Wärme-Kraft-Kopplung in Finnland

Autor(en): **Eskola, E. J.**

Objekttyp: **Article**

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 (Jahr): **70 (1979)**

Heft 10

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-905378

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

Wärme-Kraft-Kopplung in Finnland

Von E. J. Eskola

Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen können zu einer besseren Energienutzung beitragen. Deshalb wird in Finnland, das zu rund 75% auf importierte Energieträger angewiesen ist, diese Energieerzeugungsmethode von seiten der Industrie und der Behörden wirkungsvoll unterstützt.

Les installations de production combinée de chaleur et d'énergie électrique permettent d'utiliser plus rationnellement l'énergie. La Finlande, dont l'approvisionnement en énergie dépend dans une proportion de 75% de l'étranger, a reconnu ce fait, et tant l'industrie que les autorités y s'efforcent de développer ce mode de production.

1. Allgemeines

Die eigenen Energieressourcen Finnlands sind relativ gering, hingegen liegt der Energieverbrauch pro Kopf der Bevölkerung sehr hoch. Ein bedeutender Anteil des gesamten Energieverbrauchs wird infolge des kalten Klimas für Raumheizzwecke benötigt. In schwach besiedelten Gebieten erfordert auch der Verkehr relativ viel Energie. Zusätzlich sind für die Förderung und Bearbeitung der wichtigsten einheimischen Rohstoffe, die eine Schlüsselstellung in der finnischen Wirtschaft einnehmen, grosse Energiemengen erforderlich.

Dieser hohe Energiebedarf, verbunden mit den geringen eigenen Energieressourcen, haben in Finnland zu einer rationellen Energieverwendung geführt. So hat die Wärme-Kraft-Kopplung in der Industrie und für Fernheizzwecke schon vor der Ölkrise in grossem Ausmasse Eingang gefunden. Aufgrund der verfügbaren Unterlagen kann gesagt werden, dass Finnland auf dem Sektor der Wärme-Kraft-Kopplung einen der ersten Plätze in der Welt einnimmt.

2. Wärme-Kraft-Kopplung in der Industrie

Die Entwicklung der Produktion elektrischer Energie in industriellen Gegendruckanlagen geht aus der Tabelle I hervor.

Die Stromerzeugung in Gegendruckanlagen, gekoppelt mit der Wärmeproduktion für Trocknungs- und Wärmeprozesse

Tabelle I

	1960 TWh	1975 TWh	1990 TWh
Holz- und Papierindustrie	1,6	4,2	7,2
Ölraffinerien	–	0,2	0,5
Chemische Industrie	0,0	0,2	0,4
Andere Industrien	0,0	0,1	0,3
Total	1,6	4,7	8,4

in der Forstindustrie (Holz- und Papierindustrie), hält heute den weitaus höchsten Anteil. Ein erheblicher Anstieg der Gegendruck-Stromerzeugung ist jedoch auch in Ölraffinerien sowie in der Nahrungs-, Textil- und chemischen Industrie zu erwarten.

Die durchschnittliche Jahreszuwachsrate der industriellen Gegendruck-Stromerzeugung betrug in den Jahren 1961 bis 1975 etwa 7,4%. In den achtziger Jahren dürfte das jährliche Wachstum rund 4% betragen, sofern das Bruttosozialprodukt um 3% und die Industrieproduktion um 4% pro Jahr zunimmt.

Mehr als die Hälfte des Wärmebedarfs der Forstindustrie wurde im Jahre 1960 in Gegendruckanlagen erzeugt. Für die gesamte Industrie lag dieser Prozentsatz etwas tiefer, nämlich bei rund einem Drittel. Die Wärme wurde hier für Industrieprozesse und zur Beheizung von Industriebetrieben benötigt. Mitte der siebziger Jahre erreichte die Wärmeerzeugung aus der Wärme-Kraft-Kopplung in der Forstindustrie bereits 70%, während der Anteil für die gesamte Industrie auf 45% stieg. Diese Anteile lassen sich ohne spezifische Massnahmen kaum noch weiter erhöhen. Strukturänderungen in der Industrie üben selbstverständlich einen gewissen Einfluss auf den Anteil der Wärme-Kraft-Kopplung aus. Es ist anzunehmen, dass die Produktion der Forstindustrie weniger rasch zunehmen wird als die durchschnittliche Industrieproduktion, was bedeutet, dass der Anteil der Wärmeversorgung der Industrie im gesamten aus Gegendruckanlagen in Zukunft etwas sinken dürfte.

