-Systeme in traditionellen Ingenieurbüros Einzug halten werden. Diese arbeitssparenden Technologien vergrössern den Druck auf die Arbeitsplätze. Wie sich die Anwendung der CAD-Systeme auf die Qualität der Bauwerke auswirken wird, liegt in der Hand der Ingenieurbüros. Die Frage ist eher, wie mittlere und kleinere Büros die erforderlichen Investitionen in der heutigen Zeit bewältigen können.

Soll das nun heissen, dass die grösseren Ingenieurbüros dank CAD in Zukunft eine Monopolstellung gewinnen werden und dass die mittleren und kleineren Büros zu Beraterbüros absinken? Aus der Einsatzdoktrin eines CAD-Systems ist zumindest im Hochbau ohne weiteres auch ein zukünftiges Zusammenlegen der Ingenieur- und Architekturleistungen absehbar.

Der Arbeitsplatz wird mit dem Einsatz all der neuen Technologien teurer, zumal auch die Qualifikationsanforderungen an die Benützer steigen und ein hoher Kapitalbedarf für die Beschaffung der nötigen Hard- und Software erforderlich bleiben wird.

Neues Anforderungsprofil

Die unangefochtene Hochachtung für die Bautechnik, wie wir sie in den Nachkriegsjahren geniessen durften, ist seit rund einem Jahrzehnt ins Wanken geraten. Das Recht auf Leistung und seine entsprechende Anerkennung ist heute für den Bauingenieur keine Selbstverständlichkeit mehr. Uns Ingenieuren ist die Philosophie der Selbstverwirklichung verlorengegangen. Selbst eine befriedigende Arbeit wird zur Last, wenn man permanent eingeredet bekommt, dass diese eigentlich unwürdig sei und das Anforderungsprofil nicht mehr stimmt.

Was ist passiert? Der Statiker als Rechenknecht hat ausgedient. Gefragt sind Bauökonomen, Bauphysiker, Koordinatoren und Baumarketingspezialisten auf der einen Seite und generalistische, unternehmerische Fähigkeiten auf der anderen Seite. In diesem Spannungsfeld zwischen den neuen generalistischen Anforderungen einerseits und dem immer noch vorhandenen Trend zur Spezialisierung anderseits liegt heute der Hauptkonflikt für unseren Berufsstand.

Im Dschungel der Baulandverknappung, der Umweltbedingungen, des behördlichen Dirigismus und der Finanzierungsschwierigkeiten ist das Bauen heute zu einer Gratwanderung geworden. Die neue Bauherrengeneration ist wohl bauwillig, verfügt über die finanziellen Mittel, bekundet aber offensichtlich Mühe zur Eigenrealisation, um so mehr als ihre Risikofreudigkeit gering ist. Der Ingenieur sollte sich vermehrt auf seine angestammte Rolle als «Problemlöser» besinnen. Hier sehe ich eine Marktlücke für den selbständigen Bauingenieur.

Einfallsreichtum, Erfindungsgeist, Scharfsinn und Verstand - kurz das Ingenium - sind das wichtigste Kapital, das wir haben. Dieses gilt es richtig einzusetzen mit einer Gewichtsverlagerung zugunsten der generalistischen und unternehmerischen Komponenten. Es wird Aufgabe der Hochschulen sein, die Aus- und Weiterbildung darauf auszurichten.

Epilog

Die aufgeführten Punkte können natürlich keine fundierte Analyse des Ingenieurmarktes darstellen. Sie sollten vielmehr aufzeigen, wo die Probleme des Ingenieurs im Spannungsfeld einer veränderten Umwelt liegen. Der Ingenieur ist ähnlich wie die Natur «ein robustes Ding». Er erträgt einiges an Misshandlung und überlebt auch in einem verschlechterten Klima. Was ihn trägt, ist das Ideal der Selbstverwirklichung, nämlich die Kunst, die grossen Kräfte der Natur zur Nutzung und Erleichterung des menschlichen Daseins hinzuleiten.

Adresse des Verfassers: *Hans Birrer*, dipl. Bauing. ETH/SIA/ASIC, Präsident ASIC, Schubiger AG Bauingenieure, Weinmarkt 9, 6004 Luzern.

