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: 66 (1975)

Heft: 7

Artikel: Die elektrische Raumheizung und deren Einfluss auf die Belastung der Netze

Autor: Büttikofer, U.V.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915273

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: 09.07.2025

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

Die elektrische Raumheizung und deren Einfluss auf die Belastung der Netze

Von U. V. Büttikofer

Von allen Diversifikationsmöglichkeiten könnte die elektrische Raumheizung den wesentlichsten Beitrag zur Entlastung der Einfuhr flüssiger Brennstoffe leisten. Die entsprechende Mehrbelastung der Verteilnetze gegenüber der derzeitigen Beanspruchung wird jedoch sehr hoch sein und erfordert u. a. auch die Prüfung einer Neukonzeption der Mittel- und Niederspannungsverteilnetze.

De toutes les possibilités imaginables de diversification des sources d'énergie, c'est le chauffage électrique des locaux qui pourrait contribuer le plus sensiblement à la réduction des importations de combustibles liquides. La surcharge qui en résulterait sur les réseaux de distribution sera toutefois très élevée et nécessitera notamment l'étude d'une nouvelle conception des réseaux de distribution à moyenne et à basse tensions.

Die elektrische Warmwasserbereitung für den Haushaltbedarf über Speicher mit Nachtaufladung bietet den Elektrizitätswerken weder bezüglich der Bereitstellung der Energie noch bezüglich der Leistung besondere Probleme. Ausserdem wird damit eine wesentlich bessere Nutzung des übrigen Leistungsbedarfes der Haushaltungen ermöglicht, steigt doch die jährliche Benützungsdauer gegenüber einer Haushaltung ohne Speicher von 1560 auf 2800 Stunden.

Im Gegensatz dazu steht die elektrische Raumheizung. Je nach gewähltem Heizsystem muss zur Deckung des Wärmeleistungsbedarfes im schweizerischen Mittelland am kältesten Tag für eine mittelgrosse 4-Zimmer-Wohnung mit relativ hohen installierten Leistungswerten gerechnet werden. Bei reiner sogenannter Vollspeicherheizung mit achtstündiger Aufheizzeit beträgt diese etwa 15 kW, bei reiner Direktheizung etwa 9 kW.

Daraus ergeben sich für die klimatischen Verhältnisse von Zürich z. B. Benützungsdauern von nur etwa 650 Stunden für die Vollspeicherheizung und von etwa 1400 Stunden für die Direktheizung.

Noch vor wenigen Jahren wurde besonders in den nordischen Ländern vor allem die reine Direktheizung gefördert, da dort vor allem mit einer längeren Heizperiode gerechnet werden kann.

In Deutschland lag dagegen bis vor kurzem das Schwergewicht auf der Vollspeicherheizung zwecks intensivster Nutzung der nachts sowohl bei der Erzeugung als auch bei der Verteilung vorhandenen Leistungsreserven.

In beiden Fällen mag dieses Vorgehen unter Berücksichtigung der gegenüber der Schweiz anders gelagerten klimatischen, heiztechnischen und elektrizitätswirtschaftlichen Verhältnisse seine Berechtigung haben.

Ohne im weiteren auf die grosse Zahl von Kombinationsmöglichkeiten bei der elektrischen Raumheizung näher einzutreten, kann festgestellt werden, dass durch sorgfältige Planung gegenüber den beiden Extremlösungen (Direkt- und Vollspeicherheizung) für Abnehmer und Werk technisch und wirtschaftlich vertretbare Lösungen gefunden werden können.

Diese Überlegungen, auf die früher erwähnte 4-Zimmer-Wohnung angewandt, ergeben für eine gemischte Heizung mit Mischheizspeicher und 8 Stunden Auflade- und 3 Stunden Nachladezeit nur noch einen Anschlusswert von 7,8 kW Speicher- und 1,9 kW Direktheizung, insgesamt somit 9,7 kW gegenüber von 15 kW bei Vollspeicherheizung und 9 kW bei reiner Direktheizung.

