Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 70 (1979)

Heft: 24

Artikel: Wärmetechnik, Energie- und Kostenbilanz

Autor: Stooss, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905465

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.07.2025

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

Wärmetechnik, Energie- und Kostenbilanz

Von W. Stooss

1. Wärmequellen

1.1 Im Gegensatz zum konventionellen Fernwärmesystem, das zur Wärmeerzeugung am geeigneten Ort ein Heizwerk oder ein Heizkraftwerk erstellt, gingen wir von den vorhandenen Abwärmequellen aus. Als erstes musste deshalb ein *Abwärmekataster* der Region erstellt werden. Er umfasst: Kernkraftwerk Gösgen (KKG), 3 Müllverbrennungsanlagen (MVA), 37 Industrien, 3 Abwasserreinigungsanlagen (ARA), 5 natürliche geothermische Quellen sowie Oberflächen- und Tiefengrundwässer. Die Beurteilung, welche Quellen zur Nutzung herangezogen werden können, erfolgte nach verschiedenen Kriterien: Abwärmemenge, Temperatur, Verfügbarkeit, Reinheit, geografische Lage sowie der Bereitwilligkeit des Eigentümers, Abwärme überhaupt abzugeben.

In der Studie ist die Nutzung folgender Quellen vorgesehen:

KKG	1900 MW_{th}	32–41 °C	7000 h/a
MVA	4,1 MW_{th}	max. 60 °C	6000 h/a
4 Industrien Zofingen	4,3 MW_{th}	40–50 °C	2000 + 4000 h/a

Das KKG war bestimmend für die Höhe der Transporttemperatur und die Disposition der Transportleitung. Die Strategie der Wärmeentnahme ist aus Sicherheits- und Wirtschaftlichkeitsüberlegungen so aufgebaut, dass MVA und Industrie jederzeit ihre volle Abwärme abgeben können, während das KKG die Defizitdeckung übernimmt. Die Kosten pro gelieferte Wärmeeinheit verhalten sich zwischen KKG, MVA und Industrie etwa wie 1 : 1, 8 : 2,5. Verglichen mit den Endgestehungskosten im Haus sind das zwischen 3,5 und 8,5 %, also ein relativ geringer Anteil.

1.2 Die *Abwärmeentnahme aus dem KKG* erfolgt direkt aus dem Kühlturmkreislauf durch Ableitung eines Teils des Kühlwassers in das PLENAR-System (Fig. 1). Diese Entnahme hat den Vorteil, dass sie relativ einfach ist und keine Verluste der elektrischen Leistung und der Temperatur entstehen. Das dadurch zusätzlich nötige Frischwasser wird über die bestehende Wasserfassung aus der Aare bezogen, auf Kühlturmqualität aufbereitet und an das PLENAR-System abgegeben. Die Temperatur beträgt 32 °C im Winter bis 41 °C im Sommer.

Die *Wasseraufbereitung* bereitete uns einige Mühe. Das notwendige Wasser wird, wie bereits erwähnt, über die bestehende Wasserfassung des KKG der Aare entnommen und entsprechend aufbereitet. Aufgrund der langwierigen Abklärungen scheint eine Härtestabilisierung (zur Vermeidung von Eindickungs- und Verkrustungseffekten) und eine Enttrübung (zur Verhinderung von Erosion und Ablagerungen) notwendig. Die in der Studie vorgeschlagene Lösung der Sedimentation ist aufwendig und müsste bei einer Realisierung nochmals überprüft werden.

1.3 Von drei kleinen *Müllverbrennungsanlagen* der Region erhielt Oftringen vom Anlagezustand und Auslastungsgrad her erste Priorität. Oftringen, das heute noch keine Wärmenutzung hat, lässt sich relativ einfach über Luft-Wasser-Wärmetauscher anschliessen. Damit können pro Ofen 4,1 MW entnommen werden. Da im Moment jedoch zuwenig Kehricht für den gleichzeitigen Betrieb beider Öfen vorhanden ist, rechnet die Studie nur mit einem Ofen.

