

Das Problem der thermischen Belastung

Autor(en): **Schaefer, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes
Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **64 (1973)**

Heft 26

PDF erstellt am: **15.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915646>

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.

Elektrizität und Umwelt

Eine Tagung des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) *)

Am 14./15. Juni 1973 führte der VSE in Interlaken eine vielbeachtete Tagung über Elektrizität und Umwelt durch, an der 164 Personen teilnahmen.

Neben Vertretern aus den Mitgliedswerken folgten eine grosse Anzahl Berichterstatter, Vertreter verschiedener Behörden und einige Mitglieder der Gesellschaft für Umweltschutz der Tagung.

Nach der Begrüssung durch den Verbandspräsidenten, Herrn Dr. E. Trümpy, sprachen am ersten Tag die Herren Prof. Dr. F. Kneschaurek (Energie, Elektrizität und Umwelt), M. Faure (Les avantages de l'électricité vis-à-vis de l'environnement par rapport aux autres formes d'énergie), Prof. Dr. Ing. H. Schaefer (Das Problem der thermischen Belastung), während am zweiten Tag die Herren Dr. R. Rometsch (Wohin mit den radioaktiven Ab-

fällen aus der Gewinnung von Atomkern-Energie?) und Prof. Dr. P. Lerch (Les radiations ionisantes, leur niveau et leur effet sur l'être humain) ihre Referate hielten.

Ziel und Zweck der Tagung war, die Probleme des Kernkraftwerkbaues vom Gesichtswinkel der Elektrizitätswerke aus zu beleuchten. Dies schien um so gerechtfertigter, als die Kernkraftwerkgegner vor allem in den Massenmedien Gelegenheit hatten, ihren Standpunkt zu vertreten.

In der Diskussion, die von Herrn Dr. Ch. Babaiantz, Vizepräsident des VSE, geleitet wurde, wurden die gegenseitigen Standpunkte herausgeschält.

Wir veröffentlichen nachstehend als Abschluss unserer Publikationen den Vortrag von Herrn Prof. Schaefer. Br.

Das Problem der thermischen Belastung

Von H. Schaefer

Einleitung

Mit der Entdeckung des Feuers, dem Urbeginn menschlicher Energietechnik, vor rund dreihunderttausend Jahren, fand der Mensch ein wirksames Mittel, sein Wirken und Handeln unabhängiger von den Umweltbedingungen zu machen.

Gerade diese, früher ausschliesslich den einzelnen Benutzer treffenden Nachteile der Energieanwendung waren mit ein Grund für die über viele Jahrtausende bescheidenen Ansprüche an die Energietechnik. Hätte man vor 200 Jahren in einem Wohnraum von 25 m² die heute übliche Beleuchtungsstärke mit den damaligen Öllampen erreichen wollen, wäre ein stündlicher Verbrauch von etwa 10 kg Öl notwendig gewesen. Das wäre auch dem in dieser Hinsicht wesentlich toleranteren Geruchssinn unserer Altvorderen sicher als nicht verträglich erschienen, um so mehr, als neben Russ und Abgasen auch die Wärmeentwicklung den Aufenthalt in einem derart «beleuchteten» Raum unmöglich gemacht hätte.

Erst durch die Fortschritte der Energieanwendungstechnik – insbesondere der Lichttechnik – und die Erfindung und Entwicklung von Dampfmaschine, elektrodynamischen Maschinen und Verbrennungskraftmaschinen im neunzehnten Jahrhundert entstand die moderne Energiewirtschaft. Dieser Wirtschaftszweig übernahm neben der Gewinnung der Primärenergieträger ihre Aufbereitung, ihre Umwandlung in sekundäre Energieträger sowie den Transport und die Verteilung zum Endverbraucher und verlagerte damit einen Teil der von der Energiebedarfsdeckung ausgelösten Umweltbelastung vom Letztverbraucher in ihren Bereich. Mit dieser arbeitsteiligen Energietechnik wurden nun neue Anwendungsgebiete für den Energieeinsatz erschlossen und damit Wege zu einer noch stärkeren Lösung von der Umwelt geschaffen. In allen Bereichen des menschlichen Lebens ist heute die Energietechnik faktisch unentbehrlich; ohne sie wäre eine Ver- und Entsorgung der Menschheit nicht mehr möglich.

Allerdings treten gleichzeitig mit der durch sie erreichbaren Gestaltung der Umwelt auch zahlreiche ungünstige Auswirkungen auf die Ökologie auf. Diese Wirkungen sind um so bedenklicher, als zunehmende Erdbevölkerung und steigender Wohlstand ein weiteres Wachsen des Energiebedarfs zur Folge haben werden und ausserdem die zunehmende Bildung von Verdichtungsräumen zu einer sehr starken örtlichen Konzentration der Belastungen führt.

Energiebedarf der Erde

Der Primärenergieeinsatz auf der Erde lag 1960 bei einem Äquivalent von rund $4 \cdot 10^9$ t SKE¹⁾. Bis zum Jahr 1970 hatte sich der Primärenergiebedarf um das 1,72fache auf rund $7 \cdot 10^9$ t SKE erhöht, das entspricht einer durchschnittlichen Wachstumsrate von über 5,5 %/a bzw. einer Verdoppelung des Bedarfs in knapp 13 Jahren.

Die genannten Mengenangaben entziehen sich dem Vorstellungsvermögen, deshalb sollen einige Relationen sie anschaulicher machen. Der Primärenergieaufwand im Jahr 1970 war rund zwanzigmal grösser als die durch Vulkane und heisse Quellen auf der Erde freigesetzte Energie, zweimal so gross wie die gesamte Gezeitenenergie, lag bei rund einem Sechstel der in die Atmosphäre abgegebenen Erdwärme und entsprach der von der Sonne in 37 min bzw. 0,07 % der von ihr jährlich auf die Erdoberfläche eingestrahlt Energie.