Daraus ergeben sich u. a. folgende Fragen:

– Wie wirkt sich der Anschluss solcher Raumheizanlagen auf die bestehenden Mittel- bzw. Niederspannungsverteilanlagen aus?

– In welchem Umfang ist der Anschluss von Raumheizanlagen überhaupt wirtschaftlich möglich und wünschbar?

Zur Frage der Leistungsreserven in den Netzen muss vorerst ganz allgemein festgestellt werden, dass sich erfahrungsgemäss für Direktheizanteile in der Regel Gleichzeitigkeitsfaktoren von unter 1 ergeben. In den Mittelspannungsnetzen dürfte sich deren Belastung noch mit einem um 0,7 verringerten Wert auswirken, stärker dagegen in den einzelnen Stationskreisen der Niederspannungsnetze.

Weniger eindeutig liegen die Verhältnisse für die Speicheranteile. An den kältesten Tagen mit Temperaturen von –5 bis –15 °C muss in den Niederspannungsanlagen praktisch mit der vollen installierten Leistung und mit nur leicht verringertem Gleichzeitigkeitsfaktor in den Mittelspannungsverteilanlagen gerechnet werden.

Im weiteren kann von seiten der Werke durch gezielte Steuerung der Speicheraufladung die Auswirkung der Belastungsanteile zweckmässig verteilt werden. Die wohl günstigste ergibt sich durch Aufladung der Anlagen über Rundsteuerung in zwei Gruppen. Die eine wird mit Hauptlastanteil zu Beginn der Einschaltung um 22 Uhr z. B. als vorwärtsgesteuerte und die andere dank Restwärmefühler als rückwärtsgesteuerte Gruppe mit Hauptlastanteil gegen 6 Uhr früh zugeschaltet. Mit diesem oder noch weiter verfeinerten Steuersystemen können die Auswirkungen auf die Netze gemildert und eine grösstmögliche Zahl von Anlagen in den Schwachlastzeiten eingefügt werden.

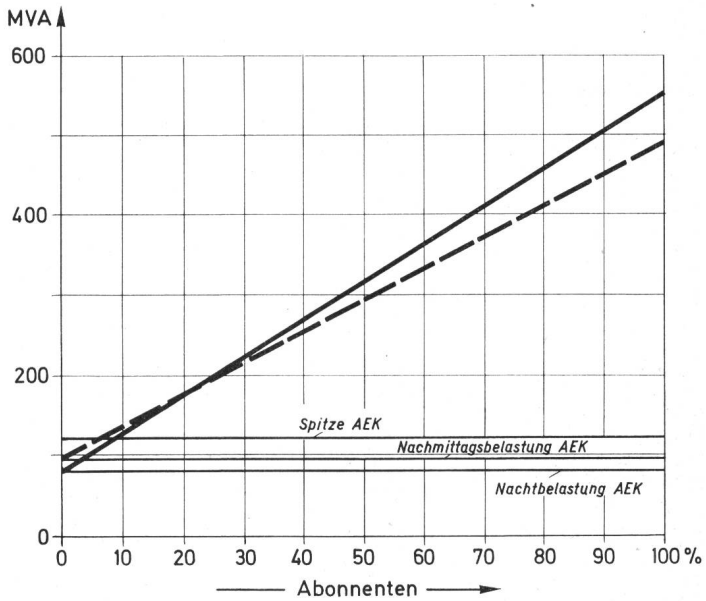

Fig. 1 Belastungen bei elektrischen Raumheizungen
Nachtbelastung mit Raumheizungen
Tagesnachladung

Zur Frage, in welchem Umfang der Anschluss von Raumheizanlagen wirtschaftlich möglich und wünschbar ist, sei im folgenden anhand eines Beispiels Stellung genommen.

Die AEK mit rund 40 000 direkt oder indirekt versorgten Haushaltabonnenten hatte sich bereits vor längerer Zeit mit dieser Frage auseinandergesetzt. Sie entschloss sich dabei, Überblick bis zur letzten Konsequenz zu verschaffen, indem sie folgende Verhältnisse prüfte:

– Wie gross ist die Leistungsreserve in den vorhandenen Anlageteilen bzw. Spannungsstufen?