Refuna

Regionale Fernwärmeversorgung im unteren Aaretal

Von Rudolf Walter, Brugg

Die Lieferung von Fernwärme aus dem Kernkraftwerk Beznau an das Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR) und an das Schweiz. Institut für Nuklearforschung (SIN) wurde am 15. November 1983 aufgenommen. Das erste wichtige Ziel beim Bau des regionalen Fernwärmenetzes Refuna ist damit erreicht. In den weiteren Ausbauetappen sollen mehrere Gemeinden des unteren Aaretals an das nuklear beheizte Fernwärmenetz angeschlossen werden.

Ausgangslage

Die Energiesituation ist spätestens seit der Versorgungskrise vor zehn Jahren in das Bewusstsein des Bürgers getreten. Seit 1950 hat sich der Energieverbrauch in der Schweiz mehr als vervierfacht, und über 70 Prozent der gesamten Versorgung erfolgt über Erdölprodukte. Deren Anteil an der Nutzenergie beträgt etwa ⅔. Der Preis für Heizöl hat sich seit 1978 verdoppelt. Unsere einseitige Abhängigkeit von Erdöl muss abgebaut und die Energieversorgung soweit wie möglich durch andere Energieträger sichergestellt werden. Öl ist zudem zu wertvoll, um einfach verbrannt zu werden. Eine Substitution des Öls ist auch aus Gründen des Umweltschutzes geboten. Jährlich werden Unmengen von Schadstoffen in die Luft getragen, und die vielen erdverlegten Öltanks gefährden zudem unsere Grundwasservorkommen und damit die Trinkwasserversorgung.

Im unteren Aaretal befinden sich auf engem Raum konzentriert Anlagen der NOK zur Gewinnung von Kernenergie Beznau I (1969) und Beznau II (1972) sowie Stätten der Atom- und Kernforschung, nämlich das Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR) und das Schweiz. Institut für Nuklearforschung (SIN). Über 1000 Beschäftigte arbeiten und forschen seit einem Jahrzehnt in diesen Instituten und Energieerzeugungsanlagen zum Wohl der Mitmenschen. In diesem Umfeld reifte 1981 der Gedanke, Wärme in den beiden Kraftwerken für die Versorgung der umliegenden Gemeinden zu gewinnen.

Das Projekt Refuna

Der Name des Projekts bezeichnet als Akronym - *R*egionale *F*ernwärmeversorgung *un*teres *A*aretal - den Zweck

des Projekts. Mit dem Ziel, eine eigene Wärmeversorgung aufzubauen, beachtliche Mengen Erdöl zu ersetzen und damit einen wesentlichen Beitrag für den Umweltschutz zu leisten, gründeten im April 1981 acht Gemeinden, 14 Wärmegrossverbraucher und weitere als Förderer auftretende Unternehmer das Planungskonsortium Refuna.

Die Ingenieurgemeinschaft Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG Baden und Sulzer Energieconsulting AG Winterthur erhielt den Auftrag, für das Hauptnetz ein generelles Projekt mit Kostenvoranschlag auszuarbeiten.

Vorarbeiten

Zur Abklärung des Wärmebedarfes wurden in allen Gemeinden durch eigens eingesetzte Energiekommissionen detaillierte Erhebungen über den Istzustand der Wärmeversorgung angestellt. Dabei zeigte sich, dass rund 80 Prozent der gesamten Wärme mit Öl erzeugt wird (ohne Industrie). Im Bereich der stark vertretenen Holzindustrie (Klingnau, Döttingen) werden grössere Mengen Abfallholz verbrannt. Die Zementindustrie hat schon vor Jahren auf Kohle umgestellt. Die Erhebungen an Ort haben ergeben, dass bei etwa 60 bis 80 Prozent der mit Zentralheizung ausgestatteten Liegenschaften die Bereitschaft vorhanden war, auf das neue Versorgungssystem umzustellen. Für die Dimensionierung der Gemeindenetze darf mit rund 900 bis 1000 Anschlüssen gerechnet werden, die sich später auf etwa 1300 bis 1500 erweitern werden.

