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: 69 (1978)

Heft: 19

Artikel: Ausgewählte Aspekte zur Substitution von Erdöl : aus der Sicht des Verteilwerkes

Autor: Enz, E. / Wipf, T.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-914942

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: 09.12.2025

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

facilement transportable que le pétrole. Le cas contraire sera en général plutôt la règle. L'énergie solaire par exemple, malgré son potentiel énergétique élevé, ne peut précisément pas revendiquer ces attributs. C'est pourquoi un Etat ou une société ne s'attaquera au problème que lorsqu'il n'y a plus d'issue. Le temps nécessaire manquera alors généralement. Aussi faut-il dans un processus de substitution s'en remettre à la raison et à l'intuition, deux qualités qui ne sont pas à priori données. Un rythme de substitution lent ne peut pas être forcément qualifié de déraisonnable; il s'agit bien plus d'une question de priorités. D'un autre côté, on doit aussi constater que si une commune ou une région se fixent pour but d'avoir une situation financière saine et de ne plus contracter de dettes sous aucun prétexte, les conditions pour un projet de chaleur à distance sont mauvaises (investissements élevés, pertes d'exploitation au début).

On peut aussi constater que s'il existe une relation entre le capital, l'économie et la substitution, alors les conditions idéales en Suisse pour une véritable substitution sont données.

On pourrait redonner en résumé le contenu de l'étude dans les trois thèses ci-dessous:

1. Le remplacement du pétrole peut s'effectuer le plus efficacement dans le domaine des applications thermiques. La distribution de chaleur à distance pourrait en créer les meilleures conditions et apporter une contribution importante. Le chauffage à distance est un moyen éprouvé et ne nécessite pas d'efforts supplémentaires dans la recherche et la mise au point.

2. Outre les économies d'énergie, nous avons des énergies de substitution efficaces: le charbon, l'énergie nucléaire et l'énergie solaire. A moyen terme, le gaz naturel peut aussi apporter une contribution. Il s'agit d'exploiter toute la capacité des réseaux régionaux existants de distribution de gaz, en motivant surtout les gros consommateurs tels que l'industrie et les centrales de chauffage à distance. On ne peut renoncer à aucune des énergies mentionnées.

3. Pour le remplacement du pétrole, il faut mettre en œuvre tous les agents énergétiques qui peuvent apporter une contribution, même si celle-ci est très modeste. Les circonstances économiques assureront une saine sélection sans qu'il soit nécessaire de la contrôler autrement.

Bibliographie

[1] Electricité et chaleur, conception d'approvisionnement de la Suisse jusqu'à l'an 2000, tiré à part du Bulletin ASE/UCS 66(1975)21.

[2] Die weltweiten Energieperspektiven, Exposés du Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie, Schweizerische Handelszeitung N° 45 du 10 novembre 1977.

[3] Substitution du pétrole par l'énergie électrique, élaboré par un groupe de travail de la commission pour les tarifs d'énergie électrique; sept. 1976.

[4] Chauffage à distance, rapport rédigé sur demande de l'Office fédéral de l'économie énergétique par la Société anonyme Sulzer Frères; Berne, 1974.

[5] *R. Ecabert* et *H. J. Leimer:* Gedanken zum Energiekonzept der Schweiz. Technische Rundschau Sulzer 4/1975.

[6] *P. Stoll:* Einsatz bestehender und im Bau befindlicher Kernkraftwerke der Schweiz für Wärmenutzung. Bull. ASE/UCS 68(1977)16, p. 828–833.

[7] Fernwärmeversorgung Aare–Limmattal: Projektstudie Transwaal, rapport final. Städtische Werke Baden, Commune de Wettingen, Société anonyme BBC Brown, Boveri & Cie., Câbleries de Brugg S.A., Société anonyme Sulzer Frères, Motor Columbus S.A., Forces motrices du Nord-Est de la Suisse S.A.; Baden, avril 1978.

[8] Energie- und Fernwärmekonzept der Region Luzern, Consortium Electrowatt-Sulzer Frères. 1977.

[9] PLENAR Wärmeverbund CH. Arbeitsgruppe Plenar; Zurich, 1977.

