Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 64 (1973)

Heft: 19

Artikel: Wie löst die Elektrizitätswirtschaft die Umweltprobleme

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915604

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: 15.09.2025

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

Wie löst die Elektrizitätswirtschaft die Umweltprobleme

Bericht des Direktionskomitees für den Kongress in Den Haag vom 27. bis 31. August 1973

Einführung

Ein Planet, während Jahrtausenden bedeckt mit Vegetation, Meeren und Flüssen, umgeben von einer Atmosphäre mit gleichbleibender Zusammensetzung: Auf natürliche Weise entwickelt sich das ökologische Gleichgewicht der Erde. Die Menschen, die ihn bewohnen, sind dazu geschaffen, um darauf zu leben; ihre Zahl wächst nur langsam; sie benutzen nur einen äusserst geringen Teil der anscheinend grenzenlosen Hilfsquellen; sie erzeugen nur eine äusserst geringe Menge an Abfällen.

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts kommt es zu einer ersten Revolution: das industrielle Zeitalter tritt in Erscheinung; das Holz wird durch die Kohle ersetzt; die Dampfmaschine ersetzt das Pferd. Hundert Jahre später kommt es zu einer neuen Revolution: die elektrische Energie tritt auf den Plan, und bald kommt das Erdöl der Kohle zu Hilfe. Die Bevölkerung wächst rasch, während die technische Zivilisation unaufhörlich die Bedürfnisse der einzelnen erhöht. Die Entwicklung des Energieverbrauchs nimmt exponentionelle Ausmasse an. Sie ist eine der bedeutendsten materiellen Stützen unserer Gesellschaft, die Grundlage unserer Produktivität und unseres Gedeihens. Obwohl wir uns dessen in unserem alltäglichen Leben kaum bewusst sind, so könnte unsere Gesellschaft nicht überleben, wenn diese Energie eines Tages fehlen würde.

Die Natur wehrt sich gegen diese Beanspruchung; die Vegetation absorbiert die anfallende Kohlensäure, gibt Sauerstoff ab und trägt zur Aufrechterhaltung der Zusammensetzung der Luft bei. Die Ströme und Flüsse absorbieren die in sie eingeleiteten Kalorien und führen die Abfälle ab, mit denen man sie belastet; die Meere und Ozeane scheinen keinerlei Veränderungen unterworfen zu sein. Der Mensch akklimatisiert sich nach und nach an den Lärm der Städte und der Industriewerke.

Die Gefahren jedoch, die diese beschleunigte Entwicklung mit sich bringt, werden für die Menschen wahrnehmbar. Es erfolgt eine Entwicklung; bis vor kurzem unbekannte Begriffe werden fester Bestandteil des allgemeinen Bewusstseins, und die Wissenschaft der Umwelt entsteht sehr rasch mit einer Menge von Vokabeln, die man früher den Fachleuten überlassen hat: Verschmutzung, Beeinträchtigungen, Ökologie.

Der Sinn, der hinter diesen Wörtern steckt, ist im wesentlichen ein subjektiver; alles auf diesem Gebiete ist eine Sache der Dosierung. Jemand, der in einem gegebenen Augenblick die Freude geniessen würde, eine in seiner Diskothek absichtlich gewählte Symphonie zu hören, wird es in einem anderen Augenblick als Störung empfinden, wenn ihm sein Nachbar ein Konzertstück aufzwingt. Ein vollständig reines Wasser, frei von jedem Mineralsalz, hat nicht nur einen widerlichen Geschmack, sondern es ist auch noch schädlich für unsere Gesundheit. Wenn jemand sich in einem völlig geräuschlosen Raum befinden würde, der von jedem Umweltlärm abgeschirmt wäre, so würde er bald von erheblichen Störungen betroffen. In Wirklichkeit ist der Mensch nicht dazu geschaffen, in einer völlig neutralisierten Umwelt zu leben: mit reiner Luft, mit reinem Wasser, ohne Geräusch, ohne jede Radioaktivität kann er nicht mehr leben. Er benötigt dauernd Reize für sein Gleichgewicht und sein Wohlbefinden. Hier liegt das gesamte Problem der Störungseinflüsse: zu viel oder zu wenig davon, und schon empfindet der Mensch, wie seine Lebensqualität sich verschlechtert.

Wie kann man nun die Umwelt verbessern? Wenn man von finanziellen Überlegungen absieht, sind wenige Probleme bezüglich der Verschmutzung zurzeit unlösbar. Welches sind jedoch die Ausgaben, die die Gesellschaft bereit ist aufzubringen? Das Zurück zur Natur, das bereits von *Jean-Jacques Rousseau* gefordert worden ist, wird immer ein Traum bleiben, und zwar ein utopischer Traum. Der Kampf für die Verringerung der störenden Einflüsse unterliegt dem ehernen Gesetz, dass jede Tätigkeit begrenzt wird durch die Kosten-Gewinn-Analyse. Die Reinheit der Luft, die Schönheit, die Ruhe, das ökologische Gleichgewicht haben sicherlich ihren Preis; dieser Preis jedoch – wie es bei sämtlichen immateriellen Gütern der Fall ist – wird weitgehend durch irrationale Motive bestimmt, ist deshalb nicht messbar, was die Untersuchung der Kosten und Gewinne sicherlich nicht erleichtert. Eine andere Möglichkeit würde darin bestehen, für jeden Schmutzstoff die zulässige Grenze festzulegen: hier liegt die Schwierigkeit dann in der Festsetzung dieses Schwellenwertes. In einer ersten Annäherung an dieses Problem genügt es bei dem jetzigen Stand der industriellen Welt, davon auszugehen, dass jede Verringerung einer Belästigung eine Wohltat für die Gesellschaft ist und dass jede Industrie, die an die Stelle anderer in grösserem Umfange Schmutz erzeugenden Tätigkeiten treten kann, und die somit dazu beiträgt, die gesamte Erzeugung von Schmutz zu verringern, sich letzten Endes als einen Segen auswirkt, selbst dann, wenn sie nicht völlig frei ist von Beeinträchtigungen für die Umwelt.

Der *energiewirtschaftliche Sektor,* der sich ebenfalls vor die Probleme des wirtschaftlichen Wachstums und der Erhaltung der natürlichen Quellen gestellt sieht, befindet sich im Anfangsstadium einer Veränderung, die zweifelsohne auf die Atomindustrie zurückzuführen ist, die heute lediglich eine unterstützende Funktion hat, morgen aber bereits eine unabdingbare Notwendigkeit sein wird. In diesem Prozess spielt die elektrische Energie eine hervorragende Rolle, denn sie allein gewährleistet die praktische Verwendung der Atomkraft. Somit sehen wir hier die allgemeine Tendenz erneut bestätigt, derzufolge die am meisten entwickelten Güter über die am meisten veralteten Güter den Sieg davontragen; sämtliche vorausschauenden Studien zeigen, dass der Verbrauch an elektrischer Energie weiterhin schneller zuneh-

men wird als der Gesamtverbrauch an Energie, so dass die elektrische Energie den energiewirtschaftlichen Markt in immer stärkerem Masse erobern wird.

Die elektrische Energie bietet den gewaltigen Vorteil, dass sie im *Stadium ihres Endverbrauches vollkommen sauber* ist. Sicherlich ergeben sich aus ihrer Erzeugung wie auch aus ihrer Übertragung unweigerlich einige Beeinträchtigungseffekte, doch letzten Endes ist die neue Situation, in welcher die elektrische Energie künftig die Hauptrolle spielen wird, unter dem Gesichtspunkt der Umwelt – allgemeiner Verschmutzungsgrad und Verbleib der Schmutzstoffe im Raum – jener vorzuziehen, die sich hätte ergeben können, wenn die Entwicklung sich wie in der Vergangenheit hätte fortsetzen müssen, wobei die fossilen Brennstoffe ihr Monopol behalten hätten.

Auf dem Kongress in Cannes, 1970, unterbreitete das Direktionskomitee der UNIPEDE einen Bericht über «*Die Wachstumsprobleme der Elektrizitätswirtschaft im Hinblick auf eine Verdreifachung der Verbräuche*». In diesem Bericht wird den Umweltproblemen ein grosser Platz eingeräumt, und zwar im wesentlichen unter dem Gesichtspunkt der Auflagen, die der Umweltschutz im Namen des allgemeinen Interesses für die Elektrizitätswirtschaft mit sich bringt, wobei diese Auflagen von der Sicherheit der öffentlichen Versorgung bis zu den Beschränkungen aller Art, die mit der Bekämpfung der negativen Auswirkungen verbunden sind, reichen. Alle diese Auflagen wirken sich in der Erhöhung der Selbstkosten aus und stellen sich deren strukturellen Tendenz zur Senkung entgegen, wobei diese Tendenz zur Senkung der Selbstkosten der beste Garant für den Erfolg der elektrischen Energie in ihrem Wettbewerb mit den anderen Energieträgern ist. Der Bericht schliesst jedoch optimistisch, indem den Behörden gegenüber das Vertrauen zum Ausdruck gebracht wird, dass sie die besten Wahlentscheidungen zugunsten der Gesamtheit treffen werden.

Diese gesamte Betrachtungsweise ist heute noch voll gültig; die politischen Wahlentscheidungen scheinen durchaus in Richtung einer Begrenzung der negativen Auswirkungen zu gehen, doch werden deren wirtschaftliche Folgen nicht immer klar erkannt. Dieser neue Bericht zeigt nicht nur, dass die Elektrizitätswirtschaftler über die Mittel verfügen, zum Besten des Allgemeinwohles die durch die Ausweitung ihres Wirtschaftszweiges entstehenden Verschmutzungsprobleme zu lösen, sondern auch, dass die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft ebenfalls *entscheidend zur Verbesserung der Umwelt* beitragen kann. Es gilt nur, realistisch zu bleiben und sich davor zu hüten, dass zu hohe heutige Auflagen uns die Chancen, die uns die Zukunft bietet, verbauen.

Kapitel I

Die Verwendung der elektrischen Energie: eine Wohltat für die Umwelt

Dank der elektrischen Energie erfüllt sich jeder Abend aufs neue mit Leben und lässt das nächtliche Bild unserer Städte erstrahlen: Strassenbeleuchtungen, bunte Leuchtzeichen, beleuchtete Schaufenster, angestrahlte Monumente, Lichter aller Art gehören seit langem zu unserer täglichen Umwelt. Was wäre diese Umwelt, wenn die elektrische Energie nicht ebenfalls vorhanden wäre für unsere U-Bahnen und Strassenbahnen? Wer wäre sich nicht des gewaltigen Fortschrittes der Elektrifizierung der Eisenbahnen bewusst, wäre es auch nur, dass sie die Atmosphäre der grossen Bahnhöfe vollständig verändert hätte?

Der massive Einsatz der elektrischen Energie anstelle anderer Energieträger würde bezüglich der Luftqualität besonders erfreuliche Folgen zeitigen.

Man weiss z. B., dass bei einer Einwohnerzahl von mehr als 3000 pro km² der durchschnittliche Gehalt an Schwefeldioxyd in städtischen Gebieten linear mit der Bevölkerungsdichte ansteigt; aus diesem Grunde verringert sich die Schwefelverschmutzung mit der Entfernung vom Innern des Ballungszentrums zu seiner Peripherie, doch sind hierbei die jahreszeitlich bedingten Schwankungen erheblich gross. In dem besonderen Falle von *Paris* hat man festgestellt, dass der durchschnittliche Gehalt der Luft an SO_2 im Winter sechsmal höher ist als im Sommer, da dieser Wert von 30 µg/m³ auf 180 µg/m³ ansteigt.

Diese jahreszeitlich bedingte Erscheinung ist auch sehr deutlich, allerdings mit einer geringeren Schwankungsamplitude – dies hängt jedoch mit dem allgemeinen Rückgang der Kohle auf dem Brennstoffmarkt zusammen –, bezüglich des Staubgehalts der Luft: in *Paris* z. B. stellt man fest, dass er im Winter etwa doppelt so hoch ist wie im Sommer.

Diese Tatsachen sind eindeutig auf die *Haushalte* zurückzuführen – die Betriebsweise der Industriewerke ist dagegen während des gesamten Jahres nahezu die gleiche – als einer der bedeutendsten Faktoren der Verschmutzung städtischer Gebiete. Ohne hier auf die Verbrennungsqualität in diesen Haushalten einzugehen – sie ist eine recht mittelmässige, da es hier an einer echt wirksamen Kontrolle fehlt –, ermöglichen ihre Schornsteine wegen ihrer geringen Höhe sicherlich nicht eine ausreichende Verteilung der Rauchgase in der Atmosphäre – trotz einem wahrscheinlich ausreichenden Abzug.

In einer Studie über die Luftverschmutzung in *Grossbritannien* wird die Auffassung vertreten, dass die durchschnittliche Konzentration an Schwefeldioxyd am Boden um das Hundertfache verringert werden könnte, wenn bei gleicher verbrauchter Menge der Brennstoff an einer einzigen Stelle verfeuert würde, die mit einem hohen Schornstein ausgestattet ist, so wie das in einem thermischen Kraftwerk der Fall ist, anstatt dass er in einer Menge kleiner, verstreut liegender Stellen verbrannt wird. Eine weitere britische Studie[1]) berücksichtigt nicht nur diesen Unterschied zwischen den Konzentrationen am Boden, sondern darüber hinaus andere Faktoren, die wesentlich sind für die Bestimmung der Störeinflüsse, wie z. B. die chemische Zusammensetzung der abgeführten Stoffe, die Emissionsbedingungen im Hinblick auf die Menschen und die Gebäude, die tages- und jahreszeitlichen Schwankungen usw. Der Autor schliesst mit den Worten:

«Wenn man alle diese Faktoren miteinander multipliziert, ergibt sich letzten Endes, dass die Folgen für die Umwelt aus der Verfeuerung von einer Tonne Kohle in einem typischen Haushalt einerseits und in einem Wärmekraftwerk andererseits ein Verhältnis von 25 000 zu 1 aufweisen.»

---

[1]) Pr. R.S.S. Scorer (Vereinigtes Königreich), *The Dispersion of Air-Pollution,* Jahreskonferenz der Vereinigung der Inspektoren für öffentliche Gesundheit, 1961.

Die Raumheizung

Zur Vermeidung der durch die Heizung entstehenden Luftverschmutzung gibt es zwei Mittel, wenn man von der preiswerten Verwendung von Erdgas absieht: die Versorgung mit Fernwärme aus grossen Erzeugungseinheiten, die sich ausserhalb der Ballungsgebiete befinden, sowie die allgemeine Verwendung von elektrischer Energie, die in weiter Entfernung von den Städten in wenig oder nicht verschmutzten Gebieten erzeugt wird.

Sämtliche Studien, die sich mit der Suche nach den Mitteln befassten, Energie einzusparen – die eine erste Voraussetzung darstellen zur Verringerung der mit ihrer Verwendung zusammenhängenden Störeffekte –, haben die Wichtigkeit der Wärmedämmung der Räume unterstrichen: man ist sich darin einig, dass man davon ausgehen kann, dass in zahlreichen europäischen Ländern der Heizverbrauch, der einen bedeutenden Anteil an dem gesamten Energieverbrauch hat, auf diese Weise erheblich verringert werden könnte. In den skandinavischen Ländern hat man bereits den praktischen Beweis hierfür erbracht, und es ist die Feststellung getroffen worden, dass die erforderlichen Investitionen keinen hohen Anteil an den Selbstkosten der Gebäude haben. Der Wärmekomfort wird im übrigen erheblich verbessert, und ausserdem erhält man dadurch leichter eine bessere Schalldämmung, wodurch der Komfort noch verbessert wird. Man muss also davon ausgehen, dass die traditionellen Baumethoden sich diesen technischen Belangen anpassen werden; und offenbar müssen unter diesem Zukunftsaspekt die Elektroheizung und die städtische Fernwärmeversorgung einander angenähert werden.

Die Wärmedämmung ist bei der Elektroheizung tatsächlich von vornherein erforderlich, und zwar auf Grund der relativ hohen Kosten der elektrischen Energie. Die Erfahrung zeigt, dass man gut isolierte Wohnungen bauen kann, so dass die elektrische Heizung damit bereits jetzt wettbewerbsfähig ist gegenüber den traditionellen Heizformen und der städtischen Fernwärmeversorgung. Eine Begrenzung erfährt der Verbrauch der Energie ebenfalls durch die Elastizität der durchgeführten Regelungen, die es ermöglicht, zu jedem Augenblick und für jeden Raum die Lieferung von Wärme dem tatsächlichen Verbrauch anzupassen, und zwar unter Berücksichtigung der Zufuhr von «freier Wärme», die dank der Wärmedämmung genutzt werden kann: Beleuchtung, Sonneneinstrahlung, Anwesenheit von Personen usw.

Bei den anderen Heiztechniken ergibt sich ein geringerer Anreiz zur Errichtung von Gebäuden mit guter Wärmedämmung. Unter Berücksichtigung der höheren Kosten für die klassischen Heizanlagen gegenüber denen der *allelektrischen* Heizung, unter Berücksichtigung des weiteren der Wärmedämmungskosten selbst sowie der Kosten der verschiedenen Energien, ist das Optimum der Wärmedämmung in den beiden Fällen ziemlich unterschiedlich. Deshalb und trotz dem doppelten Handicap des Wirkungsgrades der Erzeugung der elektrischen Energie im Kraftwerk und der Netzverluste ist die Menge der *Primärenergie* zur Sicherstellung der «allelektrischen» Heizung in sämtlichen Fällen[2]) gleicher Grössenordnung und in einigen Fällen sogar geringer als bei den traditionellen Heizarten. Gegenüber der Fernheizung weist die elektrische Energie sogar einen geringen Vorteil auf, was nicht überrascht – trotz dem ausgezeichneten Wirkungsgrad des zentralisierten Heizwerkes –, wenn man die unvermeidliche Trägheit eines grossen Wärmeverteilungsnetzes und die Unterschiedlichkeit der Abnehmerschaft berücksichtigt.