Heute schon entspricht der jährliche Primärenergieeinsatz rund einem Sechstel des durch Photosynthese jährlich als Speicherung verbleibenden Zuwachses an organischer Materie. Unter Berücksichtigung der erwähnten Steigerungsrate wird der Energiebedarf in 30 bis 40 Jahren höher sein als der gesamte natürliche organische Stoffzuwachs der Erde. [1]

Dabei stellt sich natürlich die Frage, inwieweit ein weiteres exponentielles Anwachsen des Energiebedarfs auch für die Zukunft unterstellt werden muss. Ein Indiz für eine weiterhin ähnliche Entwicklung gewinnt man schon aus dem

*) Siehe Bulletin des SEV «Seiten des VSE» Nr. 14/16 1973

1) 1 SKE (Steinkohleneinheit) = 7000 kcal/kg.

Tatbestand, dass Nordamerika und Westeuropa, deren Anteil an der Weltbevölkerung von 3,6 Milliarden Menschen knapp 16 % beträgt, am gesamten Primärenergieeinsatz im Jahr 1970 der Erde mit fast 57 % beteiligt waren. Während der globale Pro-Kopf-Verbrauch des gleichen Jahres das rund 14fache des Energiebedarfs ausmacht, den der Mensch über die Nahrungsmittelaufnahme benötigt, lag dieses Verhältnis für z. B. Afrika beim rund zweifachen, für Nordamerika beim rund 85fachen und für die BRD beim 39fachen. Selbst bei der nicht realistischen Unterstellung, der heutige Pro-Kopf-Verbrauch in Nordamerika sei der endgültige Sättigungswert für die gesamte Erdbevölkerung, würde sich für den heutigen Bevölkerungsstand ein Bedarf von rund $38 \cdot 10^9$ t SKE ergeben, der den derzeitigen also um das Sechsfache übersteigt (2). Schon aus dieser Sicht ist für die nächsten Dezennien ein merkliches Verlangsamten des Zuwachses unwahrscheinlich, denn auch der Bedarf der Industriestaaten hat weiterhin steigende Tendenz, was am Beispiel der BRD verdeutlicht werden soll.

Energiebedarf der BRD

Die eigentlichen Objekte des Energiebedarfs, nämlich der Nutzenergiebedarf an Licht, Wärme und mechanischer Energie, entziehen sich einer eindeutigen Erfassung. Quantitative Angaben sind für die einzelnen Länder, also auch für die BRD, nur über den Primärenergieeinsatz und den Endenergiebedarf verfügbar.

Aus den für die BRD vorliegenden Jahresenergiebilanzen des Primär- und Endenergieeinsatzes lassen sich eine Reihe wesentlicher Tendenzen ableiten, die die weitere Entwicklung mitbestimmen. Wie in Fig. 1 für den Zeitraum von 1960 bis 1969 gezeigt, steigt der Primärenergieverbrauch mit 4,5 % pro Jahr und der Endenergieverbrauch mit rund 4,6 % pro Jahr. Der Unterschied in den Steigerungsraten weist auf den etwas geringer werdenden Anteil des Energiebedarfs im Bereich der Umwandlung hin. Ausserdem ist aus dem Bild zu ersehen, dass der Anteil primärer Energieträger am gesamten Endverbrauch immer geringer wird.

Vom gesamten Endenergiebedarf in der BRD entfallen etwa 35 % auf die Raumheizung, rund 30 % auf Prozesswärme und der Rest auf Kraft-, Lichtbedarfsdeckung und sonstige Anwendungen. Die Entwicklung des Endverbrauchs in der BRD ist in Fig. 2 nochmals aufgetragen und auf die drei Sektoren Industrie, Verkehr sowie Haushalt und Kleinverbrauch aufgeteilt. Ausserdem ist in allen drei Sektoren die Aufteilung des gesamten Energieeinsatzes auf feste, flüssige, gasförmige Brennstoffe und elektrische Energie dargestellt. Aus dieser Darstellung ergeben sich folgende Entwicklungen:

1. Der Energieverbrauch der Industrie stieg im betrachteten Zeitraum jährlich im Durchschnitt mit 2,3 %, der des Verkehrs mit 5,2 % und der des Bereiches Haushalt und Kleinverbrauch mit 6,7 %. Während sich also der gesamte Endenergieverbrauch in rund 16 Jahren verdoppelt, der der Industrie in rund 30 Jahren, verdoppelt sich der Bedarf für Haushalt und Kleinverbrauch in weniger als 11 Jahren. Dementsprechend verschieben sich die Anteile dieser Sektoren am Gesamtverbrauch erheblich. Im Jahr 1960 machte der Energieverbrauch der Industrie fast die Hälfte des gesamten Endenergieeinsatzes aus. Dieser Anteil war 1969 auf

40 % gesunken, der Anteil von Haushalt und Kleinverbrauch jedoch von 36 % auf 43,5 % gestiegen.

2. In allen Sektoren ist der Einsatz fester Brennstoffe relativ und absolut sehr stark zurückgegangen, wobei diese Entwicklung beim Verkehr am stärksten ausgeprägt ist. Demgegenüber stieg der Einsatz flüssiger Brennstoffe sehr erheblich und ebenso auch der Einsatz leitungsgebundener Energie. Der Stromverbrauch insgesamt stieg z. B. um 7,7 % pro Jahr, und auch hier hatte der Sektor Haushalt und Kleinverbrauch mit 11,2 % pro Jahr gegenüber 5,8 % bei der Industrie und 6,8 % beim Verkehr die höchste Steigerungsrate.

Diese unterschiedliche Bedarfsentwicklung der einzelnen Sektoren zeigt sich auch in Fig. 3 sehr deutlich, wo die Entwicklung des Stromverbrauchs in der BRD für die letzten 15 Jahre aufgetragen ist. Setzt man für das kommende Jahrzehnt in etwa gleichbleibende Entwicklungen voraus – und es gibt keine Anhalte dafür, dies nicht zu tun –, wird in ungefähr 5 Jahren der Stromverbrauch aller Sektoren ohne Industrie und Verkehr den der Industrie erreicht haben. In 10 bis 15 Jahren wird sogar der Haushaltverbrauch allein den der Industrie erreichen und überschreiten.

