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: 74 (1983)

Heft: 4

Artikel: Elektrische Raumheizung in der Schweiz

Autor: Mutzner, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904766

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: 10.12.2025

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

Elektrische Raumheizung in der Schweiz

J. Mutzner

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich, unter Ausklammerung der technischen Belange, auf allgemeine Aspekte der Entwicklung der elektrischen Raumheizung. Die Möglichkeiten und Grenzen einer energiewirtschaftlich sinnvollen Eingliederung der Elektroheizung in das schweizerische Stromversorgungsnetz werden aufgezeigt.

L'article suivant se rapporte, excepté les problèmes techniques, à des aspects généraux concernant l'évolution du chauffage électrique des locaux. Il est question des possibilités et des limites d'une intégration utile du chauffage électrique, au niveau de l'économie énergétique, dans le réseau d'approvisionnement suisse.

1. Einleitung

Etwa 85% der schweizerischen Wohnungen werden zur Zeit dezentral mit Heizöl extra leicht beheizt. Weitere je rund 4% entfallen auf Gas und auf Elektrizität und der bescheidene Rest auf Fernwärme, Koks, Holz oder Kombinationen mit verschiedenen Energieträgern. Die sich weltweit in den letzten Jahren verschärfende krisenhafte Situation auf dem Primärenergiemarkt bewirkt, dass die extreme Ausrichtung der Schweiz auf die Heizölfeuerung, insbesondere der im letzten Jahrzehnt fast ausschliesslich installierte Kombikessel (d. h. Erzeugung von Raumheizwärme und Brauchwarmwasser im gleichen Kessel), ihren Kulminationspunkt in bezug auf Verbreitung überschritten haben dürfte. Praktische Alternativen bieten die Gasfeuerung und die elektrische Raumheizung, in bescheidenem Ausmass auch das Holz. Die Sonnenenergie dürfte infolge ihrer geringen Energiedichte kaum je in nennenswertem Ausmass zur Nutzung für Raumheizzwecke in Frage kommen (ausser für die passive Nutzung über die direkte Einstrahlung). Besonders bemerkenswert ist die Entwicklung der elektrischen Heizenergie, die bis zum Jahre 1970 nur vereinzelt für Kirchenheizungen, in einzelnen, wenig benutzten Ferienhäusern sowie für Kleinheizgeräte Anwendung gefunden hatte. Sie hatte in den letzten zehn Jahren Zuwachsraten von jährlich über 20% zu verzeichnen.

Die überproportionale Steigerung der Heizölpreise wie auch das zunehmende Bewusstsein von der enormen Abhängigkeit vom erschöpfbaren Erdöl haben zu dieser Entwicklung beigetragen. Die elektrische Raumheizung kann einen wichtigen Beitrag zur Substitution des Erdöls leisten, wenn auch die Möglichkeiten – wie dies später noch im Detail dargelegt wird – relativ beschränkt sind.

2. Die Entwicklung der elektrischen Raumheizung

2.1 Die bisherige Entwicklung

2.1.1 Widerstandsheizungen

Die Tabelle I gibt die Entwicklung der elektrisch beheizten Wohnungen in Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie die entsprechenden installierten

Elektrisch beheizte Wohnungen
(mit fest installierten Anlagen über 5 kW)

Tabelle I

Winter	Anzahl Anlagen Stand per 1. 1.	Installierte Leistung	Jahresverbrauch[1])
		MW	GWh
1970/71	3 700	62	43
1971/72	5 200	97	67
1972/73	8 100	140	100
1973/74	13 900	256	216
1974/75	19 200	331	287
1975/76	30 300	500	413
1976/77	36 500	590	490
1977/78	47 500	710	625
1978/79	57 500	845	745
1979/80	70 000	1070	900
1980/81	86 000	1300	1110
1981/82	102 000	1520	1350

[1]) Schätzung bei mittleren Wintertemperaturen

Adresse des Autors
J. Mutzner, dipl. Ing. ETH, Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, 8023 Zürich.

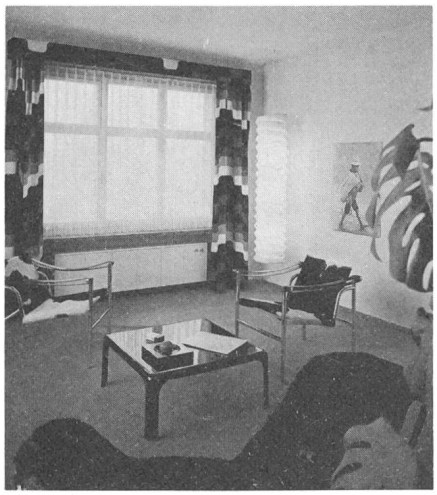


Fig. 1 Beispiel eines Elektro-Mischheizspeichers

Mischheizspeicher sind Kombinationen von Speicher- und Direktheizungen. Der Direktheizanteil (etwa 30%) dient zur Deckung des Spitzenbedarfs und zur Temperatur-Feinregulierung.