Es muss jedoch hervorgehoben werden, dass diese Vergleiche sich in Wirklichkeit asymptotisch zu einer Entwicklung verhalten, die eben erst begonnen hat. Der gesamte Bausektor kann nicht von heute auf morgen seine Arbeitsgewohnheiten radikal ändern, um nur mehr noch wärmegedämmte Gebäude zu errichten, und während vieler Jahre noch kann man nur für die Gebäude einen echten Nutzen aus der Wärmedämmung ziehen, die elektrisch beheizt werden sollen. Dadurch wird es der Elektrizitätswirtschaft möglich sein, den Zeitraum bis zu dem Punkt zu überspringen, zu welchem sie den grössten Teil, wenn nicht sogar die Gesamtheit des Energiemehrbedarfs mit Kernkraft deckt, ohne dass es zu Emissionen von Schmutzstoffen kommt, die sich aus der Verbrennung in herkömmlichen Kraftwerken ergeben, wodurch die Art der Pobleme vollständig anders wird.

Diese Schlussfolgerungen gelten ebenfalls für die Gebiete mit einer geringeren Bevölkerungsdichte, wo übrigens die Kosten der Fernwärmeerzeugung rasch deren weitere Existenz hemmen würde, im Gegensatz zu jenen der elektrischen Energie, die in sämtlichen Fällen nur – natürlich zusätzlich zu den reinen Erzeugungskosten – die Kosten für die Netzverstärkungen umfassen würden, die erforderlich werden für die Deckung des zusätzlichen Verbrauches an elektrischer Energie für die Heizung.

Aus allen diesen Gründen besteht heute kein Zweifel, dass die elektrische Energie in Zukunft immer mehr für die Raumheizung eingesetzt wird, wodurch sie zur allmählichen Verringerung der Luftverschmutzung beiträgt. Der Abnehmer wird dadurch sicherlich an zusätzlichem Komfort gewinnen. Vor allem wird aber die Gemeinschaft als Ganzes Nutzen daraus ziehen; man hat allzusehr die Tendenz, die Kosten der verschiedenen störenden Einflüsse zu vernachlässigen, die direkt der Öffentlichkeit durch die Wahl einer verschmutzenden Heizart auferlegt werden: Beeinträchtigungen der Gesundheit, der Gebäude und Monumente, der Wäsche, der Grünanlagen, ganz abgesehen von Nachteilen anderer Art, die z. B. mit der Entfernung der Asche zusammenhängen, oder mit den Strassenverstopfungen, die von den Brennstoff-Lieferwagen hervorgerufen werden.

Das Fahrzeug

Das *Fahrzeug* ist ein weiterer Verursacher grosser Luftverschmutzung in den städtischen Gebieten: Die Verkehrsdichte in den diesem Verkehr häufig schlecht angepassten Hauptstrassen, das Halten an den Strassenkreuzungen und die Stauungen führen an diesen Stellen zur Akkumulierung von Auspuffgasen, die Stickoxyde und Kohlenoxyde und unverbrannte Kohlenwasserstoffverbindungen enthalten.

Auch hier kann die elektrische Energie den Städten helfen. Das Problem des *Elektrofahrzeugs* ist nicht neu; vor mehr als 30 Jahren wurden technisch gute Lösungen erzielt. Die Bedeutung der Umweltprobleme, wie übrigens auch die erheblichen Anstrengungen, die unternommen worden sind zur Entwicklung neuer Batterietypen und von Brennstoffzel-

[2]) Siehe Anlage II, *Elektroheizung und Verbrauch an Primärenergie.*

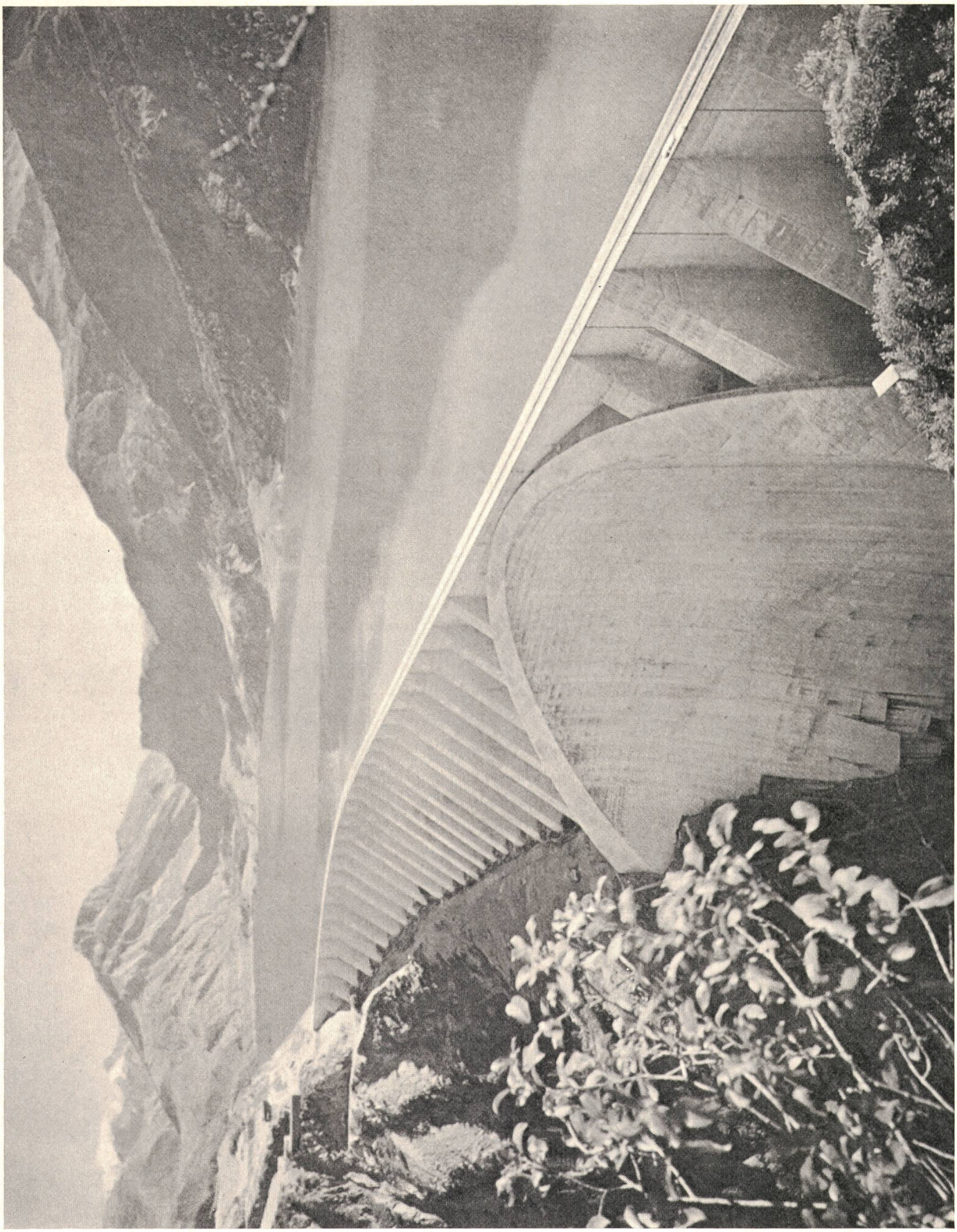

Fig. 1 Staumauer des Wasserkraftwerkes von Roseland (Frankreich)

len, haben dieses Problem neue Bedeutung gewinnen lassen. Auch darf man nicht ausser acht lassen, dass unter dem Gesichtspunkt des Verbrauchs an Primärenergie der Wirkungsgrad eines Elektrofahrzeuges ein besserer ist als derjenige eines mit einem herkömmlichen Motor ausgestatteten Fahrzeuges.

Die Brennstoffzellen haben jedoch noch nirgends das Stadium eines wirtschaftlichen und sicheren Einsatzes erreicht. Die einzige Lösung, die zurzeit die Chance bietet, dass sie rasch entwickelt wird, ist diejenige der Batterien; dennoch bestehen auch hier technische Probleme. Wenn es auch im Augenblick noch nicht möglich ist, Elektrofahrzeuge mit grosser Reichweite und hohen Geschwindigkeiten herzustellen, so versetzen uns die bisher erhaltenen Eigenschaften dennoch in die Lage, ihre umfangreiche Verwendung in den Städten vorzusehen, wodurch die Möglichkeit geboten wird, deren Umweltbedingungen zu ändern.

Kleine und mittlere Lieferwagen, Omnibusse und gewisse Lastwagen, wie z. B. Müllwagen, befinden sich bereits an verschiedenen Stellen in Betrieb, wodurch sie die gegebenenfalls erforderliche «Machbarkeit» der Elektrofahrzeuge unter Beweis stellen. Im Vereinigten Königreich z. B. fahren bereits 40 000 Elektrofahrzeuge aller Arten.

Die allelektrische Stadt

Stellen wir uns nun einmal im Geiste eine *«allelektrische»* Stadt vor: Heizungen in den Haushalten und in der Industrie, Küche, Klimatisierung, Einzel- und Kollektivtransportmittel, Baufahrzeuge, all dies kann beim derzeitigen Stand der Technik elektrifiziert werden. Die Wirtschaft kommt dabei auf ihre Rechnung, da sie für die Energie nur die Kosten eines einzigen Verteilungsnetzes zu tragen hat. Und welche Verbesserungen für den Stadtbewohner gegenüber der Stadt, wie wir sie kennen! Keine Emission mehr von Verbrennungsgas-Schmutzstoffen. Weniger Strassenarbeiten zur Wartung und zur Verstärkung von Kanalisationen; keine zusätzlichen Stauungen mehr durch Brennstoff-Lieferwagen; keine Raumbeanspruchung mehr für die Verteilung flüssigen Brennstoffs; keine Geruchsbelästigung durch Kohlenwasserstoffverbindungen. Des weiteren kommen Geräuschdämpfungen hinzu, da das Gehör nicht mehr der dauernden Belästigung durch Fahrzeugmotoren, Leichtmotorräder, Lastwagen, Omnibusse, Kompressoren und andere Motoren ausgesetzt ist.

Es ist ganz offensichtlich, dass unsere Zivilisation, die nicht nur einen höheren Lebensstandard erfordert, sondern auch eine gesunde Umwelt, sich der elektrischen Energie bedienen wird, der einzigen Energie, die bei ihrer Verwendung völlig sauber ist. Bereits jetzt sind die Fälle neuer im Bau oder kurz vor ihrem Baubeginn in alten oder neuen Städten befindlicher Stadtviertel nicht selten, für welche die massgebenden Stellen aus wirtschaftlichen Gründen und mit dem sicheren Bewusstsein, etwas zum Wohle der künftigen Benutzer beigetragen zu haben, dieses «allelektrische» Konzept gewählt haben. In diesem Zusammenhange weisen wir z. B. auf die in Frankreich durchgeführten Projekte von *Bordeaux-Mériadec* und von *Vaudreuil* sowie auf diejenigen in der Bundesrepublik von *Wulfen* (Ruhrgebiet), *Meckenheim-Ost* bei Bonn und *Essen-Ost* hin.

Die Industrie

Die Entwicklung der Elektroheizung und die Verringerung der Anzahl von herkömmlichen Fahrzeugen lassen somit eine sehr starke Verringerung der städtischen Luftverschmutzung erwarten. Die ländlichen Gebiete, deren Verschmutzung weitgehend durch diejenige der Städte induziert wird, werden, als Folge hieraus, ihren Nutzen ziehen. Es bleibt noch die Verschmutzung durch die *Industriewerke*.

Die nahezu allgemeine Verbreitung des *Elektromotors* hat bereits vieles zur Erhaltung der Umwelt beigetragen; ihm ist es zu verdanken, dass bereits zahllose kleine Einzelerzeugungsanlagen, die notorische Verschmutzungsquellen sind, wegfallen konnten. Der elektrischen Energie kann ebenfalls die Verringerung der Verschmutzung gutgeschrieben werden, die der immer mehr verbreiteten Installierung von Regelungsanlagen für Fabrikationsprozesse zu verdanken ist. Auf diesem Gebiete sind sicherlich noch nicht sämtliche Fortschritte erzielt; das Wesentliche an Verbesserungen der Umweltqualität, das man von der elektrischen Energie erwarten kann, wird künftig von der Entwicklung ihres Einsatzes für die thermischen Anwendungsarten stammen.

Seit dem Ende des Zweiten Weltkrieges haben sich die industriellen Anwendungen der *Elektrowärme* auf Grund neuer Techniken, denen sich neue Industriesektoren eröffnet haben, stark entwickelt. Seit langem kennt man die Widerstandsöfen, und zwar vornehmlich jene, die für die Wärmebehandlung bestimmt sind. Das gleiche gilt für die Lichtbogenöfen zum Schmelzen von Metall. Die Aufbereitungskapazitäten, und zwar vornehmlich jene für die Erzeugung von Stahl, sind stark angestiegen, wobei die Öfen heutzutage Einheitsleistungen von 400 t erreichen, während sie vor etwa 30 Jahren kaum 10 bis 20 t überschritten. Die Entwicklung der Automatik, die für den Betrieb grosser Einheiten unerlässlich ist, ermöglichte parallel hierzu, sowohl die Qualität der Erzeugnisse als auch die Arbeitsbedingungen für die Menschen in hohem Masse zu verbessern.

Die gleiche Entwicklung finden wir wieder auf dem Gebiet der Technik der Induktionsöfen. Die Induktion mit hoher Frequenz macht sich die Eigenschaft der in einem Wechsel-Magnetfeld eingeführten leitfähigen Stücke zunutze, die darin besteht, dass sich in ihnen ein induzierter Strom befindet, der gerade dazu benutzt wird, um sie aufzuwärmen. Die Vorteile dieser Heizart sind beträchtlich: sehr grosse Geschwindigkeit, die nicht durch die Befürchtung oberflächlicher Überhitzungen begrenzt wird, genaue Lokalisierung der erfolgten Erwärmung, ausserordentlich sichere Regelung, Eignung zur Automatisierung, Sauberkeit.

Das Prinzip der dielektrischen Erwärmung ist ein ganz anderes; es macht sich die Eigenschaft der Isolierstoffe zunutze, die darin besteht, dass hier die «dielektrischen Verluste» entstehen – die zu einer Erwärmung führen –, wenn sie sich in einem elektrischen Wechselfeld befinden. Dieses Prinzip ist vornehmlich geeignet für Trocken- und Formprozesse sowie das Schweissen von Plastikstoffen.

Neue metallurgische Prozesse, wie z. B. der Vakuum-Induktionsrinnenofen, das Elektroschlackenschmelzverfahren, das Plasmastrahlverfahren, das Mikrowellen- oder Plasmaerwärmungsverfahren, ermöglichten es, dem Wunsch der Industrie nachzukommen, Material mit immer besseren und genaueren Eigenschaften herzustellen. Die Entwicklung

der Elektrowärme ist seit dem letzten Krieg durch seine Vielfalt eine sehr beachtliche geworden. Das Elektrowärmeverfahren, das zunächst in der Metallurgie Anwendung fand, hat sich in zahlreichen anderen industriellen Sektoren entwickelt: in der Giesserei, in den verarbeitenden Industrien, bei den Trocknungsprozessen und Verleimungen von Holz, in der Textilindustrie, in der Landwirtschaft und in der Lebensmittelindustrie, in der keramischen Industrie, in der Glasindustrie usw.

Diese Aufzählung ist eine recht lange, doch interessanter ist es, zu verstehen, dass eine solche Entwicklung in Wirklichkeit darauf zurückzuführen ist, dass in unserer Welt des Wettbewerbs, der Produktivität und des technischen Fortschrittes die Industrie unaufhörlich ihre Erzeugungsmittel und die Mittel der Wärmebehandlung perfektionieren muss und dass auf diesem Gebiete die Elektroerwärmung wesentliche Vorteile bietet: sie verändert die chemische Zusammensetzung der erwärmten Körper nicht; sie ist sehr genau regelbar und leicht zu automatisieren, und zwar sowohl vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit als auch der Zuverlässigkeit; ihre Installierung ist leicht durchzuführen ohne irgendwelche Wartungserfordernisse.

Die natürliche Entwicklung der Industrie zu diesen neuen, vollständig sauberen Techniken hin stellt für die Zukunft einen der besten Pluspunkte dar. Das gleiche gilt für den hervorragenden Erfolg, den die elektrische Energie auf dem *gewerblichen Sektor* errungen hat, wo sie einen immer breiteren Raum einnimmt mit häufig originellen Lösungen; der Einsatz der Wärmepumpe ist dafür ein besonders frappierendes Beispiel, und zwar als die am besten geeignete Energieform, die in der Lage ist, sämtlichen Bedürfnissen zu entsprechen.

Kapitel II

Die Erzeugung der elektrischen Energie und die Umwelt

Welches auch immer die Überlegenheit der elektrischen Energie gegenüber den anderen Energieformen am Verwendungsort sei, so bleibt dennoch bestehen, dass sie *erzeugt* werden muss. Nun besteht aber zum heutigen Zeitpunkt noch keine bekannte Erzeugungsart, die keinen Einfluss auf die Umwelt hat, wobei wir hier unter Einfluss nicht unbedingt Störeffekte verstehen.