Der steigende Anteil leitungsgebundener Energien muss auch bei Prognosen des Endenergieverbrauchs beachtet werden. Da die Nutzungsgrade beim Einsatz leitungsgebundener Energien gegenüber den festen und flüssigen Brennstoffen höher liegen und der Fortschritt der Anwendungstechnik in allen Bereichen zu sinkendem spezifischem Verbrauch führt,

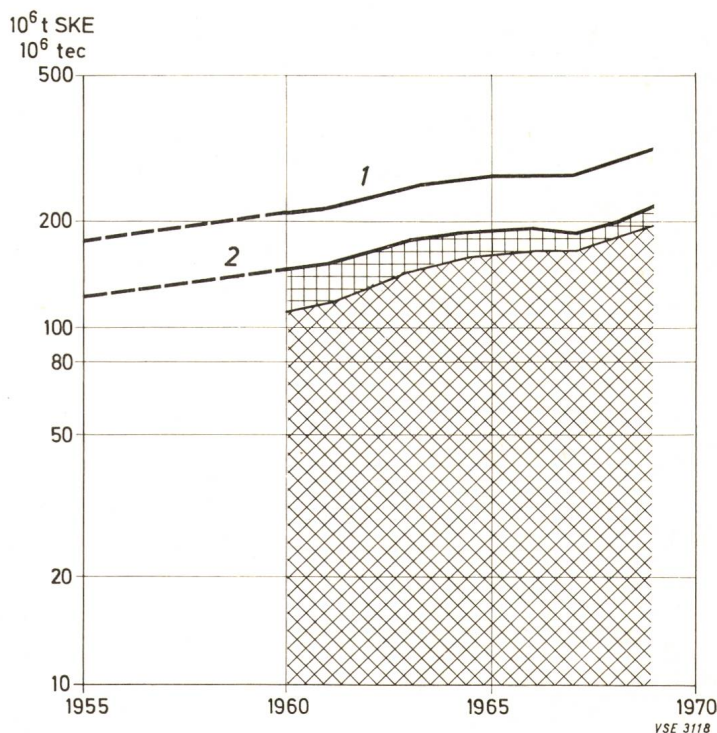


Fig. 1
Gesamtenergieverbrauch der BRD
1 Primärenergieverbrauch
Steigerung 1960/69: 4,5 %/a
2 Endenergieverbrauch
Steigerung 1960/69: 4,6 %/a

Primäre Energieträger
Sekundäre Energieträger

Quelle: Zahlen aus der «Mineralölwirtschaft 1/71»

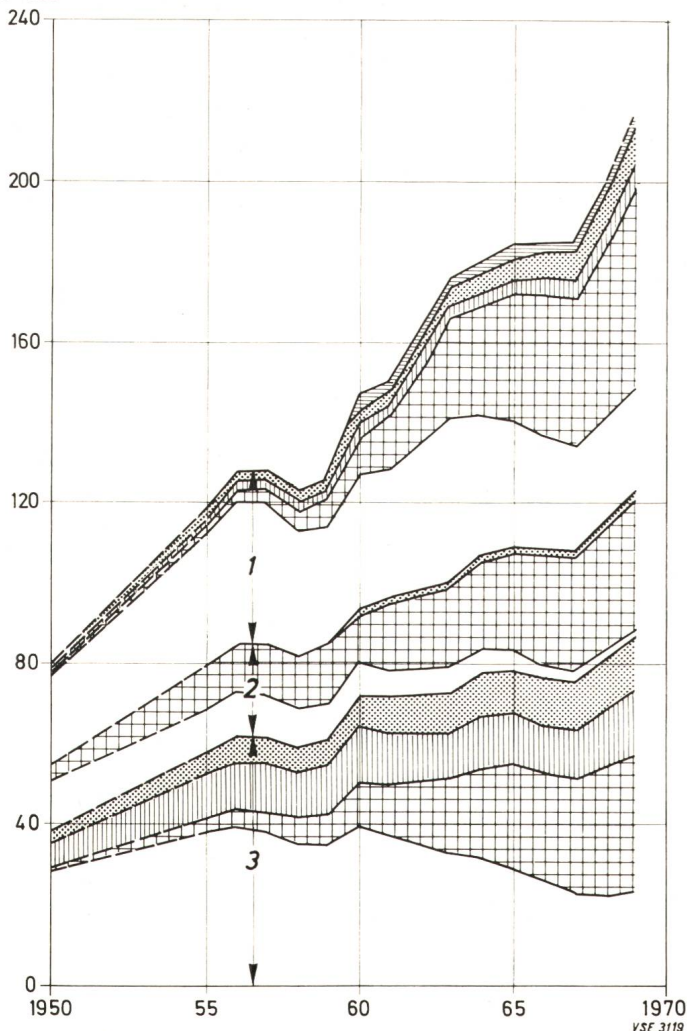
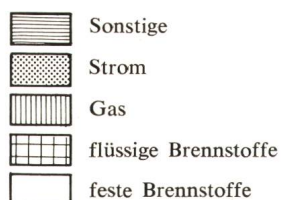


Fig. 2

Endenergieverbrauch in der BRD nach Sektoren

- 1 Haushalt und Kleinverbraucher
- 2 Verkehr
- 3 Industrie



Quelle: Zahlen aus der «Mineralölwirtschaft 1/71»

kann, wenn auch ohne Quantifizierung, gefolgert werden, dass der Nutzenergiebedarf eine Wachstumsrate aufweist, die spürbar über der des Endenergieverbrauchs mit 4,6 %/a liegt.