Technisches Konzept

Wärmeauskopplung im Kernkraftwerk

Die Entnahme von Anzapfdampf erfolgt aus zwei der insgesamt vier Turbinen von Beznau I und II. Jeder Anzapfleitung ist ein Wärmetauscher zugeordnet, an dessen Heizflächen das Wasser auf rund 120 °C aufgeheizt wird. Das Heizwasser beider Wärmetauscher gelangt in eine zentrale Pumpstation und wird von dort in den nördlichen und südlichen Versorgungsbereich gepumpt (Bild 1).

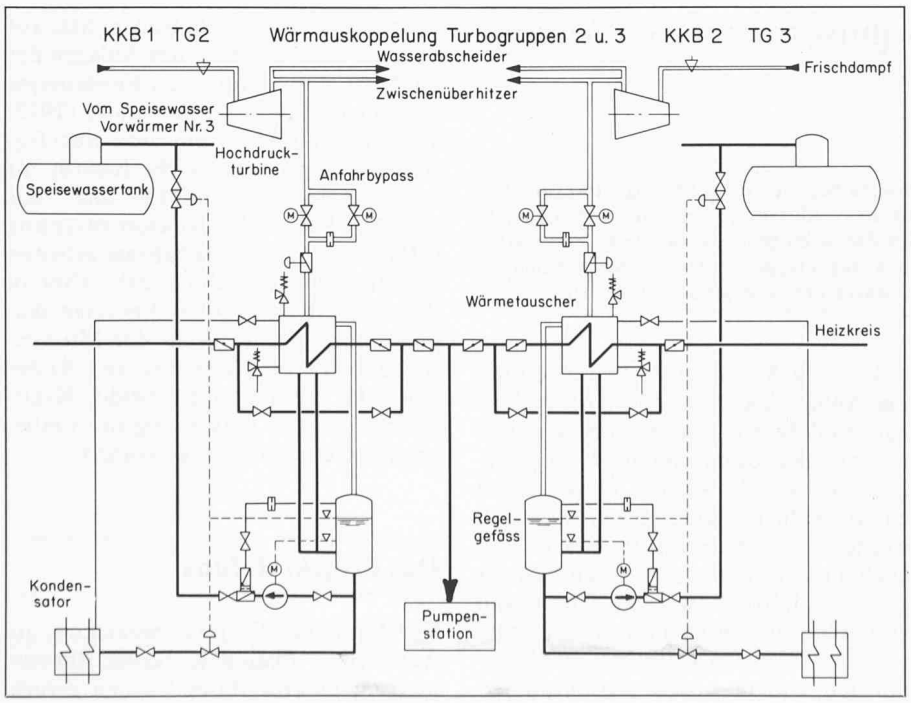
Das Hauptnetz

Dieses besteht aus einer Nordschlaufe von zweimal 6 km Länge in die Gemeinden Bösstein-Kleindöttingen, Döttingen und Lingnau und einer Südschlaufe von zweimal 13 km Länge in die Gemeinden Würenlingen, Endingen, Villigen, Stilli und Rüfenach sowie in das EIR und das SIN (Bild 2).

Die Wärmetransportleitungen zu den in jeder Gemeinde vorgesehenen Wärmeübergabestellen bestehen aus vorisolierten, direkt in den Boden verlegten Stahlrohren mit NW 400 in der Nähe der Wärmequelle Beznau und NW 100–300 im übrigen Hauptnetz.

Die Vorlauf- und Rücklaufleitung werden nebeneinander in einem 1,5 m breiten und 1,3 bis 1,5 m tiefen Graben verlegt. Pumpstationen entlang der Leitungen sorgen für den Transport des heissen Wassers. Die Wärmeübergabe an die kommunalen Feinverteilnetze erfolgt an mehreren Stellen. Das abgekühlte Wasser fliesst durch die Rücklaufleitung wieder zur Wärmequelle zurück. Die Wärmeverluste im Hauptnetz sollten bei voller Auslastung bei etwa 7 Prozent liegen.

Bild 1. Wärmeauskopplung der Turbogruppen 2 und 3



Die Ortsverteilnetze

Über das Gemeindenetz und die Hausanschlussleitungen wird die Wärme an die Endverbraucher abgegeben. Die Projektierung der Ortsnetze obliegt den Gemeinden. Darüber soll im folgenden Abschnitt Näheres ausgeführt werden.