1.4 Im Industriegebiet von Zofingen gibt es vier *Industrien,* die in einer transport- und kostenwürdigen Grössenordnung liegen und total ungefähr 4,3 MW abgeben könnten. Die Analyse der erfassten Industrien betreffend Abwärmenutzung hat zu einigen interessanten Erkenntnissen geführt:

– Die Temperaturen liegen im allgemeinen unter 30 °C, da die heutigen Abwasservorschriften eine Verdünnung des warmen Abwassers mit Kaltwasser bis auf die gesetzlich vorgeschriebene Rückgabetemperatur verlangen. Eine Wärmeentnahme bedeutet daher in jedem Fall eine Trennung der bestehenden Kühlwassersysteme.

– Die Industrie lässt sich nicht gerne zu langfristiger Wärmeabgabe verpflichten, da der Fabrikationsprozess immer erste Priorität hat (interne Wärmerückgewinnung, Produktionsverlagerung usw.).

1.5 Weiter nutzbar sind *örtliche Wärmequellen* (Haushaltabwasser, Solarsysteme). Sie sind im allgemeinen nicht transportwürdig und sollen direkt beim Verbraucher genutzt werden.

Die Wärmenutzung aus den beiden *ARA Winznau und Oftringen* kommt vorläufig nicht in Frage, da in ihrer unmittelbaren Nähe keine günstigen Wärmebezüger liegen und sie ebenfalls nicht transportwürdig sind.

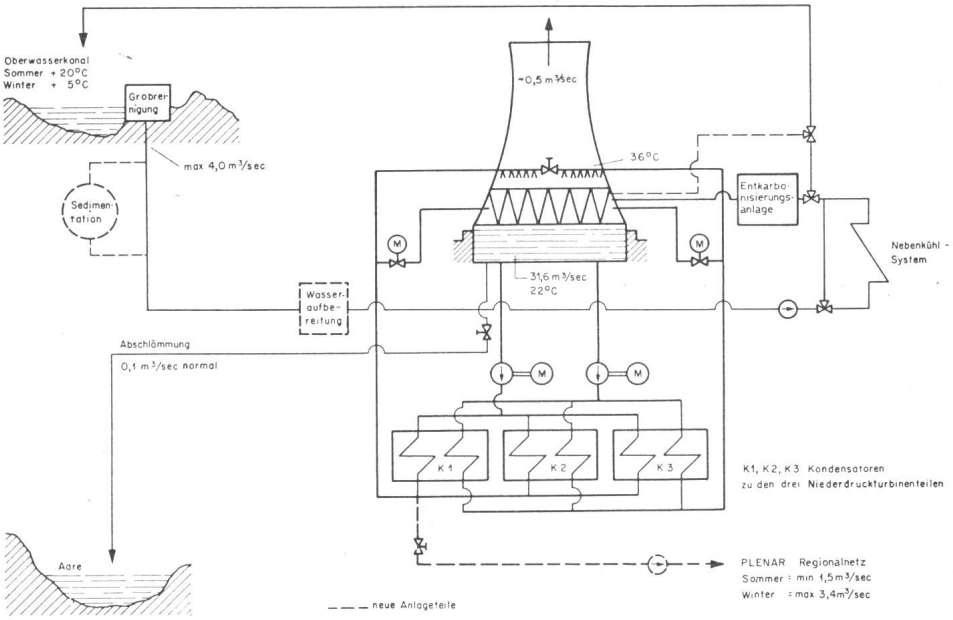

Fig. 1
Abwärme-Entnahme aus dem Kernkraftwerk Gösgen

Es besteht keine Gefahr radioaktiver Verschmutzung (Tertiärkreislauf). Für die untersuchte Region werden maximal 100 MW_{th} bezogen, was 5 % der Abwärmeleistung bzw. 2 % der Jahresabwärme des KKG ausmacht. Mit der vorzusehenen Schaltung könnte leicht das Vierfache bezogen werden, was die Wirtschaftlichkeit der Entnahme nochmals verbessern würde. Damit könnte man weitere Teile, wie beispielsweise die Region Aarau, anschliessen.

Eine Wärmenutzung aus *geothermischen* Tiefengrundwässern mit Bohrungen auf etwa 800–1000 m Tiefe wäre im Raum Olten möglich. Aus Kostengründen werden sie jedoch vorläufig nicht genutzt (Kostenfaktor 5 zur KKG-Abwärme).