Die schon aufgezeigte Bedeutung der Entwicklung des Stromverbrauchs im Haushalt soll noch durch einige Hinweise unterstrichen werden. Setzt man den jeweiligen jährlichen Stromverbrauch der Haushalte in der BRD gleich 100 % und stellt nun für jedes Jahr den Anteil der einzelnen Verwendungsarten am Gesamtverbrauch dar, für die insgesamt jährlich mehr als 1 TWh eingesetzt werden, erhält man die Darstellung in Fig. 4 [3]. Es zeigt sich dabei, dass bis in fünfziger Jahre hinein Beleuchtungs- und Kochstromverbrauch die wesentlichen Anteile des Haushaltstromverbrauchs stellten. Innerhalb der letzten 15 Jahre jedoch

kamen sechs weitere Anwendungsbereiche hinzu, nämlich die Heisswasserbereitung, die Waschmaschinen, die Fernsehgeräte, die Kühlschränke, die Raumheizung und die Gefriergeräte. In der Zukunft wird sich diese Tendenz mit Sicherheit noch fortsetzen, und die nächsten Anwendungsbereiche, die ebenfalls den Grenzwert von 1 TWh pro Jahr überschreiten werden, dürften in absehbarer Zeit die Spülmaschinen und die Wäschetrockner sein. Der durchschnittliche Stromverbrauch je Haushalt wird sich von heute rund 2000 kWh/a auf rund 4500 kWh/a im Jahr 1980 erhöhen. Zudem wird man damit zu rechnen haben, dass in fernerer Zukunft neben der reinen Raumheizung auch in den Haushalten eine Raumkonditionierung durchgeführt wird, also Zwangslüftung und Klimatisierung auch in diesem Bereich Eingang finden. Damit wird der Energiebedarf der Haushalte eine weitere erhebliche Steigerung erfahren, da der Bedarf für die Raumheizung mit etwa 80 % des gesamten Haushaltenergiebedarfs eine dominierende Rolle spielt.

Ökologische Bedeutung des Energieeinsatzes in Ballungsräumen, gezeit am Beispiel Münchens

Die ökologischen Auswirkungen des Energieumsatzes betreffen die Belastung der Atmosphäre mit festen, dampf- und gasförmigen Stoffen, die Lärmbelastung und die thermische Belastung. Bei der Luftverschmutzung stehen im Vordergrund die Emissionen von toxischen Bestandteilen durch die Abgase bei Verbrennungsprozessen, zu denen noch die Emissionen von Kohlendioxid und Stäuben treten, die den Wärmehaushalt der Erde beeinflussen.

Beim Einsatz der Kernenergie treten die genannten Emissionen nicht auf, doch werden hier radioaktive, gasförmige oder feste Stoffe in die Atmosphäre emittiert. Da die Umwandlung der Kernenergie ausschliesslich Grossanlagen vorbehalten bleibt, bestehen jedoch gerade hier wie in kaum einem anderen Fall günstigste Voraussetzungen zu einer sehr strengen Kontrolle der Emission und Verhinderung von Konzentrationen, die die Umwelt beeinträchtigen könnten.

Schon in der Vergangenheit wurde die spezifische Schadstoffbelastung durch neue Techniken gesenkt, und auch in der Zukunft sind weitere Verbesserungen zu erwarten. Ihre Realisierung wird allerdings nur mit zusätzlichem, erheblichem finanziellem Aufwand erreichbar sein und daher die Kosten der Energieversorgung sehr spürbar beeinflussen.

Bei der thermischen Belastung ist demgegenüber eine spezifische Minderung aus physikalischen Gründen ausgeschlossen. Der gesamte Primärenergieeinsatz wird, gleichgültig für welchen Zweck eingesetzt und unabhängig von der Art der Versorgungs- und Umwandlungskette letztlich in Wärme umgesetzt, die als fühlbare oder latente Wärme an die Umgebung abgegeben werden muss. Die thermische Belastung der Fließgewässer durch Kraftwerke, Schifffahrt und Abwasser ist dabei nur ein Teilbereich dieses Problems. Selbst der geringe Anteil des Endenergieverbrauchs, der bei stoffgewinnenden Verfahren wieder in chemische Verbindungsenergie überführt wird, bringt weitgehend nur eine zeitliche Phasenverschiebung, da beim Gebrauch und Verbrauch dieser Stoffe die chemische Energie wieder in Wärme überführt wird.

Die thermische Belastung entspricht also dem anthropogenen Einsatz an chemisch und physikalisch gebundener

Energie. Nur die Ausnutzung von Wasser- und Windkraft, von Sonnenenergie, soweit sie aus dem terrestrischen Bereich gewonnen wird, und von geothermischer Energie, soweit es sich um die Ausnutzung von natürlichen Geysiren handelt, führen nicht zu einer zusätzlichen thermischen Belastung, wiewohl auch die Ausnutzung dieser Energiequellen mit Eingriffen in die Ökologie verbunden ist; hingegen kann die steigende Inanspruchnahme dieser Quellen zu nachteiligen Auswirkungen führen. Es muss angenommen werden, dass nicht so sehr die Frage der verfügbaren Energiequellen, sondern gerade dieses Problem des «Wärmemülls» in der zukünftigen Entwicklung der Energietechnik die entscheidenden Grenzen setzen wird.

Welche Größenordnungen die Belastungen durch die Energietechnik in Verdichtungsräumen annehmen, soll am Beispiel des Stadtgebietes München aufgezeigt werden.

Um die Umweltbelastungen innerhalb einer bestimmten Region, die durch den Energieumsatz in dieser Region auftreten, analysieren zu können, ist die Kenntnis dieses Ener-

gieumsatzes eine Grundvoraussetzung, die in jedem Einzelfall in langwieriger Kleinarbeit erarbeitet werden muss.

Entsprechend den erheblichen Schwierigkeiten der Datenermittlung und dem Stand der Untersuchung können die im folgenden ausgewiesenen Zahlen nur als erste Näherung betrachtet werden. Für 1969 beträgt der gesamte Primärenergieeinsatz im Stadtgebiet München mit 310 km² Fläche rund 28 000 Tcal. Für die Strom- und Fernwärmeerzeugung werden 6000 Tcal oder 22 % der Primärenergie eingesetzt. Die Verluste der Strom- und Fernwärmeerzeugung liegen bei 2500 Tcal, von denen rund 1500 Tcal durch Flusswasserkühlung abgeführt werden. Insgesamt treten im Bereich der Stadtwerke einschliesslich der Gasversorgung 3030 Tcal Umwandlungsverluste auf, das sind rund 11 % des gesamten Primärenergieeinsatzes. Der Endenergieeinsatz stellt sich also auf rund 24 500 Tcal.