Hausstationen

Jedes mit einer Zentralheizung ausgestattete Haus kann an die Fernwärme angeschlossen werden. Die Installation umfasst die dem Wärmelieferanten gehöhrende Übergabestation und die Hauszentrale, welche vom Hausbesitzer zu finanzieren ist.

Projektierung der Ortsnetze

Während das Ausführungsprojekt für das Hauptnetz von den Verfassern des Vorprojektes geplant worden ist, obliegt die Projektierung der Ortsnetze den Gemeinden. Die Ausarbeitung der Projekte ist auf dem Submissionsweg nach einheitlich formuliertem Leistungverzeichnis an Ingenieurgemeinschaften vergeben worden. Der Berichterstatter hat zusammen mit der Gruneko AG, Stein AG, die Ortsnetze von Villigen und Würenlingen bearbeitet, in welchen Gemeinden er durch seine bisherige Tätigkeit über die nötigen Ortskenntnisse und Informationen über Werkleitungen verfügte.

Für die Grobplanung konnte auf die Baugebietsausscheidung der Ortsplanung abgestellt werden. Sie gibt Aufschluss über die heutigen und künftigen Bauzonen mit ihren unterschiedlichen Nutzungen.

Die Projektbearbeitung wird in zwei Phasen abgewickelt. Phase I ist nur soweit zu bearbeiten, wie es für die Erstellung des Kostenvoranschlages und Darstellung des Projektes erforderlich ist. In einer zweiten Phase ist das Detailprojekt zu erstellen.

Wärmetechnischer Teil

Grundlage für die Auslegung des Versorgungsnetzes bildet eine seriöse Ermittlung des voraussichtlichen Jahres-Nutzwärmebedarfes. In Zusammenarbeit mit den gemeindeeigenen Energiekommissionen sind die ersten generellen Erhebungen überprüft und ausgewertet worden. Diese Erhebungen und die Abklärung der Anschlussbereit-

schaft lieferten die Projektdaten. Als Berechnungsparameter sind bei der Bedarfsschätzung aus Bauzonen verwendet worden

- Flächenabzug für die Erschliessung: 10%,
- Ausnutzungsziffer: gemäss Zonenplanung,
- Energiekennzahl: 550 MJ/m² - Bruttogeschossfläche,
- Jahresnutzungsgrad: 80%,
- Anschluss für Fernwärme: 75%.

Für die beiden Gemeinden ergibt sich folgende Wärmebedarfsbilanz für die Gesamtversorgung

- Villigen 8900 MWh/a,
- Würenlingen 29 000 MWh/a.

Bautechnischer Teil

Die Trassierung der Ortsnetzleitungen ist insofern eine nicht leichte Aufgabe, als sich diese auf das Strassennetz (öffentl. Grund) orientiert, in welchem bereits alle Versorgungsleitungen der übrigen Werkeigentümer liegen (PTT, TV, Elektr., Wasser, Kanalisation usw.).

Die Detailtrassierung hatte diesem Umstand Rechnung zu tragen, dass bestehenden Werkleitungen ausgewichen werden musste und dass bereits bekannte Projekte berücksichtigt werden mussten.

Die Projektierung erfolgte auf der Grundlage des Leitungskatasters im Massstab 1:500. Wo diese Angaben unvollständig waren, mussten die Leitungen geortet und die Pläne ergänzt werden. Hauptkriterien der Feintrassierung waren das

- Vermeiden von Längsüberdeckung bestehender Leitungen,
- Vermeiden von Leitungsführungen in stark belegten Strassen,
- Beachten von baulichen Hindernissen und Pflanzungen.