Die Grundfrage ist hier die, ob die Menschen überhaupt wünschen, ihren Lebensstandard weiterhin zu verbessern und demzufolge den Verbrauch an Energie zu erhöhen, oder ob sie es vorziehen, künftighin ihren Bedarf einzuschränken, wobei der Lebensqualität der Vorrang eingeräumt wird. Die Antwort auf diese Frage liegt in den Tatsachen: parallel zu dem stärkeren Wunsch, die Natur und die Umwelt zu schützen, steigt der Weltenergieverbrauch weiterhin an.

Dies hindert nicht, dass in gewissen Ländern verschiedene Persönlichkeiten – und manchmal auch die Behörden – den Gedanken geäussert haben, dass eines der Mittel zur Verringerung der Verschmutzung darin bestehen könnte, den gesamten Energieverbrauch zu begrenzen. Ein solches Vorgehen würde nicht ohne weiteres das Ende des Wachstums der Elektrizitätswirtschaft bedeuten; man kann im Gegenteil durchaus annehmen, dass die logische Entwicklung dann dazu führen würde, dass die elektrische Energie andere, mehr Schmutzstoffe erzeugende Energien ersetzen würde.

Wie dem auch sei, so ist die Aufgabe für die Elektrizitätswirtschaftler klar; sie müssen den Verbrauchern die gesamte Energie zur Verfügung stellen, deren sie bedürfen, wobei sie die Umwelt möglichst vor störenden Einflüssen schützen. Hierzu führen nur zwei Wege: entweder findet man die neuen Erzeugungsmittel, die vollständig sauber sind, oder man vervollkommnet die gegenwärtig vorhandenen Erzeugungsmittel im Hinblick auf die Verringerung der nachteiligen Auswirkungen. Beide Möglichkeiten werden natürlich erforscht. Im folgenden beschränkte man sich auf die Untersuchung der Probleme, die durch die augenblicklich bekannten Erzeugungsmittel aufgeworfen werden: Wasserkraftwerke und herkömmliche oder nukleare Wärmekraftwerke.

1. Die Wasserkraftwerke

Die *Wasserkraftwerke* sind im wesentlichen entsprechend den auszubauenden Standorten konzipiert, und zwar in Abhängigkeit von deren topographischen, hydrologischen und geologischen Eigenschaften. Alle diese Überlegungen führen dazu, dass man für jeden Einzelfall eine besondere Lösung findet, die kaum auf andere Fälle zu übertragen ist.

Man würde jedoch fehlgehen in der Annahme, dass alle diese Eigenschaften einer Wasserkraftanlage letzten Endes nur durch diese Daten bestimmt werden; die Wahlentscheidungen sind in Wirklichkeit das Ergebnis einer langen Reihe von Untersuchungen, bei denen die Umweltprobleme in vielen Fällen ebenso wichtig sind wie die Erzeugung der elektrischen Energie selbst.

Die Bauherren haben es sich immer angelegen sein lassen, die Schönheit der Landschaft zu achten, wobei ihr besonderes Augenmerk darauf gerichtet ist, dass ihre Anlagen möglichst in den natürlichen Rahmen passen, wobei sie den Vorteil neuer Wasserspiegel nutzen, die sich durch die Errichtung von Staumauern ergeben, und sogar soweit gehen, dass sie trockengelegte Flussbette in eine Reihe künstlicher Seen umwandeln. Auf diese Weise sind dank der Mitarbeit von Architekten und Landschaftsgestaltern zahlreiche Talsperren echte *Touristengegenden* geworden, wobei gewisse höher gelegene Gebiete tatsächlich durch die Schaffung eines Sees verschönert worden sind. Dort, wo häufig keinerlei touristische Attraktion geboten wurden, sind Sommererholungsorte geschaffen worden, wo man heute Fisch- und Wassersport betreiben kann. Das Kraftwerk La Rance, erstes Gezeitenkraftwerk der Welt, besteht aus einem Staudamm, auf dem die Autofahrer eine der schönsten weiten Flussmündungen der Bretagneküste überqueren – und bewundern können. Und das Publikum, wie es der Zustrom zu den Besichtigungen der Anlagen beweist, ist den technischen Aspekten dieser Anlage gegenüber alles andere als indifferent.

In gleichem und wenn nicht noch in stärkerem Masse als die Erhaltung des ursprünglichen Landschaftsbildes ist – und bleibt – die Achtung des Lebens in den Wasserläufen ein dauerndes Anliegen für die Bauherren von Wasserkraftanlagen. Zu den diesbezüglichen zahlreichen Massnahmen, welche die Betreiber von Wasserkraftwerken immer mit grossem Stolz ihren Besuchern zeigen, gehören: die «Fischtreppen», die den Fischen die «Freizügigkeit» innerhalb eines Stauraumes, d. h. das ungehinderte Passieren eines Stauwehres

ermöglichen; die dauernde Aufrechterhaltung einer gewissen minimalen Wassermenge in jenen Abschnitten von Flüssen, die umgeleitet wurden, vielfach werden – dies ist der Fall, wenn sich durch die Errichtung eines Flusskraftwerkes für die Fische ein unüberwindliches Hindernis ergibt – neue Laichplätze geschaffen, die die natürlichen ersetzen sollen.

Die Wasserkraftwerke haben noch viele andere Einflüsse auf die Umwelt. Es ist bekannt, dass die Staubecken die Durchflussmenge der Wasserläufe regeln, die zu hohen Wasserstände absenken und die zu niedrigen erhöhen. Für sämtliche Länder kann man Fälle anführen, bei denen die Errichtung einer Wasserkraftanlage Gelegenheit bot, alte Bewässerungsnetze zu modernisieren und neu zu gestalten oder für die Landwirtschaft grosse Flächen zu gewinnen, die früher durch Überschwemmungen unbrauchbar gemacht wurden, wodurch die Interessen der Landwirtschaft mit denen der Erzeugung elektrischer Energie in Einklang gebracht wurden. Der Bau von hochgelegenen Anlagen bietet ebenfalls die Gelegenheit, Strassennetze zu schaffen – häufig zu geringeren Kosten, da man die bei dem Bau von Wasserkraftanlagen angefallenen Erdmassen verwenden kann – in Gebieten, die bis dahin unzugänglich oder fast unzugänglich waren: dies bedeutet für das betreffende Gebiet wirtschaftlichen Aufschwung und für die Touristen die Möglichkeit, eine unberührte Natur zu geniessen, die ihnen sonst für immer unbekannt geblieben wäre. Somit haben sich die grossen Wasserkraftanlagen insgesamt eher eindeutig als umweltfreundlich erwiesen. Trotz der voraussichtlichen Errichtung einiger grosser Pumpspeicherwerke ist leider die Zahl der noch ausbaufähigen Standorte in Zukunft sehr begrenzt. Es ist sicherlich bedauerlich, dass die Erzeugung elektrischer Energie im Interesse ihres Zuwachses auf die Verwendung der «weissen Kohle», einer sauberen und nicht verschmutzenden Energie, verzichten muss; die Menschheit verfügte über ein gewisses wirtschaftlich ausbeutbares Potential und dieses Potential ist, wenigstens in Europa, heute praktisch erschöpft.

2. Die Wärmekraftwerke mit fossilen Brennstoffen

Jede Verbrennung bringt die Bildung einer Reihe von chemischen Stoffen mit sich, im wesentlichen Gas, manchmal auch Staub. Ob der verfeuerte Brennstoff Erdgas ist, Öl oder Kohle, es kommt in allen Fällen zur Bildung von Stickstoffoxyden und von Kohlenstoffgasen. Hinzu kommen im Falle der Kohle und des Öls Schwefeloxyde, die zurückzuführen sind auf die im Brennstoff enthaltenen Unreinheiten, und Staub: Partikel unverbrannten Kohlenstoffs und Flugasche.

Bezüglich der Verschmutzung durch *Schwefeloxyde* werden zurzeit verschiedene Studien, zum Teil auf internationaler Ebene, durchgeführt, um die Kenntnis über den Schwefelkreislauf in der Natur sowie die genauen Auswirkungen des Schwefeldioxyds (SO_2) auf den Menschen, die Fauna und die Flora sowie über die Bedingungen seiner Umwandlung in SO_3 in der Atmosphäre zu vertiefen. Die Elektrizitätswirtschaftler wünschen den raschen Abschluss dieser Studie, an der sie übrigens in bedeutendem Masse mitwirken.

Wenn man auf diesem Gebiete ein begründetes Urteil abgeben will, muss man sich der Tatsache bewusst sein, dass der Mehreinsatz von Öl in den Kraftwerken in unseren Ländern Westeuropas abnehmen wird, sobald die Kernenergie an dessen Stelle.

Was die *Stickstoffoxyde* betrifft, so sind die von sämtlichen Industriewerken und Haushalten ausgeworfenen Mengen, und vornehmlich diejenigen der Kraftfahrzeugmotoren, bereits jetzt alles andere als gering, und die Behörden machen sich darüber ganz zu Recht nicht unerhebliche Sorgen. Für die Kraftwerke ist die Dringlichkeit dieses Problems jedoch in keiner Weise vergleichbar mit dem Problem, das sich durch die Emissionen von Schwefeloxyden und von Staub ergibt, da die spezifische, relativ geringe Masse der Stickstoffoxyde mit Hilfe der hohen Schornsteine leichter in die Atmosphäre verteilt werden kann.

In allen Fällen muss man sich davor hüten, bei der Beurteilung lediglich von den ausgestossenen Volumina auszugehen, ohne die Bedingungen zu berücksichtigen, unter denen diese in die Atmosphäre verteilt werden. In Wirklichkeit fehlen nur – und das ist einer der wesentlichen Aspekte des Schutzes gegen Gasverschmutzungen – die Konzentrationspegel in der Luft in Höhe des Bodens, dort nämlich, wo die Menschen und die Tiere atmen und die Pflanzen leben. Welches auch die Techniken sind, die man verwendet, um die Mengen an emittiertem SO_2 zu begrenzen, so ist es in der Praxis unmöglich, sie auf Null zu begrenzen: Aus diesem Grunde ist man gezwungen, die Verbrennungsgase in der Atmosphäre zu verdünnen, und zwar auf solche Weise, dass sie letzten Endes ohne wahrnehmbare Auswirkungen auf den Menschen, die Fauna, die Flora und die Materialien bleiben.

Die gegen die Luftverschmutzung eingesetzten Mittel

Seit langem bereits hat die Elektrizitätswirtschaft aktiv in den Kampf gegen die *Luftverschmutzung* eingegriffen. Indem sie an sich selbst hohe Forderungen stellt, entscheidet sie sich erst für den Standort eines Kraftwerkes, nachdem sie sorgfältig die geographischen, klimatischen und örtlichen orographischen Bedingungen untersucht hat, die die Verteilung von Abwärme und Abfallstoffen bestimmen.

Bezüglich der *Kohle,* die lange praktisch der einzige in den Kraftwerken verwendete Brennstoff geblieben ist, haben die Elektrizitätswirtschaftler grosse Anstrengungen unternommen zur Entwicklung von Elektrofiltern mit hohem Wirkungsgrad (über 99 %); dies hat zu einer erheblichen Verringerung der abgeführten Staubmengen geführt. Das Problem der Abgabe von schwefelhaltigen Stoffen – das in Wirklichkeit nur für die Kohlensorten besteht, die aussergewöhnlich schwefelhaltig sind – ist bis jetzt durch die *Verwendung sehr hoher Schornsteine* gelöst worden. Vielleicht wird die vor dem Verbrennungsprozess durchgeführte Vergasung der Kohle, zusammen mit Entschwefelungsprozessen, eines Tages eine radikale Lösung bringen; im Augenblick scheint es, dass diese Technik in der Industrie noch nicht angewandt wurde.

Bei den *ölbefeuerten* Kraftwerken spielt der Staubauswurf nur eine sekundäre Rolle: die ausgeworfenen Mengen sind quasi Null. Ein echtes Problem ergibt sich aus den Schwefeloxyden, da die Schweröle – Rückstände der Destillation von Rohöl unter atmosphärischem Druck –, die in den Kraftwerken verfeuert werden, tatsächlich den grössten Teil des Schwefels enthalten, der sich im Rohöl befindet. Die Präventivmassnahme besteht hier noch in der *Diffusion der in die Atmosphäre ausgeworfenen Mengen,* um ihre schädli-

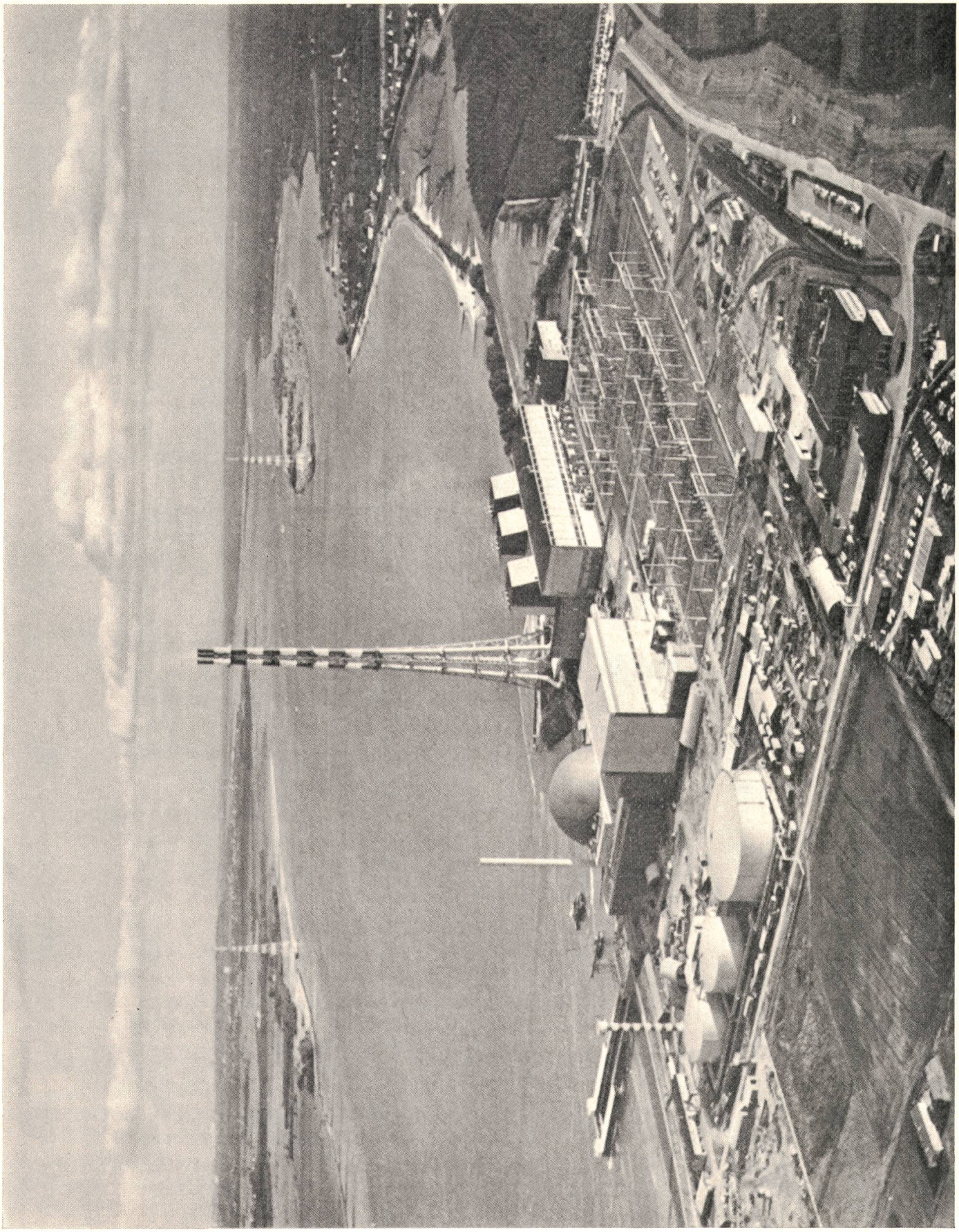

Fig. 2 Konventionell-thermisches und Kernkraftwerk von Stade (BRD)

chen Auswirkungen in Bodenhöhe zu vermeiden: gleichzeitig mit der Vergrösserung der Erzeugungseinheiten ging parallel hierzu eine Entwicklung der Höhe der Schornsteine einher, die 200 m oder mehr erreichen, wenn die orographischen und meteorologischen örtlichen Bedingungen dies erforderten.

Während des Betriebes unterliegt die Konzentration der Luft an SO_2 in der Nähe des Kraftwerkes einer *dauernden Überwachung,* und zwar dank einem Spezialnetz von Messgeräten, das in einem Gebiet von 10 bis 20 km um den Schornstein herum verlegt ist. Sobald in der Atmosphäre eine starke Schicht an «Temperaturinversion» zu der Gefahr führt, eine Erhöhung der Konzentrationen am Boden herbeizuführen, bleibt die Möglichkeit, den Brennstoff mit normalem Schwefelgehalt durch Öl mit sehr geringem Schwefelgehalt zu ersetzen. Die Häufigkeit dieser Erscheinungen ist natürlich unterschiedlich je nach klimatischen Bedingungen; falls erforderlich, verfügen einige Kraftwerke über Sonderbrennstoffvorräte, die gegebenenfalls für mehrere Tage hintereinander ausreichen.