– Wie viele Heizungen können mit den festgestellten Reserven willkürlich verteilt installiert werden?

Wie gross werden die Investitionen, wenn 20, 40, 60, 80 oder 100 % der Abnehmer elektrische Raumheizanlagen installieren?

– Wie stellt sich die Wirtschaftlichkeit unter vorstehenden Bedingungen?

Die Untersuchungen zeigten folgendes:

Die Mittelspannungsverteilanlagen weisen selbst während der Spitzenzeit eine Reserve von etwa 50 % und während der Nacht eine solche von etwa 80 % auf. Allerdings sind die Reserven in den Niederspannungsnetzen geringer, und es ist zu unterscheiden zwischen Sekundärnetzteilen mit starkem Anteil von Warmwasserspeichern aus früheren Jahren und solchen mit geringem Anteil aus den letzten Jahren.

Mit der bereits beschriebenen gemischten Heizung könnten dank diesen Reserven rund 8 % aller Bezüger ohne Netzverstärkung mit Raumheizung versorgt werden. Mit deren Anschluss sind jedoch die bestehenden Reserven in den grösstenteils noch vermaschten Sekundärnetzen voll ausgelastet. Umschaltungen in den offen betriebenen Netzteilen dürften während der Aufheizzeit kaum mehr möglich sein.

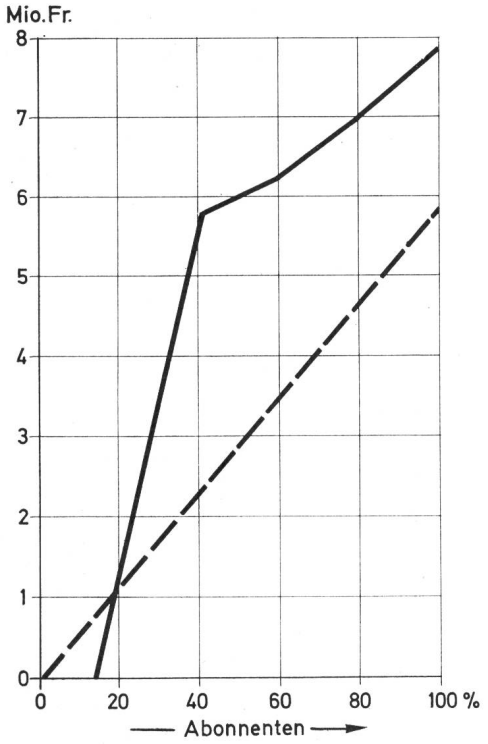

Fig. 2 Vergleich von Nettoeinnahmen und Aufwendungen
Aufwendungen
Einnahmen

Die bis Ende 1974 erstellten Anlagen der AEK beanspruchten einen Aufwand von rund 53 Millionen Franken. Für zusätzliche Anschlussmöglichkeiten ergäben sich aufgrund der bisherigen Netzbauweise Investitionen gemäss Tabelle I.

Tabelle I

Anteil Abonnenten %	Mehraufwand Mio Fr.
8	–
20	10,5
40	40,0
60	2,0
80	8,8
100	8,0
Total	69,3

Mit dem Gesamtaufwand von rund 70 Millionen Franken wäre jedoch nur gerade der Anschluss von 100 % Raumheizung gewährleistet, nicht jedoch die bisherige Umschaltmöglichkeit im Hochspannungsnetz. Um diese aus Sicherheitsgründen im bisherigen Ausmass beibehalten zu können, wären weitere 35 Millionen Franken aufzuwenden.

Die Berechnungen zeigen ferner, dass die Beheizung von Wohnungsanteilen im Umfang von 30–50 % eine vollständige Umstrukturierung der Mittel- und Niederspannungsanlagen mit ausserordentlich hohen Investitionen bedingen, die allerdings für die weitere Zukunft bedeutende Reserven schaffen würden. Würden ab 20 % Heizanteil zusätzlich zu gemischten Heizsystemen in angemessenem Umfang auch Direktheizungen zugelassen, dürften sich die Investitionen und auch die entsprechende Wirtschaftlichkeit etwas verbessern. Das gesamte Ergebnis würde jedoch damit der Grössenordnung nach nicht wesentlich beeinflusst.