3. Fernheizkraftwerke

Die Entwicklung der Nutzwärmeabgabe für Wohngebäude ist in der Tabelle II wiedergegeben.

Aus der Tabelle II ist ersichtlich, dass die Fernheizung ein grosses Zukunftspotential besitzt (44% der beheizten Gebäude im Jahr 1990). Auch die Elektroheizung wird in ländlichen Gebieten wesentliche Zuwachsraten zu verzeichnen haben, während Öl- und Holzheizungen abnehmen werden.

Fernwärme wird auch für die Beheizung von Industriebetrieben benötigt. Der Fernwärmebezug erreichte im Jahre 1975 0,9 TWh, was einem Anteil von 2% des gesamten industriellen Wärmebezugs entspricht. Die Entwicklung der Fern-

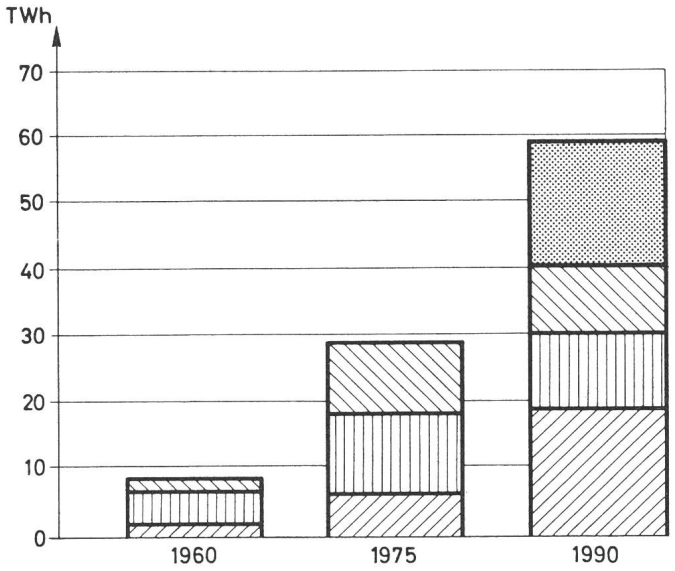

Fig. 1 Elektrizitätserzeugung

Kernkraftwerke

Konventionelle Kondensationskraftwerke und andere

Wasserkraft

Wärme-Kraft-Kopplung

Tabelle II

	1960 TWh	1975 TWh	1990 TWh
Fernheizung	0,6	6,8	23,3
Elektroheizung	0,0	2,0	4,8
Individuelle Ölheizung	2,5	26,7	23,1
Individuelle Holzöfen	18,2	8,6	1,3
Total	21,3	44,1	52,5

Tabelle III

	1960 TWh	1975 TWh	1990 TWh
Fernwärmeerzeugung total	0,7	8,2	27,8
Fernwärme aus Wärme-Kraft-Kopplung	0,0	5,0	20,9
Elektrizität aus Fernheizkraftwerken	0,0	1,9	10,7

wärmeerzeugung und des Koppelprodukts Elektrizität ist in der Tabelle III aufgeführt.

Der Fernwärmeanteil, der in Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen über Turbinen erzeugt wird, dürfte von 60 % im Jahre 1975 auf 75 % im Jahre 1990 ansteigen. In derselben Zeitspanne dürfte das mittlere Strom/Wärme-Verhältnis von 40 auf 50 % zunehmen.

Die finnischen Fernheizkraftwerke arbeiten vorwiegend mit Gegendruck- und Entnahme-Kondensationsturbinen. Im Gebiet von Helsinki werden die Anlagen mit Kohle befeuert. Die vier Binnen-Fernheizkraftwerke besitzen Torf-Feuerung, während die übrigen mit Heizöl betrieben werden. Die erste Gas/Dampf-Turbine wurde 1977 in einem Fernheizkraftwerk in Betrieb genommen. Die Befeuerung erfolgt mit Erdgas und Heizöl.

Die kombinierte Erzeugung von Fernwärme und elektrischer Energie in Kernkraftwerken wird für Helsinki seit einigen Jahren geprüft. Nach ersten Plänen sollte die erste 1000-MWe-Anlage bereits Anfang der achtziger Jahre ihren Betrieb aufnehmen. Heute scheint es, dass die Inbetriebnahme kaum vor 1990 erfolgen kann, weil tiefere Energiezuwachsraten zu verzeichnen und Schwierigkeiten bei der Standortwahl aufgetreten sind.

4. Der Stellenwert der Wärme-Kraft-Kopplung für die Stromversorgung

Die Struktur der finnischen Elektrizitätsversorgung geht aus der Tabelle IV hervor.