Diese Massnahmen, die spontan von sämtlichen Betreibern in der ganzen Welt ergriffen worden sind, sind recht wirksam: die Auswirkung der grossen Wärmekraftwerke auf den Verschmutzungsgrad der benachbarten Zonen ist *kaum wahrnehmbar.* Dieses Ergebnis beweist im besonderen, wie sehr die Annahme falsch ist, derzufolge die Entwicklung der Elektroheizung, die letzten Endes durch neue Wärmekraftwerke sichergestellt wird, global gesehen nichts an der Verschmutzung der Städte ändern würde.

Bleibt noch die Sorge um das rasche Ansteigen der Emissionen von SO_2 in die Atmosphäre, obwohl diese beim heutigen Stand weltweit und für die gesamte menschliche Tätigkeit kaum die Hälfte jener Emissionen ausmachen, die von der Natur stammen. Bis zur endgültigen Übernahme der Stromversorgung durch die Kernkraft müssen noch herkömmliche Wärmekraftwerke errichtet und betrieben werden. Es kann der Fall eintreten, dass für den Standort gewählte Gebiete bereits verschmutzt sind und somit örtliche Probleme aufwerfen, die die Behörden veranlassen, ein besonderes Augenmerk für die neuen Emissionsquellen zu haben und die Frage nach der Entschwefelung der Rauchgase oder nach dem dauernden Einsatz von im voraus in der Raffinerie entschwefeltem Öl zu stellen. Es handelt sich hierbei wirklich nur um Ausnahmefälle, die mit besonderen Umständen zusammenhängen: die Nähe eines Flughafens, wodurch die Höhe der Schornsteine begrenzt wird, erforderliche Konzentration einer grossen Anzahl von Kraftwerken in einem gegebenen Gebiet von begrenzter Grösse, Errichtung eines Kraftwerkes unter schwierigen topographischen Bedingungen usw.

Die beiden Arten der Entschwefelung

Obwohl die *Entschwefelung der Verbrennungsgase* bereits seit zahlreichen Jahren untersucht wird, hat kein Verfahren bis zum heutigen Tag das Versuchsstadium überschritten, ausser den beiden Pionieranlagen, die vor 40 Jahren im Kraftwerk von *Battersea* und vor 25 Jahren im Kraftwerk von *Bankside,* beide in London, errichtet wurden. Obwohl das gesetzte Ziel erreicht wurde – über 95 % des SO_2 konnten eliminiert werden –, waren die Gesamtergebnisse doch entmutigend; die Anlagen wurden soeben geschlossen auf Grund anderer Nachteile, die sich für die Umwelt ergaben. Die übrigen Ergebnisse der verschiedenen Erfahrungen im Versuchsstadium sind kaum ermutigender. Auf jeden Fall führt die Durchführung dieser Prozesse zur Errichtung von kostspieligen Anlagen, und zwar sowohl hinsichtlich der Investitionen als auch der Betriebskosten: bei einer Erzeugung von 15 000 m^3 Gas durch die Verfeuerung von einer Tonne Öl müssen gewaltige Mengen in sehr komplexen richtigen chemischen Werken aufbereitet werden, deren Grösse es verbietet, ihre Errichtung in den bestehenden Kraftwerken vorzusehen.

Die zurzeit hauptsächlich in den *Vereinigten Staaten* zur Entwicklung der Rauchgasentschwefelung durchgeführten Bemühungen sind zweifelsohne für kohlebefeuerte Kraftwerke gerechtfertigt, für die die Brennstoffentschwefelung schwer durchführbar ist.

Im Falle des Öls könnte die *Entschwefelung der Rauchgase* ebenfalls die Möglichkeit bieten – allerdings muss noch der Nachweis erbracht werden, dass hier ein echtes Interesse besteht –, in besonderen Kraftwerken Öle mit sehr hohem Gehalt an Schwefel zu verfeuern, die sich aus der Vakuumdestillation von Schwerölen ergeben, was bekanntlich eine der Möglichkeiten zur Entschwefelung bietet. Es darf hierbei nicht ausser acht gelassen werden, dass die Erdölindustrie auf jeden Fall alle die Industriezweige mit sauberen Brennstoffen zu versorgen hat, deren Grösse die Rauchgasentschwefelung verbietet, und dass selbst bei stärkstem Bedarf die Wärmekraftwerke zu Beginn des nächsten Jahrzehnts nur höchstens die Hälfte des Gesamtverbrauchs an Schwerölen einsetzen werden, wobei der Bedarf der Industrie dagegen unaufhörlich ansteigen wird.

Was die Entschwefelung der Schweröle betrifft, so befinden sich in der Welt bereits kommerzielle Anlagen in Betrieb, die gereinigte Schweröle liefern, und neue Anlagen dieser Art werden dauernd gebaut; in diesem Zusammenhange sind zu erwähnen die Anlagen in *Venezuela* (9 Mt/Jahr) und in *Trinidad,* die den Osten der Vereinigten Staaten versorgen, sowie jene in *Japan* mit einer Kapazität von 20 Mt/Jahr.

Gegenüber der Reinigung der Rauchgase bietet die Entschwefelung der Öle den Vorteil, dass es sich bei den Raffinerien um konzentriertere Anlagen als bei den thermischen Kraftwerken handelt, sie also viel besser hinsichtlich der Wirksamkeit der Aufbereitung kontrolliert werden können. Hinzu kommt, dass die Anlagen während ihrer gesamten Lebensdauer regelmässig betrieben werden können, und zwar mit einer nahezu konstanten und an das Maximum heranreichenden jährlichen Benutzungsdauer, während die Benutzungsdauer eines herkömmlichen Wärmekraftwerkes zwangsläufig unter dem Druck der Kernkraft im Laufe der kommenden 15 bis 20 Jahre allmählich zurückgehen muss. Die Auswirkungen auf die Kosten sind zwangsläufig erheblich, wobei diese beiden Faktoren sich zugunsten der Entschwefelung der Öle auswirken. Der Einsatz von sauberen Brennstoffen bietet darüber hinaus den grossen Vorteil, den Betrieb eines Kraftwerkes auf die Grundlage eines Vorrates, und nicht einer Anlage, zu stellen; die Möglichkeit einer Störung im Entschwefelungssystem ist nicht mehr zu befürchten: in diesem Punkte ist der Schutz der Umwelt damit unter allen Umständen gegeben.

In Ermangelung solider technisch-wirtschaftlicher Daten ist es zur Stunde noch schwierig, mit Genauigkeit die jeweiligen wirtschaftlichen Auswirkungen dieser beiden Verfahren auf den kWh-Endpreis zahlenmässig anzugeben; dies um so mehr, als der Vergleich die jeweiligen Kosten der beiden Ölarten (mit sehr hohem und sehr niedrigem Schwefelgehalt) enthalten muss, die von den Raffinerien zu beziehen sind. Auf jeden Fall ist es sicher, dass die beiden Verfahren von unterschiedlicher Tragweite sind: die Rauchgasentschwefelung – unter der Voraussetzung, dass ein zufriedenstellendes Verfahren entwickelt werden kann – kann jedenfalls nur einen äusserst begrenzten Markt bei einigen Wärmekraftwerken oder sehr grossen Industriezweigen finden, während man allen Grund zur Annahme hat, dass die Entschwefelung des Öls eines Tages zur Auflage gemacht wird für die Versorgung eines grossen Abnehmermarktes, der weit über den speziellen Sektor der Wärmekraftwerke hinausgeht.

Wie dem auch sei, so ist es für die Elektrizitätswirtschaftler kein technisches Problem, das die Möglichkeit der Erhaltung der Umweltqualität berührt, sondern lediglich ein wirtschaftliches Problem. Langfristig bringt die *Kernenergie* die Lösung der Probleme, die mit der Luftverschmutzung durch Kraftwerke zusammenhängen. Inzwischen – denn der Übergang zur Kernenergieerzeugung kann nur ein allmählicher sein – fehlt es nicht an echten Lösungen, den Zuwachs der herkömmlichen Wärmekrafterzeugung mit der Verbesserung der Umwelt in Einklang zu bringen.

3. Kernkraftwerke

Die Kernenergie, unter Einschluss der zukünftigen Schnellen Brüter, bietet für die Menschheit die Gewähr, dass sie für Jahrhunderte über eine Versorgung verfügt, die dem Bedarf entsprechen wird. *«Die Kernenergie, eine saubere Energie»* ist eine Aussage, auf Grund deren man sich veranlasst sehen könnte, dieses Kapitel summarisch abzuhandeln, und zwar ausgehend von der Tatsache, dass die Atomreaktoren zu keinerlei chemischen Reaktionen führen, keinen Sauerstoff verbrauchen und in die Umwelt keinerlei chemische Schmutzstoffe oder Staub abgeben. Sie führen jedoch zu dem Problem der *Radioaktivität*. Die kürzlich durchgeführten Feldzüge fast auf der ganzen Welt gegen die Errichtung von Kernkraftwerken haben zweifelsohne die Bedeutung des Problems übertrieben; sie haben jedoch die Elektrizitätswirtschaftler veranlasst, der Öffentlichkeit in klaren und verständlichen Worten – was nicht so einfach ist, da es sich um Dinge handelt, die nicht so augenfällig sind – die Art der gestellten Probleme zu erklären und den Beweis anzutreten, dass die Bevölkerung schliesslich durch die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft nichts zu befürchten hat.

Die Strahlungen und die Atomindustrie

Die auf die Atomindustrie zurückzuführenden Strahlungen werden vom ganzen *Brennstoffkreislauf* emittiert, und zwar angefangen von der Förderung des Uranerzes bis zur Aufbereitung des bestrahlten Brennstoffs über den Betrieb des Reaktors, worin die Atomspaltung erfolgt.

Die Lebewesen und die Pflanzenwelt unterliegen seit jeher den Strahlungen der *natürlichen Radioaktivität*. Diese natürliche Radioaktivität, die alles andere als geringfügig ist, bildete eine der äusseren Bedingungen, der die Biosphäre bei ihrer Entwicklung unterlag, und sie ist wahrscheinlich für die Entwicklung der Organismen notwendig. In diesem Zusammenhange ist es vielleicht gut, einige Werte zu nennen. Je nach der betreffenden Gegend empfängt jede Person durchschnittlich in jedem Jahr[3]) eine Strahlungsdosis zwischen 100 und über 4000 mrem. Diese Dosis stammt von der Strahlung, die emittiert wird durch die radioaktiven Substanzen des Körpers (20 mrem), die kosmischen Strahlen (30 mrem in Meereshöhe), und die verschiedenen Gesteine (20 mrem bei den Ablagerungsgesteinen, 170 bei den Granitgesteinen, über 1800 mrem in *Menzenschwand,* im Schwarzwald, und über 4000 mrem im Staat *Kerala* in Indien). Zu diesen Zahlen sind noch die folgenden Strahlungsdosen hinzuzufügen: Leuchtfarben, Kathodenröhren der Fernsehgeräte, Röntgenuntersuchungen (14 mrem), radioaktive Niederschläge der militärischen Versuche (4 mrem). Die Strahlungsdosen dagegen, die durch die Atomindustrie in die Luft oder in die Gewässer abgeführt werden und die für das Jahr 2000 geschätzt werden[4]), liegen unter 1 mrem, d. h., sie sind unendlich klein.

Die Atomindustrie ist eine sehr junge Industrie; ihr Entstehen und ihre Entwicklung waren gekennzeichnet durch eine sehr grosse Zahl wissenschaftlicher Vorsichts- und Sicherheitsmassnahmen, denen auf anderen Gebieten nichts Gleichwertiges entgegengesetzt werden kann. Von Anfang an wurde mit beachtlichem Erfolg der Gedanke verwirklicht, dass für jede Tätigkeit auf dem nuklearen Sektor vor Beginn dieser Tätigkeit die anfallenden Dosen genau zu bestimmen sind und dass diese Tätigkeit, nachdem mit ihr begonnen worden ist, aufmerksam und dauernd überwacht werden muss. Umfangreiche *Überwachungsnetze* ermöglichen eine permanente Kontrolle der radioaktiven Auswürfe in die Umwelt; die einzige Schwierigkeit, die bei der Errichtung dieser Netze besteht, ist die für die Messgeräte erforderliche Empfindlichkeit, die inmitten der natürlichen Radioaktivität die sehr geringe, darüber hinausgehende Dosis feststellen muss, die auf die vom Menschen geschaffenen Anlagen zurückzuführen ist.

Die Emissionen aus den Kernkraftanlagen erfolgen ständig in Übereinstimmung mit den *grundlegenden Normen* bezüglich des Strahlenschutzes, die im besonderen mit sehr grosser Vorsicht die zulässigen maximalen Dosen festlegen. Die direkte Strahlung ist zu betrachten in Abhängigkeit von der Sicherheit des Personals, das im Kraftwerk arbeitet, sowie der benachbarten Bewohner. Die konstruktiven Auslegungen des Kraftwerks sind dergestalt, dass sämtliche Strahlungen im Innern des Reaktors nicht entweichen können. Die Mengen an radioaktiven Stoffen, die in die Umwelt emittiert werden, sind so klein, dass die in Höhe der Bevölkerung, der Fauna und der Flora anfallenden Dosen gegenüber der natürlichen Radioaktivität unbeachtlich sind. Ausserdem wird zur Festsetzung der Emissionswerte der mögliche Akkumulationseffekt der Radioaktivität in der *Lebensmittelkette* berücksichtigt.

---

[3]) Alle in diesem Abschnitt angegebenen Zahlen beziehen sich auf Jahresdosen.

[4]) Pr. Izrael (UdSSR), Mitteilung auf der *2. Internationalen Konferenz über die friedliche Nutzung der Kernenergie* (Genf, 1971).

Die Erfahrung beweist die einwandfreie Wirksamkeit aller dieser Vorsichtsmassnahmen. Es bleibt noch der eine Punkt, dass man bisher die Atomindustrie nur unter normalen Betriebsbedingungen beobachtet hat – seit dem Anfang der Programme der Kernenergieerzeugung gab es in Europa praktisch keinen industriellen Unfall mit ionisierenden Strahlen – und dass das Publikum ein Anrecht auf Auskunft hat, was geschehen könnte, wenn zufällig ein ernsthafter Unfall eintreten würde. Hier muss man wissen, dass die Kernanlagen ausgelegt sind unter Berücksichtigung sämtlicher möglicher Risiken, selbst derjenigen, deren Möglichkeit praktisch Null ist, sowie der schlimmsten Fälle, die sich aus äusserst unwahrscheinlichen Kombinationen ergeben können. Sämtliche Vorsichtsmassnahmen – Vorkehrungen konstruktiver Art und jene, die sich aus den Betriebsanweisungen ergeben – werden ergriffen, damit für den Fall, dass diese Umstände trotz allem eintreten würden, die Folgen des Unfalles begrenzt bleiben.

So zum Beispiel sind die Kernkraftwerke so ausgelegt, dass sie nach einem Erdbeben, das (nach der Skala von *Mercalli)* dem stärksten Erdbeben entspricht, das in dem betreffenden Gebiet festgestellt worden ist, weiter betrieben werden können, dass sie einem Erdbeben mit einer grösseren Stärke als der Stärke eins standhalten können (Standhaltevermögen des Reaktordruckgefässes und des Sicherheitsbehälters), dass im Falle einer teilweisen Verschmelzung des Kerns (Möglichkeit praktisch Null) die Gesamtheit der festen Spaltstoffe zurückgehalten werden und die Gase erst in die Atmosphäre entweichen können, nachdem sie ausreichend gereinigt worden sind.

Radioaktive Abfälle

Nach ihrer Bestrahlung in den Kraftwerken werden die *Kernbrennstoffe* in den *Aufbereitungsanlagen* einer Reihe von Prozessen unterworfen mit dem Ziel, die spaltbaren oder in spaltbares Material verwandelbaren Stoffe wiederzugewinnen und aus den Abfällen die Langzeit-radioaktiven Stoffe abzuscheiden[5]). Das Problem der ungefährlichen Lagerung dieser Stoffe ausserhalb des biologischen Kreislaufs während Hunderten, ja sogar Tausenden von Jahren bis zur Beendigung ihrer Radioaktivität, ist sicherlich das einzige, das es wirklich bei der Verwendung der Kernenergie gibt. Dieses Problem kann die Erzeuger elektrischer Energie nicht gleichgültig lassen.

Um die wirkliche Grösse des Problems zu ermessen, muss man sich der Tatsache bewusst sein, dass der Umfang dieser Abfallstoffe durchaus begrenzt ist: 2 bis 4 m^3 pro Jahr für ein Kraftwerk von 1000 MWe. Zahlreiche durchaus sichere Lösungen sind also denkbar für die derzeit erzeugten Abfallmengen. Man könnte befürchten, dass mit dem dauernden Anwachsen der Anzahl von in Betrieb befindlichen Anlagen die zu lagernden Mengen schliesslich doch einen bedeutenden Umfang annehmen. Zurzeit werden zahlreiche Studien durchgeführt, an denen die Erzeuger elektrischer Energie mitwirken und die dazu dienen, die besten Lösungen zu finden zur Verringerung des Abfallvolumens, zu ihrer Aufbereitung und zu ihrer Lagerung. Ein Kontakt zur Biosphäre könnte praktisch nur dadurch erfolgen, dass sie mit dem Grundwasser in Berührung kommen. Die Lagerungsorte müssen also trocken sein und es auch während Tausenden von Jahren bleiben. Diese Bedingungen finden wir in bestimmten *Salzbergwerken* vor. Es konnte errechnet werden, dass sämtliche Abfälle aller bis zum Jahr 2000 in der Welt in Betrieb stehenden Kernkraftwerke nur den Raum von 1 % des Kochsalzvolumens benötigen würden, das zurzeit jedes Jahr gefördert wird.