Ausgewählte Aspekte zur Substitution von Erdöl – aus der Sicht des Verteilwerkes

Von E. Enz und T. Wipf

Die Deckung einer vermehrten Substitutionsnachfrage stellt auch die Elektrizitätsverteilunternehmungen vor vielfältige Probleme. Dies trifft insbesondere für jene Werke zu, welche Gebiete mit lockerer Besiedlungsdichte versorgen. Es werden Möglichkeiten aufgezeigt, den Investitionsbedarf in den Verteilnetzen abzuschätzen, der durch eine zunehmende allelektrische Versorgung ausgelöst wird. Auf die Kriterien der Wirtschaftlichkeit wird ebenfalls eingetreten.

La couverture d'une demande croissante due aux mesures de substitution pose également des problèmes multiples aux entreprises d'électricité. C'est notamment le cas pour les entreprises desservant des régions à faible densité de population. Dans le présent article sont décrits quelques moyens permettant d'évaluer les investissements nécessaires au niveau des réseaux de distribution. Les critères de rentabilité y sont également abordés.

1. Einleitung, Voraussetzungen und Annahmen

1.1 Die Aussicht auf eine plötzlich oder allmählich einsetzende Verknappung flüssiger Brennstoffe zwingen insbesondere die Elektrizitätsverteil-Unternehmungen, sich mit den von ihnen allenfalls zu bewältigenden Substitutionsaufgaben aktiv und zukunftsbezogen auseinanderzusetzen. In Gebieten lockerer Besiedlungsdichte steht wegen der fehlenden Wirtschaftlichkeit anderer leitungsgebundener Energieträger die Elektrizität als Substitutionsenergie im Vordergrund. In diesem Aufsatz wird deshalb den Merkmalen lockerer Siedlungsgebiete besonders nachgegangen.

1.2 Unter diesen Gegebenheiten suchen zahlreiche, speziell auch kleinere Verteilwerke nach brauchbaren Kriterien, auf die sie ihre zukünftige Absatzpolitik und Zulassungspraxis ausrichten können. Die Netzbezirke, die von einer zunehmenden Substitutionsnachfrage betroffen werden, sind vielfach nicht zum vornherein bekannt. Zudem ist es wenig sinnvoll und in den meisten Fällen wohl auch zu aufwendig, die Auswirkungen einer vermehrten Substitutionsnachfrage auf den Investitionsbedarf und die Wirtschaftlichkeit des Netzbetriebes anhand ausgewählter, auf bestimmte Netzabschnitte abzielende Einzelstudien zu verfolgen. Wir bedienen uns deshalb analytischer Abstraktionen anhand regelmässiger Netzmodelle, welche die Struktur der Detailversorgung in repräsentativer Weise nachbilden sollen.

1.3 Zur angemessenen Eingrenzung des Problemkreises beschränken sich die Untersuchungen auf die Ortsverteilnetze mit ihren Transformatorenstationen und Niederspannungsverteilsträngen. Die vorgelagerten Hochspannungsanlagen dürften in den meisten Fällen über eine ausreichende Leistungsfähigkeit verfügen, um den Substitutionsbedarf im vorliegend behandelten Ausmass ohne erhebliche Zusatzinvestitionen abzudecken.

1.4 In der unseren Betrachtungen zugrunde liegenden Verbreitung der allelektrischen Versorgung sind die elektrische Warmwasserbereitung und die elektrische Widerstandsheizung erfasst. Eine spürbare Verbreitung der Wärmepumpe wurde nicht in die Berechnungen miteinbezogen. Dies geschah nicht in der Meinung, dass eine solche zum vornherein als unwahrscheinlich oder gar ausgeschlossen erscheint. Die umfangreichen Entwicklungsarbeiten, die bis zum Vorhandensein einer konstruktiv voll ausgereiften, serienmässig herstellbaren Wärmepumpe erst noch im Gange sind sowie die zum Teil prohibitiven kantonalen Vorschriften über Grundwasserentnahmen und Rückgaben lassen aber doch den Schluss zu, dass unsere vereinfachende Annahme zumindest in der näheren Zukunft zulässig sein dürfte. Hinzu kommt, dass die nachfolgenden Betrachtungen auch bei einer vermehrten Verbreitung der Wärmepumpe ihre grundsätzliche Gültigkeit nicht verlieren.