Leistungen und Jahresverbrauchswerte für die Jahre 1970 bis 1982 wieder. Es handelt sich dabei nur um die fest installierten Anlagen mit einer Leistung über 5 kW. Zusätzlich bestehen in der Schweiz rund 1,5 Millionen elektrische Kleinheizgeräte (mobile Heizlüfter, Wandstrahler usw.), die jährlich im Wohnbereich rund 300 bis 400 GWh (1 GWh = 1 Mio kWh) benötigen. Gesamthaft gesehen wurden im Winter 1981/82 rund 1700 GWh elektrische Energie für Raumheizzwecke in Haushaltungen verwendet. Dies entspricht etwa 16% des gesamten Haushaltstromverbrauches und rund 4% des gesamten Jahresstromverbrauches der Schweiz. Die Entwicklung des Anteils der elektrischen Raumheizung am gesamten Stromverbrauchszuwachs ist aus der Figur 2 ersichtlich. Daraus geht auch hervor, dass der Zuwachs des «Normalkonsums», mit Ausnahme des hydrologischen Jahres 1974/75, immer erheblich über demjenigen für die elektrische Raumheizung lag. Im Dienstleistungssektor, im Gewerbe und in der Industrie hat die elektrische Raumheizung nicht diesen grossen Stellenwert. Die Tabelle II zeigt die Entwicklung in der Periode 1970 bis 1982. Der nicht in der Tabelle aufgeführte Elektrizitätsverbrauch von Kleinheizgeräten kann für den Winter 1981/82 auf zusätzlich etwa 100 GWh geschätzt werden.

Interessant ist die Aufteilung des Stromeinsatzes auf die Speicher- und Direktheizsysteme (Tabelle III). Insbesondere fällt der hohe Direktheizanteil im Dienstleistungssektor auf[1]).

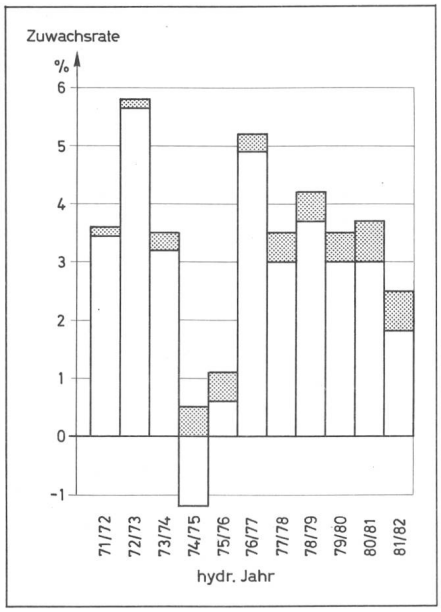


Fig. 2 Anteil der Elektroheizung am jährlichen Stromverbrauchszuwachs

Stromverbrauchszuwachs infolge neu installierter Elektroheizungen

Stromverbrauchszuwachs des «Normalkonsums»

Elektrisch beheizte Gebäude in Gewerbe, Dienstleistungssektor und Industrie
(mit fest installierten Anlagen über 5 kW)

Tabelle II

Winter	Anzahl Anlagen	Installierte Leistung	Jahresverbrauch
		MW	GWh
1970/71	1 440	39	19
1971/72	1 680	59	34
1972/73	1 850	70	42
1973/74	2 700	91	62
1974/75	3 100	113	73
1975/76	4 700	142	95
1976/77	5 500	155	110
1977/78	6 500	170	130
1978/79	7 500	195	155
1979/80	8 500	230	180
1980/81	9 500	260	205
1981/82	11 500	295	235

Speicher- und Direktheizanteile
(Stromverbrauch im Winter 1982/83

Tabelle III

	Direktheizung	Speicherheizung	Jährliche Ausnutzungsdauer der installierten Leistung
	%	%	h
Einfamilienhäuser	24	76	900
Mehrfamilienhäuser	18	82	850
Verwaltungs- und Geschäftsgebäude, Kirchen usw.	49	51	820
Total der fest installierten Raumheizanlagen über 5 kW	26	74	880

2.1.2 Wärmepumpenanlagen

Neben der elektrischen Widerstandsheizung stösst die elektrisch betriebene Wärmepumpe in letzter Zeit auf vermehrtes Interesse. Wärmepumpen erlauben es, die elektrische Energie besser als bisher für Heizzwecke zu nutzen, die installierten Leistungen wesentlich zu senken und damit der volkswirtschaftlichen Notwendigkeit des Ersatzes des Erdöls fast optimal zu entsprechen. Eine Statistik über die angeschlossenen Wärmepumpenanlagen besteht erst seit dem Jahre 1978. In

[1]) *Direktheizsysteme:* Die Energieaufnahme und -abgabe fallen zeitlich zusammen. Der Strombezug erfolgt zum überwiegenden Teil in der Hochtarifzeit.

Speicherheizsysteme: Die Wärmeabgabe findet zeitlich verschoben gegenüber der Stromaufnahme statt. Die Wärmespeicherung erfolgt entweder dezentral (Raumheizspeicher) oder zentral (Blockheizspeicher). Speicherheizungen werden mit Niedertarifenergie aufgeladen (nachts). Oft besteht die Möglichkeit, während des Tages im Hochtarif bei Bedarf während einiger Stunden nachzuladen. Die Tages-Nachladung erlaubt eine Reduzierung der installierten Heizleistung.

Elektrisch betriebene Wärmepumpenanlagen Tabelle IV

	Anzahl Anlagen	Installierte Leistung	Jahresverbrauch
		MW	GWh
Haushaltsektor	3640	37,9	51
Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft	320	7,7	11
Dienstleistungssektor	140	12,7	28
Total	4100	58,3	90

Theoretisches Substitutionspotential aus der Sicht des Verteilnetzes für Raumheizung und Warmwasserbereitung [1] Tabelle V

Hydrologisches Jahr	Jahreshöchstlast Gesamtnetz MW	Theoret. Substitutionspotential GWh
1979/80	7200	4300
1984/85	8370	5000
1989/90	9460	5600

der Tabelle IV sind die Werte für das Jahr 1981 zusammengefasst. Die Gesamtzahl von 4100 Anlagen[2]) ist insgesamt betrachtet noch sehr bescheiden, in den nächsten Jahren kann aber mit einem erheblichen Anstieg solcher Anlagen gerechnet werden.