Die Zukunft der Kernenergie

Man kann also von der sicheren Annahme ausgehen, dass trotz der voraussichtlichen Entwicklung der Kernenergie und der Kumulierung der Radioaktivität – eine Folge der langen radioaktiven Periode gewisser Elemente – die zusätzlichen Strahlungsdosen, der die Menschheit ausgesetzt sein wird, wesentlich hinter denen zurückbleiben werden[6]), die sich durch die natürliche Radioaktivität ergibt. Diese ist jedoch für den Menschen sicherlich nicht schädlich, da es sie während Jahrtausende gab, in deren Verlauf die Menschheit sich entwickelt hat. Sicher ist auch – denn die Hersteller von Anlagenteilen haben bei weitem noch nicht alle Möglichkeiten der Technik erschöpft –, dass die geringen Mengen radioaktiver Stoffe, die in die Umwelt von den Kraftwerken der heutigen Generation emittiert werden, weiterhin abnehmen werden.

Die von gewissen Kreisen zum Ausdruck gebrachten Befürchtungen bezüglich der Gefahren des Atoms erscheinen damit, wenn zwar nicht völlig grundlos, zumindest doch weit übertrieben. Schlimm ist dabei, dass sie die Entwicklung der Kernenergie zu dem Zeitpunkt hemmen können, zu welchem die Menschheit dringend einer neuen Energiequelle bedarf, die in der Lage ist, an die Stelle der Kohle, des Erdöls und des Erdgases zu treten. Es ist klar zu erkennen, dass es ausserhalb der Spaltung auf diesem Gebiete keine neue Alternative gibt: die Windenergie, die geothermische Energie, die Sonnenenergie, das Kernschmelzverfahren werden häufig ins Feld geführt; die mit ihnen einhergehenden technischen Probleme sind beträchtlich und weit davon entfernt, gelöst zu sein. Viele Anstrengungen und viel Zeit sind erforderlich, bevor man zu tatsächlich kommerziellen Lösungen gelangt.

Die Entwicklung der wirtschaftlichen und energiewirtschaftlichen Bedingungen sowie die Sorge um die Versorgungssicherheit verlangen sofort für die Kernenergie einen sich rasch verbreiternden Anteil an der Stromerzeugung. Die Kernenergie bietet darüber hinaus die Möglichkeit, die Luftverschmutzung im Stadium der Erzeugung zu vermeiden, wodurch sie die Möglichkeiten für eine bessere Umwelt vergrössert. Es ist das Anliegen der Elektrizitätswirtschaftler, bei sich selbst und bei den Herstellern sowohl vor als auch hinter dem Kraftwerk den *Geist der Wachsamkeit* nicht erlahmen zu lassen, der von Anfang an in der Atomwirtschaft notwendigerweise vorgeherrscht hat. Beratungen sind im Gange, um die nationalen Sicherheitsnormen der bestehenden Reaktoren zu harmonisieren und Richtlinien auszuarbeiten für die Lagerung von Abfällen. Die Ernsthaftigkeit, mit der diese Probleme angegangen werden, und das Mass und die Güte der Fähigkeiten, die darauf verwendet werden, sind die beste Gewähr für einen Erfolg.

---

[5]) Die *Periode* eines Radio-Nukliden ist die Zeit, die erforderlich ist, damit seine Aktivität bis zur Hälfte seines Wertes infolge eines festgelegten Auflösungsprozesses abklingt.

[6]) Siehe die erwähnte Studie von Pr. Izrael.

4. Die Probleme der Kühlung

Es ist eine Tatsache, dass die Erzeugung elektrischer Energie, solange sie von Dampf- oder Gasturbinen abhängt, dem *Lehrsatz von Carnot* unterliegt: 30 bis 40 % der dem Kessel oder dem Wärmemotor durch fossile oder nukleare Brennstoffe zugeführten Energie werden in elektrische Energie umgewandelt, wobei der Rest – 60 bis 70 %, je nach den Fällen – an eine *Wärmesenke* abgegeben wird (ausser in den ziemlich begrenzten Fällen der kombinierten Verwendung von elektrischer Energie und Wärme).

Dieses Problem ist von grösserer Bedeutung für die Elektrizitätswirtschaftler[7]): Jede Beschränkung der Benutzung von Oberflächenwasser zur Kühlung von Kraftwerken kann entweder zu einer Begrenzung der Erzeugungsmöglichkeit oder zu der Notwendigkeit führen, dass auf kostspieligere Lösungen ausgewichen werden muss.

Bis jetzt wurden kaum schädliche Auswirkungen festgestellt, die sich aus der Abfuhr von Wärme in die Wasserläufe oder in die Atmosphäre ergeben. Das rasche Ansteigen des Verbrauchs an elektrischer Energie und vor allem der Grösse der thermischen Erzeugungseinheiten (herkömmlich oder nuklear) führte zu der Befürchtung, dass das biologische Leben in den Oberflächengewässern in Zukunft schliesslich ungünstig beeinflusst wird.

Die ökologischen Auswirkungen der Erwärmung der Oberflächengewässer

Die geringe Erwärmung der Oberflächengewässer wirkt sich an sich nicht ungünstig auf andere Verwendungszwecke aus; sie bietet sogar Vorteile, und zwar vornehmlich in Zeiten grosser Kälte, in denen sie das Gefrieren verhindert und die Verfallsaktivität der Phenole verlängert. Sie führt nur zu Schwierigkeiten, falls der Wasserlauf bereits durch organische Stoffe verschmutzt ist, die vor dem Kraftwerk in ihn hineingegeben werden. Die hiermit zusammenhängenden chemischen und physikalischen Prozesse sind recht kompliziert, und wir erinnern nur an einige wesentliche Tatsachen.

Die Erwärmung des Wassers, das den Kondensator eines Kraftwerks bereits durchlaufen hat, beträgt höchstens etwa 10 Grad. Man muss wissen, dass am Austritt des Abwasserkanals das erwärmte Wasser sich nicht sofort mit dem Flusswasser vermischt, sondern im Gegenteil Tendenz hat, sich auf der Oberfläche zu verbreiten: damit wird die Kühlung begünstigt; infolgedessen übersteigt die maximale Temperatur am Boden des Flusses – dort nämlich, wo die Flora eine wesentliche Bedeutung für das Leben der Fische hat – nicht die Durchschnittstemperatur des Wasserlaufs, nachdem die Homogenisierung erreicht ist.

Wichtiger noch als diese rein physikalische Erscheinung ist die Auswirkung der Temperatur auf den bis zur Sättigung gelösten Gehalt von Sauerstoff im Wasser, der von wesentlicher Bedeutung ist für das Leben im Wasser und für das Selbstreinigungsvermögen der Wasserläufe.

Falls ein Fluss keinerlei chemische oder organische Schmutzstoffe enthält, liegt der Gehalt des Wassers an Sauerstoff in der Nähe des Sättigungspunktes. Die Erhöhung der Temperatur führt zu dessen Verringerung; mit zunehmender Abkühlung jedoch erfolgt eine Wiederaufnahme von Sauerstoff durch Kontakt mit der Luft und durch den Effekt der Photosynthese gewisser Algen. Eine geringe Erwärmung führt damit weder zu einer Verschlechterung noch zu irreparablen Schäden.

Wenn der Fluss wenig verschmutzt ist und der Gehalt an gelöstem Sauerstoff geringfügig unterhalb des Sättigungspunktes liegt, erfolgt durch die Durchführung in den Kondensatoren eines Kraftwerkes keine Entgasung: im Gegenteil führen die durch die Ableitung entstehenden Bewegungen zur Aufnahme von etwas Sauerstoff. Die Erwärmung bewirkt dadurch, dass der Prozess der Selbstreinigung beschleunigt wird – biologische Veränderung der ungelösten Stoffe durch die Mikroorganismen –, indem sie die Aktivität der Mikroorganismen begünstigt: schliesslich führt sie zu einer raschen Wiederherstellung sauberen Wassers.

Wenn der Fluss stark verschmutzt ist, oxydieren die Schmutzstoffe auf Kosten des gelösten Sauerstoffes, und zwar selbst dann, wenn keine Wärmeeingaben in den Fluss erfolgen. Diese Reaktion setzt sich auf einer langen Strecke des Flusses fort, unterhalb deren die Wiederaufnahme von Sauerstoff wieder allmählich erfolgt. Falls ein Wärmekraftwerk Warmwasser in die verschmutzte Flußstrecke abgibt, beschleunigt sich die Selbstreinigung, und der Verbrauch an Sauerstoff nimmt zu; der Gehalt an gelöstem Sauerstoff kann dann örtlich auf geringe Werte abfallen, was sich schädlich für die Fauna und die Flora auswirken kann. Es ist jedoch möglich, diesen Überverbrauch an Sauerstoff durch Lufteinfuhr in das Wasser des Abwasserkanals des Kraftwerks auszugleichen, wie dies bereits verschiedene Verfahren gezeigt haben.

Das Problem der Kühlung in den Kraftwerken ist also nicht, wie man sieht, ein an sich ökologisches, sondern hauptsächlich ein *wirtschaftliches*: es ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Verwendung von Oberflächenwasser als *Kaltquelle* in Wettbewerb tritt zu der Aufgabe natürlicher Ableitkanäle, die ihnen der Mensch noch zusätzlich zuordnet.

Der Einfluss der Erwärmung des Wassers auf die biologischen Prozesse – Lebensbedingungen und Bedingungen der Erzeugung der Arten – wird seit zahlreichen Jahren sowohl in *Speziallabors – Ratcliffe* (Vereinigtes Königreich), *Montereau* (Frankreich), *Trino* (Italien) und *Kema* (Niederlande) – als auch *an Ort und Stelle* in den Abwasserkanälen der Kraftwerke untersucht. Diese Untersuchungen sollen die wissenschaftliche Grundlage abgeben, auf die man nicht verzichten kann zur Schaffung von realistischen Normen für Wärmeabgaben. An erster Stelle wird hierbei natürlich das Interesse der Elektrizitätswirtschaftler berührt, aber auch jenes der gesamten Bevölkerung.

Die übrigen möglichen Wärmesenken

Wie dem auch sei, und selbst wenn man ein Mehrfaches an Reinigungsanlagen unterstellt, so würde die Kühlfähigkeit der Oberflächengewässer – vor allem in Europa – rasch erschöpft sein, wenn die Kondensatoren der Kraftwerke ausschliesslich durch die Umwälzung von Wasser in *offenem Kreislauf* gekühlt werden müssten. Die Verwendung von *Kühltürmen*, die immer unentbehrlicher werden im Hinblick auf die derzeitige Grösse der Kraftwerke und vor allem im

[7]) Eine Expertengruppe für die Probleme des Kühlwassers wurde gegründet im Rahmen des Comités d'Etudes de la Production Thermique et de l'Energie Nucléaire der UNIPEDE; Näheres findet sich im Bericht *Die Entlastungen des Kühlwassers und ihr Einfluss auf die Umwelt.*

Hinblick darauf, dass Niedrigwasserperioden oder Perioden hoher Temperatur überbrückt werden müssen, erhöht dieses Potential beträchtlich. Längerfristig erwartet man neue Reaktorreihen, die eine erhebliche Verringerung der Wärmeabgabe ermöglichen werden. Es ist ebenfalls nicht unmöglich, dass ein Teil der abgeführten Wärme, der heute ungenutzt bleibt, eines Tages für die Heizung von Wasser, von Räumen, von Treibhäusern oder für die Entwicklung der Fischzucht verwendet werden kann. Diese Anwendungsarten werden auf jeden Fall begrenzt bleiben und würden allein die Probleme der Kühlung in der Elektrizitätswirtschaft nicht lösen.

Die Zukunft der Erzeugung von elektrischer Energie hängt jedoch nicht nur allein von der Kühlkapazität der Wasserläufe ab; es bleiben noch die Flussmündungen und das Meer zur direkten Kühlung der Kraftwerke; diese Lösungen werden bereits heute weitgehend verwendet, und sie werden es in der Zukunft immer mehr werden. Im übrigen bieten die Trockenkühltürme praktisch unbegrenzte Möglichkeiten, da sie die Atmosphäre als Wärmesenke benutzen.

Diese Lösungen bringen jedoch Folgen für die Wirtschaftlichkeit der Erzeugung elektrischer Energie sowie für die Umwelt mit sich. Die Verwendung des Meeres als Wärmesenke kann dazu führen, dass die Kraftwerke in weiter Entfernung von den Verbrauchsschwerpunkten erstellt werden; in dem Falle müssten Übertragungsleitungen gebaut werden, und man müsste sich mit Übertragungsverlusten abfinden. Nass- oder Trockenkühltürme führen zu zusätzlichen Investitionen und Betriebskosten; andererseits bieten sie die Möglichkeit, günstigere Standorte für die Kraftwerke zu finden, womit die Errichtung von Leitungen vermieden werden kann.

Beim *nassen* Kühlturm handelt es sich um einen sehr grossen Turm, in welchem die Luft entweder durch Naturzug oder mit Hilfe von Ventilatoren zirkuliert und in dem das Kühlwasser des Kondensators in feinen Tropfen abläuft. Das Wasser kühlt sich nach Berührung mit der Luft ab: die Verdunstung vor allem erzeugt den erforderlichen Wärmeentzug. Der erforderliche Wasserdurchsatz ist geringer als bei der Kühlung mit offenem Kreislauf, doch benötigt man Zusatzwasser, um das in die Atmosphäre verdunstete Wasser zu ersetzen. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass bei der Kühlung in offenem Kreislauf ein Teil der Wärme ebenfalls durch Verdunstung entweicht, jedoch in wesentlich geringerer Menge als im Falle von Kühltürmen.

Der *Trockenkühlturm* ist ein grosser Kühler, in welchem das Wasser, nachdem es den Kondensator gekühlt hat, sich selbst abkühlt unter Abgabe seiner Kalorien an die Atmosphäre. Der Verbrauch an Wasser ist absolut Null, da die Wärme durch die Luft abgeführt wird. Während die Technik der nassen Kühltürme sehr verbreitet ist, sind die Erfahrungen mit den Trockenkühltürmen bisher noch sehr beschränkt.

Die Begrenzung der zur Verfügung stehenden Oberflächengewässer macht die Entwicklung der Kühltürme noch notwendiger; die physikalischen und finanziellen Nachteile müssen wir dabei in Kauf nehmen. Um die Auswirkungen auf die Umwelt auf ein Minimum zu reduzieren, werden die Elektrizitätswirtschaftler in dem erforderlichen Masse ihre Kraftwerke an den *Küsten oder an den Flussmündungen* errichten, wobei sie jedoch darauf achten, die Probleme, die sich durch die erforderlichen Leitungen sehr hoher Spannung ergeben, möglichst gut zu lösen. Da auch hier die Standorte selten sind, werden sie sich zweifellos veranlasst sehen, nach und nach dort sehr grosse Leistungen zu installieren. Folgen für das Klima und die Meeresökologie sind dabei jedoch nicht zu befürchten: die Dimensionen des Kühlmittels und die dort auf natürliche Weise entstehenden Wasserbewegungen sind gewaltig gegenüber den Mengen, die für die Kühlung der Kondensatoren benötigt werden.

Das Problem des Kühlwassers ist also weit davon entfernt, wie manchmal behauptet wird, ein Hindernis darzustellen, an dem eines Tages der Zuwachs der elektrischen Energieerzeugung scheitern wird.

Es ist dagegen hervorzuheben, dass die Elektrizitätswirtschaft dem fast überall in Westeuropa von den Behörden zum Ausdruck gebrachten Willen kein Hindernis bietet, die Flüsse innerhalb der nächsten 10 oder 20 Jahre sauber und lebensfähig zu machen.

5. Die Kraftwerksstandorte

Die Standortbestimmung

Die *Standortbestimmung* eines Kraftwerkes muss die betreffenden ökologischen Auswirkungen berücksichtigen. Die Faktoren, die hier einzukalkulieren sind, sind zahlreich. Nur eine Studie, die diese häufig sich widersprechenden Forderungen mit ihren Gewichtungskoeffizienten und ihren wirtschaftlichen Auswirkungen sowohl auf dem Gebiete der Investitionen und der Betriebskosten als auch auf dem Gebiete der Kosten zur Beseitigung der Störeinflüsse für die Gemeinschaft berücksichtigt, würde die Möglichkeit bieten, eine durchaus rationale Wahl zu treffen. Beim jetzigen Stand der Kenntnisse ist eine rein quantitative Lösung des Problems ausgeschlossen; das Problem wird jedoch, obwohl eher empirisch, in seiner Gesamtheit und systematisch angegangen, so dass man schliesslich zu dem zufriedenstellendsten Kompromiss gelangt. Dies ist z. B. der Fall für die Kraftwerke, die in Touristengebieten errichtet werden müssen, und zwar infolge der sehr starken Entwicklung des Verbrauchs (Küsten des Mittelmeers).

Die Fortschritte, die bei der Wahrung der Interessen der Umwelt erzielt worden sind, sind beträchtlich. Die Vorstudien zur Ermittlung der Luftbedingungen eines Standortes unter Berücksichtigung seiner Topographie, die Vorausberechnungen der Verteilung der Rauchschwaden in Abhängigkeit von der Höhe der Schornsteine, die Untersuchung des Einflusses der Entnahme und der Abgabe von Fluss- oder Seewasser und der Bedingungen, unter denen die Durchmischung des warmen Wassers mit dem kalten erfolgt, sind beispielhafte Massnahmen, die zu einem positiven Ergebnis geführt haben.