Für die Jahre 1976 bis 1990 werden die mittleren jährlichen Zuwachsraten der Stromerzeugung aus Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen auf über 7 % geschätzt. In den Jahren 1961 bis 1975 betrug die jährliche Steigerung fast 10 %. Die entsprechenden Zahlen für den Landesverbrauch an elektrischer Energie betragen zwischen 5 und 8,3 %. Im Jahre 1990 dürften Kernkraftwerke und Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen je etwa einen Drittel zur gesamten Stromproduktion Finnlands beitragen (s. Fig. 1). Bereits im Jahre 1977 betrug der Anteil aus Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen rund 26 %.

Eine besonders rasche Entwicklung dürften die Fernheizkraftwerke zu verzeichnen haben. Bis zum Jahre 1990 wird diese Zunahme auf rund das Fünffache des Standes von 1975 geschätzt. Hingegen dürften die Wachstumsraten der Gegendruck-Stromerzeugung diejenigen des Stromverbrauchs nicht ganz erreichen.

5. Wirtschaftlichkeit der Wärme-Kraft-Kopplung

Aus der Tabelle V ist die Primärenergiebilanz der Verbrauchssektoren für verschiedene Jahre ersichtlich.

Um den Energiespareffekt der Wärme-Kraft-Kopplung bestimmen zu können, sind vorerst in einem Modell die Verhältnisse ohne diese Energieerzeugungsmethode zu ermitteln. Dabei wird angenommen, dass die Wärme in separaten Kesselanlagen mit einem Wirkungsgrad von 80 % und die elektrische Energie in Kondensations-Wärmekraftwerken mit einem Wirkungsgrad von 35 % erzeugt wird.

Aufgrund der getroffenen Annahmen würde der zusätzlich erforderliche Primärenergiebedarf ohne Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen die in Tabelle VI angegebenen Werte erreichen.

Aus der Tabelle VI ist ersichtlich, dass die Wärme-Kraft-Kopplung erhebliche Primärenergieeinsparungen erlaubt. Daneben ergibt sich durch die Produktionsmethode auch die Möglichkeit der wirtschaftlichen Nutzung der einheimischen Energieträger Torf und Holz in grossen Kraftwerkanlagen. Zusätzlich können dadurch auch Abfallbrennstoffe aus der Forstindustrie verwertet werden.

Durch den besseren Nutzungsgrad und die Verwendung von schwefelärmeren einheimischen Brennstoffen ermöglicht die Wärme-Kraft-Kopplung eine umweltschonendere Betriebsweise. Industrielle Gegendruck-Dampfkraftwerke reduzieren auch Gewässerverschmutzungen, da gewisse Abfallprodukte,

Tabelle IV

	1960 TWh	1975 TWh	1990 TWh
Wasserkraft	5,2	12,0	11,7
Kernkraft	0,0	0,0	18,9
Konventionell-thermische Erzeugung	1,6	6,5	5,9
Stromimport	0,4	4,0	4,0
Wärme-Kraft-Kopplung	1,6	6,6	19,1
Total	8,8	29,1	59,6
Anteil der Wärme-Kraft-Kopplung (%)	18	23	32

Tabelle V

	1960	1975	1990
	in Millionen Tonnen Erdöleinheiten		
Industrie (davon über Wärme-Kraft-Kopplung)	3,0 (1,1)	5,6 (2,8)	9,3 (9,3)
Heizung (inkl. Fernwärme) (davon über Wärme-Kraft-Kopplung)	3,9 (0,0)	6,1 (0,7)	7,4 (3,3)
Übrige Stromerzeugung	2,1	5,5	9,7
Verkehr und übrige Sektoren	1,5	4,2	6,8
Total	10,5	21,4	33,2
Anteil der Wärme-Kraft-Kopplung (%)	10	16	24

Tabelle VI

	1960	1975	1990
	in Millionen Tonnen Erdöleinheiten		
Industrie	0,2	0,6	1,1
Fernwärme und Elektrizität	0,0	0,2	1,3
Total	0,2	0,8	2,4
Einsparung an Primärenergie	2%	4%	7%