Von dem Endenergieeinsatz entfallen auf den Raumwärmebedarf Münchens ca. 13 700 Tcal. Er ist also am Endenergieeinsatz mit ca. 56 % und am Primärenergieeinsatz mit

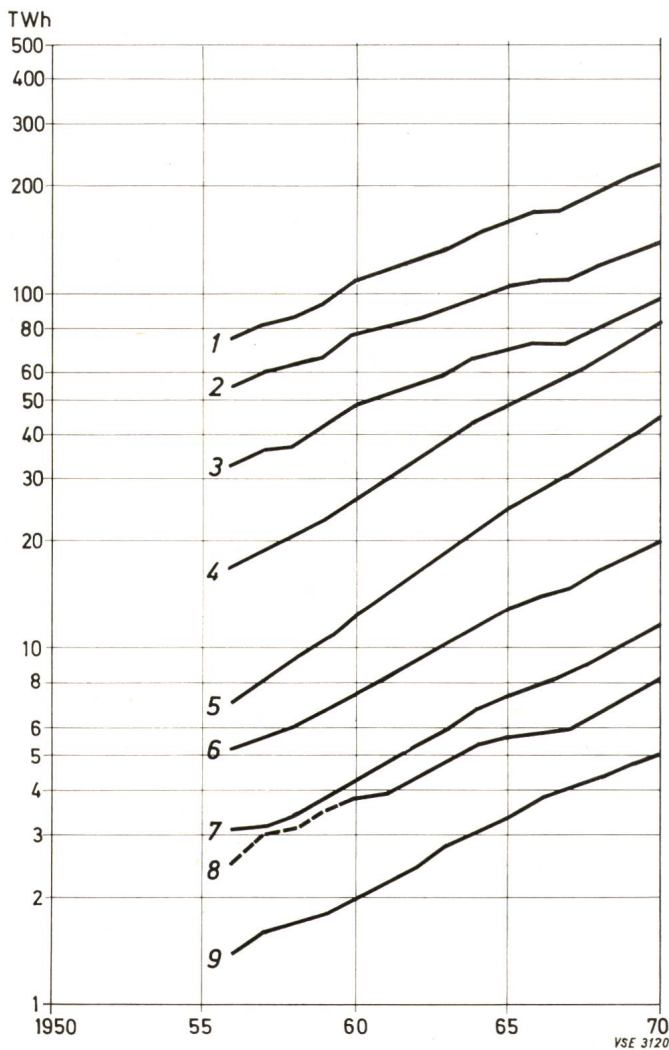


Fig. 3

Entwicklung des Stromverbrauchs in der BRD

- 1 Gesamtverbrauch
- 2 Verbrauch der Industrie
- 3 Bezug der Industrie aus dem öffentlichen Netz
- 4 Verbrauch ohne Industrie und Verkehr
- 5 Verbrauch der Haushalte
- 6 Verbrauch im Sektor Handel und Gewerbe
- 7 Verbrauch im Sektor öffentliche Einrichtungen
- 8 Verbrauch im Sektor Verkehr
- 9 Verbrauch der Landwirtschaft

Quelle: «Elektrizitätswirtschaft»

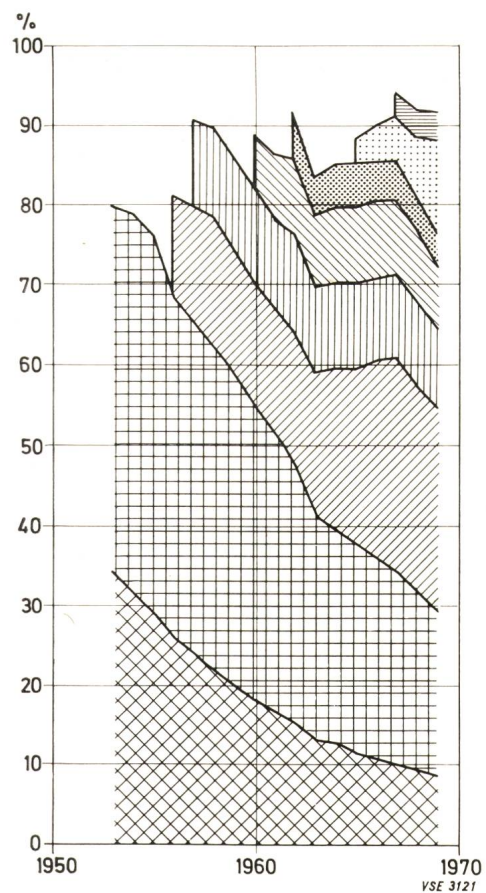


Fig. 4

Prozentualer Anteil einzelner Haushaltgeräte am Haushaltstromverbrauch in der BRD

- Gefriergeräte
- Raumheizung
- Kühlschränke
- Fernsehgeräte
- Waschmaschinen
- Heisswasserbereiter
- Herde
- Beleuchtung

etwa 49,5 % beteiligt. Die Haushalte setzen für Raumheizzwecke etwa 7000 Tcal ein, davon entfallen auf leitungsgebundene Energieträger 18,5 %.

Als sehr interessant erweist sich die Abschätzung der Wärmebilanz für den Trinkwassereinsatz. Danach ergibt sich für die thermische Belastung des Wasserkreislaufes von der Förderung bis zum Ablauf aus dem Klärwerk ein Betrag von 1200 Tcal, das sind 80 % der thermischen Belastung durch die Flusswasserkühlung der Kraftwerke.

Bei dem Versuch, den saisonalen Gang des Energieeinsatzes darzustellen, potenzieren sich die Schwierigkeiten. In Fig. 5 ist das Ergebnis der umfangreichen Untersuchungen dargestellt. Die stark ausgezogene Treppenkurve gibt den monatlichen Gang des Endenergieverbrauchs wieder, der im Dezember mit 3340 Tcal seinen höchsten und im Juli mit 1390 Tcal seinen niedrigsten Wert aufweist. Während elektrische Energie, die Brennstoff- und die Umwandlungsverluste gleichartige Tendenzen aufweisen, allerdings mit unterschiedlichen Relationen, liegen die Monatswerte des Treib-

stoffverbrauchs in den Sommermonaten am höchsten. Der menschliche Energieumsatz wurde als weitgehend unabhängig von der Jahreszeit angesetzt. Durch den hohen Anteil der Raumheizung ergibt sich eine ausserordentlich straffe Korrelation des Energieumsatzes mit der monatlichen Aussentemperatur.