Die goldenen Regeln, die sich die Elektrizitätswirtschaftler zu eigen gemacht haben, womit sie das Vertrauen der Öffentlichkeit verdienen, bestehen darin, dass die Errichtung eines Kraftwerkes an einem bestimmten Standort nur dann beschlossen wird, wenn die Auswirkungen auf die Umwelt tragbar sind und wenn die Gründe für diese Wahlentscheidungen erklärt werden können.

Fig. 3 Kernkraftwerk von Trawsfynnyd (Grossbritannien)

Geräusch

In einem Kraftwerk sind zahlreiche Geräuschquellen: Sicherheitsventile, Ventilatoren, Umwälzpumpen, Speisepumpen, Turbogeneratoren, Transformatoren, Leistungsschalter usw.

Die *Wasserkraftwerke,* die sich häufig unterirdisch befinden und darüber hinaus noch abseits bewohnter Gebiete liegen, stellen selten Probleme dar, da auch noch die einzigen äusseren Geräuschquellen die Transformatorenanlage bei Betätigung der Leistungsschalter und der «Korona-Effekt» auf den Hochspannungsleitungen sind.

In den *Wärmekraftwerken,* die, obwohl sie sich im allgemeinen ausserhalb der Ballungszentren befinden, häufig in der Nähe von bewohnten Gebieten liegen, sind erhebliche Anstrengungen unternommen worden, um die Geräuschpegel auf die genormten Werte zurückzuführen, und zwar sowohl innerhalb des Kraftwerkes für das Betriebspersonal als auch am Kraftwerkszaun für die Nachbarschaft. Sogar vor der Errichtung des Kraftwerkes werden die Vorsichtsmassnahmen, die für die Errichtung und den Einbau der verschiedenen Schallquellen zu ergreifen sind, mit grösster Sorgfalt untersucht unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Struktur der Gebäude und der Bedingungen, unter denen sich der Schall fortsetzt, um somit erträgliche Schallpegel am Kraftwerkszaun zu erhalten.

Diese verschiedenen Massnahmen verursachen nicht unerhebliche Kosten; auf der anderen Seite jedoch haben sie sich als wirksam erwiesen: trotz der sehr schnellen Vergrösserung der Anlagen konnten die vorgeschriebenen Schallpegel eingehalten werden, was beweist, dass bei der Beherrschung der akustischen Erscheinungen Fortschritte erzielt worden sind.

Architektur

Es ist ziemlich schwierig, von vorneherein Kriterien zu definieren, die es ermöglichen, aus einem Bauprojekt einen architektonischen Erfolg dadurch zu machen, dass es vollkommen in die Landschaft passt. Hieraus darf jedoch nicht gefolgert werden, dass echte Lösungen nicht möglich sind: Die Wahl der Materialien und der Farben in Harmonie zu der Landschaft und dem Stil der Region, eine glückliche Konturgebung der Gebäude und der auffallendsten Anlagenteile – Schornsteine, Brennstofflagerungseinrichtungen, Kühltürme usw. –, die Harmonie der Volumen, der Sinn für Perspektiven, die Schaffung von Grünflächen oder Blumengärten bieten genügend Möglichkeiten, um den Anblick der Anlagen angenehm zu machen, so dass die Öffentlichkeit damit einverstanden sein kann.

Man kann sicherlich davon ausgehen, dass die grossen herkömmlichen Wärmekraftwerke oder Kernkraftwerke, wie dies bei den grossen Wasserkraftwerken der Fall war, die natürliche Schönheit der Landschaft kaum beeinträchtigen. Sie vermitteln jedoch den Augen des Publikums einen nachhaltigen Eindruck, für die sie zu den grossen Taten des eigenen Volkes zählen.

Die zahlreichen Besuche auf den *Aussichtsterrassen* in der Nähe der Kraftwerke stellen den besten Ansporn für die Elektrizitätswirtschaftler dar, ihre jetzigen Anstrengungen fortzusetzen. Sie sind fest entschlossen, mit der Errichtung dieser Anlagen fortzufahren, die in ihrer erfolgreichen Ausführung besser als alle anderen dem Publikum beweisen können, dass die Kraftwerke absolut keine schmutzigen und ungesunden Einrichtungen sind, die auf die Umwelt zerstörend wirken.

Kapitel III

Die Stromnetze und die Umwelt

Die Überlegenheit der elektrischen Energie gegenüber den anderen Energieträgern ergibt sich sowohl aus ihrer allgemeinen Verwendbarkeit als auch der Möglichkeit, dass sie überall dort *ins Haus* geliefert werden kann, wo ihre Dienste beansprucht werden, und zwar praktisch mit der gleichen Leichtigkeit, welches auch der Umfang des zu befriedigenden Bedarfs sei.

Den Nachteil der Allgegenwart der elektrischen Energie an jedem Punkt, wo Menschen arbeiten und leben, birgt die Entwicklung des *Netzes* in sich, das für ihre *Übertragung* und für ihre *Verteilung* notwendig ist.

Es ist unleugbar, dass sich daraus gewisse Nachteile ergeben können, und zwar durch die Beanspruchung von Bodenflächen und durch ästhetische Probleme. Die erhebliche Leichtigkeit jedoch, mit welcher der Wechselstrom in alle Spannungsarten umgeformt werden kann, ermöglichte es den Elektrizitätswirtschaftlern, die Entwicklung der Netze zu beherrschen und die Schäden, die sie der Natur zufügen, in beachtlich engen Grenzen zu halten.

Hinzu kommt, dass die Netze einen besonders grossen Beitrag leisten im Kampf gegen die Raumbeanspruchung, die zweifelsohne die grösste Bedrohung für die städtischen Gebiete darstellt. Ist man sich tatsächlich der Tatsache bewusst, in welchem Masse Materialtransporte ersetzt werden können, z. B. durch die relativ geringe elektrische Übertragung von 600 000 kW, die völlig unbemerkt und praktisch ohne Störwirkungen vonstatten geht?; höchstens wird ein wenig Wärme in die Atmosphäre abgegeben und ist mal ein leichtes Surren durch den *Korona-Effekt* wahrzunehmen, und zwar über eine einzige 400 kV-Leitung oder zwei 225-kV-Leitungen, die in einer einzigen *Übertragungstrasse* zusammengefasst sind, die zur Versorgung einer grossen Stadt bestimmt ist.

In Arbeit ausgedrückt entspricht diese Energie derjenigen einer ganzen Armee[8]) von 6 Millionen kräftigen Arbeitern, die einer Stadt zur Verfügung gestellt wird. Wenn wir die an einem einzigen Tage gelieferte Energie betrachten, so müsste man, falls diese Energie in flüssigen Brennstoffen anzuliefern wäre, einen ganzen Fuhrpark von 100 bis 200 Tankwagen mobilisieren, die ja dann auch noch ihre Ware an die Verbraucher im Haus-zu-Haus-Verkehr anliefern müssten, und zwar mit all den Nachteilen, die dies in den Strassen der Stadt mit sich bringt.

Die Übertragungsnetze sehr hoher und hoher Spannung

Das Netz sehr hoher Spannung – augenblicklich 400 kV in unseren Ländern Westeuropas – bildet den allgemeinen Verbund der grossen Kraftwerke, wo die elektrische Energie erzeugt wird, sowie der *grossen Umspannanlagen* der einzelnen Verbrauchergruppen, und zwar auf regionaler Ebene oder auf der Ebene der grossen städtischen und industriellen

[8]) Ein Mann entwickelt bei vollem kontinuierlichen Einsatz eine Leistung von $^1/_{10}$ kW.

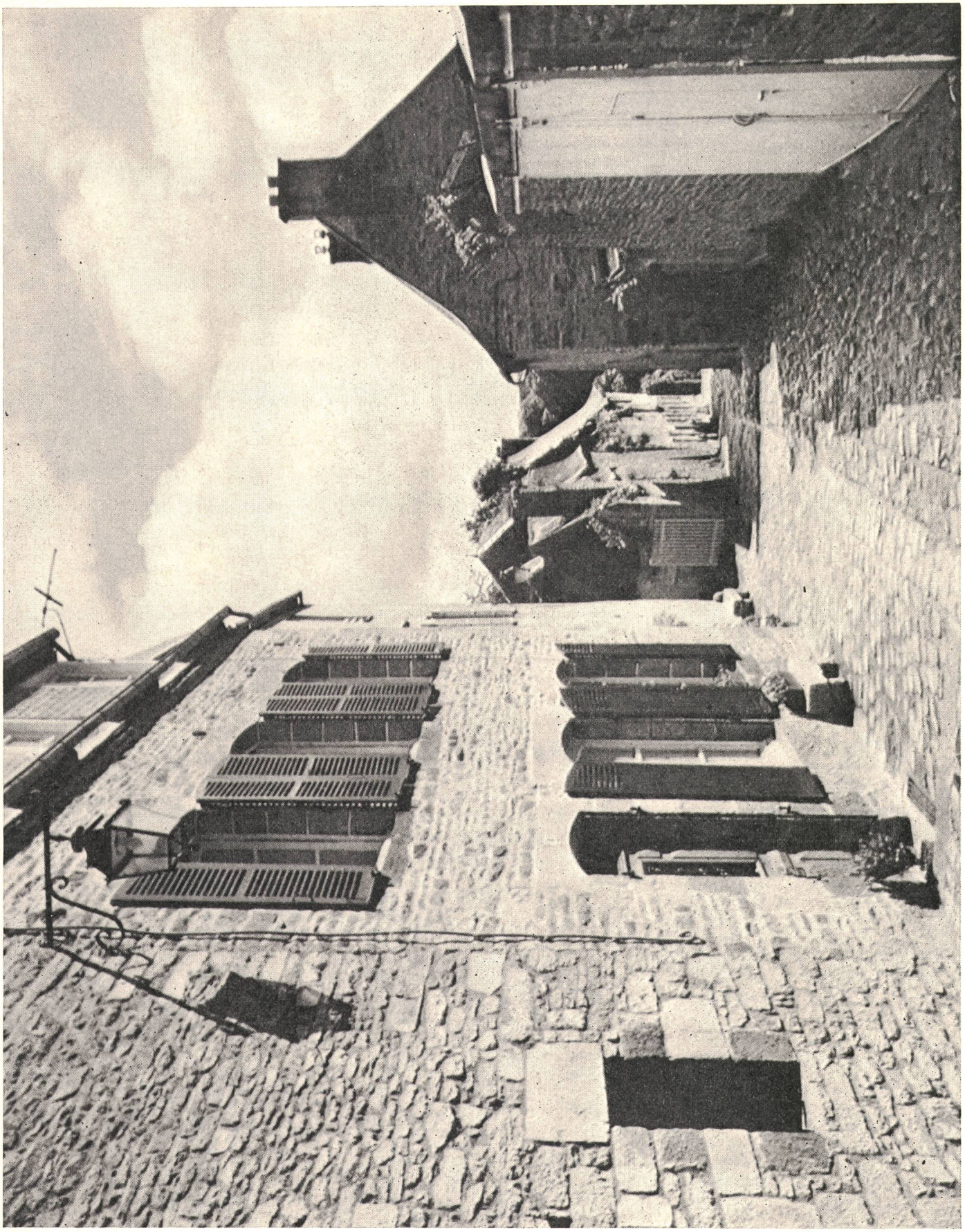

Fig. 4 Niederspannungsverteilung mittels Fassadenkabel

Gebiete. Dank diesem Netz und dem damit möglichen Energieaustausch kann der Betrieb des Erzeugungssystems zu den geringsten Kosten sichergestellt werden, können die einzelnen Nachteile dieser verschiedenen konstituierenden Systemteile aufgefangen werden und kann man schliesslich auf Erzeugungsebene die sicheren und wirtschaftlichen Versorgungsbedingungen erhalten, die von der Abnehmerschaft verlangt werden.

Bei dem derzeitigen Stand der Technik können die 400-kV-Anlagen und um so mehr noch diejenigen der künftigen europäischen Ebene sehr hoher Spannung, praktisch nur im Freileitungsbau durchgeführt werden. Die zurzeit auf dem Gebiete der Tiefsttemperaturtechnik durchgeführten Studien werden vielleicht eines Tages andere Perspektiven eröffnen.

Die Verteilung der elektrischen Energie innerhalb der Gebiete und ihre Einleitung in die Städte sind Aufgabe der *Verteilungsnetze,* deren Spannung entsprechend den zurückzulegenden Entfernungen und der Dichte des Verbrauchs 225 kV bis 63 kV beträgt. Bei diesen Spannungsebenen besteht die Möglichkeit, das Netz in Kabelausführung zu verlegen. Augenblicklich sind die Kosten einer unterirdischen Verbindung etwa zehnmal höher als die einer Freileitung; wenn man diese Kalkulation auf die Grundlage eines Quadratmeters frei gewordener Bodenfläche zurückführt, so kostet es letzten Endes drei- bis fünfmal mehr als normalerweise, um ein neues Gebiet «lebensfähig» und dessen Boden baufähig zu machen. Sind diese Kosten gerechtfertigt, wenn man weiss, dass eine Freileitung in 15 m oder darüber oberhalb des Bodens in keiner Weise daran hindert, den freien Raum für Pflanzenbau oder die Schaffung von Parkplätzen, Grünflächen, Sportanlagen oder sogar bestimmter Bauten zu benutzen, was man bei der Verlegung von Kabeln nicht behaupten kann? Hinzu kommt, und dieser Vorteil ist von besonderer Bedeutung für die Elektrizitätswirtschaftler, dass der Betrieb von Freileitungen viel sicherer ist, da sie viel leichter zu überwachen (mit Helikoptern) und zu unterhalten sind (Arbeiten unter Spannung, also ohne Abschaltung); und im Falle eines Brandes sind die entsprechenden Reparaturarbeiten viel leichter und schneller durchzuführen.

Wie ist diesem unausweichlichen Übel dann beizukommen? Zunächst ist hervorzuheben, dass dank der allmählichen Einführung neuer höherer Spannungsebenen und der sich daraus ergebenden Erhöhung der Einheitsleistung der Leitungen die Gesamtlänge der Hochspannungsnetze sich in keiner Weise parallel zu dem Verbrauch entwickelt. Dies war der Fall in der Vergangenheit und wird es auch in der Zukunft sein.

Die Elektrizitätswirtschaftler verwenden sehr viel Mühe, um ihre Anlagen, wenn zwar nicht ästhetisch – auf diesem Gebiete ist alles subjektiv – jedoch zumindest für die Umwelt tragbar zu machen, trotz der Erhöhung ihrer Einheitsleistung, auf Grund der höheren Spannungen und der immer allgemeineren Verwendung von ganzen Leiterbündeln anstelle eines einzigen Leiters. Es ist hier im wesentlichen eine Frage der Wahl der Trassen: Es handelt sich darum, die Leitung auf die beste Weise in die Landschaft einzupassen, wobei sämtliche Möglichkeiten der optischen Verdeckung genutzt werden und sorgfältig darauf geachtet wird, dass die Leitungen nicht an Hügel- und Bergkämmen entlanggeführt werden und der Natur möglichst geringe Schäden zugefügt werden, wobei ebenfalls bei der Errichtung nach Möglichkeit Erdaushube in bewaldeten Bergmassiven vermieden werden.

An den Stadträndern vermeidet man durch die Zusammenfassung der Leitungen in zu diesem Zweck eigens vorgesehenen *Schneisen* sicherlich ein vielfältiges Auftreten dieses Übels. Die Auswirkungen auf den Boden selbst sind sicherlich alles andere als unbedeutend; doch im Gegensatz zu einer Autobahn, einer weiteren unvermeidbaren Infrastruktur der grossen Städte, stellt eine Hochspannungsdurchführung keineswegs eine unüberwindliche Trennlinie dar, und die Beeinträchtigung der Bodennutzung ist nicht vergleichbar.

Die *grossen Umspannanlagen* befinden sich im allgemeinen ausserhalb der Ballungszentren und schaffen damit kaum einen echten Übelstand. Auch hier achten die Elektrizitätswirtschaftler mit besonderer Sorgfalt auf die Wahl der Standorte, wobei eine Veränderung um mehrere hundert Meter ausreichen kann, eine Anlage optisch möglichst zu verstecken und sie weniger sichtbar zu machen.

Die Verteilungsnetze in Mittel- und in Niederspannung

Ganz anders liegt das Problem bei den *Mittel- und Niederspannungsleitungen,* deren Aufgabe es ist, die elektrische Energie zu der Vielzahl von kleinen und mittleren Verbrauchern zu bringen.

Die relative Erhöhung der Kosten der Kabelverlegung ist erheblich geringer als im Falle der Hochspannungsleitungen. Sobald die Verteilungsdichte ziemlich gross wird – dies ist der Fall für die Mittelspannung in sämtlichen Ballungszentren und für die Niederspannung in sämtlichen mit Kollektivgebäuden bebauten Gebieten –, muss man praktisch zu der Lösung mit *Kabeln* greifen. Damit führt die Entwicklung der Städte unmittelbar zu einer Erhöhung des Anteils an Kabeln auf Kosten desjenigen der Freileitungen im Verteilungsnetz, dessen Gesamtlänge sowohl in Mittel- als auch in Niederspannung sich nur langsam entwickelt, und zwar trotz dem raschen Ansteigen des Verbrauchs.