1.5 Die vorliegenden Untersuchungen stellen kein Rezept dar, welches ein bestimmtes Verteilwerk zur Lösung seiner besonderen Aufgaben unbesehen heranziehen könnte. Hingegen werden Anregungen vermittelt, die es erlauben, unter Berücksichtigung der jeweils besonderen Verhältnisse innert nützlicher Frist zu einigen aussagekräftigen Erkenntnissen zu gelangen.

1.6 Nachfolgend werden zunächst einige relevante Kenngrössen von Ortsnetzen bei variabler spezifischer Belastungsdichte untersucht. Alsdann wird die Abhängigkeit der spezifischen Belastungsdichte bei zunehmender Verbreitung der allelektrischen Versorgung anhand ausgewählter, spezieller Belastungsverhältnisse untersucht. Die Verknüpfung der beiden vorgenannten Teiluntersuchungen zeigt die Möglichkeiten zur Abschätzung des notwendigen Investitionsbedarfes und zur Erarbeitung der interessierenden Erkenntnisse der Wirtschaftlichkeitsverhältnisse auf.

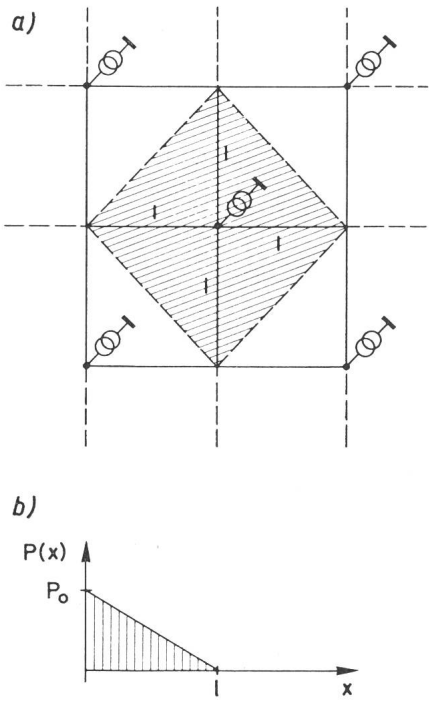

Fig. 1 Modell des Detailnetzes
a) Netzkonfiguration
b) Idealisierter Belastungsverlauf im NS-Strang
P = Belastung

2. Kenngrössen der Ortsnetze bei variabler Belastungsdichte

2.1 Die Gründe, weshalb diese Untersuchungen anhand von regelmässigen Modellnetzen ausgeführt werden, sind bereits in Abschnitt 1.2 genannt worden. Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einem solchen regelmässigen Modellnetz, dessen Anwendung für Verteilwerke mit lockerer Besiedlungsdichte geeignet ist.

Im folgenden werden die relevanten Modellgleichungen unter Benutzung nachstehender Definitionen hergeleitet:

N Anzahl Transformatorenstationen im Versorgungsgebiet
A Fläche des Versorgungsgebietes in km²
N' Anzahl Transformatorenstationen je km² Versorgungsfläche
L Stranglänge des Niederspannungsnetzes
L' Stranglänge der Niederspannungsleitungen je km² Versorgungsfläche
p_f Spezifische Belastungsdichte des Versorgungsgebietes in kW/km²
U_N Nennspannung des Niederspannungsnetzes
p_u Mittlerer Spannungsabfall ab NS-Sammelschiene der Transformatorenstation bis zum Leitungsende
ψ Mittlere Längsimpedanz je km Leitungslänge im Niederspannungsnetz, wobei sich $\operatorname{tg}\varphi$ aus dem mittleren Leistungsfaktor $\cos\varphi$ des Netzes berechnen lässt

Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, bestehen zwischen den obigen Grössen folgende Zusammenhänge:

a) Spannungsabfall im Niederspannungsnetz:

$$\mathrm{d}p_u = \frac{\psi \cdot P(x)\,\mathrm{d}x}{U_N}$$

$$p_u = \frac{\psi}{U_N}\int_0^l P_0\left(1-\frac{x}{l}\right)\mathrm{d}x = \frac{\psi \cdot P_0 \cdot l}{2\,U_N}$$

b) Spezifische Belastungsdichte:

$$P_f = \frac{2\,P_0}{l^2} = \frac{4\,p_u \cdot U_N}{\psi \cdot l^3}$$

$$l = \left(\frac{4\,p_u\,U_N}{\psi \cdot p_f}\right)^{1/3}$$

c) Anzahl Transformatorenstationen:

