

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 66 (1975)

Heft: 19

Artikel: Entwicklungsrichtungen in der Energieversorgung = Tendances de l'évolution dans l'approvisionnement énergétique

Autor: Speiser, A.P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-915312>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.02.2025

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

Entwicklungsrichtungen in der Energieversorgung

Ansprache von Herrn Prof. Dr. A. P. Speiser an der Generalversammlung des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke am 29. August 1975 in Lugano.

Als im Oktober 1973 die arabischen Erdölländer schlagartig damit begannen, das Erdöl im Nahostkrieg als politische Waffe einzusetzen, und als sie gleichzeitig ihre Preise drastisch erhöhten, da war es ziemlich leicht zu sehen, dass es sich hier nicht nur um ein Ereignis von lokal begrenzter Wirkung und zeitlich beschränkter Dauer handelte. Aber das Ausmass der weltweiten Erschütterungen, die dieser Tag auslöste, hat doch viele von uns überrascht. Es war etwas eingetreten, was man vorher nicht für möglich gehalten hätte: Ein Zeitalter, das man für einen Dauerzustand hielt, war zu Ende gegangen – das Zeitalter nämlich der scheinbar problemlos erhältlichen, in beliebigen Mengen vorhandenen und zudem noch – gemessen am Wert dieser Sache – erstaunlich billigen Energie. Das Zeitalter begann im Jahre 1765 mit der Erfindung der Dampfmaschine durch James Watt; es endete 208 Jahre später mit der Nahostkrise.

Erst spätere Historiker werden beurteilen können, inwieweit dieser Tag wirklich ein Einschnitt in der Geschichte gewesen ist und inwieweit es sich nur um eine Anpassungserscheinung handelte. Schon heute steht aber fest, dass man später in manchen Wachstumskurven einen Knick feststellen wird, der nicht nur den Charakter einer vorübergehenden Einbuchtung hat.

So viel hat sich seit der Nahostkrise ereignet, dass man es manchmal kaum glauben kann, dass seither noch nicht einmal zwei Jahre verflossen sind. Im weltwirtschaftlichen Geschehen sind gewaltige Verschiebungen eingetreten. Hinzu kommt, dass über Energie geradezu unvorstellbar viel geredet und geschrieben worden ist. Heute muss man sich ernstlich fragen: Was war (oder was ist) überhaupt die Energiekrise? Und ich weiss nicht, ob sich darauf eine befriedigende Antwort geben lässt. Aber eines lässt sich doch sagen: Wenn wirklich eine Energiekrise existiert, so ist sie nicht eine Folge schwindender Ressourcen oder ungenügend entwickelter Technik. Ihre Ursachen sind vielmehr wirtschaftlich, politisch und psychologisch.

Über Energie ist in den vergangenen zwei Jahren derart viel geschrieben worden, dass es schlechthin unmöglich ist, noch etwas dazu zu sagen, das sowohl neu als auch richtig ist. Ihnen als Fachleuten kann ich heute keine Lösungen präsentieren, die Sie vorher nicht kannten. Als Ingenieure wissen wir im Grund recht gut, was getan werden sollte und was getan werden kann. Eines unserer grössten Probleme aber ist, dass wir mit diesem Wissen nicht an die breite Öffentlichkeit herankommen: Der sogenannte Mann auf der Strasse ist verwirrt. Er ist, von einem Tag auf den anderen, geradezu überschwemmt worden mit Tatsachen, Spekulationen, Folgerungen und phantastischen Projekten, und es haben sich seriöse Wissenschaftler zugleich mit selbsternannten «Experten» um seine Aufmerksamkeit bemüht in einer Weise, die zu einer grossen Konfusion geführt hat. Und weil, wie ich sagte, die Problematik in erster Linie auf dem politischen und psychologischen Gebiet liegt, werden wir nicht aus

Tendances de l'évolution dans l'approvisionnement énergétique

Allocution de M. A. P. Speiser, à l'occasion de l'Assemblée générale de l'Union des Centrales Suisses d'Electricité, à Lugano, le 29 août 1975.

Lorsque les pays pétroliers arabes commencèrent brusquement en octobre 1973 à utiliser le pétrole comme arme politique lors de la guerre proche-orientale et qu'ils augmentèrent parallèlement leurs prix de façon draconienne, il n'était guère difficile de se rendre compte qu'il ne s'agissait pas uniquement d'un événement local à effets limités dans l'espace et le temps. Mais l'ampleur des réactions émotionnelles provoquées par cette décision a surpris nombre d'entre nous. Nous avons dû admettre que ce que l'on tenait pour impossible auparavant – une période que l'on croyait d'une durée indéfinie – était révolu. Une période précédemment sans problème, où l'on pouvait acquérir un agent énergétique étonnamment bon marché – compte tenu de sa valeur – dans les quantités désirées. Cette époque avait débuté en 1765 avec la découverte de la machine à vapeur par James Watt, époque à laquelle la crise du Proche-Orient mit fin 208 ans plus tard.

Seuls de futurs historiens pourront dire dans quelle mesure cette crise aura représenté une césure ou simplement une adaptation aux circonstances. Mais aujourd'hui déjà, il est clair que certaines courbes de croissance économique présenteront des brisures qui ne revêtiront pas l'aspect de simples tassements.

Les transformations ont été telles depuis la crise proche-orientale qu'on a peine à croire qu'elle n'est vieille que de deux ans. L'économie mondiale a été bouleversée. En outre, les problèmes énergétiques ont fait l'objet de commentaires verbaux ou écrits incroyablement abondants. C'est pourquoi il convient aujourd'hui de se poser sérieusement la question: que fut – ou qu'est-ce – exactement que la crise énergétique?

Existe-t-il une réponse satisfaisante? Je ne sais. Il est en revanche possible d'affirmer que si une crise de l'énergie existe réellement, elle n'est due ni à un affaiblissement des ressources, ni à une technique surannée. L'économie, la politique et la psychologie fourniront des indications beaucoup plus utiles.

On a commis tellement de littérature au cours de ces deux dernières années sur les problèmes de l'énergie qu'il est maintenant pratiquement illusoire de vouloir apporter des compléments, tant nouveaux qu'exacts. Il m'est impossible de vous soumettre, à vous experts, des solutions dont vous n'avez déjà entendu parler. Ingénieurs, vous savez bien ce qui devrait être fait et ce qui peut être réalisé. L'un de nos plus grands problèmes cependant est que nous ne pouvons pas nous contenter de porter simplement à la connaissance de l'opinion publique ce que nous savons. Le fameux homme de la rue est «déboussolé». Quotidiennement, il est agressé par une avalanche de faits, de spéculations, de projets délirants. Sans compter que des économistes distingués, se parant du titre d'expert, se sont ingéniés à accaparer son attention de manière telle que le pauvre se trouve plongé dans la plus grande confusion. Et puisque, ainsi que je l'ai souligné, le problème se pose avant tout en termes politiques et économiques, nous n'émergerons pas de cette crise avant que le ni-

der Energiekrise herauskommen, bevor sich der Informationsstand des Publikums verbessert hat. Ich plädiere daher für systematischere Aufklärungsarbeit in der Öffentlichkeit. Und zwar sollte sie von jenen ausgehen, die wirklich die Verantwortung für die Energieversorgung unseres Landes tragen; denn sie sind es, die am ehesten unterscheiden können zwischen echten Lösungen, die sowohl technisch als auch wirtschaftlich gangbar sind, und Scheinlösungen, die beim näheren Besehen sogar den einfachsten Naturgesetzen widersprechen, oder Radikallösungen, die zwar die anvisierten Schwierigkeiten beseitigen, dafür aber an anderen Orten neue, unüberwindbare Probleme aufwerfen.

Die fünf grossen Energiequellen

Jede Energiebetrachtung muss zunächst davon ausgehen, dass 99 % der Energie, deren sich die Menschen bedienen, aus den folgenden fünf grossen primären Quellen entstammt: Erdöl – Erdgas – Kohle – Wasserkraft – Kernbrennstoff.

In der Schweiz entfallen bekanntlich 80 % auf das Erdöl; in die restlichen 20 % teilen sich fast ausschliesslich die Wasserkraft und der Kernbrennstoff. Kohle und Erdgas spielen in unserem Land eine untergeordnete Rolle.

Welches sind nun die wesentlichen Merkmale dieser fünf Quellen?

Beim *Erdöl* stehen wir vor einer Unsicherheit in bezug auf die Grösse der noch vorhandenen Ressourcen: Die einen sprechen von einer Erschöpfung in 30 Jahren oder noch weniger; die anderen weisen darauf hin, dass dauernd neue Vorkommen entdeckt werden und dass die steigenden Preise es erlauben werden, viele der Vorkommen abzubauen, die bisher unberührt gelassen werden mussten, weil ihre Ausbeutung zu teuer war. Die Gefahr beim Erdöl ist nach meiner Ansicht nicht die baldige Erschöpfung. Die Gefahr liegt in der überwiegenden Abhängigkeit von dieser einzigen Quelle, die zudem infolge der geographischen Verteilung ihres Vorkommens mit so grossen politischen Unsicherheiten behaftet ist.

Das *Erdgas* spielt, verglichen mit dem Erdöl, mengenmässig eine untergeordnete Rolle. Bezüglich der Grösse der Vorräte gehen die Schätzungen ähnlich weit auseinander. Der Preis passt sich an jenen des Erdöls an. Was die Schweiz betrifft, so lässt sich mit Sicherheit sagen, dass der Anteil des Erdgases an unserem Energiehaushalt, der zurzeit etwa 1,5 % beträgt, ohne grundsätzliche Schwierigkeiten auf das Drei- oder Vierfache erhöht werden könnte. Unsere Auslandsabhängigkeit wäre dadurch freilich nicht reduziert, aber es ergäbe sich eine willkommene geographische Diversifikation. Das Erdgas könnte in erster Linie für die Raumheizung und für metallurgische Prozesse verwendet werden. Dazu müsste freilich noch eine zusätzliche Verteilstruktur geschaffen werden.