In einigen Kantonen bestehen behördliche, den Anschluss von Wärmepumpenanlagen einschränkende Bedingungen, die vor allem aus Gründen des Gewässerschutzes erlassen wurden. Diese Einschränkungen beziehen sich demzufolge vor allem auf Wärmepumpenanlagen, die als Umweltwärmemedium Wasser (Fluss, Grundwasser) verwenden. Für solche Anlagen besteht aber eine Empfehlung des Bundes [1], wonach es unzweckmässig ist, die Entwicklung solcher Wärmepumpen-Anlagen durch hohe Gebühren und Abgaben zu erschweren. Allerdings bringt der vermehrte Einsatz der Wärmepumpenheizung den Elektrizitätswerken einige zusätzliche technische Probleme, insbesondere durch die Netzrückwirkungen beim Anlauf und Betrieb der Kompressor-Motoren [4].

Der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke empfiehlt seinen Mitgliedwerken, den Anschluss von Wärmepumpenanlagen wohlwollend zu behandeln [4]. Davon ausgeschlossen sind nur Anlagen, die nicht für die volle Heizleistung ausgelegt sind und bei tiefen Temperaturen eine elektrische Zusatzheizung oder sogar die volle Übernahme der Kältespitze erfordern. Diese Forderung ist aufgrund einer rationellen Ausnützung der bestehenden Netzkapazitäten erforderlich.

Als Wärmeverteilsystem kommt zur Zeit vor allem die Fussbodenheizung zur Anwendung, die sich aufgrund der relativ tiefen benötigten Temperaturen für den Wärmepumpeneinsatz besonders eignet.

[2]) Nach der A.W.P.-Statistik sind bereits über 6000 Anlagen installiert.

2.2 Vorausschau auf die zukünftige Entwicklung

Die Anschlusspraxis der Elektrizitätswerke hängt nicht zuletzt mit der Frage zusammen, wieviele Elektroheizungen ohne wesentliche Verstärkungen des Versorgungsnetzes noch zugelassen werden können. Die zur Anwendung gelangenden Tarife und Anschlussbedingungen sind für die Wirksamkeit von Substitutionsmassnahmen wesentlich.

Im Rahmen des 6. Zehn-Werke-Berichtes [2], einer Vorschau der Elektrizitätswirtschaft auf die Elektrizitätsversorgung der Schweiz 1979 bis 1990, wurde die Frage untersucht, wieviel elektrische Energie zusätzlich für die Substitution von Erdöl zur Wärmeversorgung verteilt werden kann, ohne grössere Investitionen in das bestehende Übertragungs- und Verteilnetz zu tätigen.

Die bestehenden Netze sind im allgemeinen mit einer gewissen Leistungsreserve ausgelegt, die in Niederspannungsverteilanlagen im Mittel rund 10 bis 20% des maximalen Leistungsbedarfes ausmacht. Für die elektrische Energie, die zur Substitution über die gesamte Heizperiode verteilt werden kann, ist die Verteilkapazität am kältesten Tag, an welchem der grösste Heizenergiebedarf auftritt, entscheidend. Die im Rahmen der Netzkapazität und ohne Überschreiten der Höchstlast am kältesten Tag verteilbare Energiemenge ist in der Tabelle V wiedergegeben.

Dieses theoretische Substitutionspotential kann nicht vollständig ausgenutzt werden. Um dem Gesichtspunkt der Förderung von anderen Raumwärmesystemen in Gebieten hoher Wärmedichte (Fernwärme, Gasheizung) Rechnung zu tragen, wurden diejenigen Gemeinden für die elektrische Raumheizung ausgeklammert, die eine bestimmte Mindesteinwohnerzahl und gleichzeitig eine bestimmte Mindesteinwohnerdichte aufweisen sowie solche, bei denen eine Gasversorgung in Frage kommt. Diese Gebietsausscheidung führt zu einem Potential für die übrigen Energieträger, welches dem Wärmepotential von rund 60% der Ge-

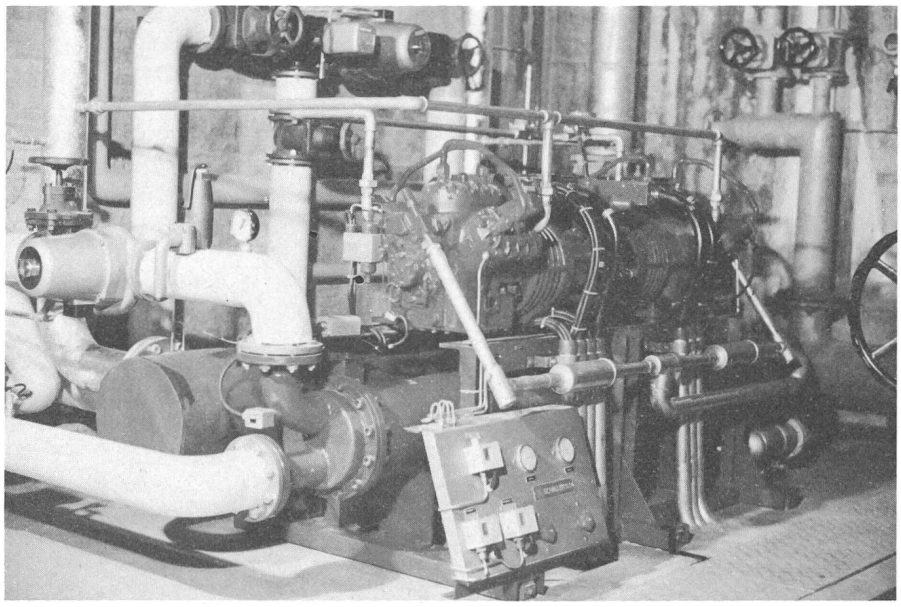


Fig. 3 Wärmepumpenanlage zur Heizung eines Kraftwerkes

Prognose der Raumheizungsentwicklung nach dem 6. Zehn-Werke-Bericht [2]

Tabelle VI

Hydrologisches Jahr	Jahr	Davon im Winterhalbjahr	Prognostizierter jährlicher Zuwachs
	GWh	GWh	%
1979/80	1100	900	16
1984/85	2300	1885	8
1989/90	3400	2790	

samtbevölkerung entspricht. Entsprechend reduziert sich das gesamtschweizerisch unter den Kriterien der Netzabhängigkeit errechnete theoretische Potential für die elektrische Raumheizung ebenfalls. Damit ergibt sich gemäss [2] eine prognostizierte Entwicklung, wie sie aus der Tabelle VI ersichtlich ist.