Die Zahl der für die *Verteilung erforderlichen Mittelspannungs/Niederspannungs-Umspannanlagen* ist ebenfalls weit davon entfernt, parallel zum Anstieg des Verbrauchs anzusteigen. In den Gebieten mit einer Verteilung über Kabel gibt es eine Menge von Lösungen – die auch benutzt werden –, damit diese Transformatorenstationen unsichtbar bleiben, wenn sie nicht unterirdisch verlegt oder Raum in den Gebäuden selbst gefunden wird. Und es werden alle Vorsichtsmassnahmen ergriffen, damit die Transformatoren – die in wenigen oder vielen Fällen Schallquellen, allerdings mit niedrigem Pegel, bilden – über die Gebäudekonstruktionen oder durch die Luft kein Geräusch in die benachbarte Gegend übertragen.

Damit hat es die elektrische Energie verstanden, dass sie in den Städten vollständig vergessen wird. Sie dient ohne zu stören. Das gleiche gilt bis zur Ebene der grossen Umspannanlagen: sehr hohe Spannung/Mittelspannung oder Hochspannung/Mittelspannung, von denen aus die Versorgung mit elektrischer Energie erfolgt: Zur Stunde gibt es völlig sichere Techniken – was wesentlich ist, wenn es sich darum handelt, öffentliche Dienstleistungen zu erbringen – in gekapselter Ausführung, wodurch es möglich ist, diese Anlagen, die vollständig mit Erdkabeln verbunden sind, selbst

inmitten der Städte zu montieren, ohne dass die Passanten oder die Nachbarn dies merken.

In den ländlichen Gebieten oder in den kleinen Städten «stört» die im allgemeinen nicht unterirdisch verlegte Verteilung das Landschaftsbild, was vornehmlich für die Transformatorenstationen gilt, und zwar entweder durch ihren Standort oder aber durch ihre schon simpel anmutende Form und das ebenso wirkende Material.

Für den Bau der Niederspannungsnetze in den kleinen Orten und Dörfern, wo sich die Lösung der Kabelverlegung wirtschaftlich verbietet, verwenden die Elektroingenieure die Technik der *Fassadenkabel,* die die Leitungen mit freiliegenden Drähten ersetzen und wodurch die meisten besonders unästhetischen Dachständer vermieden werden können und man das Netz direkt an die Fassaden anbringen kann, dort, wo es am wenigsten sichtbar ist. Wenn man nun bei der Montage mit der gewünschten Sorgfalt vorgeht und wenn die Fassaden direkt hintereinander liegen, kann die Leitung praktisch unsichtbar gemacht werden: ganze Netze wurden auf diese Weise in alten Touristendörfern und in gewissen klassischen Orten neu verlegt, so dass hier das ursprüngliche reine Bild wiederhergestellt wurde. Diese Fassadenkabel, die für Leitungen entlang der baumbestandenen Strassen oder an Parkrändern benutzt werden, machen es darüber hinaus unnötig, dass man periodisch die Zweige abschneiden muss; dieser zweite Beitrag zur Erhaltung der Natur ist sicherlich nicht der geringste. Hinzu kommt, dass sie die Verlegung von Strom- und Fernsprechkabeln auf gemeinsamen Stützen ermöglichen, wodurch sie zur Verringerung der Platzbeanspruchung beitragen.

Auf dem Gebiete der *Mittelspannungs-/Niederspannungsstationen* wurden bereits beachtliche Erfolge erzielt: Die Transformatoren auf den Masten, die allmählich ihres gesamten Zubehörs entkleidet werden, weisen jetzt eine gewisse Eleganz auf und könnten – fast, wenn es nicht ihre Betonstützen gäbe – auf dem Lande unbemerkt bleiben; und die Transformatorkabinen können ohne wesentliche zusätzliche Ausgaben und nur mit ein wenig Geschmack – es gibt besonders gute Beispiele, die dies beweisen – ebenfalls durchaus akzeptiert werden.

Man wäre also im Unrecht, die Elektrizitätswirtschaft als zerstörerischen Faktor der Landschaft anzusehen. Man muss sich hier davor hüten, die Zukunft und die Gegenwart nur nach den Gegenbeispielen der Vergangenheit zu beurteilen, wobei man sämtliche durchaus zufriedenstellenden Leistungen vergisst, die ihr gutgeschrieben werden müssen. Man kann nicht von heute auf morgen alles das wegwischen, was das Auge beleidigt; man kann auch nicht ein für allemal auf die Freiluftlösungen verzichten: der Einfluss solcher radikalen Massnahmen auf den kWh-Preis wäre zu gross und die erforderlichen Investitionen untragbar.

Wenn man die sehr ferne Zukunft betrachtet, so ergibt sich sogar die Möglichkeit, eine andere Art von Unannehmlichkeiten, die heute in unseren Städten stark empfunden werden, zwar nicht ganz zu beseitigen, doch zumindest erheblich zu verringern, und zwar handelt es sich dabei um die *Strassenarbeiten* zur periodischen Verstärkung der Netze. Man kann schon jetzt voraussagen, dass in einer Stadt, die von Anfang an für die *allelektrische* Technik konzipiert worden ist, der Leistungsbedarf im Laufe der Zeit kaum zunehmen wird, da die durch die neuen Anwendungsarten frei gewordene Wärme letzten Endes dazu führt (dank der Wärmedämmung der Räume wird die sogenannte *freie Wärme* wiedergewonnen), den Heizbedarf zu reduzieren. Auf diese Weise käme zu den ursprünglichen Vorteilen des einen und einzigen Verteilungsnetzes der weitere Vorteil einer geringeren Häufigkeit von Reparatur- und Wartungsarbeiten noch hinzu.

Schlussfolgerung

Die elektrische Energie trägt zur Lösung der Energieprobleme gegenüber der Umwelt bei

Alle Tätigkeiten des Menschen führen zu Veränderungen der Umwelt und führen auch häufig, obwohl sie eine Quelle des Fortschrittes sind, zu Störeffekten. Letzten Endes zählt das, was unter dem Strich herauskommt – aus Gründen der Vorsicht sollte ebenfalls der psychologische Aspekt nicht vernachlässigt werden –, nachdem man die positiven und negativen Folgen gegeneinander aufgerechnet hat; von diesem Ergebnis hängt es für jede Tätigkeit ab, ob sie weiter verfolgt oder ob darauf verzichtet wird.

Bei der elektrischen Energie ist dieser Saldo sicherlich besonders günstig gegenüber allen anderen Energieträgern.

Auf der *Verwendungsebene* kann man im Hinblick auf die durch sie erzielte Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen keinerlei Einwände geltend machen, da es hier keine negativen Auswirkungen gibt. Dies ist sicherlich eine Binsenwahrheit geworden, doch wäre es bedauerlich, wenn dies dazu führen würde, dass dieser wesentliche Vorteil unterschlagen wird und somit unbeachtet bleibt. Gibt es ausser für die elektrische Energie ein weiteres Beispiel eines völlig zufriedenstellenden Verbrauchs, ohne dass damit die Erzeugung wachsender Mengen an Abfällen einhergeht?

Die *herkömmliche thermische Erzeugung,* die noch bis zu einem gewissen Masse ansteigen wird, ist sicherlich mit Problemen behaftet; die Elektrizitätswirtschaft bemüht sich jedoch um ihre Lösung. Durch die Möglichkeit des leichten Transportes der elektrischen Energie können die Kraftwerke in weiter Entfernung von den Ballungszentren errichtet und die zwangsläufig entstehenden Schmutzstoffe sich ausserhalb der sowieso schon am stärksten betroffenen Gebiete ausgeworfen werden. Die elektrische Energie bietet darüber hinaus den Vorteil, dass sie in sehr grossen Einheiten erzeugt wird, deren Betrieb sehr leicht dauernd zu überwachen ist, so dass die Emissionen auf ein Minimum reduziert und unter allen Umständen kontrolliert werden.

Die Emissionsbedingungen werden sorgfältig gewählt, damit ihre Auswirkungen am Boden in allen Fällen innerhalb sehr niedriger Grenzen gehalten bleiben. Letzten Endes ist die Gesamtsituation, die man gegenüber der Verschmutzung erhält, eine unvergleichlich bessere, als wenn die vergleichbare Energiemenge am Verwendungsort selbst durch eine Menge kleiner Anlagen hätte erzeugt werden müssen.

Die fossilen Brennstoffe sind nicht mehr die Grundlage der Entwicklung der Erzeugung elektrischer Energie; die Zukunft gehört – und das ist sowohl eine technische als auch eine wirtschaftliche Notwendigkeit – der *Kernenergie,* die allein in der Lage ist, für Jahrhunderte und auf einer sicheren Basis den Bedarf der Menschheit zu decken. Von da ab

können die Industriestaaten mit Gelassenheit der Entwicklung der Umweltprobleme für die nächsten Jahrzehnte entgegensehen. Die Kernkraftwerke führen in der Tat zu einer radikalen Lösung der Luftverschmutzung. Allerdings bringen sie in äusserst geringem Masse das Problem der *Radioaktivität* mit sich und beseitigen das Problem der Wassererwärmung nicht. Wie verständlich jedoch auch die Angst vor der Atomkraft sei – die Völker können die Umstände nicht vergessen, unter denen zum ersten Male ihre Wirkung in Erscheinung getreten ist –, so hält diese Angst doch einer objektiven Untersuchung nicht stand: Die friedliche Nutzung der Kernenergie ist für die Menschheit keine echte Gefahr; es bestehen Lösungen zum Problem der radioaktiven Abfälle, und alle Vorsichtsmassnahmen sind bereits ergriffen, damit die Kraftwerke vollständig sicher sind. Die Frage der Erwärmung der Gewässer, die schon im Hinblick auf die Grösse der Kraftwerke eine Bedrohung darstellen kann, kann durchaus einer Menge von Alternativlösungen zugeführt werden, und die Menschheit verfügt über zwei Wärmesenken mit praktisch unendlicher Kapazität, nämlich die Atmosphäre und das Meer.

Auf der Netzseite ergibt sich nur für die Übertragungsleitungen sehr hoher Spannung, die nicht anders als in der Freileitungstechnik ausgeführt werden können, tatsächlich ein Problem. Die Verwendung immer höherer Spannungen bringt zumindest die Gewissheit mit sich, dass trotz der dauernden Erhöhung der Leistungen und die mögliche Errichtung der Kraftwerke in Küstennähe die Gesamtlänge des Netzes wenig zunehmen wird. Bei den Verteilungsnetzen begünstigt die stärker werdende Dichte des Verbrauchs die Anwendung unterirdischer Lösungen; in den ländlichen Gebieten dürften die Technik der Fassadenkabel und der feste Wille der Elektrizitätswirtschaftler, die Belange der Natur zu achten, ausreichen, damit die Niederspannungsnetze akzeptabel werden. Das gleiche gilt für die Hochspannungs- und Mittelspannungsleitungen, die auch weiterhin in Freilufttechnik ausgeführt werden.

Auf diese Weise erscheint die «Umwelt»-Bilanz der Entwicklung der elektrischen Energie weitgehend positiv: Zahlreich sind die Probleme, für die man eine Lösung findet, selten sind dagegen die neu auftretenden dunklen Punkte. Bei rechter Überlegung kann man davon ausgehen, dass die elektrische Energie einen *entscheidenden Beitrag leistet zur Gesamtlösung der vom energiewirtschaftlichen Sektor aufgeworfenen Probleme.*

Es war die Pflicht der Elektrizitätsversorgungsunternehmen, dies zu sagen, und zwar nicht aus Eitelkeit gegenüber den anderen Energieträgern oder als kommerzielles Propagandaargument, sondern im Interesse der Versorgung der Öffentlichkeit entsprechend der ihr zustehenden Aufgabe. Damit kann die Menschheit weiterhin an die Zukunft glauben und ihre Bemühungen um ein *besseres Wohlergehen* fortsetzen, ohne dass sie befürchten muss, mit der Zeit ihrer Umwelt irreparable Schäden zuzufügen. Was die Elektrizitätswirtschaftler betrifft, so sind diese in der Lage, der wachsenden Nachfrage der Abnehmerschaft zu entsprechen mit dem festen Entschluss, alles in ihrer Macht Stehende zu tun, die Natur zu achten, zugleich im Bewusstsein, selbst auf dem ökologischen Gebiet im Interesse des menschlichen Fortschrittes zu handeln.

Anlage I

Verbrauch und Weltvorräte an Primärenergie

1. Weltvorräte

Natürlich können hier nur Grössenordnungen gegeben werden.

Unter Berücksichtigung der nachstehenden Energie-Äquivalenz:

1 t Erdöl
1,5 Steinkohleneinheiten[9])

1 t Uran
$1{,}5 \cdot 10^6$ Steinkohleneinheiten (Verwendung in Schnellen Brütern)

erhält man die am meisten verwendeten Zahlen für die *möglichen und ausbeutbaren Weltvorräte* (die einerseits die bekannten Vorräte und andererseits die vermuteten Vorräte umfassen, die als wirtschaftlich nutzbar angesehen werden), und zwar geschätzt in Milliarden Steinkohleneinheiten (10^9 SKE):

Feste Brennstoffe (Steinkohle und Braunkohle)	10 000[10])
Kohlenwasserstoffverbindungen (Erdöl, Erdgas, ölhaltige Sande und Schiefer)	1 000[10])
Uran (zu einem Preis unter 10 \$/lb U_3O_8, d. h. 26 \$/kg U)	2 500[11])

Die *bekannten Vorräte* sind natürlich wesentlich geringer; es gelten hier die nachstehenden Zahlen in Milliarden Steinkohleneinheiten (10^9):

Feste Brennstoffe (Steinkohle und Braunkohle)	600[10])
Wasserkohlenstoffverbindungen (Erdöl und Erdgas)	200[12])
Uran (zu einem Preis unter 10 \$/lb U_3O_8, d. h. 26 \$/kg U)	1200[11])

Bei den Uranvorräten ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die Auswirkung der Rohstoffkosten auf die Energieerzeugungskosten bei den Schnellen Brütern eine viel geringere sein wird als bei den derzeitigen Kernreaktoren; Kosten für das Erz, die 100 \$/lb U_3O_8 erreichen können, könnten zweifelsohne wirtschaftlich vertretbar sein. Unter diesen Bedingungen ist der Umfang an Vorräten, die man zu veranschlagen hat, ein Vielfaches der oben angegebenen Zahl, da es bei diesem Preis möglich wäre, Uran aus relativ armem, aber sehr viel vorkommendem Erz und sogar aus Erz zu erzeugen, das unter den Weltmeeren lagert.

Der dominierende Aspekt dieser Vorräte besteht in ihrer ungleichmässigen Verteilung in der Welt. In Europa zeigt sich eine besondere Mangellage vornehmlich bezüglich der Kohlewasserstoffverbindungen, wodurch es zur Deckung seines Bedarfs auf Importe angewiesen ist, was kostspielige Transporte erforderlich macht.

Wenn man bei der Wasserkraft unterstellt, dass hier die technisch vertretbaren Lösungen alle ausgeschöpft sind, leistet[10]) sie einen keineswegs unerheblichen Jahresbeitrag der

[9]) Eine Steinkohleneinheit enthält 6500 th+ unterer Heizwert oder 6750 th+ oberer Heizwert (th = 1000 kcal).

[10]) World Power Conference, *Survey of energy resources,* 1968.

[11]) OCDE, *Uran: Vorräte, Erzeugung und Nachfrage:* September 1970 und verschiedene Anpassungen.

[12]) Oil and Gas Journal, 27. Dezember 1971.

Grössenordnung von 3 Milliarden Steinkohleneinheiten, wovon nur ein Zehntel augenblicklich tatsächlich genutzt wird.

2. Weltverbrauch[13])

Für die Vergangenheit sind die Grössenordnungen in Millionen Steinkohleneinheiten folgende:

	10^6 SKE
1900	750
1920	1 400
1950	2 700
1970	7 000

Für die Zukunft erwarten die Experten übereinstimmend als möglichen Verbrauch folgende Grössenordnungen:

	10^6 SKE
1980	11 000
1990	17 000
2000	25 000,

was für das Jahr 2000 einen Pro-Kopf-Durchschnittsverbrauch von 3,8 SKE (bei 6,5 Milliarden Menschen) ergeben würde, was sich sehr bescheiden ausnimmt, wenn man diesen Verbrauch mit dem Durchschnittsverbrauch der Amerikaner im Jahre 1970 vergleicht: 11 SKE.

Von 1970 bis zum Jahr 2000 ergibt sich damit ein kumulierter Bedarf von etwa 450 Milliarden SKE.

Verglichen mit den gesamten Energievorräten erscheint diese Zahl auf den ersten Blick hin nicht gewaltig. Man muss nämlich dabei überlegen, dass die Kohlenförderung kaum zunimmt und sogar in den meisten entwickelten Ländern zurückgeht, wobei der zusätzliche Bedarf im wesentlichen durch Erdöl abgedeckt wird. Wenn man von der allgemein angenommenen Aufteilung ausgeht: 300 Milliarden SKE – das sind 200 Milliarden t – für das Erdöl und 150 Milliarden SKE für sämtliche anderen Brennstoffe (Steinkohle, Erdgas und Uran), so bedeutet dies, dass bis zum Jahr 2000 nahezu dreimal die gesamten bekannten und bis zum heutigen Tage nachgewiesenen Erdölvorräte verbraucht sein werden (letztere betragen etwa 80 Milliarden t). Und wenn man davon ausgeht, dass man für weitere zehn Jahre über Vorräte auf der Welt verfügen muss, d. h. über 120 bis 150 Milliarden t für die Jahre 2000 bis 2010, so bedeutet dies, dass man bis zum Jahre 2000 ausser den nachgewiesenen 80 Milliarden t weitere rund 250 Milliarden t finden muss.