Die *Kohle* ist von den grossen Energiequellen jene, deren Vorräte noch wesentlich verstärkt abgebaut werden könnten und trotzdem noch während Jahrhunderten reichen würden. Im Energiehaushalt der Schweiz spielt sie eine ganz untergeordnete Rolle – leider, muss man sagen, denn sonst wären wir für Versorgungsschwierigkeiten wesentlich besser gewappnet. Für die kohlereichen Länder – vorab die USA und Deutschland – ist eine vermehrte Ausnützung dieses Rohstoffes ein dringendes Anliegen. Dazu gehört auch die Ent-

veau de l'information ne se soit amélioré. C'est pourquoi je désire rompre une lance en faveur d'une information systématique de l'opinion publique. Ce devrait être la tâche de tous ceux qui sont réellement responsables de l'approvisionnement énergétique de notre pays: eux seuls en effet sont à même de trancher. D'une part on trouve des vraies solutions, possibles aussi bien sur le plan technique qu'économique. De l'autre, on rencontre des leurres qui, lorsqu'on les examine de près, entrent en contradiction avec les lois naturelles les plus évidentes, ou alors des solutions radicales qui, si elles résorbent les obstacles perceptibles, n'en créent pas moins, à d'autres niveaux, des problèmes insurmontables.

Les cinq sources d'énergie principales

Toute étude consacrée à l'énergie doit tenir compte de ce fait: 99 % de l'énergie utilisée par l'homme provient de cinq sources primaires: pétrole, gaz naturel, charbon, énergie hydraulique, énergie nucléaire.

En ce qui regarde notre pays, on sait que le pétrole représente une part de 80 %, les énergies hydraulique et nucléaire se partageant pratiquement le solde. Charbon et gaz naturel ne jouent en Suisse qu'un rôle minime.

Voyons maintenant quelles sont les caractéristiques marquantes de ces cinq sources.

Le *pétrole* pose un problème: quelle est l'importance des réserves? Les uns prédisent un tarissement d'ici 30 ans ou moins, d'autres estiment que de nouveaux gisements seront découverts et que l'augmentation des prix permettra d'exploiter d'autres genres de terrains pétrolifères restés jusqu'ici en friche en raison des investissements qu'ils exigeraient. A mon sens, le danger présenté par le pétrole ne réside pas dans un assèchement proche mais dans la dépendance à laquelle il nous soumet de par sa répartition géographique, et obéré qu'il est d'incertitudes politiques.

Comparé au pétrole, le *gaz naturel* occupe quantitativement une place peu enviable. Les estimations sur l'importance des réserves divergent considérablement; son prix est aligné sur celui du pétrole. En ce qui regarde notre pays, on peut affirmer avec certitude que la part du gaz naturel dans notre économie énergétique – actuellement d'environ 1,5 % – peut sans difficulté être triplée, voire quadruplée. Notre dépendance à l'égard de l'étranger n'en serait certes pas diminuée pour autant, mais la diversification géographique qui en résulterait serait bienvenue. Le gaz naturel pourrait être utilisé principalement pour le chauffage d'immeubles et dans la métallurgie, ce qui naturellement entraînerait une structure de répartition complémentaire.

Le *charbon* est celle des principales sources énergétiques dont les réserves peuvent être le plus fortement mises à contribution tout en pouvant continuer à suffire aux besoins durant des siècles. Le charbon joue un rôle tout à fait négligeable dans notre économie énergétique, ce qui est regrettable – nous ne saurions trop le souligner – car dans le cas contraire, nous serions mieux armés face à nos difficultés d'approvisionnement. Pour les pays riches de cette matière – Etats-Unis et Allemagne essentiellement – une utilisation accrue du charbon représente un impératif urgent. Il convient dans ce cadre de développer les procédés de transformation du charbon en combustible liquide ou gazeux, car son transport et sa mise en valeur sous ces formes sont beaucoup plus

wicklung von verbesserten Verfahren für die Verwandlung in flüssigen oder gasförmigen Brennstoff; denn Transport und Verwertung sind in der flüssigen und gasförmigen Gestalt viel besser zu bewältigen als in der festen. Es ist sogar über die direkte unterirdische Vergasung ohne vorherigen bergmännischen Abbau gesprochen worden, ein Vorgang, der die gefährliche und teure Förderung der Kohle überflüssig machen würde.

Von der *Wasserkraft* lässt sich sagen, dass es sich um die einzige der grossen Quellen handelt, die echt unerschöpflich ist. Die Wasserkräfte in unserem Land sind aber bekanntlich praktisch vollständig ausgebaut und können nur noch wenig vermehrt werden, ausser in Form der Pumpspeicherung. Weltweit ist aber hier noch ein grosses unerschlossenes Potential vorhanden, besonders in Entwicklungsländern.

Und schliesslich der *Kernbrennstoff*: Als die Nutzbarmachung der Atomenergie in greifbare Nähe gerückt war, glaubte man, dass sich die Menschen damit Zutritt zu einer unbegrenzten und fast kostenlosen Energiequelle verschafft hätten. Der Entschluss der Schweiz vor 15 Jahren, nach dem Ausbau der Wasserkräfte keine ölbeheizten Kraftwerke zu bauen, sondern direkt zur Kernenergie überzugehen, wurde als ein zukunftsweisender Schritt von grosser Weisheit allgemein gepriesen. – Heute steht die Kernenergie enormen Schwierigkeiten gegenüber, die aber weder mit der Beschaffung von Brennstoff noch mit dessen Verwertung zu tun haben, sondern vielmehr in politischen und psychologischen Vorgängen verwurzelt sind.

Soviel zu den grossen primären Quellen. Wir müssen uns hier über folgendes Rechenschaft geben: Was eine «primäre Energiequelle» ist, ist in weiten Kreisen nicht bekannt. Anfang dieses Jahres ging eine Meldung durch Presse und Radio, dass die Sowjetunion in der Magneto-Hydrodynamik (MHD) bedeutende Fortschritte erzielt habe, dass sie auf diesem Gebiet jetzt gegenüber den USA einen Vorsprung von 5 Jahren aufweise und dass die Magneto-Hydrodynamik ein möglicher Ersatz für die Kernenergie sei. Wen wundert es da, wenn der Radiohörer angesichts eines solchen Berichtes unsicher wird und glaubt, dass ihm das Energie-Establishment bis jetzt wesentliche Informationen vorenthalten habe? In der Meldung hätte es eben noch heissen sollen, dass die Magneto-Hydrodynamik keine Energiequelle ist und daher auch den Kernbrennstoff nicht ersetzen kann; dass es sich vielmehr um einen Umwandlungsprozess von Verbrennungswärme in Elektrizität handelt und dass selbst ein grosser Fortschritt in diesem Verfahren höchstens zu einer ganz bescheidenen Verbesserung des Wirkungsgrades gegenüber einer Kombination von Dampfturbine und Gasturbine führen kann. – Ich betrachte diese Meldung als typisch für die grosse Verwirrung, die auf dem Energiegebiet herrscht und nicht abgebaut, sondern sogar verschlimmert wird.

Alternative Energiequellen

Wir stehen also vor der Tatsache, dass die Energiekrise eine Welt getroffen hat, die fast ihre ganze Energie aus fünf Quellen bezieht, wobei das Erdöl dominiert – es ist gewissermassen energiepolitisch «das Mass aller Dinge» geworden. Das verzweifelte Suchen nach einem Ausweg hat natürlich dazu geführt, dass man sich nach alternativen, bis jetzt nicht erschlossenen Quellen umgesehen hat. Wir wollen einige von ihnen betrachten.

praktiques. Il est même question d'opérer la transformation en gaz sans exploitation minière proprement dite, ce qui permettrait d'éviter des travaux aussi coûteux que dangereux.

On peut dire de *l'énergie hydraulique* qu'elle est la seule des sources principales à être réellement inépuisable. Dans notre pays cependant, l'aménagement des forces hydrauliques est pratiquement complet et ne peut plus guère être étendu, sauf par des stations de pompage. Sur le plan mondial en revanche, le potentiel non aménagé est énorme, particulièrement dans les pays en voie de développement.

L'énergie nucléaire enfin: lorsque l'utilisation de l'énergie nucléaire parut possible dans un avenir prévisible, l'on pensa que l'homme allait disposer d'une source d'énergie illimitée et presque gratuite. La décision de la Suisse, il y a de cela 15 ans, de passer directement, après l'achèvement des travaux d'infrastructure hydraulique, au stade de l'énergie nucléaire, sans passer par celui des centrales thermiques classiques, avait généralement été accueillie comme un pas important vers l'avenir. Or l'énergie nucléaire rencontre aujourd'hui d'énormes difficultés, qui n'ont rien à voir avec des questions de réalisation ou d'exploitation, mais sont d'ordre politique et psychologique.

Voilà pour les principales sources primaires. Nous devons cependant constater que l'on ignore, dans de nombreux milieux, ce qu'est une «source d'énergie primaire». Au début de cette année, une nouvelle de presse indiquait que l'Union soviétique avait réalisé des progrès importants en matière du générateur magnéto-hydrodynamique, qu'elle disposerait dans ce domaine d'une avance de cinq ans sur les Etats-Unis et que ce procédé constituerait une alternative possible à l'énergie nucléaire. Qui s'étonnera dès lors que l'auditeur, à l'écoute d'une telle information, soit désorienté et estime que les spécialistes de l'énergie lui aient caché jusqu'ici des informations primordiales? La dépêche aurait dû mentionner que le procédé magnéto-hydrodynamique n'était pas une source énergétique et qu'en conséquence elle ne pouvait pas remplacer l'énergie nucléaire. Il s'agit beaucoup plus d'un processus de transformation de chaleur en électricité; même l'important progrès constitué par ce procédé représente au mieux une amélioration bien délimitée du rendement par rapport à une combinaison entre turbines à gaz et à vapeur. Je considère ce genre d'information propre à jeter la confusion dans les esprits.

Sources d'énergie complémentaires

Nous nous trouvons donc en présence du fait que la crise énergétique a frappé un monde tirant la presque totalité de son énergie de cinq sources, le pétrole s'arrogeant la meilleure place, et s'intitulant, d'une certaine manière en politique énergétique, la «mesure de toutes choses». La recherche désespérée d'une issue a naturellement conduit les hommes à s'intéresser à des sources jusqu'ici négligées, et pouvant constituer des alternatives. Abordons-en quelques unes.