Fig. 1 zeigt den Verlauf der zu erwartenden Belastungen gegenüber dem heutigen Stand. Die Zunahme würde sich vorwiegend auf die Nachtbelastung auswirken. Ab 20 % Heizung würde die Taglast überschritten und bei 100 % gegenüber heute den 5,5fachen Wert erreichen.

Was nun die Wirtschaftlichkeit betrifft, so ist diese, wie Fig. 2 zeigt, gegeben, solange keine zusätzlichen Investitionen wesentlicher Art notwendig werden.

Ab 20 % ergäbe sich jedoch bereits ein Aufwand, der durch die Mehreinnahmen nicht mehr gedeckt wird.

Aus diesem Beispiel, das bestimmt gesamtschweizerische Vergleiche zulassen dürfte, wird ersichtlich, dass im Mittel in bestehenden Netzen keine allzu grossen Reserven liegen dürften. Diese werden zwischen 5 und 15 % schwanken.

Es ist nun aber auf Grund der künftigen Gesamtenergiekonzeption sowie eines vermehrten Umweltschutzes damit zu rechnen, dass, auf lange Sicht betrachtet, eine Förderung der elektrischen Raumheizung über das Mass der Netzreserven hinaus verlangt wird und, wie bereits erwähnt, gewisse Gebiete diesem Heizsystem zugewiesen werden. Es wird dies vor allem Mittel- und Kleinstadtwerke sowie die Wohngemeinden der Überlandwerke betreffen. Wie soll man sich nun im Hinblick auf eine solche Entwicklungsmöglichkeit inskünftig bei der Konzeption der Netzerweiterung in diesen Gebieten verhalten?

Die Werke stehen vor einer Problemstellung grundsätzlicher Art, wie sie sich Ende der zwanziger Jahre bei der Einführung der elektrischen Küche ergab.

Ich persönlich bin der Auffassung, dass wir uns mit dem Problem für eine möglichst wirtschaftliche Neukonzeption unserer Mittel- und Niederspannungsverteilnetze allen Schwierigkeiten zum Trotz ernsthaft auseinandersetzen müssen. Eine vereinfachte Netzbauweise z. B. durch Einsatz von Kompaktstationen und den Bau von Strahlennetzen ohne Vermaschung der Sekundärnetze bei eventuellem Betrieb der Transformatoren mit Überlast an den kältesten Tagen sollte eingehend geprüft werden.

Es sollte im Zusammenhang mit den Netzbauproblemen auch berücksichtigt werden, dass der allgemeine Bedarf nach elektrischer Energie im Haushalt durch erhöhte Komfortansprüche weiter ansteigen wird. An erster Stelle dürfte sich ein vermehrter Bedarf nach voll integrierter Wärmenutzung innerhalb der Gebäude ergeben. Darüber hinaus werden immer mehr Klimaanlagen zur Fernhaltung von Umwelteinflüssen wie Lärm usw. zum Einsatz gelangen. Auch dürfte die elektrische Heizung von Freibädern vermehrtes Interesse finden.

Adresse des Autors:
U. V. Büttikofer, Direktor der Gesellschaft des Aare- und Emmenkanals (AEK), 4500 Solothurn.

Probleme der Hoch- und Niederspannungsnetze einer Stadt

Von K. Jud

Ausgehend vom heutigen Ausbau, den Belastungszonen, spezifischen Belastungen und deren Wachstum werden das Konzept der Hauptversorgung sowie die Auswirkung elektrischer Heizungen auf das Verteilnetz aufgezeigt. Nach Darstellung des städtischen Gesamtenergiekonzeptes wird auf den Ausbau der elektrischen Anlagen zur Übernahme von Substitutionsenergie eingetreten.

Partant de l'extension actuelle des réseaux, des zones de charges, de la charge spécifique et de leur accroissement, l'auteur en déduit une conception de la distribution principale ainsi que l'incidence des chauffages à l'électricité sur les réseaux de distribution. Après un exposé de la conception globale de l'énergie vue à l'échelle municipale, il aborde l'extension des équipements électriques en vue de la prise en charge de l'énergie de substitution.