Die Wärmenutzung aus *Laufwasser* oder *Grundwasser* kommt wegen der schlechten Qualität der Wärmequelle nur örtlich beschränkt in Frage; eine Nutzung aus Grundwasser sollte bereits aus gewässerschutztechnischen Gründen unterbleiben.

2. Transport

Die Übernahme des PLENAR-Wassers erfolgt beim Anschluss an den Kühlturmkreislauf. Das Wasser wird zunächst in der *zentralen Pumpstation* auf den notwendigen Systemdruck gebracht und danach über das Regional- und Ortsnetz den Verbrauchern zugeführt. Dabei besteht die Möglichkeit, die Wärme der MVA Oftringen sowie der Industrien in Zofingen via Wärmetauscher ins Netz einzugeben.

Das gewählte System ist ein offenes, niedertemperaturiges Einrohrsystem mit zirka 35 °C Transporttemperatur und 5–10 °C Rückgabetemperatur. Im Gegensatz zu konventionellen Fernwärmenetzen baut dieses System auf der einfachen und bekannten Wasserleitungstechnologie auf.

3. Verbraucher

3.1 Im Gegensatz zur konventionellen Fernwärme wird beim PLENAR-System die Wärme erst beim Verbraucher im sogenannten Wärmekollektiv bereitgestellt. Hier wird der konventionelle Heizkessel durch eine Wärmepumpenanlage ergänzt bzw. ersetzt. Die Wärmepumpe funktioniert bekanntlich wie ein umgekehrter Kühlschrank: Statt der kalten Seite wird die warme Seite genutzt. Eine Wärmequelle wird abgekühlt – in unserem Fall das PLENAR-Wasser – und auf der andern Seite ein Heizkreislauf damit aufgeheizt. Zum Antrieb der Wärmepumpe benötigt man Fremdenergie in Form von Elektrizität, Öl oder Gas, deren Anteil gemessen an der Heizwärme möglichst klein sein sollte. Dieser Zusammenhang wird mit der Leistungsziffer beschrieben. Die Heiztemperatur ist aus wirtschaftlichen und technischen Gründen begrenzt. Deshalb sollten die Hausheizungen nach Möglichkeit niedertemperaturig betrieben werden.

3.2 Das Wärmekollektiv umfasst neben der Wärmepumpe sämtliche Aufwendungen, die notwendig sind, um die Wärme aus dem Transportnetz abzunehmen, sie zu veredeln und an die bestehenden oder neuen Heizsysteme abzugeben.

Um zu wirtschaftlich günstigen Lösungen zu gelangen, werden im allgemeinen mehrere Gebäude zu einem Kollektiv zusammengeschlossen und über eine Sammelheizung versorgt. Das Wärmekollektiv als zentrales Element und grösster kostenbildender Faktor wurde bezüglich Funktion, Aufbau und Kosten anhand von drei unterschiedlichen Modellwärmekollektiven (Olten, Trimbach, Zofingen) detailliert studiert.

3.3 Als Wärmepumpen gelangen *Elektrowärmepumpen, Gaswärmepumpen* und *Dieselwärmepumpen* zur Anwendung. Dank spezieller Verdampferschaltung ist es bereits mit heutigen Wärmepumpen möglich, bei Heiztemperaturen von 60 °C Leistungsziffern von 3,7 bis 4,5 zu erreichen. Mit der Gas- und der Dieselwärmepumpe können dank der Nutzung der Motorwärme höhere Temperaturen erreicht werden. Aus Redundanzgründen ist die Dieselwärmepumpe der Gaswärmepumpe vorzuziehen.

Die Wärmepumpe übernimmt im PLENAR-System die niedertemperaturige Grundlast. Zur Spitzendeckung und für höhere Temperaturen werden mit fossilem Brennstoff befeuerte Heizkessel, die meist bereits vorhanden sind, eingesetzt. Beim PLENAR-System handelt es sich also um ein *bivalentes System* mit all seinen Vorteilen. Beispielsweise liegt der maximale Abwärme- und Fremdenergiebezug zwischen − 2 °C und + 5 °C Aussenlufttemperatur, was sowohl vom Elektrizitätswerk wie vom Gaswerk aus erwünscht ist.