Depuis longtemps, *l'énergie éolienne* a été utilisée par la marine à voile et les moulins à vent. Ces derniers se modernisent en ce sens que les roues ont été profilées selon des normes aérodynamiques et flanquées d'un générateur. La fig. 1 montre le schéma d'une installation moderne: Une roue peut produire quelque 100 W par m² avec un vent de force moyenne; une roue de 1,75 m. pourrait donc fournir

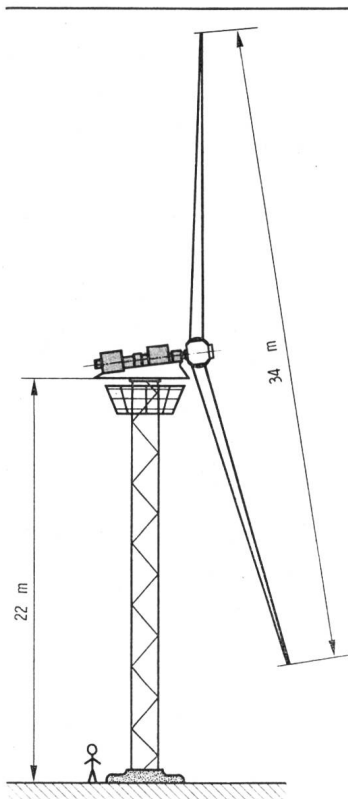


Fig. 1
Schematische Anordnung
eines Windkraftwerkes
für eine elektrische
Leistung von 100 kW.
Drehzahl: 42 Upm,
Rotorfläche 900 m²
Disposition schématique
d'une centrale éolienne
d'une puissance électrique
de 100 kW. Surface du
rotor: 900 m²; nombre
de tours: 42 t/min

Die Windenergie wird von alters her dazu verwendet, um Segelschiffe und Windmühlen anzutreiben. Die Windmühlen lassen sich modernisieren, indem man die Propeller nach aerodynamischen Gesichtspunkten formt und damit einen Generator antreibt. Fig. 1 veranschaulicht die schematische Anordnung einer modernen Anlage. Pro Quadratmeter der vom Propeller überstrichenen Kreisfläche lassen sich bei mittlerer Windstärke etwa 100 W erzeugen; ein mannshoher Propeller würde also etwa 250 W liefern. Um den Elektrizitätsverbrauch der Schweiz mittels Windenergie zu decken, müssten 150 000 Propeller in der Grösse eines Kirchturms über die ganze Schweiz verteilt werden – das wäre ein Netz von 500 m Maschenweite. Man kann sich die Reaktion des Publikums auf einen solchen Plan vorstellen angesichts des erbitterten Widerstandes, den die Bevölkerung heute der ästhetischen Wirkung nur einer einzigen Freileitung entgegensetzt! Die Windenergie kommt nur dort in Betracht, wo in abgelegenen Gegenden kleine Leistungen, etwa zur Versorgung einer Berghütte, gebraucht werden. Wer sich eine solche Anlage installieren will, tut aber gut, vorher noch eine Offerte für einen kleinen Dieselgenerator mit einem Brennstofftank für ein oder zwei Jahre einzuholen – er wird wahrscheinlich eine Überraschung erleben. Ein voller Öltank ist eben eine kaum zu übertreffende Energiequelle. Die Windenergie kann keinen ins Gewicht fallenden Beitrag zur Lösung einer Energieknappheit leisten!

Betrachten wir die *Erdwärme*. Es gibt Kraftwerke, die der Erde Dampf oder heisses Wasser entnehmen und damit Turbinen treiben. Ein Beispiel ist die in Fig. 2 gezeigte Anlage in Kalifornien. Für ein solches Kraftwerk ist eine sehr grosse Fläche nötig: Aus einem Bohrloch kann nur eine begrenzte Leistung fliessen, und die Bohrlöcher können nicht zu nahe beieinander sein. Die ästhetischen Einwirkungen solcher Leitungen wären in besiedelten Gebieten nicht akzeptabel, zumindest in der heutigen psychologisch sensibilisierten Lage.

250 W. Pour couvrir les besoins suisses en électricité par l'énergie éolienne, il faudrait répartir à travers tout le pays 150 000 moulins d'une grandeur comparable à celle d'un clocher d'église et distants de 500 m les uns des autres. Lorsque l'on connaît la résistance acharnée qu'oppose la population quand une seule ligne aérienne dépare quelque peu un paysage, on imagine le tollé que soulèverait une telle réalisation! Ainsi, l'énergie éolienne n'entre en considération que dans des cas n'exigeant que de faibles puissances, tel par exemple l'approvisionnement d'un refuge de montagne. Sans oublier que si l'on désire recourir à une telle solution, on serait bien avisé d'envisager l'acquisition d'un petit générateur diesel: les surprises ne feront pas défaut et ce générateur ne sera pas un luxe superflu! Non, ce n'est pas le vent qui apportera une solution satisfaisante à nos problèmes énergétiques.

Qu'en est-il de l'énergie géothermique? Il existe des centrales qui tirent de la Terre la vapeur et l'eau chaude nécessaires au fonctionnement de leurs turbines. La fig. 2 montre une telle installation en Californie. Une centrale de ce genre exige un très vaste terrain. Les puits ne fournissent chacun qu'une prestation limitée et ne sauraient être construits trop près les uns des autres. Les conséquences esthétiques n'en seraient pas acceptables dans les contrées habitées, en tous cas dans l'état d'esprit actuel, psychologiquement très sensibilisé.

Quelle est la source de l'énergie géothermique? On sait que l'intérieur de notre globe contient une masse liquide incandescente et que l'énergie nécessaire au maintien de sa température dérive d'un processus de fission nucléaire à une grande profondeur. La fig. 3 montre les relations dans les couches souterraines à proximité de la surface du globe. En ce qui concerne la Suisse, les contributions que l'on est en droit d'attendre de l'énergie géothermique ne sauraient être exclues, mais demeureront naturellement modestes. Les sources thermales de Baden, pourtant assez abondantes, représentent un apport thermique d'environ 2000 kW seulement. Il n'existe malheureusement aucun relevé des sources d'énergie géothermique de notre pays; son établissement représenterait cependant un apport appréciable.

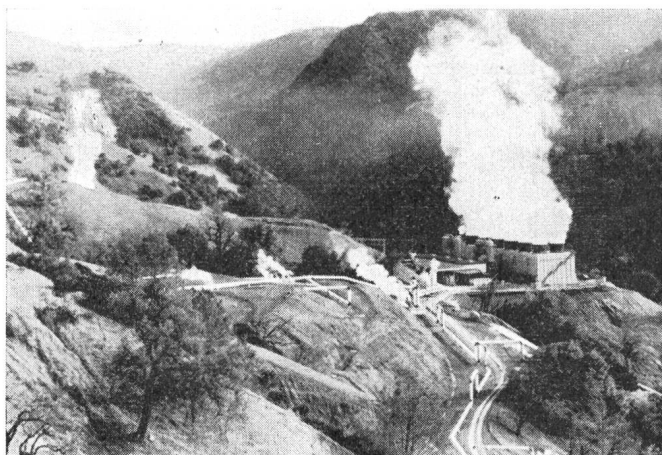


Fig. 2 **Geothermisches Kraftwerk im Gebiet The Geysers, 140 km**
nördlich von San Francisco, Calif.
Leistung in der Grössenordnung von 50 MW
Centrale géothermique dans la région The Geysers,
à 140 km au nord de San Francisco, Calif.
Puissance de l'ordre de grandeur de 50 MW

Welches ist die Quelle der Erdwärme? Das Innere der Erde ist bekanntlich glutflüssig, und die Energie zur Aufrechterhaltung dieser Temperaturen entstammt nuklearen Zerfallsprozessen tief im Innern der Erde. In Fig. 3 sind die Verhältnisse im Erdinnern in der Nähe der Erdoberfläche angedeutet.

Was die Schweiz betrifft, so sind Beiträge von seiten der Erdwärme nicht auszuschliessen. Sie wären freilich bescheiden. Die Thermalquellen von Baden, die bekanntlich ziemlich ergiebig sind, stellen eine thermische Leistung von nur etwa 2000 kW dar. Leider existiert noch kein Kataster von ausbauwürdigen Erdwärmequellen in unserem Land; seine Erstellung wäre ein nützliches Vorhaben.

Ich habe soeben eine Wärmeleistung in Kilowatt ausgedrückt. Hier muss eine wichtige Bemerkung eingeflochten werden: Wer Energiebetrachtungen macht, muss nicht nur den ersten, sondern auch den zweiten Hauptsatz der Wärmelehre kennen. Der zweite Hauptsatz besagt, dass die Entropie niemals abnehmen kann. Das tönt freilich sehr abstrakt und wissenschaftlich. Es lässt sich aber an einem Experiment veranschaulichen, das Sie alle heute abend im Badezimmer nachvollziehen können: Bekanntlich ist es leicht, heisses Wasser in warmes zu verwandeln, indem man kaltes hinzumischt. Die Wärmemenge bleibt dabei konstant. Es ist aber nicht möglich, warmes Wasser in einen kalten und heissen Teil zu trennen, obwohl ein solcher Vorgang dem bekannten Satz von der Erhaltung der Energie nicht widersprechen würde. Eine der Konsequenzen dieses Sachverhaltes ist diese: Wenn man von Wärmemengen spricht, so muss man immer auch sagen, bei welcher Temperatur die Wärme vorkommt. Eine Kalorie bei 1000 °C ist unvergleichlich wertvoller als eine Kalorie bei 200 °C, und eine Kalorie bei 30 °C ist fast wertlos. Eine Wärmepumpe kann eine solche Kalorie wieder auf ein höheres Niveau heben, gewissermassen veredeln; dazu muss aber hochwertige Energie in Form von Elektrizität hinzugefügt werden. Diese Überlegungen geben den Grund an, weshalb die geothermische Energie in der Schweiz mit Sicherheit nur eine geringe Bedeutung haben wird.

Sonnenenergie

Im Mittelpunkt des Interesses unter den alternativen Energiequellen steht die Sonnenenergie. Wer im August im Tessin am Strand liegt und sich bräunen lässt, bekommt in der Tat das Gefühl, dass die Sonne eine bedeutende Energiemenge einstrahlt, und der Gedanke ist verständlich, dass diese Energie technisch nutzbar gemacht werden könnte und sollte.