Unter Annahme eines mittleren Strombedarfs pro Wohneinheit von 15 000 kWh pro Heizperiode und Jahr ergäben sich damit im Jahre 1990 total 225 000 elektrisch beheizte Wohnungen. Wenn mit einem grösseren Einsatz von Wärmepumpen und bivalent betriebenen Heizanlagen gerechnet wird, kann sich diese Zahl noch erheblich erhöhen.

3. Anschlussbedingungen für Elektroheizungen

3.1 Die Anschlusspraxis

Für elektrische Raumheizungen mit grösseren Anschlussleistungen (über 2 bis 4 kW) ist allgemein eine Installationsbewilligung des liefernden Elektrizitätswerkes erforderlich. Der Gesuchsteller hat dem Elektrizitätswerk ein Anschlussbegehren mit den wichtigsten Kenndaten (Wärmebedarf, Heizungstyp, Leistungen und benötigte Aufladezeiten, Art der Warmwasserbereitung, vorgesehenes Inbetriebnahmedatum, Gebäudetyp usw.) einzureichen [5].

Das Elektrizitätswerk hat das Recht, Anschlüsse von elektrischen Raumheizungen zu verweigern, sofern dies aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen gerechtfertigt erscheint. In bezug auf die Dimensionierung und Steuerung der Raumheizanlagen kann das Elektrizitätswerk der jeweiligen Situation angepasste Anschlussbedingungen (Baukostenbeiträge, Tarife, zur Verfügung gestellte Leistung) stellen. In städtischen Gebieten, für die eine Versorgung mit Fernwärme oder Erdgas im Vordergrund steht, wird die Elektroheizung meist nur in Ausnahmefällen bewilligt. Dies gilt auch für Versorgungsnetze, die ihres Ausbaustandes oder ihrer bereits bestehenden Auslastung wegen eine zusätzliche Beanspruchung durch Elektroheizungen ausschliessen. In letzter Zeit ist festzustellen, dass insbesondere in Gebieten mit ausgeprägtem Saisonbetrieb (Wintertourismus) die Nachfrage nach Elektroheizungen besonders hoch ist. Diese meist als Ferienhäuser betriebenen Bauten sind vielfach nur über das Wochenende und die Sportferien belegt und erreichen dementsprechend eine relativ tiefe jährliche Benutzungsdauer. Der Anschluss solcher Elektroheizungen kann im allgemeinen nur in einem relativ bescheidenem Ausmasse bewilligt werden, um das Versorgungsnetz gerade in den am stärksten belasteten Zeiten nicht zu überlasten.

Ein energiewirtschaftlich sinnvoller Betrieb einer Elektroheizung ist auch nur bei einer ausreichenden, guten Isolierung des Gebäudes möglich. Deshalb ist bei der Planung auch diesem Aspekt grosses Gewicht beizumessen. Die meisten Elektrizitätswerke erteilen die Anschlussbewilligung nur bei Nachweis einer guten Gebäudeisolation. Der Anschlusswillige hat sich deshalb auf alle Fälle vor der Aufnahme von Projektierungsarbeiten zur Abklärung der bestehenden Anschlussmöglichkeiten mit dem Elektrizitätswerk in Verbindung zu setzen. Dort werden ihm auch die Tarifbedingungen mitgeteilt, so dass sich die ungefähren Jahreskosten der Elektroheizung ermitteln lassen.

3.2 Tarifierung der elektrischen Raumheizung

Bei der Tarifierung der elektrischen Raumheizenergie spielt das verwendete Heizsystem eine wesentliche Rolle. Reine Speicherheizsysteme beziehen die Heizenergie ausschliesslich in Schwachlastzeiten, so dass, mit Ausnahme des Bezuges von allfälliger «Tagesnachlade-Energie», die Niedertarifansätze zur Anwendung gelangen. Diese liegen (Stand 1983) im Durchschnitt bei rund 6 bis 8 Rp./kWh. Schwachlastenergiebezug benötigt im allgemeinen keinen Ausbau der Netzinfrastruktur. Für den Tagesenergiebedarf (Tages-Nachladung sowie Zusatz- und Ergänzungs-Direktheizungen bei Misch- und Gemischtheizungen[1])) kommt der Hochtarifansatz zur Anwendung, der bei Haushaltbezügern im Mittel bei rund 14 bis 18 Rp./kWh liegt.

Auch für Direktheizsysteme finden im allgemeinen die Normaltarife Anwendung, wobei die Energielieferung über die Spitzenlastzeit (etwa 1 bis 2 Stunden) gesperrt wird. Durch den relativ hohen Tagesenergiebezug ergeben sich zwangsläufig höhere Energiekosten, anderseits findet aber ein gewisser Ausgleich durch die geringeren Investitionskosten statt. Der Anschluss von Direktheizsystemen wird allerdings von einigen Elektrizitätswerken aus netztechnischen Überlegungen abgelehnt.