Zudem mussten für alle Projektabschnitte Längenprofile im Massstab 1:500/50 erstellt werden. Die Werkleitungen sind in einer Regeltiefe von 0,5 bis 1,3 m eingetragen worden, die Tiefe der Kanalisationen wurden den Ausführungsplänen entnommen. Das Fernwärmeprojekt ist in allen Längenprofilen unter Angabe des Gefälles, vertikaler Formstücke sowie der Sandeinbettung dargestellt. Vor- und Rücklaufwasser benötigen je einen Rohrstrang aus (Stahlrohren mit Wärmedämmschicht aus PUR-Hartschaum und einem Aussenmantel aus Polyäthylen (Bild 3). Mit eingeschäumt werden zwei Meldeadern für die Lecküberwachung.

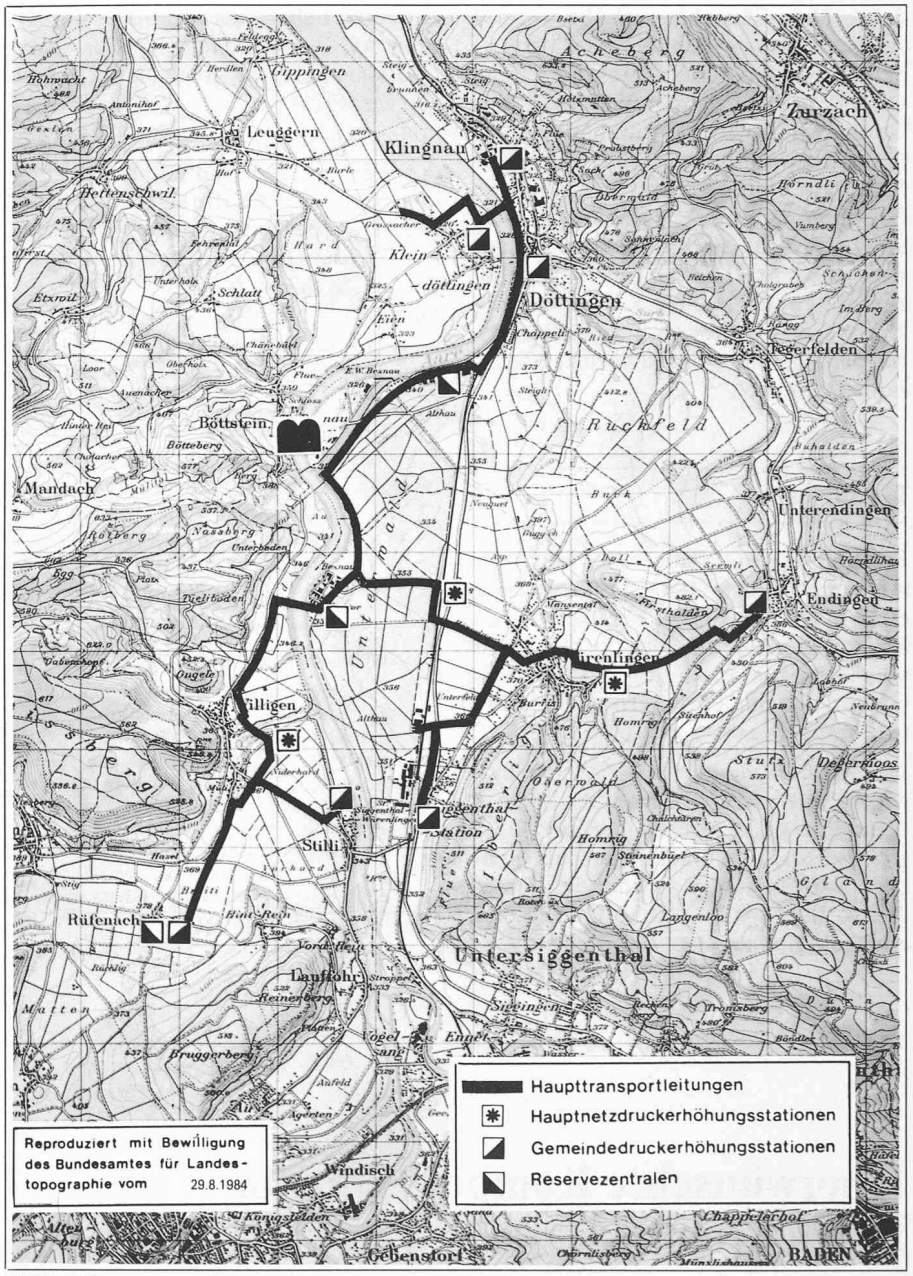


Bild 2. Haupttransportleitungen

Kosten

Investitionskosten

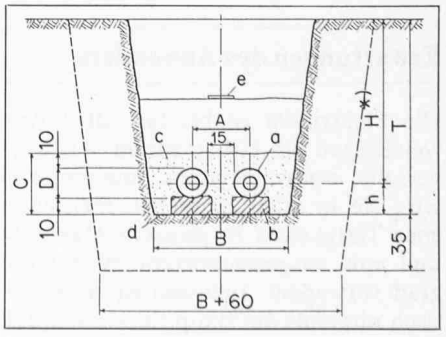
Die gesamten Investitionen für das Hauptnetz und die acht Ortsnetze dürften einen Aufwand von rund Fr. 65 Mio. erfordern. Die Bearbeitung der Ortsnetze der Gemeinden Villigen (915 Einw.) und Würenlingen (2850 Einw.) führte zu folgenden Voranschlägen:

	Villigen Fr.	*Würenlingen* Fr.
Ortsnetz		
Tiefbau	1 255 000.–	2 045 000.–
Rohrleitungen	920 000.–	1 516 000.–
Hausanschlüsse		
Tiefbau	556 000.–	1 460 000.–
Rohrleitungen	684 000.–	1 686 000.–
Total	3 415 000.–	6 707 000.–

Wärmekosten

Da in einer Gemeinde nicht jede Liegenschaft an die Fernwärmeversorgung angeschlossen werden kann, sollen die Kosten nicht mit Steuergeldern, son-

Bild 3. Einbau der Ortsnetzleitungen (Querschnitt), a Verbundmantelrohr, b Sandsäcke als Unterlage (rd. 15 cm dick), c Grobsand von Hand verdichtet, d maschinell verdichtete Grabensohle, e Trassewarnband