Zunächst wollen wir nicht vergessen, dass unsere schweizerischen Elektrizitätswerke von jeher in Form der Wasserkraft die Sonnenenergie in ganz grossem Maßstab ausgenützt haben. Es ist die Einstrahlung der Sonnenwärme auf den Ozean, die das Wasser verdampft und in Form von Niederschlägen zu uns bringt. – Aber das genügt unseren Mitmenschen nicht. Immer wieder wird das Sonnenlaboratorium in Südfrankreich abgebildet, siehe Fig. 4, das die Sonnenstrahlen auf eine kleine Fläche fokussiert und dort eine Temperatur erzeugt, die so hoch ist, dass auch die härtesten Materialien geschmolzen werden. Hohe Temperaturen bedeuten freilich noch nicht hohe Leistung: Der Kollektor dieses Labora-

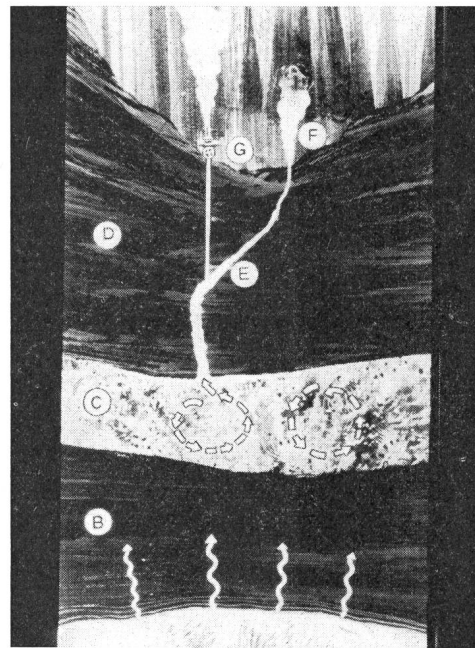


Fig. 3 Geologische Verhältnisse in der Nähe der Erdoberfläche an einem Punkt, wo die Erdwärme genutzt werden kann
Structure géologique dans le voisinage de la surface du sol en un point où la chaleur terrestre est utilisable

J'ai exprimé ci-dessus une production de chaleur en kW. Il convient à ce propos de faire une observation importante. Lorsque l'on émet des considérations sur l'énergie, on ne doit pas se contenter de connaître le seul premier axiome de la thermodynamique, mais également le second. Celui-ci énonce que l'entropie ne décroît jamais. Voilà qui semble bien scientifique et abstrait. Pour éclairer ce propos, voici une expérience que tout un chacun peut faire dans sa salle de bain: il est facile de rendre l'eau chaude tiède en y incorporant de l'eau froide. La quantité de chaleur demeure constante. Il est en revanche impossible de séparer les parties chaude et froide, bien que ce dernier point ne contredise pas le fait que la quantité d'énergie demeure constante. L'une des conséquences de cet état de fait est que lorsqu'on parle de quantité de chaleur, l'on doit également toujours en indiquer la température. A 1000 ° une calorie est incomparablement plus précieuse qu'à 200 °, alors que sa valeur est quasiment nulle à 30 °. Une pompe à chaleur peut relever une telle calorie à un niveau supérieur – l'améliorer en d'autres termes –. Ceci requiert toutefois un apport d'énergie de haute valeur sous forme d'électricité. Ces considérations nous amènent à affirmer que l'énergie géothermique ne saurait revêtir en Suisse qu'une importance limitée.

Energie solaire

L'énergie solaire figure au centre de l'intérêt porté aux sources énergétiques de remplacement. Un estivant allongé sur une plage tessinoise au soleil d'août acquiert très vite l'impression que notre astre du jour dégage une quantité d'énergie qui pourrait et devrait être domestiquée.

Il ne faut cependant pas oublier que les centrales suisses d'électricité utilisent déjà cette énergie sous une forme indirecte et dans une mesure importante, puisque les précipitations tombant sur notre pays proviennent de l'eau des océans transformée en vapeur par le soleil! Mais ceci ne

toriums leistet während Spitzenzeiten nicht mehr als die Ölheizung in einem grösseren Wohnblock – im Jahresmittel natürlich viel weniger.

Für die Beurteilung der Sonnenstrahlen als Energiequelle muss man einige Grundtatsachen kennen. Bei senkrechter Einstrahlung beträgt die empfangene Energie auf der Erdoberfläche etwa 1 kW pro Quadratmeter. Im Jahresmittel in der Schweiz sind es aber nur etwa 125 W. Die Verminderung auf ein Achtel rührt her vom Wechsel zwischen Tag und Nacht, zwischen Sommer und Winter und zwischen sonnigen und trüben Tagen. Zudem fällt diese Wärme bei einer niederen Temperatur an: Die Sonnenkollektoren, die heute den Hausbesitzern angeboten werden, erzeugen Wasser von höchstens 60 °C. Eine hohe Temperatur lässt sich nur mit grossräumigen und ausserordentlich kostspieligen Spiegeln erreichen. Die Sonnenenergie ist daher am besten dort geeignet, wo Wärme von niedriger Temperatur gebraucht wird, und das ist in erster Linie die Heizung von Schwimmbädern, in zweiter Linie die Erwärmung von Brauchwasser. Ein Kollektor von 5–10 m² auf dem Dach eines Einfamilienhauses – eine Ausführung zeigt Fig. 5 – würde genügen, um im Sommerhalbjahr die Aufbereitung von Warmwasser ohne Strom oder Heizöl zu vollziehen. Damit liessen sich im Sommerhalbjahr zwischen 300 und 500 Liter Heizöl sparen; bei einem Literpreis von 30 Rappen sind das 90–150 Franken. Hingegen wäre für die Warmwasseraufbereitung im Winter kein Beitrag zu erwarten, noch viel weniger für die Heizung. Wir wissen aber heute noch nicht wirklich, was eine solche Anlage kostet. Für die eigentlichen Kollektoren sind zwar verbindliche Offerten erhältlich; der Anschluss an die bestehende sanitäre Installation und der Ausbau zu einem betriebssicheren System wird aber nach Ergebnis berechnet und ist jedenfalls recht teuer. Nur ganz vereinzelte Hausbesitzer haben sich in der Schweiz bis jetzt zu einer solchen Bestellung entschliessen können. Aber selbst wenn in den nächsten 10 Jahren 50 000 Häuser mit Kollektoren dieser Art ausgerüstet werden – was ich für eher unwahrscheinlich erachte –,

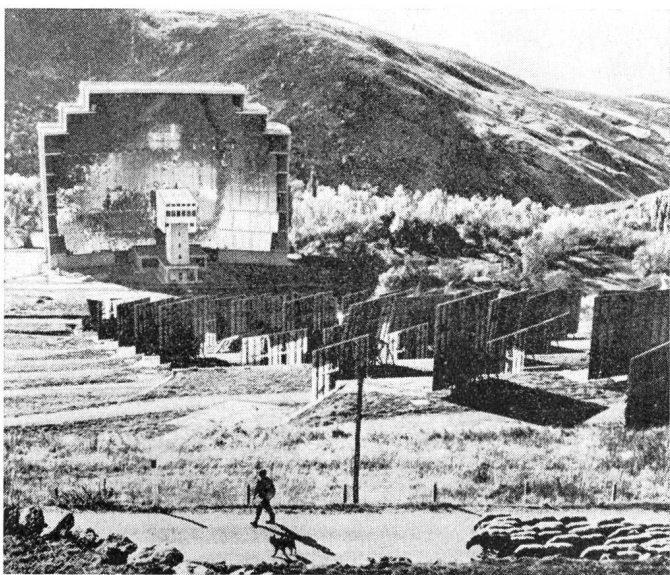


Fig. 4 Sonnen-Laboratorium in den Pyrenäen.
Im Hintergrund Sonnenofen, im Vordergrund Reflektoren
Laboratoire solaire dans les Pyrénées. A l'arrière plan
les fours solaires, au premier plan les réflecteurs



Fig. 5 Sonnenkollektor zur Erzeugung von Warmwasser,
montiert auf dem Dach eines Wohnhauses
Collecteur solaire pour la préparation d'eau chaude,
monté sur le toit d'une maison d'habitation

satisfait point nos contemporains. On évoque toujours ce laboratoire solaire du Midi de la France (voir fig. 4) qui utilise les rayons solaires pour transformer une petite surface en foyer incandescent, produisant ainsi une température telle que les matériaux les plus résistants s'amollissent. Mais haute température ne signifie bien entendu pas encore puissance élevée. Au maximum de l'ensoleillement, le collecteur de ce laboratoire ne «rend» guère plus que le chauffage au mazout d'un grand immeuble – et naturellement bien moins en considérant la moyenne annuelle.

Il faut connaître certains faits fondamentaux pour juger des rayons solaires pris en tant que source d'énergie. Lors d'un ensoleillement perpendiculaire, l'énergie perçue par la surface terrestre représente environ un kW par m². La moyenne annuelle suisse ne s'élève toutefois qu'à quelque 125 W. La réduction à 1/8^e est ici due aux relations nuit-jour, hiver-été, jours sombres et ensoleillés. En outre, cette chaleur tombe à une température inférieure: les collecteurs solaires proposés aujourd'hui aux propriétaires d'immeubles permettent d'obtenir une eau d'une température maximale de 60 °. Seuls des miroirs (réflecteurs) de grande surface et exagérément coûteux parviendraient à élever celle-ci. L'énergie solaire est donc indiquée dans les cas où l'on peut se contenter d'une faible température, pour le chauffage des piscines d'abord, pour celui de l'eau domestique ensuite. Un collecteur de 5 à 10 m² installé sur le toit d'une villa (voir fig. 5) devrait suffire à fournir l'eau chaude nécessaire durant le semestre d'été, sans qu'il soit besoin de courant ni d'huile de chauffage. L'économie ainsi réalisée serait de l'ordre de 300 à 500 l d'huile, soit Fr. 90.– à 150.–, le prix unitaire du litre étant de 30 centimes. Il ne faut en revanche pas attendre de contribution de ce genre en période hivernale et encore moins en ce qui concerne le chauffage de la villa.

Divers collecteurs se trouvent déjà sur le marché. L'expérience démontre toutefois que leur raccordement aux installations sanitaires existantes et les transformations qui en découlent rendent cette solution fort onéreuse. Seuls quelques rares propriétaires se sont lancés jusqu'ici dans une telle aventure à l'intérieur de nos frontières. Mais même si au cours des 10 ans à venir, 50 000 villas devaient être équipées de collecteurs de ce genre – ce que je tiens pour hautement

so wird der Effekt auf den Energiehaushalt des Landes bescheiden sein: Bis zum Jahr 2000 werden wir etwa gleich viel Energie eingespart haben, wie gewonnen würde, wenn eines der heute im Bau befindlichen Kernkraftwerke um 3 Monate früher als geplant in Betrieb genommen werden könnte!

Eine wesentlich bessere Ausnutzung der Sonnenenergie durch Sonnenkollektoren entsteht durch Kombination mit Wärmepumpen. Dadurch kann die niedere Temperatur des erzeugten Wassers auf ein höheres Niveau gehoben werden. Dazu ist aber Elektrizität nötig, und gerade sie begegnet, wenn man ihr Angebot vermehren will, heute den grössten Widerständen. Es muss daher gesagt werden – so paradox es klingt –, dass der, welcher die Kernkraftwerke bekämpft, damit auch die wirtschaftliche Ausnutzung der Sonnenenergie als Alternative zum Erdöl bremst.