Einige Elektrizitätswerke haben für Haushalte mit elektrischer Raumheizung Sondertarife eingeführt, deren Arbeitspreise bis zu 2 Rp./kWh im Hochtarif und bis zu 0,5 Rp./kWh im Niedertarif unter den Haushalttarifen liegen. Das Mass der Vergünstigung richtet sich in erster Linie nach den Energieselbstkosten und der Netzauslastung im betreffenden Elektrizitätswerk.

Wärmepumpen beziehen ihre Energie, im Gegensatz zu el. Speicherheizungen, über den ganzen Tag (mit der Möglichkeit einer Sperrung über die Spitzenlastzeit von 1–2 Std.). Sie belasten das Versorgungsnetz in ähnlicher Weise wie elektrische Direktheizsysteme. Im allgemeinen wird Wärmepumpenheizungen deshalb auch der übliche Tarif gewährt (bei Haushaltabnehmern z. B. der Haushalttarif). Durch den erforderlichen Hochtarif-Energiebezug ergeben sich damit höhere Energiekosten pro bezogene Einheit als bei Speicherheizungen. Dies wird jedoch durch den geringeren Energiebedarf der Wärmepumpe, der nur rund 50% desjenigen einer Widerstandsheizung beträgt, mehr als wieder ausgeglichen.

[1]) *Mischheizung:* Der Grundwärmebedarf der Haupträume wird mit Speicherheizungen gedeckt. An kältesten Tagen gelangt zusätzlich eine separate Direktheizung zum Einsatz. Bei statischen Speichern wirkt letztere zudem als Regelgrösse. Die Direktheizanteile sind im allgemeinen im Speichergerät selbst eingebaut und sind intern gegenüber der Speicherheizung verriegelt. Nebenräume können, wie bei der gemischten Heizung, durch Direktheizgeräte beheizt werden.

Gemischte Heizung: Einzelne Räume, vorwiegend Haupträume, werden mit Vollspeicherheizung, Nebenräume mit Direktheizung beheizt.

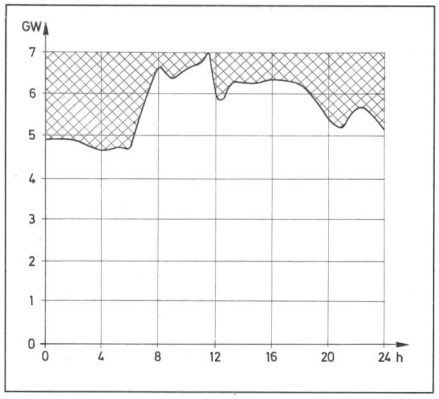


Fig. 4 Typische gesamtschweizerische Winter-Tagesbelastungskurve

Freie Netzkapazität für elektrische Raumheizung und Warmwasserbereitung

3.3 Weitere Anschlusskriterien

Bezüglich der Substitutionsmöglichkeiten der Elektrizität auf dem Raumheizsektor stellen sich in erster Linie Produktions- und Verteilprobleme, fällt doch der Heizwärmebedarf an den kältesten Tagen mit der grössten Auslastung der Netzinfrastruktur zusammen. Es hat sich gezeigt, dass bei einer gezielten Nutzung freier Netzkapazitäten der Anschluss von Elektroheizungen in einem Ausmass, das die Grössenordnung von 10% aller Haushaltungen oft wesentlich überschreiten kann, ohne wesentliche Anlageverstärkungen möglich ist. Dazu eignet sich vor allem eine geeignete Ausnutzung der Schwach- und Mittellastzeiten während den Tagesstunden (Ausdehnung der Tagesnachladezeiten) sowie der Anschluss von bivalenten (vor allem bivalent-alternativen) Heizanlagen.

3.3.1 Tages-Nachladezeiten

Die Figur 4 zeigt eine typische Tagesbelastungskurve auf gesamtschweizerischer Ebene. Wie daraus ersichtlich ist, steht während bestimmten Tagesstunden sowie insbesondere während der Nacht theoretisch eine Netzkapazität im Ausmass von rund 30% der möglichen Netzauslastung für elektrische Heizungen und Warmwasserversorgungen zur Verfügung. Zusätzlich ergeben sich noch beachtliche Möglichkeiten über das Wochenende.

Eine Überprüfung hat ergeben, dass diese Netzkapazität durch elektrische Direktheizungen zu rund 30%, durch reine Speicherheizungen zu rund 40% genutzt werden könnte. Durch Gewährung von Tagesnachlademöglichkeiten für Speicherheizungen und durch steuerungstechnische Massnahmen (z. B. gestaffelte Einschaltzeiten) lässt sich dieser Ausnutzungsgrad noch beträchtlich erhöhen.

Mit Tagesnachladedauern von 3 bis 7 Stunden (Gesamtaufladezeit somit 11 bis 15 Stunden von total 24 Stunden) lassen sich für Abnehmer und Elektrizitätswerk wirtschaftlich interessante Ergebnisse erzielen. Hingegen erweisen sich tägliche Aufladezeiten von mehr als 15 Stunden weder in bezug auf eine bessere Nutzung der freien Netzkapazitäten noch in bezug auf Wirtschaftlichkeit als vorteilig. Zudem stellen allzulange Tagesnachladedauern auch steuerungstechnische Probleme.

3.3.2 Bivalente Heizanlagen[1])

Neben der Gewährung von Tagesnachladezeiten für Speicherheizungen kann auch der Anschluss von bivalent-alternativen Heizungen zur besseren Nutzung der Netzkapazitäten beitragen. Bei dieser Betriebsweise wird der Wärmebedarf an Heiztagen mit relativ geringer Heizlast (z. B. bei Aussentemperaturen über 0 °C) durch eine elektrische Widerstands- oder Wärmepumpenheizung gedeckt. Für die relativ wenigen Heiztage mit tieferen Temperaturen erfolgt die Deckung des Wärmebedarfs ausschliesslich durch einen Wärmeerzeuger, der mit einem lagerfähigen Brennstoff betrieben wird. Die Figur 5 zeigt das Prinzip der bivalent-alternativen Betriebsweise.