dern über Anschlussgebühren und Wärmetarif von den Bezügern aufgebracht werden. Die Anschlussgebühr variiert je nach Anschlussleistung und beträgt z.B. für 1 EFH (neu) mit 30 KW Anschlusswert etwa Fr. 8000.– bzw. Fr. 5000.– für eine Altbaute. Der jährliche Grundpreis wird ebenfalls gestaffelt und beträgt für den gleichen Anschlusswert etwa Fr. 1600.–. Der Wärmebezugspreis soll 5 Rp. per Kilowattstunde Nutzwärme, gemessen am Wärmezähler, betragen und für die nächsten sechs Jahre fest sein.

Finanzierung

Für den Bau und Betrieb des Fernwärmenetzes erfolgte 1983 die Gründung einer Aktiengesellschaft mit einer Beteiligung der Gemeinden in der Höhe von 51 Prozent, das übrige Aktienkapital wird von den Förderern (NOK, BBC usw.) aufgebracht.

Um den Gemeinden die Möglichkeit zu geben, ihre Ortsnetze als selbständiges Gemeindewerk zu betreiben und überall die Endabnehmer nach dem gleichen Tarif beliefern zu können, richtet die Refuna AG an die Gemeinden einen einmaligen Baubeitrag aus.

Die NOK haben sich gegenüber der Refuna AG zur Senkung der Kosten erfreulicherweise zu folgenden Leistungen verpflichtet:

☐ Die NOK übernehmen die Kosten der Wärmeauskopplung und der Rohrleitungen auf der Insel Beznau samt Leitungsbrücke über den Oberwasserkanal in der Höhe von etwa Fr. 9 Mio.
☐ Die NOK stunden die Kosten der Leitung bis zum EIR.
☐ Der von der Refuna an die NOK zu zahlende Wärmepreis verrechnet sich nach Massgabe der im Kernkraftwerk ausgefallenen Stromerzeugung. Dieser Preis entspricht demjenigen, den die NOK den Kantonswerken verrechnet.
☐ Der Wärmepreis ist bis 1990 fest.
☐ Die NOK gewähren auf den Wärmepreis im 1. Jahr einen Rabatt von 50 Prozent, der innert sechs Jahren auf Null abgebaut wird.