Die sanften Technologien

Die alternativen Energiequellen werden oft auch «sanfte Technologien» genannt. Verdienen sie diesen Namen? Zum Teil ja: Sie sind deshalb sanft, weil ihre Energiedichte klein ist, das heisst, die Anzahl erzeugter Kilowatt pro Quadratmeter Erdoberfläche. Dementsprechend sind auch die lästigen Auswirkungen auf die Menschen und auf die Umgebung gering. Pro erzeugte Kilowattstunde hingegen ist die Belastung der Umwelt durch die sanften Technologien ohne Zweifel grösser als durch die fünf grossen Energiequellen.

Welchen Platz werden die alternativen Quellen in unserem Energiehaushalt einnehmen? Meine Antwort auf diese wichtige Frage hat zwei Teile – einen eindeutigen und präzisen ersten Teil und einen eher unsicher formulierten zweiten.

Der erste Teil lautet: Von allen alternativen Energiequellen hat nur die Sonnenenergie eine Aussicht, einen nennenswerten Beitrag an unseren Energiehaushalt – einen Beitrag, der, sagen wir, 1 % überschreitet – zu leisten. Der Anteil aller anderen Quellen wird weit unter der 1 %-Schwelle bleiben müssen. Jetzt kommt der zweite Teil der Antwort: Es ist ganz unsicher, ob die Sonnenenergie diesen 1 %-Anteil wirklich überschreiten wird: Sonnenkollektoren installieren heisst eine Investition tätigen, um damit jährlich wiederkehrende Kosten einzusparen. Ob das rentabel ist, hängt von der Kapitalrendite ab. Wir wissen noch nicht, ob in der heutigen Situation die Kapitalrendite genügend hoch ist, um die Investition attraktiv zu gestalten. Das könnte sich aber ändern, zum Beispiel infolge einer weiteren sehr starken Erhöhung der Erdölpreise. Auch könnte man sich vorstellen, dass der Staat die Sonnenkollektoren, so wie heute die Luftschutzkeller, für obligatorisch erklärt und vielleicht sogar subventioniert. Ob das Schweizervolk damit einverstanden wäre, ist eine andere Frage. Von der Physik und der Technik her ist jedoch der Weg für die Sonnenenergie offen.

Transport und Speicherung

Unvermeidlicherweise werden wir also unsere Energieprobleme zu über 95 % aufgrund der fünf grossen Quellen zu lösen haben – sei es durch Sparmassnahmen, durch bessere Verwertung oder durch Vermehrung des Angebotes.

Die Auswahl der Energieträger wird durch ihre Transportierbarkeit sehr stark beeinflusst, ebenso durch ihre Speicherefähigkeit. Auch hier wieder sticht das Erdöl mit ausgezeichneten Eigenschaften heraus: Der Transport ist billig und

improbable – les effets sur la consommation énergétique du pays seraient des plus modestes: jusqu'en l'an 2000, l'épargne réalisée représenterait à peu près celle que l'on obtiendrait en retardant de trois mois la mise en service de l'une de nos centrales nucléaires actuellement en construction!

Une combinaison de l'énergie solaire avec des pompes à chaleur donnerait des résultats bien plus probants. Ainsi, la faible température de l'eau obtenue pourrait être élevée à un niveau supérieur. Mais pour ce faire, l'électricité est nécessaire, cette électricité qui précisément, si l'on veut en augmenter l'offre, rencontre aujourd'hui les résistances les plus opiniâtres. C'est pourquoi il convient de dire – aussi paradoxal que cela paraisse – que si l'on combat les centrales nucléaires, on diminue d'autant les chances d'utilisation économique de l'énergie solaire en lieu et place du pétrole!

Le technologies dites douces

Les sources énergétiques de remplacement sont souvent dénommées «technologies douces». Méritent-elles cette appellation? En partie. Elles sont «douces» parce que leur densité énergétique est faible, c'est-à-dire que le nombre de kW produit par m² de surface terrestre est faible. De plus leurs effets sur l'homme et son entourage sont réduits. En revanche, la charge imposée à la nature par kWh obtenu est sans conteste plus lourde que celle inhérente aux cinq principales sources énergétiques.

Quelle place pourront occuper ces sources de remplacement dans la satisfaction de nos besoins énergétiques? A cette importante question, la réponse que j'apporte se scinde en deux parties, l'une claire et précise, l'autre formulée plus vaguement:

Je dirai donc d'abord que, de ces sources, seule l'énergie solaire a une chance de représenter un peu plus de 1 % de nos besoins énergétiques. La part des autres ressources, mises ensemble, devrait se situer très au-dessous de cette cote de 1 %. Quant à la seconde partie de ma réponse, voici:

Il est tout sauf certain que l'énergie solaire puisse réellement franchir ce fameux cap de 1 %: l'installation de collecteurs d'énergie solaire appelle un investissement permettant certes une épargne de frais annuels. La rentabilité de l'opération dépend toutefois du rendement des capitaux. Nous ne savons pas encore si, dans la situation actuelle du marché des capitaux, ce rendement serait suffisamment élevé pour rendre l'opération attrayante. Les choses pourraient changer dans le cas d'une nouvelle et forte hausse du prix du pétrole. On peut également imaginer que l'Etat, ainsi qu'il l'a fait pour les abris anti-aériens, déclare les collecteurs solaires obligatoires, allant peut-être même jusqu'à les subventionner. Que la «vox populi» entérine cette décision est une autre histoire. Il n'en reste pas moins que sur les plans de la physique et de la technique, la voie est dégagée.

Transport et entreposage

Nous devons inéluctablement résoudre nos problèmes énergétiques – dans une proportion de 95 % – par les cinq sources d'énergie primaire, que ce soit par des mesures d'économie, une meilleure utilisation ou une augmentation de l'offre.

Le choix que nous ferons de nos agents énergétiques dépendra étroitement de leur aptitude à être transportés et entre-

die Speicherung ist vorteilhaft: Das Tanklager in Mellingen speichert, hinter Hügeln versteckt, auf einem Grundstück von etwa 6 Hektaren die Ladung von zwei ganzen Supertankern – sicher und ohne jede Umweltbelastung. Nur Kernbrennstoff lässt sich noch billiger transportieren und noch dichter lagern!

Die Überlegungen bezüglich Transport und Speicherung führen uns zur Überzeugung, dass zwei Energieformen dringend studiert werden sollten: Wasserstoff und Fernwärme. Das sind nicht Energiequellen – die Natur stellt sie uns nicht zur Verfügung. Es sind sekundäre Energieträger, die aus den primären Quellen hergestellt werden müssen. Der *Wasserstoff* lässt sich aus Elektrizität während Schwachlastzeiten erzeugen und anschliessend speichern. Seine Verwertung geschieht durch Verbrennung – entweder in Gasturbinen, um wieder Elektrizität zu erzeugen, oder für die Gewinnung von Wärme in Industrie und Haushalt.

Die *Fernwärmeversorgung* würde es erlauben, die Abwärme von Elektrizitätswerken für die Gebäudeheizung zu verwenden. Das würde zu einem echten Mehrangebot an Energie führen, weil heute diese Abwärme an die Umgebung abgegeben und damit nutzlos abgestossen wird. Es handelt sich hier um Energiemengen, die die 1 %-Grenze unseres Energiehaushaltes bei weitem überschreiten. Die Aufwendungen, die für die Infrastruktur nötig wären, sind zwar hoch; man schätzt den Kapitalbedarf für die volle Nutzung der Abwärme aus einem Kernkraftwerk etwa gleich hoch wie die Kosten des Kraftwerkes selbst. Aber die dadurch nutzbar gemachte Energie ist doppelt so hoch wie die ursprüngliche elektrische. Die Wirtschaftlichkeit ist also sicher nicht von vornherein auszuschliessen. Aber bis zur Realisierung ist noch ein langer Weg zurückzulegen.

Elektrizität

Wenden wir uns jetzt der Energieform zu, die uns in diesem Kreis am meisten interessiert, der Elektrizität. Auch sie ist nicht eine Energiequelle; sie muss vielmehr aus einer Primärquelle hergestellt werden. Zur Erzeugung werden auf der Welt alle fünf Quellen ausgiebig herangezogen, in der Schweiz hingegen praktisch nur die Wasserkraft und der Kernbrennstoff.

Der Ausbau unserer Wasserkräfte war lange Zeit Gegenstand unseres Nationalstolzes; wer die Landesausstellung 1939 gesehen hat, weiss wie dort die «Weisse Kohle», der einzige schweizerische Rohstoff, als symbolisch für den Pioniergeist unserer Ingenieure und Unternehmer dargestellt wurde.

Heute steht die Elektrizitätsversorgung in der Schweiz quantitativ und qualitativ auf einem hohen Niveau. Dank dem Weitblick, dem unternehmerischen Denken und dem technischen Stand unserer Elektrizitätswerke ist zurzeit die Versorgung gewährleistet, trotz der hohen Schwankungen, die der Hydroelektrizität innewohnen; Stromausfälle sind sehr selten; das hat die unglückliche Auswirkung, dass sich die wenigsten Leute darüber Rechenschaft geben, wie sehr der Gang des täglichen Lebens von der Elektrizität abhängt. Unsere Elektrizitätsversorgung könnte auch heute noch Gegenstand des Nationalstolzes sein. Das Publikum nimmt aber eine gesicherte Stromversorgung als selbstverständlich

posés. Ici encore, le pétrole dispose d'atouts considérables: son transport est bon marché, de même que son stockage. Dans l'entrepôt de Mellingen par exemple, sur un terrain d'environ 6 hectares masqué par une colline, on stocke un volume égal à la capacité de deux pétroliers géants, sans porter le moindre préjudice à l'environnement. Pour transporter une énergie à meilleur compte et l'entreposer dans un espace plus restreint, il faudrait se tourner vers le domaine nucléaire.

Ces considérations sur le transport et l'entreposage nous convainquent de l'urgence qu'il y a à étudier deux formes d'énergie: l'hydrogène et le chauffage à distance. Il ne s'agit pas là à proprement parler de sources énergétiques – la nature ne nous les fournit pas telles quelles – mais bien d'agents énergétiques secondaires, tirés qu'ils sont de sources primaires. L'*hydrogène* s'obtient de l'électricité durant les périodes de faible charge, puis s'accumule. Elle est destinée à la propulsion de turbines à gaz – pour être reconvertie en électricité – ou encore pour produire de la chaleur à usage domestique ou industriel.