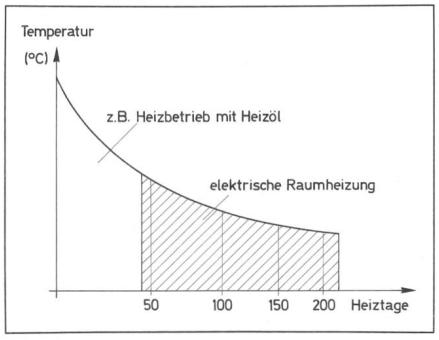


Fig. 5 Bivalent-alternative Betriebsweise

Heizbetrieb mit einem lagerfähigen Brennstoff (z.B. bei Aussentemperaturen unter 3 °C)

Heizbetrieb mit Elektrizität

[1]) Bivalente Heizanlagen können mit zwei verschiedenen Energieträgern betrieben werden. Bei bivalent-parallelen Anlagen kommen beide Energieträger gleichzeitig (parallel) zum Einsatz. Bei bivalent-alternativen Anlagen wird unterhalb einer gewissen Grenztemperatur (im allgemeinen im Bereich zwischen +3 °C und −3 °C) nur mit einem lagerfähigen Brennstoff (meistens Heizöl) geheizt.

Die bivalent-alternative Heizung erlaubt eine fast optimale Ausnützung der vorhandenen Netzkapazitäten, weil bei extremen Witterungsverhältnissen oder auch in Zeiten schlechter Verfügbarkeit der Produktionsanlagen die Belieferung mit elektrischer Energie unterbrochen werden kann. Eine Studie über diese Fragen [6] hat ergeben, dass durch den Einsatz bivalent-alternativer Heizanlagen im Rahmen der bestehenden Netzkapazitäten ein zusätzliches Substitutionspotential von jährlich 2300 GWh nutzbar gemacht werden könnte (Fig. 6).

4. Problematik der elektrischen Raumheizung

4.1 Die Raumheizungskontroverse

Die elektrische Raumheizung ist in letzter Zeit ins Schussfeld der Kritik geraten. Es wird ihr vor allem vorgeworfen, dass

- sie zur Energieverschwendung beitrage (höherer Primärenergieeinsatz)
- die Energie für Raumheizzwecke tariflich zu günstig abgegeben werde (Subventionierung der Elektroheizungen durch den Normalbezüger)
- ihre Förderung den Bau weiterer (Kern-)Kraftwerke bedinge.

Vorwürfe enthalten meistens ein Körnchen Wahrheit, sonst werden sie nicht ernst genommen. Das gilt auch in diesem Fall! Allerdings soll man sich auch die Gegenargumente anhören; erst dann lässt sich ein fundiertes Urteil fällen.

4.2 Die Frage des Primärenergieeinsatzes

Bei der thermischen Erzeugung elektrischer Energie (in öl- oder nuklearthermischen Werken) entstehen Abwärmeverluste. Der Umsetzungswirkungsgrad von eingesetzter Wärmeenergie zur erzeugten Elektrizität liegt je nach Kraftwerkstyp und Bedingungen zwischen 30 und 40%. Die Umwandlungskette Wärme – Elektrizität – Wärme bringt aus physikalischen Gründen unweigerlich Energieverluste.

Anderseits ist zu erwähnen, dass die dezentrale Heizwärmeerzeugung mittels Elektrizität zu annähernd 100% erfolgt, während in einem ölgefeuerten Heizkessel durchschnittliche Wir-

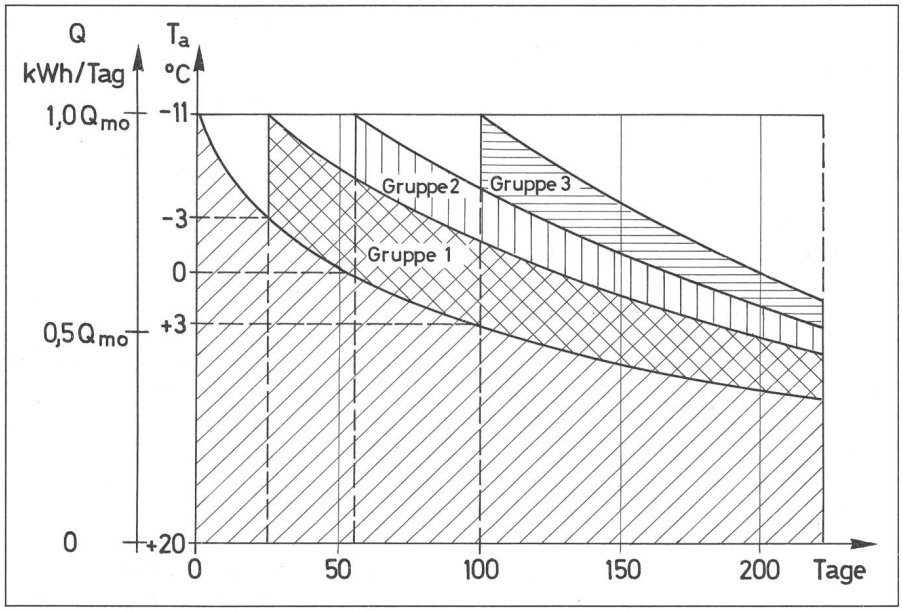


Fig. 6 Dauerkurven des täglichen Heizenergiebedarfs Q

T_a Aussentemperatur
Q Heizenergiebedarf
Q_{mo} Heizenergiebedarf von monovalenten Anlagen am kältesten Tag

Substitutionspotential für monovalente Heizanlagen

Substitutionspotential der Gruppe 1 (Bivalenz-Grenztemperatur: -3 °C)

Substitutionspotential der Gruppe 2 (Bivalenz-Grenztemperatur: 0 °C)

Substitutionspotential der Gruppe 3 (Bivalenz-Grenztemperatur: +3 °C)

kungsgrade von 50–70% die Regel sind (neuere Systeme erreichen einen Gesamtwirkungsgrad von 80% und höher).