3.4 Wir rechnen mit *typischen Kollektivgrössen* von 25, 100 und 250 Wärmebezügern, was vom kleinen Mehrfamilienhaus bis zu ganzen Siedlungen reicht. Die kleinen werden fast ausschliesslich mit Elektrowärmepumpen, die grossen bis zu einem Drittel mit Gas- und Dieselwärmepumpen ausgerüstet.

3.5 Die Investitionskosten pro Wärmebezüger liegen etwa bei 2100 Fr./WB. Im gesamten Gebiet rechnen wir mit der Erstellung von 370 bis 550 Wärmekollektiven.

4. Energiebilanz (Fig. 2)

Das Verbundgebiet umfasst 68 300 Wärmebezüger, die heute einen jährlichen Endenergiebedarf von 2850 TJ haben. Durch diese vorgeschlagene Art der Abwärmenutzung und Plenarisierung könnte der entsprechende Bedarf im Jahre 2000 auf 1060 bis 1600 TJ sinken. Damit könnte man jährlich zwischen 34000 und 48000 t Öl substituieren. Der entsprechende Mehrbedarf an elektrischer Leistung ist 10–17 MW; an Gas 21–29 TJ pro Jahr. Die mittlere Leistungsziffer der Elektrowärmepumpe liegt knapp über 4.

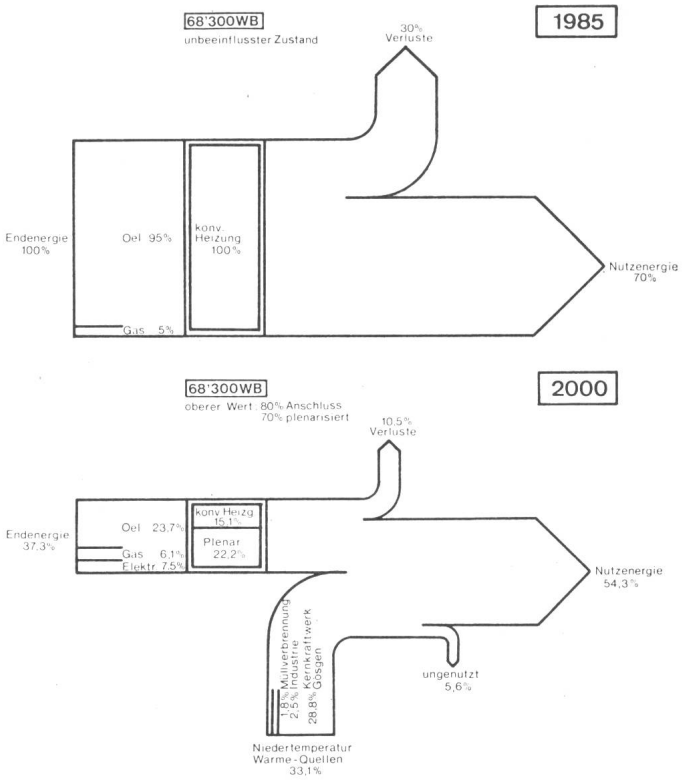

Fig. 2 Energiebilanz in den Jahren 1985 und 2000

5. Kosten

Die gesamten Investitionskosten liegen ohne Plenarisierung zwischen 135 und 171 Mio Franken, mit Plenarisierung zwischen 192 und 250 Mio Franken.

Die mittleren Gesamtgestehungskosten pro Wärmeeinheit betragen bei einem Ölpreis von 35 Fr./100 kg etwa 23 Fr./GJ, was im Bereich der heutigen Öl-Einzelgebäudeheizung liegt. Steigt der Ölpreis auf 50 Fr./100 kg, erhöht er sich nur geringfügig auf etwa 24 Fr./GJ. Damit wird das PLENAR-System gegenüber der Ölheizung wesentlich günstiger.

Adresse des Autors

W. Stooss, Masch.-Ing. HTL, Von Roll AG, Zentrale Entwicklungskoordination, 4563 Gerlafingen