Le *chauffage à distance* devrait permettre d'utiliser la chaleur inemployée des centrales électriques pour le chauffage d'immeubles. Voilà qui provoquerait une sérieuse augmentation de l'offre d'énergie, car pour l'heure, cette déperdition calorifique s'effectue dans la nature. Il s'agit là d'une quantité d'énergie qui franchit allègrement le cap de 1 % de nos besoins. Les dépenses d'infrastructure nécessaires sont évidemment élevées. On estime que le capital à investir pour récupérer la chaleur inemployée d'une centrale nucléaire est égal à celui exigé par la construction de la centrale elle-même. Il reste cependant que la valeur de l'énergie ainsi récupérée représente le double de celle obtenue à l'origine par l'électricité. L'intérêt économique est donc certain. Mais que de chemin jusqu'à une réalisation!

Electricité

Penchons-nous maintenant vers la forme d'énergie qui présente pour nous le plus grand intérêt: l'électricité. Elle non plus ne constitue pas une source énergétique; mais chacune des cinq sources principales participe de par le monde à sa production. En Suisse toutefois, on se contente des énergies hydraulique et nucléaire.

L'aménagement de nos forces hydrauliques fit longtemps l'objet de notre fierté nationale. Ceux qui ont fréquenté l'Exposition nationale de 1939 se souviennent de la façon dont la «houille blanche» – seule matière première helvétique – fut présentée en qualité de symbole de l'esprit d'avant-garde de nos ingénieurs et entrepreneurs.

L'approvisionnement électrique en Suisse se situe aujourd'hui à un niveau élevé, tant quantitativement que qualitativement. Grâce aux vues larges de nos entrepreneurs ainsi qu'au degré de technicité de nos centrales, l'approvisionnement est actuellement garanti malgré les larges fluctuations inhérentes à notre hydrographie. Les interruptions de courant sont rarissimes. Déplorable conséquence: fort peu de nos contemporains sont conscients de la dépendance de leur vie quotidienne à l'endroit de l'électricité! Aujourd'hui encore, notre approvisionnement en électricité pourrait constituer un légitime objet de fierté nationale. L'opinion publique

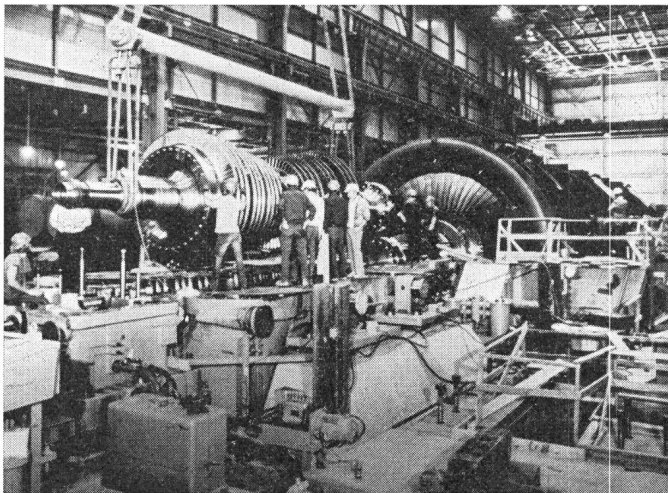


Fig. 6 Aufbau einer Grossturbine in der Fabrik vor der Ablieferung
Assemblage en fabrique avant livraison d'une grande turbine

an, und die Frage des Weiterausbaus ist nun in das Spannungsfeld der Kernkraftwerksdiskussion geraten. Bevor ich aber auf diese Frage eintrete, möchte ich einige Bemerkungen zur Elektrizität selbst und ihrer Erzeugung machen. Wie wird die Zukunft aussehen? Was für Forschungsergebnisse werden uns bis zum Jahr 2000 beschert sein? Diese Frage muss jeden beschäftigen, der mit dem Ausbau der Stromversorgung zu tun hat. Die Antwort lässt sich wie folgt geben: Dramatische Neuerungen werden sich nicht ergeben. Der Fortschritt wird den Charakter einer Verbesserung in kleinen Schritten und nicht einer Revolution haben – ganz im Gegensatz zum Verlauf der technischen Neuerung auf den Gebieten der Computer- und Nachrichtentechnik! Die am deutlichsten sichtbaren Änderungen werden sich in den Sparten Netzführung und Netzschutz abspielen, wo der Computer und seine Peripheriegeräte immer weiter eindringen.

Mit Sicherheit lässt sich folgendes sagen: Obschon man immer wieder von neuen Umwandlungsprozessen wie zum Beispiel MHD spricht, werden auch noch im Jahre 2000 Dampfturbinen und rotierende Generatoren das Rückgrat der Elektrizitätserzeugung bilden. Über die Dampfturbinen möchte ich hier einige Worte verlieren. Ein Versuchsaufbau einer Grossturbine in der Fabrik ist in der Fig. 6 zu sehen. Obwohl die Schweiz zu den führenden Exportländern von Dampfturbinen gehört, sind diese Maschinen bei uns ein eher ungewohnter Anblick. Die gezeigte, grosse Turbine hat eine Leistung von 1300 MW; in der Schweiz steht aber bis heute noch keine einzige Turbine von mehr als 200 MW in Betrieb, und nur acht Exemplare zwischen 100 und 200 MW.

Die elektrische Seite des Kraftwerkes ist ebenso eindrucklich, wie es die Montage des Rotors des Generators in einem Kraftwerk in Fig. 7 vermittelt. Ähnliches gilt für die Transformatoren, Schalter und anderen Apparate. Hier möchte ich nun kurz auf eine Problematik eingehen, die uns alle beschäftigen muss, weil der technische Fortschritt auf unserem Gebiet dadurch stark beeinflusst – und zwar gehemmt – wird. Ich meine die Situation der elektrischen Energietechnik an unseren Hochschulen. Die vergangenen 40 Jahre haben es mit sich gebracht, dass die Energietechnik (die man früher «Starkstromtechnik» nannte) an den elektrotechnischen Ab-

ependant considère une livraison de courant sans faille comme une chose allant de soi et c'est ainsi que la question d'un développement de notre réseau s'est enlisée dans l'épineuse controverse des centrales nucléaires. Toutefois, avant d'aborder ce propos, j'aimerais encore évoquer quelques aspects propres à l'électricité. Comment l'avenir se présente-t-il? Quels résultats la recherche va-t-elle nous apporter jusqu'à l'aube du XXI^e siècle? Cette question doit préoccuper tous ceux qui participent au développement de notre approvisionnement en courant. La réponse peut se circonscrire ainsi: il n'y aura pas de nouveautés bouleversantes. Le progrès revêtira le caractère d'une «politique des petits pas» et non celui d'une révolution, contrairement par exemple à ce qui se passe dans le domaine des ordinateurs et de l'informatique. Les modifications les plus sensibles et spectaculaires se manifesteront dans les domaines d'aménagement et de protection de réseau, précisément là où les ordinateurs et leurs appareils auxiliaires joueront un rôle toujours plus important.

On peut l'affirmer avec certitude: bien que l'on parle toujours plus de nouveaux processus de transformation, comme par exemple le générateur magnéto-hydrodynamique, il est certain qu'en l'an 2000, les turbines à vapeur et les générateurs rotatifs constitueront toujours l'épine dorsale de la production électrique.

J'aimerais encore dire quelques mots à propos des turbines à vapeur. La fig. 6 montre un projet de grande turbine en fabrique. Bien que la Suisse figure parmi les pays de pointe en ce qui concerne l'exportation de turbines à gaz, ce genre de machines est plutôt rare chez nous. La turbine représentée sur la fig. 6 développe une énergie de 1300 MW. Jusqu'à aujourd'hui cependant, on ne trouvera pas en Suisse une seule turbine en activité développant plus de 200 MW, huit exemplaires seulement fournissant de 100 à 200 MW.

L'aspect électrique de la centrale est non moins remarquable, ainsi que le montage d'un rotor d'alternateur le montre à la fig. 7. La même chose est valable pour les transformateurs, interrupteurs et autres appareils. J'aimerais évoquer ici brièvement un point qui doit tous nous préoccuper, car il influence considérablement – et même conditionne – le progrès technique dans notre secteur. Je pense à la place faite à la technique de l'énergie électrique dans nos hautes

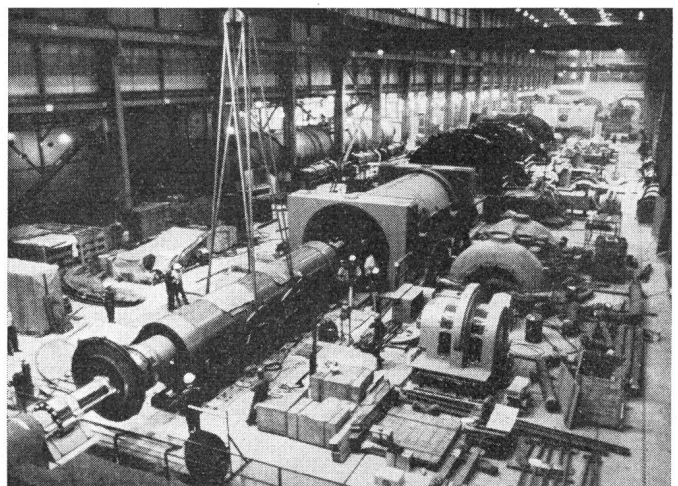


Fig. 7 Einführen des Rotors in den Generator im Kraftwerk
Introduction à la centrale d'un rotor dans le stator

teilungen von dem dominierenden Platz, den sie ehemals hatten, verdrängt wurden. Elektronik und Nachrichtentechnik mit ihren spektakulären Errungenschaften eroberten im Sturm das Interesse von Lehrkörper und Studenten, und es machten sich – besonders in den USA – Strömungen bemerkbar, die diesen Zustand von der institutionellen Seite her zu fixieren trachteten: Noch vor 10 Jahren schrieb eine führende amerikanische elektrotechnische Zeitschrift in einem Leitartikel, dass die Ausbildung von Starkstromingenieuren sowie die Forschung auf diesem Gebiet heute nicht mehr Sache der grossen technischen Hochschulen sein könne, sondern auf Fachschulen und Berufsschulen verwiesen werden sollte, weil die Zukunft der Elektrotechnik in der Elektronik und Computertechnik liege. Solche Rufe verhallten nicht ungehört. Ein Ergebnis war, dass die Forschungsmittel für die Energietechnik mehr und mehr zurückgingen und noch heute manchenorts erschreckend klein sind, gemessen an der Wichtigkeit des Gebietes. Parallel dazu gingen auch die Studentenzahlen zurück: Die Studenten fanden das Gebiet weniger attraktiv. Zwischen der Qualität der Forschung und der Qualität der Ausbildung besteht eben ein enger Zusammenhang: Gute Forschungsprojekte ziehen gute Assistenten und Doktoranden an, die ihrerseits die Studenten zu begeistern vermögen.