$$N = \frac{A}{2\,l^2} = \frac{A}{2}\left(\frac{4\,p_u\,U_N}{\psi \cdot P_f}\right)^{-2/3}$$

$$N' = \frac{N}{A} = \frac{1}{2}\left(\frac{4\,p_u\,U_N}{\psi \cdot p_f}\right)^{-2/3}$$

d) Stranglänge:

$$L = 4 \cdot N \cdot l = 2\,A\left(\frac{4\,p_u\,U_N}{\psi \cdot p_f}\right)^{-1/3}$$

$$L' = \frac{L}{A} = 2\left(\frac{4\,p_u\,U_N}{\psi \cdot p_f}\right)^{-1/3}$$

Die soeben hergeleiteten Funktionen dürften in den meisten Fällen eine befriedigende Übereinstimmung mit den tatsächlichen Verhältnissen ergeben. In Fig. 2 ist der theoretische Kurvenverlauf der tatsächlich festgestellten Entwicklung im Detailnetz der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke AG (SAK) gegenübergestellt.

2.2 Die obigen Bestimmungsgleichungen dienen selbstverständlich nicht in erster Linie zur Feststellung, wie die vergan-

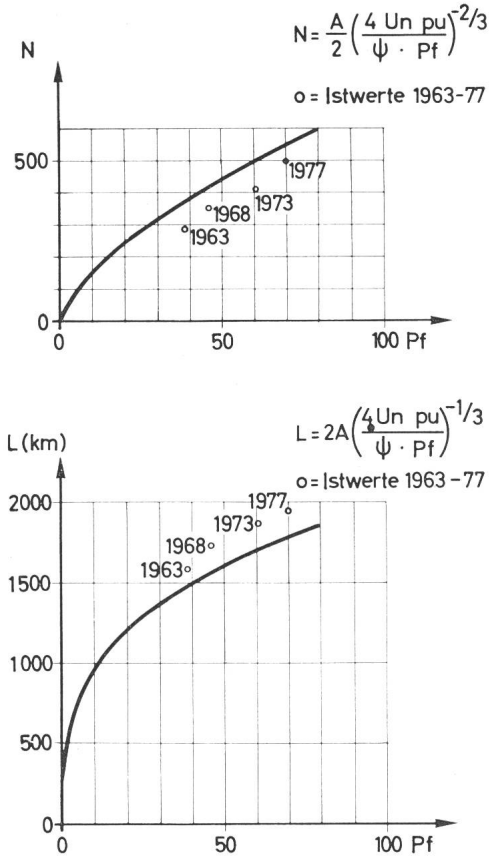

Fig. 2 Anzahl Transformatorenstationen und Stranglänge des Niederspannungsnetzes im SAK-Detailgebiet

A 711 km²
N Anzahl Transformatorenstationen
L Stranglänge (km)
P_f Spezifische Belastungsdichte (kW/km²)

gene Entwicklung war und wie sie im Idealfall hätte verlaufen müssen. Vielmehr lassen sie den unmittelbaren Schluss zu, wie sich die Zahl der Transformatorenstationen sowie die Ausdehnung des Niederspannungsnetzes bei einer zukünftigen Zunahme der spezifischen Belastungsdichte erhöhen werden. Damit sind auch die Grössenordnungen der Zusatzinvestitionen eingegrenzt, die durch einen Weiteranstieg der Belastungen im Ortsversorgungsnetz ausgelöst werden.

$$\frac{\partial I(p_f)}{\partial p_f} = A \cdot \left[\frac{\partial_N'(p_f)}{\partial P_f} \cdot e_n + \frac{\partial L'(p_f)}{\partial p_f} \cdot e_l\right]$$

Dabei bedeuten

$I(p_f)$ Notwendiger Investitionsaufwand als Funktion der spezifischen Belastungsdichte
A Fläche des Versorgungsgebietes
e_n Mittlere Erstellungskosten für die Transformatorenstationen
e_l Mittlere Erstellungskosten je km Stranglänge im Niederspannungsnetz

3. Entwicklung der spezifischen Belastungsdichte bei zunehmender Substitution

3.1 Für den Zusammenhang zwischen spezifischer Belastungsdichte und Allelektrifizierungsgrad des Netzes lässt sich naturgemäss keine analytische Beziehung herleiten, die Anspruch auf Allgemeingültigkeit erheben kann. Die Beziehung zwischen diesen beiden Grössen ist unter anderem abhängig von der Beschaffenheit der zugelassenen Heizsysteme, der werkseitigen Steuerung der Verbrauchsgeräte sowie den freien Transportkapazitäten, welche ausserhalb der Höchstbelastungszeiten des Normalkonsums vorhanden sind.