Auf die Monate Oktober bis April, also in einem Zeitraum von knapp 60 % des Jahres, entfallen rund 72 % des Energieeinsatzes, und daran ist die Raumheizung mit weit mehr als der Hälfte beteiligt.

Da in München endotherme Stoffgewinnungsverfahren in nennenswertem Umfang nicht durchgeführt werden, wird die gesamte im Stadtgebiet umgesetzte Energie – abgesehen von latenten Verlusten bei der Verbrennung – in Wärme umgesetzt. Die latenten Verluste, vornehmlich Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Russ und Unverbranntes in der Asche, dürften annähernd bei 400 Tcal liegen. Die 1969 freigesetzte Wärme im Stadtgebiet, einschliesslich der latenten Wärme in bei der Verbrennung entstehendem Wasserdampf, liegt demnach bei 27 600 Tcal, davon wurden rund 24 000 Tcal an die Luft abgegeben.

Bezieht man diesen Betrag auf das Stadtgebiet, ergibt sich eine durchschnittliche Wärmebelastung von rund 10 kcal/m²h, das sind etwa 17 % der im Jahresdurchschnitt eingestrahelten Sonnenenergie. Für die sieben Monate der Heizperiode stellt sich die Wärmebelastung auf 12,5 kcal/m²h, für die restlichen fünf Monate auf 8,6 kcal/m²h. Die thermische Belastung ist also in ihrem jahreszeitlichen Rhythmus der Sonnenintensität entgegengesetzt. Während global keine nennenswerte Wirkung dieser Belastung auftritt, da ihr Anteil, wie schon erwähnt, nur 0,007 % ausmacht, führen die hier für einen Verdichtungsraum ausgewiesenen Werte schon zu einem merklichen Eingriff in das Kleinklima, der sich den ohnehin schon vorhandenen Wirkungen des Stadtraumes an sich überlagert. Für jeden Einzelnen ist der Einfluss auf die Lufttemperatur schon heute, vor allem im Winter, deutlich spürbar, wenn er aus der Umgebung in das Zentrum eines Verdichtungsraumes kommt.

Bedarfsminderung durch bessere Nutzungsgrade

Für Verdichtungsräume werden durch den Energieeinsatz schon Schadstoff- und Wärmeemissionen erreicht, die hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Umwelt bedenklich sind. Da auch in diesen Räumen mit einem weiteren Wachsen des Nutzenergiebedarfs zu rechnen ist, müssen Wege gesucht werden, diesen Bedarf mit spezifisch geringerem Einsatz zu decken. Die teilweise sehr geringen Wirkungsgrade gerade im Bereich der Energieanwendung, aber auch insgesamt beim Weg der Primärenergie bis zur Nutzenergie, lassen hier noch mannigfaltige Möglichkeiten offen.

Ein Einbeziehen der gesamten Versorgungsketten in die Betrachtung ist auch im Hinblick auf die Rationalisierung des Energieeinsatzes sehr nützlich. Die in Fig. 6 dargestellte vereinfachte Energiebilanz der BRD für das Jahr 1970 gibt dazu recht aufschlussreiche Hinweise. Vom gesamten Energieaufkommen werden rund 21 % im Energiesektor für Verluste und Eigenbedarf bei der Aufbereitung, Wandlung und dem Transport der Energieträger benötigt. Vom Endenergieaufkommen gelangen unter Abzug der in die Bunkerung, den Export und den nicht energetischen Verbrauch gehenden

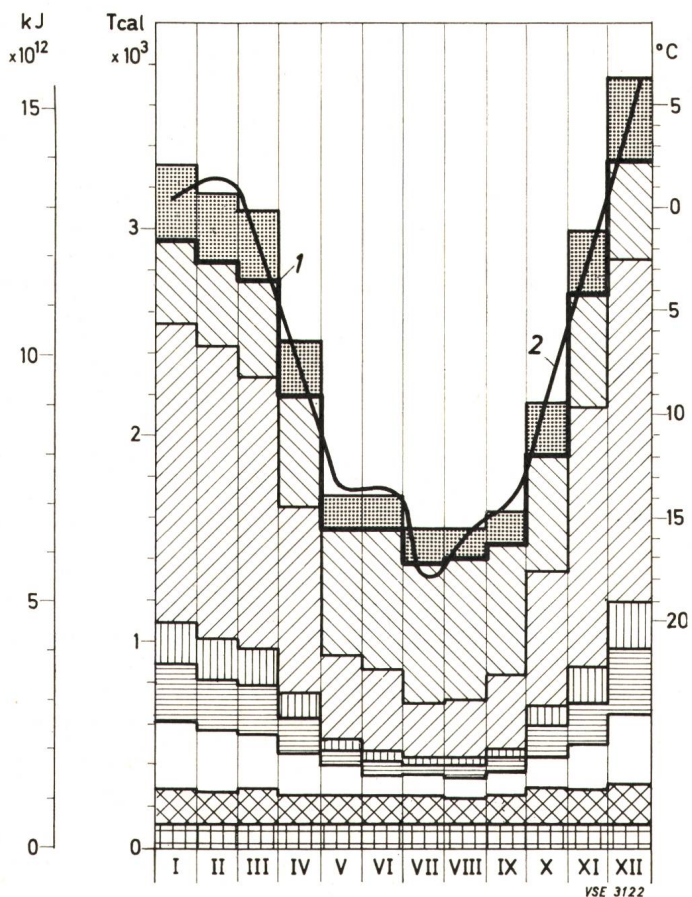


Fig. 5
Monatlicher Energieeinsatz 1969 im Stadtgebiet München
1 Endenergie 2 Aussentemperatur