Im Prinzip besteht ein städtisches Elektrizitätswerk aus den gleichen Elementen wie jedes andere Elektrizitätswerk, und doch finden wir besondere Akzente.

Die sich aus der engen Bebauung ergebende Energiemenge und -dichte verlangt für die Energiezuführung zur Stadt eine möglichst hohe Spannung. Technik, Preis und bisher auch die Platzverhältnisse ergaben die Lösung: *Mit mehr als 150 kV nur bis an den Stadtrand.*

Die grossen Städte haben als Ziel, von der Reihe 150 kV bzw. 132 kV direkt auf die Verteilhochspannung (z. B. 10 kV) zu transformieren. Das heisst, jedes Unterwerk und seine Kabelverbindungen sind für diese Höchstspannungsreihe ausgerüstet, was bei noch höheren Spannungen nicht schätzbare Probleme mit sich bringen würde.

Die bisherigen Leistungseinheiten von 2, 3 oder 4 × 30 MVA verlangen hohe Kurzschlussfestigkeit auf der 10-kV-Seite von 750 bis 1000 MVA und ergeben viele Abgänge. In Bern z. B. gibt es Unterwerke mit bis zu 40 Abgängen, von denen jeder verschiedenen Sektoren zugeordnet werden kann. Die 10-kV-Abgänge, alles Kabel von 3 × 240 mm² Querschnitt, wovon also jedes bei einer Betriebsspannung von 11 kV etwa 6000 kVA abzutransportieren vermag, führen teilweise über eingeschlaufte Transformatoren- und Schwerpunktstationen zu einem andern Unterwerk.

Teilweise sind Leistungsverschiebekabel vorhanden, die direkt zu Schwerpunktstationen oder sogar Unterwerken führen. Alles ist darauf ausgerichtet, in jedem Fall praktisch jede Station von einer andern Seite her speisen zu können. Die Netze werden als Sternnetze betrieben. Das gibt einen einfachen Netzschutz mit Hauptstromprimärrelais. Ausnahmen bilden die parallelen Verschiebekabel, die mit Schnelldistanzschutz ausgerüstet sind.

Trotz grossen Querschnitten ergeben sich bereits beim heutigen Ausbau in City-Gebieten starke Kabelansammlungen mit den bekannten Erwärmungs- und Belastungsreduzierfaktor-Problemen. Zur höheren Ausnutzung des Kabelquerschnittes und zu gefahrlosen Unterspannungsarbeiten verwendet das EW Bern im Niederspannungsbereich Einleiterkabel ab 95 mm² aufwärts. Die Kabeltrassen werden immer als sogenannte Blöcke zu 4, 6, 8 oder mehr ausgeführt. Sie können für Hoch- und Niederspannungskabel verwendet werden. Weil der Tiefbauanteil der Trassen bereits 50 % der Kabelanlage kostet, werden die Trassen mit reichlich Reservekanälen ausgerüstet.

Belastungszonen, spezifische Belastungen und deren Wachstum

Die Beherrschung der Belastung in einer Stadt ist ein andauerndes Problem. Man kann es auf zwei Arten lösen:

1. Jedes Jahr die neuen Höchstbelastungsergebnisse auswerten und sich wiederum zum Zug neuer Mittelspannungshauptkabel entschliessen. Eigentlich ist das eine laufende Feuerwehrübung, die, wie wir festgestellt haben, nie aufhört.

2. Die Beurteilung nach dem Lastentwicklungsfaktor.

In Bern haben wir vor kurzer Zeit Untersuchungen über Belastungszonen durchgeführt, die spezifischen Belastungen (kVA/a) eingezeichnet und einen Lastentwicklungsfaktor berechnet, der uns Aufschluss über den mutmasslichen Trend geben soll.

Für die Lastentwicklung haben wir eine Periode von 17 Jahren untersucht und erhielten die Zahlen gemäss Tabelle I.