Es bereitet aber keine prinzipiellen Schwierigkeiten, unter Berücksichtigung der speziellen Verhältnisse eines Versorgungsgebietes quantitative Aussagen darüber zu machen, wie sich die spezifische Belastungsdichte bei zunehmendem Allelektrifizierungsgrad entwickeln wird. Dieser Zusammenhang lässt sich beispielsweise ermitteln, wenn man von den freien Transportkapazitäten zu verschiedenen Tages- bzw. Nachtzeiten ausgeht und annimmt, es werde bei jedem wohldefinierten Allelektrifizierungsgrad eine möglichst ausgeglichene Gesamtbelastungskurve angestrebt. Für die installierten Leistungen der Verbrauchsgeräte können repräsentative Durchschnittswerte herangezogen werden, wie man sie beispielsweise aus [1] oder [2] entnehmen kann. Der Einfluss des Allelektrifizierungsgrades, wie er unter den obigen Voraussetzungen ermittelt wurde, ist im Sinne einer Illustration in Fig. 3 aufgezeigt.

Es liegt hiermit auf der Hand, dass es grundsätzlich möglich ist, den durch eine zunehmende Substitution ausgelösten Investitionsaufwand nicht nur mit der spezifischen Belastungsdichte, sondern auch mit dem Allelektrifizierungsgrad in Beziehung zu bringen.

3.2 Das vorerwähnte Ziel einer möglichst ausgeglichenen Gesamtbelastung setzt natürlich die Zulassung von Heizsystemen voraus, die den jeweils aktuellen Belastungsverhältnissen Rechnung trägt. Bei zunehmendem Allelektrifizierungsgrad werden dementsprechend die am Netz angeschlossenen Speicheranteile allmählich stagnieren müssen, in vermehrtem Masse Mischheizungen mit zunehmenden Direktanteilen und schliesslich überwiegend Direktheizungen zum Einsatz gelangen.

In Fig. 4 ist ein Beispiel einer solchen Entwicklung als Funktion des Allelektrifizierungsgrades aufgezeigt. In diesem Beispiel wird davon ausgegangen, dass im Verlaufe einer Zeitspanne von 10 Jahren ein bestimmter Allelektrifizierungsgrad erreicht werde. Ferner wird angenommen, es seien zunächst von der auf die Höchstlast des Netzes ausgelegten Transportkapazität 40 % während der Nachtzeit und 10 % während der Tageszeit noch ungenutzt. Es wird schliesslich eine bescheidene Zunahme des Normalkonsums unterstellt, nämlich 2 % pro Jahr während der Starklast- und 1 % pro Jahr während der Schwachlastzeiten. Das Kurvenbild zeigt den durchschnitt-

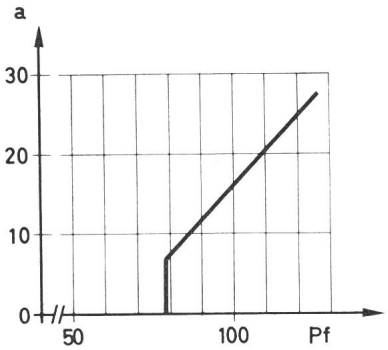

Fig. 3 Spezifische Belastungsdichte in Abhängigkeit des Allelektrifizierungsgrades

a Abhängigkeit des Allelektrifizierungsgrades in %
P_f Spezifische Belastungsdichte (kW/km²)

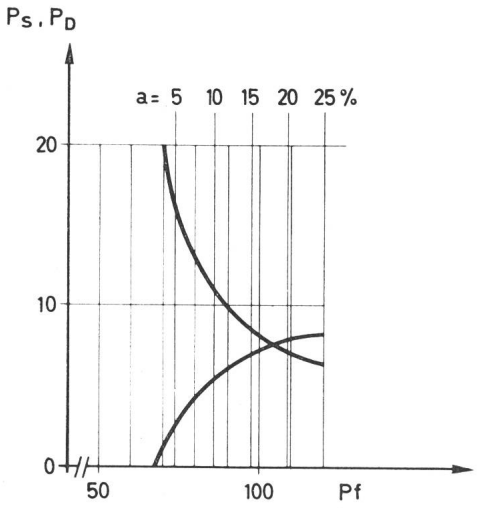

Fig. 4 Durchschnittliche Speicheranteile bzw. Direktanteile pro allelektrisch versorgtem Bezüger