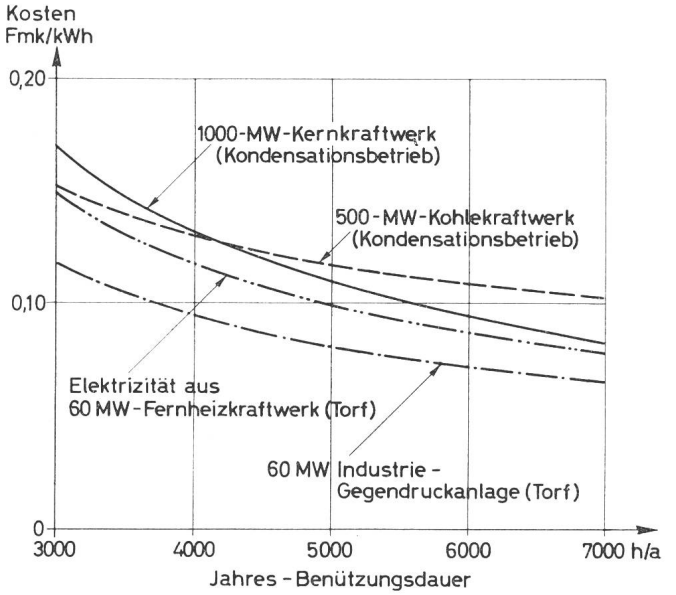

Fig. 2 Stromgestehungskosten aus Gegendruck- und aus Kondensationskraftwerken

die heute verfeuert werden können, früher oft in die Gewässer gelangten.

Die Wirtschaftlichkeit der Wärme-Kraft-Kopplung geht aus einem Vergleich der in Figur 2 aufgetragenen Stromgestehungskosten für Gegendruck- und Kondensations-Dampfkraftwerke (Stand 1977) hervor. Bei der Ermittlung der Stromgestehungskosten wurde angenommen, dass die mit Torf und Kohle befeuerten Kraftwerke 5% ihres gesamten Brennstoffbedarfs mit schwerem Heizöl decken. Die Verzinsung des investierten Kapitals wurde mit 10%, die Abschreibungsdauer mit 25 Jahren angenommen.

Aus dieser Untersuchung geht hervor, dass die industrielle Stromerzeugung in Gegendruckanlagen sehr wirtschaftlich ist. Elektrizität aus Fernheizkraftwerken ist auch günstiger als solche aus Kernkraftwerken. Hingegen ist in Kernkraftwerken erzeugte Elektrizität kostengünstiger als solche aus Kohlekraftwerken, sofern die jährliche Ausnutzungsdauer der installierten Kraftwerksleistung 4000 h übersteigt.

6. Zukunftsperspektiven der Wärme-Kraft-Kopplung in Finnland

Die voraussehbare Entwicklung der internationalen Energiesituation übt einen erheblichen Einfluss auf die nationale Energiepolitik aus. Bereits in den achtziger Jahren ist ein Engpass bei der Erdölversorgung möglich, was den Ölpreis beeinflussen dürfte. Länder mit einem hohen Erdölanteil am Gesamtenergieverbrauch müssen sich deshalb rechtzeitig auf diese Situation einstellen und entsprechende Massnahmen vorbereiten.

Finnland ist sehr stark auf importierte Brennstoffe angewiesen. Nur rund 25% des Gesamtenergieaufkommens stammen aus einheimischen Energieträgern. Nicht zuletzt deshalb ist der Gedanke des Energiesparens und die stärkere Nutzung der einheimischen Energieträger in Finnland immer auf fruchtbaren Boden gefallen. Die Wärme-Kraft-Kopplung ist ein wesentlicher Stützpfeiler für diese energiepolitischen Zielsetzungen. Die Hauptprobleme bei der Förderung der kombinierten Erzeugung von Wärme und elektrischer Energie liegen einerseits bei der Finanzierung, andererseits bei den neuartigen Technologien, die sich bei der Verwendung von Torf in Grossanlagen stellen.

Die finnische Regierung hat dem Parlament im März 1978 einen Bericht über ihre Energiepolitik vorgelegt, der folgende Richtlinien in bezug auf die Weiterentwicklung der Wärme-Kraft-Kopplung enthält:

«Die Wärme-Kraft-Kopplung in der Industrie und in der Gemeindeversorgung trägt wesentlich zur besseren Energienutzung bei. Die Regierung wird alle Massnahmen zur Förderung der Wärme-Kraft-Kopplung, zum Beispiel über die Tarifpolitik, die Finanzierung, die Baulanderschliessung und die Gesetzgebung, unterstützen. Die Verwendung von industrieller Abwärme zur Beheizung von kraftwerknahen Gemeinden wird gefördert. Alle neuen Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen sollen für die Verwendung verschiedener Energieträger ausgebaut werden mit Priorität der einheimischen Energieträger.»

Adresse des Autors

E. Eskola, Ministry of Trade and Industry, Energy Department, Rautatieläisenkatu 6, SF-00520 Helsinki 52.