- Umwandlungsverluste
- Kraftstoff
- Heizöl
- Kohle
- Fernwärme
- Gas
- Strom
- Mensch

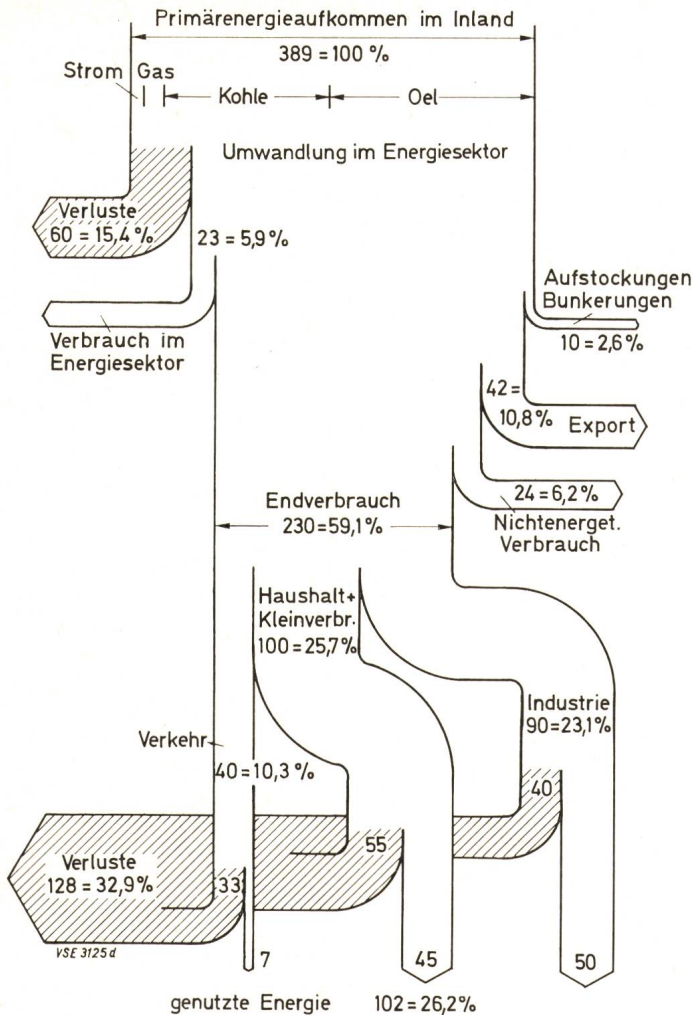


Fig. 6
Energiebilanz in der BRD 1970 in 10⁶ t SKE

Mengen rund 59 % des Energieaufkommens zum Endverbraucher. An diesem Endeinsatz sind, wiederum bezogen auf das Aufkommen, Haushalt und Kleinverbrauch mit 26 %, die Industrie mit 23 % und der Verkehr mit 10 % beteiligt. Bis zu dieser Stufe sind die Angaben statistisch belegbar. Die Frage jedoch, für welche Verwendungszwecke und mit welchen Nutzungsgraden die in den drei Sektoren vorhandenen Endenergien eingesetzt werden, ist statistisch nicht zu fassen. Eine überschlägige Abschätzung der Nutzungsgrade in den drei Sektoren führt zu der in Fig. 6 dargestellten Aufteilung auf genutzte Energie und Verluste.

Die künftige Entwicklung der Verlustanteile wird stark vom Strassenverkehr geprägt werden. Er weist mit einer Verdoppelungszeit seines Endenergiebedarfs von 7,5 Jahren überdurchschnittliche Zuwachsraten auf, liegt jedoch mit einem durchschnittlichen Nutzungsgrad von weniger als 15 % weit unter dem der Industrie mit rund 55 %. Auch der gegenüber der Industrie wesentlich stärkere Bedarfsanstieg im Bereich von Haushalt und Kleinverbrauch wird bei einem Nutzungsgrad von rund 45 % in den nächsten Jahren auch zu einem relativen Anstieg der Verluste im Endverbrauch führen.

Betrachtet man nur die inländische Energiebedarfsdeckung, stellt sich aber schon 1970 der gesamte Nutzungsgrad bestimmt als das Verhältnis der genutzten Energie zur dafür eingesetzten Primärenergie auf nur etwa 35 %. Die beim Endverbrauch auftretenden Verluste waren dabei doppelt so

hoch wie die im Energiesektor entstehenden Verluste einschließlich des Eigenverbrauchs [4].

Aus diesen Angaben kann man folgern, dass im – natürlich utopischen – Idealfall einer verlustfreien Energiegewinnung, -umwandlung, -verteilung und -anwendung eine Verminderung des Primärenergieeinsatzes auf etwa ein Drittel erreicht werden könne. Nicht einbezogen sind dabei die absehbaren Techniken zur Wärmerückgewinnung, mit denen noch weitere Reduktionen erreichbar wären. Dies um so mehr, als der Anteil der Niedertemperaturwärme am gesamten Energiebedarf bei über 50 % liegt und sich in diesem Bereich am ehesten Ansatzpunkte für die Ausnutzung von Abwärme bieten.

Zudem ist mit dem Ausweisen «genutzter» Energie in Fig. 6 noch keineswegs eine rationelle Nutzung unterstellt. Vielfach ergibt sich heute noch ein Nutzenergiebedarf für bestimmte Zwecke, der durch verbesserte Technologien erheblich vermindert werden könnte. Ausserdem wird häufig Nutzenergie erzeugt, ohne dass ein echter Bedarf vorliegt, und damit Primärenergie verschwendet. Gerade deshalb ist die Suche nach Wegen einer rationellen Energiebedarfsdeckung zu einer echten Alternative geworden. Bei dieser Suche gilt es festzustellen, wie ein bestimmter Bedarf mit einem möglichst geringen Nutzenergieaufwand und ein bestimmter Nutzenergiebedarf mit möglichst geringem Primärenergieaufwand gedeckt werden kann.