P_f Spezifische Belastungsdichte (kW/km²)
P_D Direktanteile (kW)
P_S Speicheranteile (kW)

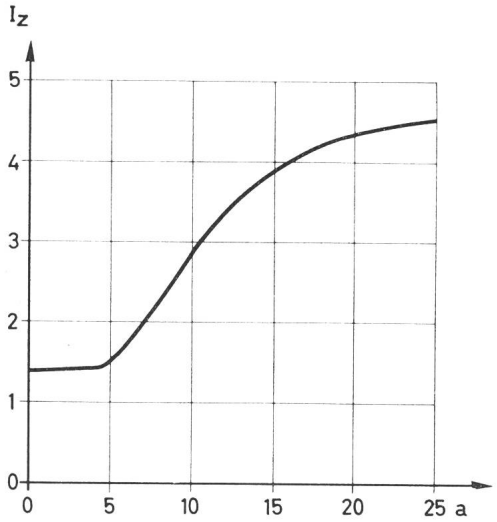

Fig. 5 Zusatzinvestitionen je allelektrisch versorgtem Bezüger

a Funktion des Allelektrifizierungsgrades in %
I_z Zusatzinvestitionen (10^3 Fr.)

lichen Direktanteil pro allelektrisch versorgtem Bezüger für verschiedene Grade der Allelektrifizierung.

Diese ausgewählten Verhältnisse dienen auch als Grundlage für die nachfolgend dargelegten Betrachtungen.

4. Energiewirtschaftliche Aspekte

4.1 Die entscheidende Frage ist, zu welchen Preisen ein Verteilwerk seine allelektrisch versorgten Energiebezüger beliefern kann, ohne vom Prinzip einer angemessenen Kostendeckung abweichen zu müssen. Um dieser Frage nachzugehen, bilden die in Abschnitt 2 dargelegten Methoden zur Ermittlung des ungefähren Investitionsaufwandes, der durch eine zunehmende Allelektrifizierung ausgelöst wird, eine wesentliche Grundlage. In Fig. 5 ist die durchschnittliche Zusatzinvestition je allelektrisch versorgten Bezüger als Funktion des Allelektrifizierungsgrades aufgezeigt. Dabei sind die Investitionen des Feinerschliessungsbereiches pauschal erfasst, die in einzelnen Netzabschnitten zusätzlich zum Aufwand des generellen Netzausbaues im Sinne von Abschnitt 2 notwendig sind. Die Höhe dieses Pauschalbetrages kann je nach Netzverhältnissen und geübter Anschlussgebührenpraxis des betreffenden Werkes eingesetzt werden.

4.2 An einer vollen Deckung der durchschnittlichen Energiekosten bis zur primärseitigen Einspeisung in das Ortsnetz wird prinzipiell festgehalten. In unserem Beispiel setzen wir einen Leistungsgestehungspreis von Fr. 90.– je anrechenbares kW und Jahr, einen Arbeitsgestehungspreis von 10 Rp./kWh während der Hochtarifzeit und einen solchen von 5 Rp./kWh während der Niedertarifzeit ein. Diese Ansätze beziehen sich bereits auf die 0,4-kV-Spannungsebene. Die Deckung der Netzverluste bis zum Abnehmer ist somit enthalten.

4.3 Bei den Jahreskosten des Ortsnetzes gehen wir von den Grenzkosten aus. Es werden dem allelektrisch versorgten Bezüger somit lediglich jene Jahreskosten des Ortsnetzes belastet, welche durch den gegenüber dem Normalkonsum erhöhten Leistungsbedarf zusätzlich entstehen. In diesen Jahreskostenberechnungen sind die in Fig. 5 gezeigten Investitionen massgebend. Die aufgrund der vorliegenden Grenzkostenbetrachtung resultierenden Gestehungspreise können der Fig. 6 als Funktion des Allelektrifizierungsgrades entnommen werden. Die gezeigten Verhältnisse betreffen ein Versorgungsgebiet mit lockerer Besiedlungsdichte.