Die Verhältnisse verschieben sich zudem noch zugunsten der Elektrizität, wenn man auch noch die Warmwasserbereitung in die Rechnung einbezieht. Wenn alle diese Faktoren mitberücksichtigt werden, so liegt der effektive Primärenergie-Mehrverbrauch der Elektroheizung gegenüber Ölheizungen im Mittel nur um 10 bis 20% höher (in Einzelfällen sogar darunter).

Zur Abschätzung der Zweckmässigkeit des Einsatzes eines Heizsystems bildet der Primärenergieaufwand jedoch nur einen Teilaspekt, und nicht einmal den wichtigsten. Umwelteinwirkungen (wie z. B. Luftverschmutzung, Sauerstoffverzehr usw.), Kostenstabilität des Brennstoffes, Erschöpfbarkeit der Energieressourcen und schliesslich die Wirtschaftlichkeit sind sicher ebenso wichtig. Und hier weist die elektrische Energie ihre Vorteile auf. Die elektrische Raumheizung trägt gesamthaft betrachtet durchaus zu einer sinnvollen Energieverwendung bei.

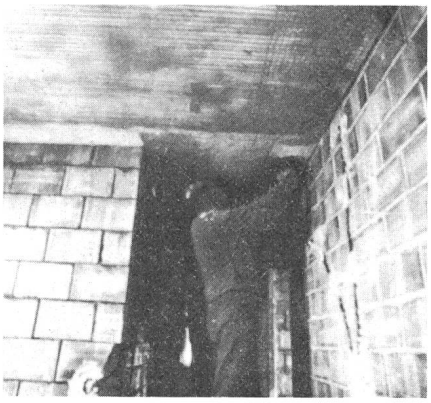
4.3 Die Raumheiztarife

Die elektrische Speicherheizung bezieht ihre Energie in ausgesprochenen Schwachlastzeiten, vor allem in den Nachtstunden. Die Übertragung und Verteilung dieser Energie hat also keine Auswirkungen auf den allgemeinen Netzausbau, sofern sie im Rahmen der freien Netzkapazitäten erfolgt. Mit dem Niedertarifansatz, welcher auch für andere Schwachlastbezüger zur Anwendung gelangt, werden somit die gesamten Kosten abgedeckt. Eine allfällig entstehende Differenz zwischen den dem Elektrizitätswerk infolge des Heizanschlusses erwachsenden Jahreskosten und den zu erwartenden Energieeinnahmen wird durch Erhebung eines Baukostenbeitrages ausgeglichen.

Der Normalbezüger ohne elektrische Heizung soll durch den Anschluss von Elektroheizungen nicht zusätzlich zur Kasse gebeten werden.

4.4 Zusätzliche Kraftwerkkapazität

Die Gesamtenergiebilanz der Schweiz zeigt eine Abhängigkeit vom Erdöl im Ausmass von rund 70%. Es ist wohl unbestritten, dass diese einseitige Ausrichtung auf einen einzigen Energieträger abgebaut werden sollte. Dafür stehen verschiedene Mittel zur Verfügung, vor allem das Energiesparen, aber auch die Substitution. Bis zum Jahre 1990 beträgt der Anteil der Elektrizität an dieser Substitution auf dem Raumheizsektor (Widerstands- und Wärmepumpenheizung) gemäss Zehn-Werke-Bericht [2] 2025 GWh (zusätzlich zu den 1982 bestehenden Anlagen). Davon entfallen 1690 GWh auf das Winterhalbjahr. Diese Elektrizitätsmenge ist durch eine entsprechende Kraftwerkkapazität bereitzustellen. Da es sich jedoch ausschliesslich um einen Schwachlastenergiebedarf, vorwiegend in der Nacht, handelt, steht die Tagesproduktion für andere Zwecke zur Verfügung. Die vorhandenen Netzkapazitäten können zudem im Winter besser ausgelastet werden, was nicht zuletzt auch im Interesse des Elektrizitätswerkes und des Stromkonsumenten liegt.



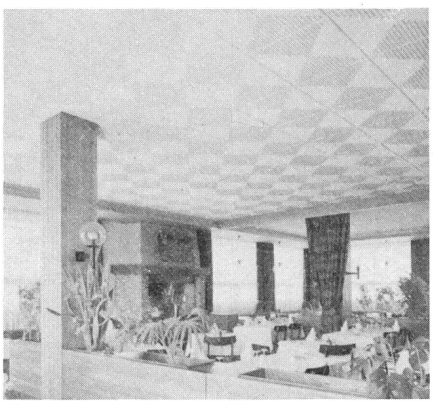


Fig. 7 Beispiele einer elektrischen Direktheizung (Decken-Strahlungsheizung)
links: Montage der Heizelemente
rechts: Verlegte Gipsheizplatten in einem Hotel

5. Schlussbemerkungen

Im Jahre 1970 waren in der Schweiz erst wenige elektrische Raumheizanlagen in Betrieb. Seither kann ein stetig nachwachsendes Interesse für diese Art der Wärmeerzeugung festgestellt werden, wozu nicht zuletzt auch die unruhige Lage auf dem übrigen Primärenergiemarkt mit den teilweise extremen Preiserhöhungen beigetragen hat. Bei jährlich festzustellenden Bestandeszunahmen an Elektroheizungen von rund 20% waren Anfang 1983 rund 4% aller schweizerischen Wohnungen elektrisch geheizt. Nach den Berechnungen der Elektrizitätswirtschaft dürfte diese Zahl bis zum Jahre 1990 auf rund 9% ansteigen.