Dies scheint von vorneherein nicht ausgeschlossen zu sein, und zwar unter Berücksichtigung der möglichen Vorräte; doch wird man unweigerlich auf immer grössere Schwierigkeiten stossen (Anteil der «off shore» – Schürfarbeiten z. B., die in immer grösserem Umfange durchgeführt werden), und man wird dabei natürlich immer sämtlichen Unwägbarkeiten der biologischen Prospektion ausgesetzt sein. Damit versteht man die Notwendigkeit, die sich für die Menschheit ergibt, über eine neue Energiequelle zu verfügen, die in der Lage ist, das Erdöl abzulösen. Hier liegt die Aufgabe der *Kernenergie,* die darüber hinaus den Vorteil bietet, zur Versorgungssicherheit beizutragen, die für unsere Länder Westeuropas unerlässlich ist, deren Abhängigkeit gegenüber den Erdölausfuhrländern bereits einen gefährlichen Grad erreicht hat.

[13]) Die Schätzungen, auf die hier Bezug genommen wird, stammen aus *L'énergie,* Collection «Plan et Prospectives», Paris, Armand Colin, 1972.

Anlage II

Elektroheizung und Verbrauch an Primärenergie

1. Es wird häufig zu Unrecht als sicher und offensichtlich unterstellt, dass die elektrische Raumheizung zu einer bedeutenden Verschwendung von Primärenergie führt.

Die Gegner der Elektroheizung stützen sich dabei wie eh und je auf diese «Offensichtlichkeit», um folgendes nachweisen zu können:

– dass sie notwendigerweise kostspielig und unwirtschaftlich ist;

– dass sie aber vor allem – und das ist heutzutage ein Argument, das sehr leicht eingeht – für die Gesellschaft gefährlich ist, und zwar unter dem doppelten Gesichtspunkt der Erhaltung der Energievorräte und der Luftverschmutzung.

Ein Anschein von Nachweis wird dieser Forderung zugrunde gelegt:

– die zusätzliche Erzeugung von elektrischer Energie stammt im wesentlichen aus ölbefeuerten Wärmekraftwerken;

– der gesamte Wirkungsgrad der Heizung ist damit ein sehr geringer und beträgt etwa 35 %: 2200 kcal werden im Kraftwerk verbraucht zur Erzeugung von 1 kWh, die unter Berücksichtigung der Netzverluste nur 770 kcal in der zu beheizenden Wohnung ergibt;

– dagegen beträgt der *Nennwirkungsgrad* der modernen Zentralheizungen zumindest 90 % bei unterem Heizwert und 80 % bei oberem Heizwert, wobei diese Zahl «etwas» beim tatsächlichen Wirkungsgrad verringert wird, und zwar weil noch die Verluste in den Wärmeverteilungsnetzen hinzukommen. Der Gesamtwirkungsgrad der Zentralheizung – ob es sich dabei um städtische Fernwärmeanlagen oder um Gebäude- oder Wohnungsheizungen handelt – wird dann häufig auf 75 % geschätzt, so dass die Elektroheizung *mehr als das Doppelte* an Primärenergie verbrauchen würde als die herkömmliche Zentralheizung.

2. Der erste Teil dieser Behauptung ist unwiderlegbar: Im Falle der *elektrischen Energie* können alle Wirkungsgrade genau bestimmt werden, und der Gesamtwirkungsgrad bei der Verwendung beträgt tatsächlich 35 %.

Paradoxerweise ist die Kenntnis der Wirkungsgrade der *traditionellen Heizarten* mit den grössten Unsicherheiten behaftet, und zwar trotz der grossen Verbreitung dieser Anlagen. Hier ist es schwierig, Schätzungen durchzuführen, und jeder Versuch einer Bestimmung führt zur Überschätzung des Gesamtwirkungsgrades:

– der tatsächliche jährliche durchschnittliche Wirkungsgrad eines Kessels, unter Berücksichtigung einer durchschnittlichen Wartung der Brenner und der sehr langen Betriebszeiten mit geringer Verbrennung, liegt wesentlich unter dem Nennwirkungsgrad: Die einzigen zur Verfügung stehenden Werte sind die besten, und zwar jene, die wir von den grössten und besten Betreibern erhalten haben;

– der Wirkungsgrad der Netze wird manchmal überschätzt, und zwar durch die unzureichende Berücksichtigung der Zeiten schwachen Betriebs im Sommer und in den Übergangszeiten;

– der Bedarf an Energie der Eigenbedarfsanlagen (Umwelt- und Sprühpumpen usw.) darf nicht ausser acht gelassen werden.

3. Diese Art von Argumentation, die die einzig übliche ist, gibt keineswegs die Tatsachen korrekt wieder. Sie geht von der Schätzung des *thermischen Wirkungsgrades* des Heizsystems aus, der sich durch das folgende Verhältnis ergibt:

$$\frac{\text{an die Wohnungen abgegebene Kalorien}}{\text{verbrauchte Kalorien}}$$

während die Grundlage der Berechnung der *praktische Nutzungswirkungsgrad* sein müsste:

$$\frac{\text{zur Heizung benutzte Kalorien}}{\text{verbrauchte Kalorien}}$$

Bei den herkömmlichen Heizarten überschreitet jedoch die in die Wohnungen abgegebene Wärmeenergie erheblich den Heizbedarf, was sowohl zu einer Verschwendung als auch zu einem geringeren Komfort führt:

– diese Heizarten weisen einen hohen *Trägheitsgrad* auf (Verwendung von Warmwasser), das eine Feinregelung nicht zulässt;

– ihre *Regelung* ist im allgemeinen eine *globale* – für das Gebäude oder höchstens für die Wohnung –, was nicht, Raum für Raum, die gesamte Nutzung der «freien Wärme» ermöglicht;

– die *Inrechnungstellung* ist meistens eine *kollektive,* was die Benutzer zur Verschwendung veranlasst (man öffnet die Fenster, ohne die Heizkörper zu schliessen).

Sehr allgemein betrachtet, weist die Elektroheizung genau entgegengesetzte Charakteristiken auf: sie ist damit am Ort ihrer Nutzung wirtschaftlich und gleichzeitig sehr komfortabel.

4. Seit mehreren Jahren wurden Bemühungen durchgeführt, die praktischen Wirkungsgrade der Benutzung der traditionellen Systeme zu bestimmen:

Einige dieser Studien stammen von Elektrizitätsverteilungsunternehmen: die Nutzwirkungsgrade, die sich daraus ergeben, liegen im allgemeinen sehr nahe an 50 %, wobei die extremen Fälle bei 40 und 60 % liegen, was, so scheint es, für die meisten traditionellen Heizarten gilt. So z. B. sind in *Göteborg* (UNIPEDE-Kolloquium 1972) mehrere Autoren, und zwar unabhängig von einander und auf verschiedenen Wegen, zu diesem gleichen Gesamtwirkungsgrad von 50 % gelangt *(Shepherd,* Grossbritannien; *Greiner,* Vereinigte Staaten; *Clément,* Frankreich).

Besonders interessant sind jedoch hier die Arbeiten zweier Institute *ausserhalb der Elektrizitätswirtschaft:*

– das *norwegische Institut für Forschung auf dem Bausektor* hat den tatsächlichen Verbrauch von einigen Tausenden von Wohnungen, die entweder mit Öl oder mit elektrischer Energie beheizt werden, miteinander verglichen und festgestellt, dass erstere einen Kalorienverbrauch aufwiesen, der etwas über dem Doppelten der letzteren lag;

– eine kürzliche (September 1972) und sehr gründliche Studie eines Universitätsinstituts der Bundesrepublik Deutschland *(Forschungsinstitut für die Energiewirtschaft in München)* errechnete einen durchschnittlichen Nutzungswirkungsgrad von 0,511 für die modernsten Haushalts-Ölheizanlagen mit einer doppelten Regelung (Aussentemperatur und Innenthermostat).

Es ist also nahezu sicher, dass für *gleiche Wohnungen* der Nutzungswirkungsgrad, der bei der Elektroheizung 35 % beträgt, bei den traditionellen Heizarten nur 50 % erreicht. Hieraus kann man also folgern, dass in *identischen Wohnungen die Elektroheizung 1,4mal mehr Primärenergie verbraucht als die Zentralheizung.*

5. Die elektrisch beheizten Räume sind jedoch *nicht mit den anderen identisch:* Die niedrigen Installationskosten dieser Heizung ermöglichen es, ohne zusätzliche Kosten eine erheblich verstärkte Wärmedämmung vorzusehen; die hohen Kosten der Elektrowärme verlangen dies aus wirtschaftlichen Gründen. Die Berechnung des wirtschaftlichen Optimums – dasjenige, bei dem die gesamten Investitions- und Betriebsausgaben auf ein Minimum begrenzt werden – zeigt, dass ein Haus mit elektrischer Speicherheizung stärker isoliert werden muss als ein solches mit Öl- oder Gaszentralheizung und dass es noch stärker isoliert werden muss, wenn es mit einer direkten Elektroheizung ausgestattet ist. Das allelektrische Haus mit direkter Heizung weist entsprechend den in mehreren Ländern angewandten Normen die *Hälfte* der Verluste eines nach herkömmlicher Bauweise errichteten Hauses auf.

Natürlich muss man aus Gründen der Objektivität *vergleichbare Dinge miteinander vergleichen:* dies bedeutet jedoch nicht, dass man identische Häuser miteinander vergleichen muss, sondern nur Häuser, die mit wirtschaftlich vertretbaren Anlagen ausgestattet sind, was bedeutet, dass das der Untersuchung zugrunde liegende allelektrische Haus in allen Fällen überisoliert sein muss.

Eine interessante Studie wurde diesbezüglich in Frankreich von einer öffentlichen Institution durchgeführt, einer Arbeitsgruppe des *Kommissariats für den Fünf-Jahres-Plan,* zu der hohe Beamte und Vertreter *aller* Energiezweige gehören. Das Interesse, das die französischen Behörden dieser Studie entgegenbringen, ergibt sich aus der Veröffentlichung ihrer Schlussfolgerungen («Revue Française de l'Energie», Mai 1972), das die Unterschrift des Generalsekretärs für die Energiewirtschaft trägt. Ihre hauptsächlichen Schlussfolgerungen ergeben sich aus der Tabelle I und können wie folgt zusammengefasst werden:

– Eine überisolierte allelektrische Wohnung verbraucht in allen Fällen weniger Primärenergie als eine Wohnung, die nach der traditionellen Bauweise errichtet wurde und mit einer Zentralheizung ausgestattet ist;

– verglichen mit einer Wohnung, die ebenfalls für die anderen Brennstoffe mit einer *optimalen Wärmedämmung* versehen ist, verbraucht sie etwas weniger im Falle einer Wohnung, und etwas mehr im Falle eines Einfamilienhauses.

Man kann also auf jeden Fall den Schluss ziehen, dass eine *allelektrische Wohnung im allgemeinen weniger Primärenergie verbraucht als die anderen und höchstens etwas mehr – das Maximum scheint sich um den Koeffizienten 1,4 herum zu bewegen – im Falle, dass keine zusätzliche Wärmedämmung vorhanden ist.*

6. In sämtlichen westlichen Ländern konzentriert sich das Interesse seit einiger Zeit auf die Verbesserung der Wärmedämmung der Gebäude. Es ist sehr wahrscheinlich, dass man

Jahresverbrauch an Primärenergie (in Gcal)

Tabelle I

	Herkömmliche Bauweise	Gebäude mit optimaler Wärmedämmung in allen Fällen		
		Elektrische Energie	Fernheizung	Zentralheizung
	Gcal	Gcal	Gcal	Gcal
Wohnung (76 m²)	32[1])	19	23	20
Einfamilienhaus (90 m², 2 Wohnebenen)	45[2])	43	—	36

[1]) Zentralheizung oder Fernheizung.
[2]) Zentralheizung.

in Zukunft besser wärmegedämmte Häuser errichten wird, welches auch die für die Heizung verwendete Energie sei; das Publikum wird dies aus Gründen des Komforts verlangen; die Behörden werden in diesem Sinne Bestimmungen erlassen, um den Verbrauch an Energie zu verringern. Der derzeitige erhebliche Vorteil der Elektroheizung wird sich damit verringern.

Dennoch wird diese sehr wahrscheinliche Entwicklung nur eine sehr langsame sein können. Die Gewohnheiten der Leute vom Bau werden sich nicht von heute auf morgen ändern, und die Kosten der Wärmedämmung – die ausser bei der Elektroheizung zu den anfänglichen Investitionen hinzukommen – werden zur Erhöhung der Baukosten führen. Der Abstand zwischen den traditionellen Normen ($G = 2{,}29$ für ein Einfamilienhaus in der *erwähnten französischen Studie)* und derjenigen der allelektrischen Heizung ($G = 1{,}32$) ist so gross, dass noch lange ein erheblicher Unterschied bestehen bleiben wird zugunsten der elektrischen Lösungen, und man kann ohne weiteres behaupten, dass der *geringere durchschnittliche Verbrauch der elektrisch beheizten Wohnungen bis zu dem Augenblick erhalten bleiben wird, zu dem die zusätzlich erzeugte elektrische Energie im wesentlichen aus Kernkraftwerken stammen wird, zu einem Zeitpunkt also, in welchem die hier gemachten Vergleiche gegenstandslos geworden sein werden.*

Die allgemeine Schlussfolgerung aus dieser Anlage ist also die, dass die *Elektroheizung eher eine Quelle der Wirtschaftlichkeit als der Verschwendung von Primärenergie ist und sein wird.*

Statistische Mitteilungen

Der Grosshandelspreisindex Ende Juli 1973

Der vom Bundesamt für Industrie, Gewerbe und Arbeit berechnete Grosshandelspreisindex, der die Preise von Rohstoffen, Halbfabrikaten und Konsumgütern berücksichtigt, stellte sich Ende Juli 1973 auf 130,5 (1963 = 100). Im Vergleich zum Vormonatsstand von 129,7 ergab sich eine Erhöhung um 0,6 % und gegenüber dem Stand vor Jahresfrist von 117,7 eine solche um 10,9 %.

Für den Anstieg des Totalindex waren auch im Juli die Importwaren ausschlaggebend. Die kräftigsten Preiserhöhungen verzeichneten Hartweizen, Ölfrüchte, Kakao, Zitrusfrüchte, Importeier, Futtermittel, extra leichtes Heizöl, Hartweizengriess, Sonnenblumenöl, Furnier, Rohkautschuk, Ziehprodukte aus Handels- und Qualitätsstahl, Kupfer, Blei und Zink, sowie – nach Abschluss der Verbilligungsaktion – Konsumrahm. Ferner erzielten Schalenfrüchte, Industriegas, Zellulose, verschiedene Kartonnageartikel, Schrauben und Stifte höhere Preise. Dagegen wurden für Speisekartoffeln, Gemüse und Kernobst saisonbedingt starke Preisermässigungen gemeldet; ferner wiesen Bananen, Futtermais, Essmais, Hafer, Heu, Stroh, schweres Heizöl, Rohwolle und Kammzug, Rohseide, verschiedene Ledersorten und Nickel sinkende Preise auf.

Für die zehn Warengruppen lauten die Indexziffern Ende Juli 1973: Landwirtschaftliche Produkte 131,4; Energieträger und Hilfsstoffe 143,5; verarbeitete Nahrungsmittel, Getränke und Tabak 130,8; Textilien 126,0; Holz und Kork 129,4; Papier und Papierwaren 118,6; Häute, Leder, Kautschuk und Kunststoffwaren 118,0; Chemikalien und verwandte Erzeugnisse 103,7; Baustoffe, Keramik und Glas 150,5; Metalle und Metallwaren 154,3.

Unverbindliche mittlere Marktpreise (August)

Metalle

		August 73	Vormonat	Vorjahr
Kupfer/Wirebars [1]) . .	Fr./100 kg	643.—	625.—	410.—
Banka-Billton-Zinn [2])	Fr./100 kg	1630.—	1570.—	1460.—
Blei [1])	Fr./100 kg	137.—	175.—	128.—
Rohzink [1])	Fr./100 kg	290.—	294.—	146.—
Roh-Reinaluminium für elektrische Leiter in Masseln 99,5 % [3])	Fr./100 kg	260.—	260.—	260.—

[1]) Preis per 100 kg franko Basel, verzollt, bei Mindestmengen von 50 Tonnen.
[2]) dito — bei Mindestmengen von 5 Tonnen.
[3]) Preis per 100 kg franko Empfangsstation bei 10 Tonnen und mehr.

Flüssige Brenn- und Treibstoffe

		August 73	Vormonat	Vorjahr
Bleibenzin [1])	Fr./100 l	60.55	60.55	59.55
Dieselöl für strassenmotorische Zwecke [2])	Fr./100 kg	78.50	79.—	68.10
Heizöl Extraleicht [2]) .	Fr./100 kg	23.30	23.80	12.90
Heizöl Mittel [2])	Fr./100 kg	13.60	14.50	11.80
Heizöl Schwer [2]) . . .	Fr./100 kg	8.30	10.50	10.30

[1]) Konsumenten-Zisternenpreise, franko Schweizergrenze Basel, verzollt inkl. Wust, bei Bezug in einzelnen Bahnkesselwagen.
[2]) Konsumenten-Zisternenpreise (Industrie), franko Basel-Rheinhafen, verzollt exkl. Wust.