Wie die vorgenannten Gestehungskosten eingebracht werden wollen, muss der von Werk zu Werk verschiedenen Tarifgestaltung anheimgestellt werden. Im vorliegenden Falle werden beispielsweise zur Deckung der bei einem Allelektrifizierungsgrad von 10% ausgewiesenen Gestehungskosten Hochtarifpreise von etwa 18 und Niedertarifpreise von etwa 6 Rp./kWh benötigt.

5. Schlussbetrachtung

Die vorliegenden Betrachtungen können nicht mehr sein als eine Illustration, die weder Anspruch auf Vollständigkeit noch Allgemeingültigkeit erheben kann. Es sind jedoch Wege aufgezeigt und Anregungen vermittelt worden, die es dem interessierten Verteilwerk gestatten, sich aufgrund seiner eigenen Netzgegebenheiten mit den Auswirkungen einer vermehrten Substitutionsnachfrage im Sinne von energiewirtschaftlichen Standortbestimmungen und Zukunftsperspektiven auseinanderzusetzen.

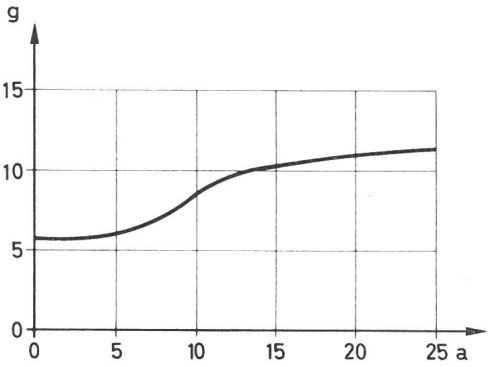

Fig. 6 Gestehungspreise loco Abnehmer mit Grenzkostenkalkulation im Detailnetz als Funktion des Allelektrifizierungsgrades

a Funktion des Allelektrifizierungsgrades in %
g Gestehungspreise (Rp./kWh)

Die Ergebnisse der Berechnungsbeispiele dürften darauf hinweisen, dass die Einräumung von Sondertarifen für elektrische Raumheizung längerfristig gesehen insbesondere bei jenen Werken problematisch ist, welche Versorgungsgebiete mit lockerer Besiedlungsdichte zu bedienen haben. Im allgemeinen ist der Grundsatz erhärtet, dass eine allenfalls fehlende Wirtschaftlichkeit der allelektrischen Versorgung nicht über Tariferlöse ausgeglichen werden sollte, die vom Normalkonsumenten zusätzlich erbracht werden müssten. Das Schwergewicht der Untersuchung liegt deshalb bei Netzen mit geringer spezifischer Versorgungsdichte, weil dort die wirtschaftlichen Engpässe am offenkundigsten zutage treten. Trotzdem weisen die Rechnungsergebnisse darauf hin, dass auch in solchen Netzen eine zunehmende Verbreitung der Allelektrifizierung nicht als undurchführbar abzuschreiben ist, wenn sich das Verteilwerk grundsätzlich mit der blossen Deckung der betreffenden Grenzkosten begnügt. Die Konkurrenzfähigkeit der selbst auf dieser Basis ermittelten Gestehungspreise bleibt allerdings mit zunehmendem Allelektrifizierungsgrad nur dann aufrecht, wenn sich die Preisrelationen zwischen dem zu substituierenden Energieträger und der Elektrizität auf längere Sicht zugunsten der letzteren verschieben. Eine mögliche Verknappung der flüssigen Brennstoffe, die eine vermehrte Substitution auch in lockeren Siedlungsräumen erzwingen wird, dürfte aber die vorgenannte Voraussetzung automatisch herbeiführen.

Literatur

[1] VSE-Statistiken über elektrische Raumheizung.

[2] Künftige Elektroheizsysteme, Studie des VDEW-Arbeitsausschusses «Elektrische Raumheizung und Klimatisierung», September 1976.

Adresse der Autoren

E. Enz, dipl. Ing. HTL, Metrohm AG, Herisau und *T. Wipf*, dipl. Ing. ETH, St.Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG.