Die Gemeinden haben inzwischen die erforderlichen Baukredite beschlossen. Die Arbeiten wurden auf dem Submissionsweg losweise vergeben. Auf Herbst 1984 können bereits die ersten Bezüger mit Fernwärme versorgt werden.

Literatur

Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, Baden/Sulzer Energieconsulting AG, Winterthur: Techn. Bericht und Kostenvoranschlag Okt. 1982

K. Handl, dipl. Ing., Techn. Projektleiter Refuna: Das Projekt Refuna – eine reg. Fernwärmeversorgung

ARGE Ingenieure SIA R. Walter, Brugg/Gruneko AG., Stein AG, Ortsnetz Villigen. Techn. Bericht Sept. 1983; Ortsnetz Würenlingen. Techn. Bericht Mai 1983

Ausblick

Das untere Aaretal weist alle äusseren, infrastrukturellen Voraussetzungen für die Verwirklichung eines regionalen Fernwärmenetzes auf. Schon heute werden die beiden eidg. Institute problemlos mit Refunawärme beheizt. Der weitere Ausbau soll zügig vorangetrieben werden.

Mit dem Projekt Refuna wird an einem konkreten Beispiel aufgezeigt, wie Erdöl entscheidend substituiert, mit Fernwärme eine Region zu günstigen Konditionen versorgt und ein entscheidender Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden kann.

Adresse des Verfassers: *R. Walter,* dipl. Ing. ETH/SIA/ASIC, Ing.-Büro für allg. Tiefbau + Vermessung, 5200 Brugg.

Unerwünschte Komponenten im Starkstromnetz

Von Peter Zaruski, Zürich

Elektrizität ist die sauberste Energieform, die wir kennen. Ihre selbstverständliche Anwendung im täglichen Leben lässt vergessen, dass auch bei der Elektrizität Probleme der Reinhaltung bestehen. Störende Abweichungen im Starkstromnetz, wie Spannungsschwankungen, Impulse und Verzerrungen der Spannungskurve, können die Funktion von Geräten empfindlich beeinträchtigen. Betroffen sind vor allem Steuerungen, Messgeräte und Datenverarbeitungsanlagen. Die Störungsursachen sind oft schwer festzustellen und verlangen die Anwendung geeigneter Messinstrumente und Analysemethoden.

Erwartungen des Anwenders

Die Elektrizität ist bei fast allen Anwendungen ein Hilfsmedium. Als universelle, umweltgerechte Energieform wird sie in allen Bereichen menschlicher Tätigkeiten in grossem Massstab und mit ausgezeichnetem Wirkungsgrad verwendet. Indessen ist sie praktisch nirgends die Hauptfunktion eines Apparats oder einer Maschine; sie ermöglicht sie nur. Die Störfreiheit der Geräte und der weitgehend gefahrlose Umgang mit der Elektrizität haben im Laufe der Jahrzehnte gewisse Mindestforderungen an die Qualität elektrischer Grössen weniger wichtig erscheinen lassen. Dementsprechend wird vom Anwender als selbstverständlich vorausgesetzt, die verfügbare elektrische Spannung sei rein: Bei Wechselstrom habe sie die bekannte ideale Sinusform, und bei Gleichstrom sei sie so rein wie die Spannung einer Batterie.

Die Realität

In Wirklichkeit entspricht die angebotene Spannung nicht ganz dem erwarteten Ideal. Allerlei unerwünschte Komponenten im Starkstromnetz erschweren gelegentlich den fehlerfreien Betrieb der angeschlossenen Geräte. Seit etwa 20 Jahren zeichnen sich zwei gegenläufige Entwicklungen ab, die den sich mit Starkstrom befassenden Fachleuten bisweilen zu schaffen machen. Mit der zunehmenden Verwendung von Geräten der Leistungselektronik tritt eine Klasse von Verbrauchern in Erscheinung, die neben unbestrittenen Vorzügen auch unerwünschte Nachteile hat: Sie wirkt störend in das Starkstromnetz zurück. Etwa gleichzeitig hält die Mikroelektronik in zahllosen Gebieten einen triumphalen Einzug und läutet ein ganz neues Zeitalter ein. Aus mancherlei Gründen sind die Ge-