Ein Blick auf das gesamtschweizerische Tagesbelastungsdiagramm zeigt, dass der Leistungsbedarf am kältesten Tag des Jahres während den Tagesstunden noch erheblich über derjenigen in den Nachtstunden liegt. Diese Tatsache hat die Elektrizitätswerke veranlasst, die dadurch entstandenen freien Netzkapazitäten in ihren Verteilanlagen zur Belieferung von elektrischen Raumheizungen und Elektroboilern auszunützen. Die damit verbundene zusätzliche Stromabgabe ist im allgemeinen ohne Ausbau der Netzinfrastruktur möglich. Zudem wird damit ein wertvoller Beitrag zur Substitution des Erdöls geleistet, von dem die Schweiz heute noch zu rund drei Vierteln abhängig ist.

Auch der in letzter Zeit vermehrt erfolgende Anschluss von elektrisch betriebenen Wärmepumpenanlagen und bivalent-alternativer Raumheizungen kann in Zukunft auf sinnvolle Weise zur Erreichung des gesteckten Substitutionszieles beitragen.

Literatur

[1] Kreisschreiben des Bundesrates an sämtliche Kantonsregierungen betreffend die Wärmegewinnung aus Gewässern vom 18. Oktober 1949.

[2] Vorschau auf die Elektrizitätsversorgung der Schweiz; 6. Zehn-Werke-Bericht. VSE, Juni 1979.

[3] *O. Schär:* Technische Voraussetzungen und Bedingungen für den Anschluss von Wärmepumpen. Bull SEV/VSE 74(1983)4.

[4] Tarifierung von Ergänzungsenergie und die Bereitstellung von Reserveleistung. Empfehlungen des VSE, Bericht 2.16, Juni 1977 (Ergänzendes Kapitel 6, November 1981).

[5] Normalreglement für die Abgabe elektrischer Energie, VSE 1975, Bericht Nr. 1.1.

[6] Energiewirtschaftliche Überlegungen zu den Empfehlungen über die Lieferung von elektrischer Energie für bivalente Raumheizanlagen. Bericht der VSE-Kommission für Energietarife, Bull. SEV/VSE 72(1981)18, S. 1005–1012.

Betriebsmittel und Investitionen der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft

R. Müller

Die seit vier Jahren geführte VSE-Störungsstatistik gestattet einen Einblick in die eingesetzten Betriebsmittel zur Verteilung elektrischer Energie in den Bereichen Hoch- und Mittelspannung. Aus dieser jährlich veröffentlichten Statistik lassen sich sehr wertvolle Daten für die Planung ableiten. Der Bericht zeigt detailliert den Umfang des Geräte- und Anlageparkes sowie die Investitionen, die getätigt werden müssen, um das schweizerische Elektrizitätsnetz zu unterhalten und weiter auszubauen.

La statistique des perturbations élaborée depuis quatre ans par l'UCS donne un aperçu sur les moyens utilisés par les entreprises pour assurer la distribution d'énergie électrique au niveau de la haute et de la moyenne tension. De précieuses données pour la planification peuvent être tirées de cette statistique publiée annuellement. Le rapport présente en détails l'ampleur du parc d'installations et d'équipements ainsi que les investissements devant être effectués afin d'entretenir et d'étendre le réseau suisse d'électricité.

Adresse des Autors

R. Müller, Glärnischstrasse 13, 5432 Neuenhof

1. Ursprung und Anwendungsmöglichkeiten des Datenmaterials

Seit 1978 wird vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke eine Störungsstatistik [1] geführt, an der sich 26 Elektrizitätswerke beteiligen. Unter diesen Werken befinden sich sowohl Stadtwerke wie auch Überland- und Regionalverteiler mit Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetzen. Die Verarbeitung des umfangreichen Zahlenmaterials erfolgt über einen Computer, der bei einer Treuhandstelle installiert ist.

Obwohl die Störungsstatistik hauptsächlich für die Bereitstellung und Auswertung von Angaben über Störungen und Schäden sowie der Erfassung der Nichtverfügbarkeits- und Unterbruchsdauer elektrischer Netze dient, können die aus dieser Statistik hervorgehenden Zahlen als Grundlage für folgende Zwecke dienen: Standortbestimmung für die Elektrizitätswerke, für die Bestimmung des Ausfallrisikos, für die Planung von Transport- und Verteilanlagen. Ausserdem sind Vergleiche mit dem Ausland möglich, z.B. mit der BR Deutschland, wo der Verband Deutscher Elektrizitätswerke in Frankfurt eine ähnliche Statistik führt.

Aufgrund dieses Zahlenmaterials lassen sich Hochrechnungen durchführen, die auf die Situation in der Schweiz schliessen lassen. Insbesondere geben die Angaben der Netzdatenblätter, die in dieser Statistik aufgeführt sind, einen detaillierten Einblick über den Umfang der in Betrieb stehenden Anlagen, des Schaltmaterials, der Transformatoren, der Kabel usw.

Ersichtlich ist ferner der gesamtschweizerische Umfang des Leitungsnetzes im Bereich der Hoch- und Mittelspannung, das die Elektrizitätswerke installiert haben, um ein leistungsfähiges Netz zum Transport und zur Verteilung elektrischer Energie nahezu störungsfrei zu gewährleisten.

In einigen Jahren lassen sich aus diesen Statistiken Zahlen ableiten, aus denen der schrittweise Ausbau des schweizerischen Transport- und Verteilnetzes und die dabei eingesetzten