Die Problematik von Prognosen über den Bedarf an elektrischer Energie [1])

Von H. Lienhard

Vor der Ölkrise war unter einem Regime des «stabilen» und gesicherten Wirtschaftswachstums die Prognose der Nachfrage-Entwicklung nach elektrischer Energie mit für die Investitionstätigkeit genügender Genauigkeit durch «Fortschreibung» möglich. Dies ist bei der heutigen labilen Wirtschaftslage sehr viel schwieriger geworden. Verstärkt wird diese Unsicherheit durch die gesellschaftspolitisch motivierten, stark rivalisierenden energiepolitischen Vorstellungen verschiedener Interessengruppen. Trotz grosser Anstrengungen zur Schaffung neuerer und verbesserter Prognosemethoden sind die bisher erreichten Resultate immer noch unbefriedigend und erfordern weiterhin grosse Forschungsanstrengungen und kritische Diskussionen.

Avant la crise pétrolière, lorsqu'on était encore sûr d'avoir une croissance économique régulière, on pouvait prévoir l'évolution de la consommation d'énergie électrique avec suffisamment de précision pour pouvoir planifier sans peine les investissements. Cela est bien plus difficile dans les circonstances actuelles incertaines, et cela d'autant plus que les conceptions de politique énergétique des différents groupes d'intérêt se heurtent. On a bien essayé d'élaborer des méthodes prévisionnelles nouvelles et améliorées, mais sans parvenir à des résultats satisfaisants. Aussi faudra-t-il poursuivre les recherches en réunissant les efforts.

1. Grundaspekte des Prognostizierens

1.1 Warum prognostizieren wir?

Prognostizieren ist eine Tätigkeit, die gesellschaftlich schon fast geächtet ist. Wer um seinen Ruf als Wissenschafter bangt, wird Modelle bauen, Projektionen entwerfen, Szenarien konstruieren, Zukünfte definieren oder – bereits an der untern Grenze des noch Vertretbaren – futurologische Gedanken in eine genügende Dosis Kritik und Gegenkritik sorgfältig einpacken, aber er wird sich hüten, zukünftige Ereignisse und und Zustände zu prognostizieren. Warum? Weil sich so viele Prognosen später als falsch erwiesen haben? Oder weil es so viel schwieriger und aufwendiger ist, eine möglichst umfassende und abgesicherte Prognose zu erstellen, zu begründen und zu vertreten? Oder liegt es gar daran, dass es wertneutrale Prognosen gar nicht gibt und damit immer politische Aspekte, sei es bei deren Erarbeitung, der Darstellung der Prognosenresultate oder den vorausgesagten Ereignissen, Zuständen und deren Wirkungen eine bedeutsame Rolle spielen?

Trotz allen diesen Schwierigkeiten und Vorbehalten prognostizieren wir alle dauernd, im Berufsleben, zu Hause und bezüglich der Realisierungschancen unserer geheimsten Wünsche.

Warum spielen also Prognosen eine so eminent wichtige Rolle und sind durch nichts zu ersetzen? Weil es sich um eine Art der menschlichen Zukunftsbewältigung handelt. Immer ist gegenwärtiges Handeln und Verhalten mit der Zukunft verknüpft, auf die Zukunft ausgerichtet. Die Bewältigung der uns gestellten Aufgaben ist nur möglich durch das Fällen zukunftsbezogener Entscheidungen, sei dies im persönlichen Bereich, im Betrieb oder in der Politik. Gute Prognosen ermöglichen eine realitätsbezogene Planung und damit sachgerechte und wirkungsvolle Entscheidungen. Deshalb also die grosse Bedeutung der Prognosen in der Wissenschaft und Politik, geht es doch um die Festlegung des optimalen zieladäquaten Verhaltens bei möglichst präziser Abschätzung des nutzbaren Aktionsraumes.

1.2 Das Grundproblem des Prognostikers

Bevor wir uns einzelnen Prognosemethoden zuwenden, müssen wir uns mit den Grundproblemen befassen, mit denen sich jeder Prognostiker beschäftigen muss (vgl. dazu Fig. 1). Es sind dies die Fragen:

– Wer will etwas über zukünftige Ereignisse, Zustände oder Zustandsänderungen wissen? Ich selbst (aus Wissensdurst, aus

[1]) Referat gehalten am 23. Mai 1978 im Rahmen des Kolloquiums für Forschungsprobleme der Energietechnik des Instituts für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft von Prof. H. Leuthold an der ETH, Zürich.