Die Raumheizung ist dafür ein typisches Beispiel. Unzureichende Wärmedämmung und eine Bauausführung, die energietechnische Forderungen nicht berücksichtigt, das Fehlen einwandfreier Regelsysteme, das die «Fensterregelung» als einzige Möglichkeit belässt, unbefriedigende Heizsysteme und Abrechnungsverfahren, die zur Verschwendung anregen, führen dazu, dass der Nutzungsgrad bei der Raumheizung insgesamt unter 50 % liegen dürfte. Dabei sind die Techniken, die zu günstigeren Verhältnissen führen, durchaus bekannt und auch schon erprobt. Wie wäre es sonst möglich, dass ausgeführte Bauten mit elektrischer Heizung sich trotz dem Nutzungsgrad der eingesetzten Primärenergie bei der Stromversorgung von nur rund 30 % mit brennstoffgefeuerten Raumheizanlagen hinsichtlich des Primärenergieaufwandes messen können.

Bislang war man in erster Linie bestrebt, für jeden einzelnen Anwendungsfall möglichst optimale Verhältnisse zu schaffen. Heute ist zu fragen, inwieweit nicht eine integrierende Optimierung möglich ist. Welchen Luxus leistet man sich z. B., wenn heute in den Waschmaschinen die heissen Flotten in die Kanalisation abgepumpt und dabei noch zum Schutz der Abwasserleitungen frisches Kaltwasser zugesetzt wird. Allein mit der Abwärme im Abwasser von Wasch- und Spülmaschinen könnte fast der gesamte Warmwasserbedarf im Haushalt gedeckt werden. Gleichermassen gibt es in der Industrie und im Gewerbe noch vielfältige Möglichkeiten, durch Abwärmeverwendung den Endenergiebedarf zu senken.

Wenn derartige Möglichkeiten heute nur in wenigen Fällen genutzt werden, so vor allem, weil in den Wirtschaftlichkeitsrechnungen die Umweltbelastung nicht bewertet wird. Die Zukunft wird hier zum Umdenken zwingen.

Auch die Abwärme von Kraftwerken lässt sich nicht nur durch die konventionelle Heizkraftkupplung, sondern auch

auf heute noch nicht praktizierte Weise in gewissem Umfang ausnutzen. Allerdings sind hier vom Bedarf her Grenzen gesetzt. Ein hoher Anteil des gesamten Wärmebedarfs ist klimaabhängig, der Strombedarf jedoch nur in weit geringem Umfang, so dass eine ganzjährige Abwärmenutzung nur mit sehr hohem Aufwand für Speicherung möglich ist. Zudem fällt schon 1980 mehr Abwärme in den dann notwendigen Kraftwerken mit insgesamt schätzungsweise 100 GW Leistung an, als für die Raumheizung in der gesamten BRD benötigt wird.

Nicht nur wegen der Möglichkeit, die Kraftwerkabwärme zur Deckung von Wärmebedarf im Niedertemperaturbereich einzusetzen, sondern auch wegen der Möglichkeit, durch die mit Abwärme erzeugte Thermik den Luftaustausch in Verdichtungsräumen zu erhöhen und eventuell auch die bei Inversionswetterlagen auftretenden Luftschichtungen zu verändern, muss eingehend geprüft werden, ob nicht der verbrauchsnahe Kraftwerkstandort einem verbrauchsfernen aus ökologischer Sicht vorzuziehen wäre.

Schlussbetrachtung

Die derzeitige Entwicklung auch auf dem Gebiet der Energietechnik zwingt dazu, die Identität von Wachstum und Fortschritt in Frage zu stellen. Da ein kurzfristiger Abbau der Wachstumsraten des Nutzenergiebedarfs weder möglich noch grundsätzlich erwünscht wäre, müssen Wege gesucht werden, die zu einer rationelleren Energiebedarfsdeckung führen. Die heute erreichten Nutzungsgrade weisen auf die hier noch aktivierbaren Möglichkeiten hin. Zweierlei ist dazu allerdings notwendig. Einmal müssen genügend Ingenieure

bereit sein, sich den damit zusammenhängenden vielfältigen technischen Detailfragen zu widmen, deren Lösung kaum in spektakuläre Schlagzeilen ummünzbar ist, und zum zweiten muss der Einzelne im privaten und beruflichen Bereich sich der Bedeutung des Energiebedarfs, den er initiiert, bewusster werden. Dazu gehört sicherlich auch die schulische Vermittlung eines Minimums an physikalischen Kenntnissen, ohne die sich der technische Laie z. B. nicht vorstellen kann, dass der stündliche Energieverbrauch eines Farbfernsehers dem von sechs bis acht 60-W-Glühlampen entspricht und die gleiche Energie beim einminütigen Zapfen von Warmwasser (60 °C, 8 l/min) aufgewandt werden muss.

Der Weg zu einer dementsprechenden Aufklärung ist mühsam, aber er würde im Gegensatz zu manchen anderen Aktivitäten, die publizistisch sicher oft dankbarer sind, ein Stück weiterführen in der praktischen Bewältigung der Probleme.

Literatur

- [1] *H. Schaefer, K. Philippi*: «Der Energiehaushalt der Erde». FfE-Berichte Nr. 3, 1973, erschienen in «Brennstoff-Wärme-Kraft» 25 (1973) Nr. 9, S. 361-365.
- [2] *H. Schaefer*: «Die Energietechnik, Mittel der Umweltgestaltung und Faktor der Umweltbelastung». Kerntechnik, Verlag Karl Thieme, Band 15 (1973), Nr. 12, S. 570-573.
- [3] *E. Behrndt*: «Der Strombedarf der Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland bis 1980». FfE-Berichte Nr. 2, 1971, erschienen in BWK 23 (1973) Nr. 5, Seite 253-256.
- [4] *H. Schaefer*: «Energieversorgung der Zukunft, rationell oder rationiert». FfE-Berichte Nr. 2, 1973, erschienen in BWK 25 (1973) Nr. 7, Seite 291-295.

Adresse des Autors:

Prof. Dr.-Ing. *Helmut Schaefer*, Vorstand des Institutes für Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik der Technischen Universität München und wissenschaftlicher Leiter der Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München.