Ich betrachte es daher als ein dringendes Gebot des Tages, dass der Hochschulforschung in der elektrischen Energietechnik wieder mehr Mittel zugeführt werden. Wir brauchen Forschungsergebnisse, und wir brauchen begabte Absolventen. Hingegen stehen wir vor der Tatsache, dass ausgerechnet jetzt die Mittel der Hochschulen knapp werden; die Schulleitungen müssen sich mit Kürzungen befassen, an Vergrösserungen können sie kaum noch denken. Wir müssen uns die Frage ernstlich stellen, ob hier nicht private Initiative einspringen könnte.

Von diesem Exkurs in die akademische Welt möchte ich nochmals in die Elektrizitätsversorgung zurückkehren und einige Worte zum Problem der *Elektrizitätsspeicherung* sagen. Elektrizität lässt sich bekanntlich als solche nicht speichern: Sie muss zuerst in eine andere Energie verwandelt werden. Die *hydraulische Pumpspeicherung* wird in unserem Land seit Jahrzehnten praktiziert und kann weiterausgebaut werden. Sie ist aber an geographische Bedingungen gebunden, die nicht überall gegeben sind. Als neue Lösung ist die *Druckluftspeicherung* erfunden worden: Mittels eines Kompressors wird Druckluft in eine unterirdische Kaverne gepumpt und nachher für den Antrieb einer Gasturbine verwendet. Der Wirkungsgrad dieses Verfahrens ist befriedigend, nämlich etwa gleich hoch wie bei der Wasserpumpspeicherung.

Die Speicherung ist es auch, von der die Verwirklichung des *Elektroautos* abhängt. Bis jetzt existiert noch keine Batterie, die als Energiespeicher auch nur annähernd so gut ist wie ein voller Benzintank. Die Verwirklichung würde viele Rohstoff- und Umweltprobleme lösen, und der Gedanke, die Tanksäule durch eine gewöhnliche Steckdose zu ersetzen, hat daher etwas wahrhaft Faszinierendes. Wir müssen uns aber klar sein, dass der Übergang des Strassenverkehrs (oder auch nur eines Teils davon) auf elektrischen Antrieb eine Erhöhung der Erzeugungskapazität für Elektrizität in einem Mass nötig machen würde, das in den nächsten 10 oder 20 Jahren ganz undenkbar wäre.

écoles. Les quatre dernières décennies ont vu reléguer la technique de l'énergie électrique – précédemment appelée «technique du courant fort» – à la portion congrue, alors qu'elle avait occupé une place dominante dans les secteurs électrotechniques.

Aussi bien l'électronique que l'informatique, grâce à leurs résultats spectaculaires, ont accaparé l'intérêt du corps enseignant et des étudiants. Ceci a engendré des courants – particulièrement aux Etats-Unis – visant à institutionaliser cet état de chose. Il y a quelque dix ans, une importante revue américaine consacrée à l'électrotechnique écrivait dans un éditorial que la formation des ingénieurs en courant fort ainsi que la recherche dans ce domaine ne devaient plus être du ressort des hautes écoles techniques mais abandonnées aux écoles professionnelles et d'arts et métiers, car l'avenir de l'électrotechnique appartenait à l'électronique et aux ordinateurs. Ces remarques ne tombèrent pas dans l'oreille d'un sourd. Conséquence: les moyens mis à la disposition de la recherche en matière de technique énergétique se sont rétrécis comme une peau de chagrin; aujourd'hui encore, ils sont parfois terriblement dérisoires au regard de l'importance de cette discipline. Parallèlement, le nombre des étudiants décroît, parce que ceux-ci sont moins attirés par ce domaine. Il existe en effet une étroite corrélation entre qualité de la recherche et qualité de la formation. Les bons enseignants s'intéressent aux projets dynamiques et communiquent leur enthousiasme à leurs étudiants.

C'est pourquoi je suis d'avis que cette assemblée devrait demander que l'on mette des moyens plus importants qu'actuellement à disposition de la recherche dans les hautes écoles. Nous avons besoin de résultats et de chercheurs. Nous ne devons cependant pas méconnaître le fait que les moyens des dites hautes écoles ont été réduits. Les directions doivent opérer des coupes budgétaires et ne peuvent guère envisager de dépenses supplémentaires. C'est pourquoi la question d'une intervention de l'industrie privée se pose sérieusement.

Après cette brève incursion dans le monde universitaire, j'aimerais revenir à l'approvisionnement en électricité et évoquer en quelques mots le problème du *stockage*. L'accumulation par pompage hydraulique se pratique en Suisse depuis des années et peut être développé. Il dépend toutefois de conditions géographiques que l'on ne rencontre pas partout. Une nouvelle solution se présente sous forme de stockage d'air comprimé: on emmagasine celui-ci dans des cavernes souterraines au moyen de compresseurs, lequel air servira par la suite à faire fonctionner des turbines à gaz. Le degré d'efficacité de ce procédé est satisfaisant, puisqu'il est comparable à l'accumulation *hydraulique* par pompage.

Le stockage, c'est aussi par exemple la réalisation de la *voiture électrique*. Pour l'heure, on ne connaît pas encore de modèle de batterie dont la capacité soit comparable à celle d'un réservoir d'essence. La mise en œuvre d'un tel procédé, qui résoudrait nombre de problèmes ayant trait aux matières premières et à l'environnement, a quelque chose de fascinant. Songez-y: on remplacerait de volumineux réservoirs par de simples prises de courant! Nous ne devons cependant pas nous cacher que le passage du trafic routier – ou d'une partie de celui-ci – de l'ère de la benzine à celle de l'électricité exigerait une augmentation telle de la production de cette forme d'énergie que la réalisation pratique de cette idée est exclue avant dix ou vingt ans.

Kernkraftwerke

Es ist schlechthin unmöglich, über Entwicklungsrichtungen in der Energieversorgung zu reden, ohne auf das *Spannungsfeld zwischen Öffentlichkeit und Kernenergie* einzutreten. Dieses Spannungsfeld ist, neben der Frage der Ölpreise, das dominierende Energieproblem unserer Zeit.

Durch einen Vorgang, der in den unerforschlichen Tiefen des menschlichen Gefühlslebens verborgen liegt, sind weite Teile der Bevölkerung dazu geführt worden, unter den vielen Gefahren, denen wir von der Natur und der Technik her täglich ausgesetzt sind, einseitig jene der Kernenergie herauszugreifen und über alle vernünftigen Masse zu vergrössern. Dass die Förderung von Kohle in den Gruben alljährlich viele Tote fordert, ebenso wie der Schwefelgehalt der Luft in jenen Gebieten, wo viel Kohle verbrannt wird, wird vielleicht zur Kenntnis genommen, aber schnell wieder vergessen; dass die Wahrscheinlichkeit, am Boden durch ein herabstürzendes Flugzeug getötet zu werden, unvergleichlich viel grösser ist, als in einer nuklearen Katastrophe das Leben zu verlieren, wird nicht verstanden, weil die Sprache der Statistik dem Laien schwer zugänglich ist; und dass in unseren chemischen Fabriken überall auf der Welt Gifte lagern, die, wenn sie freigesetzt würden, viel mehr Schaden stiften würden als die relativ kleinen Mengen Plutonium, die in einem Kernreaktor entstehen, ist eben eine Tatsache, zu deren Verständnis gewisse Kenntnisse in Physik und Chemie erforderlich sind. – Der Glaube ist – das hat schon Sophokles gesagt – der Wahrheit überlegen.

Diese Bewegung ist in der Energiepolitik ein neues Element. Bisher konnten die Verantwortlichen die Energiekonzeption eines Landes nach der folgenden Leitlinie ausrichten:

1. Umweltschutz:

Schutz der Umwelt und der Menschen vor schädlichen Auswirkungen der Energieversorgung.

2. Versorgungssicherheit:

Verringerung der politischen und wirtschaftlichen Abhängigkeit vom Ausland; Betriebssicherheit der Anlagen.

3. Wirtschaftlichkeit:

Möglichst preisgünstige Energie für den Verbraucher.

Die Befolgung dieser Leitlinie ist heute nicht mehr möglich. Wir müssen Emotionen der Menschen in unsere Planung mit einbeziehen – Emotionen, die kurzfristig kommen und auch wieder verschwinden können. Wer garantiert uns beispielsweise, dass das Publikum gegenüber Sonnenkollektoren auf den Dächern immer so sympathisch reagieren wird wie heute und dass diese Vorrichtungen nicht schon bald, so wie heute elektrische Freileitungen, dem grössten öffentlichen Widerstand begegnen werden?

In der heutigen Situation ist es schwer, ja fast unmöglich, sachliche Information über Kernkraftwerke an das Publikum heranzutragen: Man stösst auf eine beinahe undurchdringliche Mauer. Der Vorwurf, man hätte diese Information vor 10 Jahren zusammenstellen und verbreiten sollen, ist schnell zur Hand; aber wer damals die Lage vorausgesagt hätte, vor der wir uns heute befinden, wäre wohl belächelt worden. Viele andere technische Werke, die grössere Gefahren mit sich brachten, sind reibungslos und ohne grosse psychologische Vorbereitung realisiert worden.

Der weitere Gang der Dinge ist unmöglich vorauszusagen. Fest steht aber, dass ein Abbau der einseitigen und

Centrales nucléaires

Il est absolument vain de discuter des choix à opérer dans le développement de l'approvisionnement énergétique sans aborder *le problème existant entre l'opinion publique et l'énergie nucléaire*. Ce problème, à côté de celui du prix du pétrole constitue l'inconnue dominante du dilemme énergétique de notre temps.

Dans de nombreuses couches de la population, par une pensée venue du plus profond du subconscient de l'être humain, l'énergie nucléaire est devenue le bouc émissaire de tous les dangers dont la nature et la technique nous menacent. Que l'exploitation du charbon soit responsable de quantité de pertes en vies humaines chaque année, que la teneur en soufre de l'atmosphère augmente de manière alarmante là où l'on brûle ce même charbon, est peut-être enregistré par les esprits mais très vite oublié. On ne réalise pas que l'on a beaucoup plus de chances de perdre sa vie touché au sol par un avion en chute qu'impliqué dans une catastrophe nucléaire, parce que les statistiques n'ont guère de sens pour le profane. De même, le fait que les fabriques de produits chimiques recèlent d'énormes quantités de poisons qui, en cas d'accident, feraient beaucoup plus de dégâts que les quantités relativement faibles de plutonium utilisées dans un réacteur nucléaire, demande, pour être compris des connaissances de chimie et de physique. «La croyance est plus forte que la vérité»: ce n'est pas moi qui ai trouvé cela, mais Sophocle!

Il s'agit donc là d'un facteur nouveau dans le domaine de la politique énergétique. Jusqu'ici, les responsables d'une conception nationale en ce domaine pouvaient s'en tenir aux principes suivants:

1. Protection de l'environnement:

Protection de l'homme et de son environnement contre les effets néfastes de l'approvisionnement énergétique

2. Sécurité de l'approvisionnement:

Réduction de la dépendance économique et politique à l'endroit de l'étranger; sécurité des installations

3. Economie:

Obtention du prix le plus avantageux possible pour le consommateur.

La simple observation de ces règles est aujourd'hui insuffisante. Il est indispensable de tenir compte des réactions émotionnelles, ces réactions pouvant surgir aussi brusquement qu'elles peuvent disparaître. Qui nous dit par exemple que le public verra indéfiniment les collecteurs solaires d'un œil favorable? Ces installations ne rencontreront-elles pas un jour des résistances marquées dans l'opinion publique?

Il est difficile, sinon presque impossible, de faire accepter au grand public des informations objectives sur les centrales nucléaires: on se heurte à un mur d'incompréhension. Il est aisé d'avancer le reproche selon lequel cette information aurait dû être répandue il y a 10 ans. Celui qui aurait alors prédit la situation que nous connaissons ne se serait guère attiré que des sarcasmes. Nombre d'autres ouvrages techniques présentant des dangers considérables ont été réalisés sans conflit ni préparation psychologique particulière.

Il n'est guère possible de disserter plus avant à ce sujet. Une chose demeure cependant certaine: sans progrès substantiels dans l'esprit de l'opinion publique, nous ne parviendrons pas à nous dégager de notre étroite dépendance vis-à-vis des produits pétroliers.

überwiegenden Abhängigkeit vom Erdöl nicht möglich ist, bevor nicht in der Aufklärung der Öffentlichkeit grosse Fortschritte gemacht werden.

Zukunftsperspektiven

Jetzt wollen wir uns wieder von der Betrachtung einzelner Energiequellen und Energieträger lösen und das Energiebild als Ganzes betrachten. Es gehört ja zu den Erkenntnissen, die in den letzten 2 Jahren ins allgemeine Bewusstsein gedrungen sind, dass die verschiedenen Energieformen wie Heizöl, Benzin, Elektrizität nicht separate, voneinander unabhängige Dinge sind, sondern dass sie in einem starken gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnis stehen. Uns beschäftigt die Frage: Wie sieht, zusammenfassend, die Zukunft des Systems Energie aus? Ich habe versucht, Ihnen die Prognosen zu skizzieren, die ungefähr bis ins Jahr 2000 gemacht werden können. Es ist höchst unwahrscheinlich, dass innerhalb dieser Zeitspanne etwas ganz Neues auftauchen und zur Realität werden wird – etwas, von dem die Ingenieure heute noch nichts wissen.

Die weltweiten Forschungsprogramme haben denn auch nicht nur neuartige Wege und Lösungen zum Ziel, sondern ganz ausgeprägt auch die Festigung der bestehenden Technik. Besonders in den USA gewinnt das Forschungsziel «Betriebssicherheit» dauernd an Gewicht; denn die Erhöhung der Verfügbarkeit der bestehenden Anlagen ist gleichbedeutend mit der Errichtung von neuen Anlagen.

Weiterhin wissen wir, dass Verlagerungen von einer Energieform auf eine andere – etwa von Erdöl auf Elektrizität und Fernheizung – nur langsam vor sich gehen werden, und zwar wegen der grossen und investitionsintensiven Infrastruktur, die für jede Art der Energieerzeugung und -verwertung nötig ist. Die grösste Unsicherheit liegt nicht in der Möglichkeit unerwarteter technischer Entdeckungen oder Erfindungen, sondern eindeutig in der öffentlichen Einstellung gegenüber der Kernenergie. Von ihr wird die Zukunft des Systems «Energie» stark beeinflusst werden, und eine Prognose darüber halte ich für schlechthin unmöglich.

Wie steht es nun aber mit der technischen Entwicklung in einer fernerer Zukunft – in der Zeit bis zum Jahr 2050 oder 2100? Prognosen über so viele Jahre sind riskant. Die Aufgabe, im Jahr 1875 das technische Bild des Jahres 1975 zu zeichnen, hätte eine Gruppe selbst von weitblickenden und weisen Experten total überfordert. Alles was wir heute sagen können ist, dass die fundamentalen Naturgesetze auch weiterhin bestehen werden: Die bekannten Hauptsätze der Wärmelehre oder die Solarkonstante, die über die Dichte der Sonnenstrahlung Auskunft gibt, sind Schranken, die nie überschritten werden. Danach gibt es aber Dinge, die den Grundgesetzen nicht widersprechen, von denen wir nur deshalb vorläufig nichts Nützliches erwarten, weil sie enorm kompliziert oder enorm teuer sind: Zum Beispiel die Kernfusion oder Sonnenkraftwerke, die im Weltraum zirkulieren. Man kann in guten Treuen der Meinung sein, dass es solches nie geben werde. Es wäre aber unwissenschaftlich, diese Ansicht als kategorische Behauptung aufzustellen. Die Landung der Menschen auf dem Mond hat gezeigt, dass Dinge realisiert werden können, die beinahe an ein Wunder grenzen, wenn nur der Anreiz und der Wille vorhanden sind.

Perspectives

Après l'examen des divers sources et agents énergétiques, essayons de dégager l'image qu'offre l'énergie dans son ensemble. Il est devenu évident – le fait a pénétré les esprits au cours des deux dernières années – que les diverses formes d'énergie comme l'huile de chauffage, l'essence, l'électricité, ne sont pas des entités isolées, mais qu'elles entretiennent d'étroites relations d'interdépendance. Et voici donc la question qui nous préoccupe: comment se présente l'avenir de notre système énergétique? J'ai tenté d'esquisser pour vous les pronostics qui peuvent être formulés jusque vers l'an 2000. Il est hautement improbable que quelque chose d'entièrement nouveau – quelque chose que les ingénieurs d'aujourd'hui ne connaissent pas encore – survienne et se concrétise durant ce laps de temps. Les programmes de recherche de par le monde ne visent pas seulement à découvrir de nouvelles voies ou solutions mais aussi, de façon très pragmatique, de renforcer les techniques existantes. Aux Etats-Unis en particulier le concept de la «sécurité d'exploitation» prend toujours plus de relief, car l'élévation du degré de disponibilité des installations existantes revêt la même importance que la construction de nouveaux ouvrages.

Par ailleurs, nous savons que la transformation d'une forme d'énergie en une autre – par exemple du pétrole en électricité ou en chauffage à distance – n'avance que lentement en raison des considérables investissements d'infrastructure réclamés par chaque forme d'énergie. L'inconnue majeure ne réside pas dans l'éventualité de découvertes ou d'inventions techniques inattendues, mais dans l'attitude de l'opinion publique envers les centrales nucléaires. C'est elle qui conditionnera l'avenir de notre système énergétique et je pense que tout pronostic à cet égard est impossible.

Qu'en est-il cependant de l'évolution technique à plus long terme, jusqu'en 2050 ou 2100? Une évaluation à si longue échéance est hasardeuse. Si un groupe d'experts parfaitement sérieux avait été chargé en 1875 d'esquisser les données de l'année 1975 sur le plan technique, il aurait été complètement dépassé. Tout ce que nous pouvons dire aujourd'hui, c'est que les lois fondamentales de la nature ne se modifieront pas. Les axiomes connus de la thermodynamique, ou les constantes solaires qui nous donnent des renseignements sur l'intensité des rayonnements, sont des points qui ne prêtent pas à controverse. A côté de ceci, il existe cependant des facteurs qui ne contredisent pas ces lois fondamentales, mais que nous n'avons pas encore exploités en raison de leur complexité ou des énormes dépenses qui en découleraient: par exemple les fusions nucléaires ou l'énergie solaire circulant dans l'espace. On peut penser de bonne foi que nous en resterons au status quo. Il serait toutefois anti-scientifique de rejeter a priori toute perspective dans ce domaine. L'arrivée de l'homme sur la lune a démontré que nous pouvions réaliser des exploits frisant le miracle pour peu que la volonté ne fasse pas défaut.

Information de l'opinion publique

J'aimerais maintenant revenir au début de mon exposé, et me livrer à quelques considérations relatives à l'information de l'opinion publique. Il serait souhaitable que nos contemporains prennent conscience des sept faits suivants:

Zur Öffentlichkeitsarbeit

Und nun will ich zum Anfang meines Referates zurückkehren und mich wieder der Frage der Öffentlichkeitsarbeit zuwenden. Es wäre zu wünschen, dass unseren Mitmenschen die folgenden 7 Tatsachen verständlich und glaubhaft gemacht werden könnten:

1. Es ist vernünftig und daher wünschenswert, dass die Energieversorgung eines Landes nach den Stichworten «Umweltschutz – Versorgungssicherheit – Wirtschaftlichkeit» geplant wird. Tut man das, so kommt man zwingend zu einem Ausbau der Kernenergie. Nur sie wird es erlauben, die überwiegende Abhängigkeit vom Erdöl abzubauen – wenigstens langsam und in kleinen Schritten.

2. Die Gefahren einer neuen Technik dürfen nicht für sich allein betrachtet werden, indem man spektakuläre Ereignisse ausmalt; sie müssen in zahlenmässigen Vergleich mit anderen, bereits vorhandenen Gefahren gesetzt werden.

3. Verfahren und Prozesse, die auf dem Niveau von einem Kilowatt demonstriert werden, können nicht ohne weiteres auf das Niveau von einem Gigawatt gehoben werden.

4. Die sogenannten Kleintechnologien (oder sanften Technologien) bestehen aus einfachen und billigen Apparaten. Sie liefern aber wenig Energie. Pro erzeugte Kilowattstunde sind sie investitionsintensiver als grosse Anlagen und belasten auch die Umwelt stärker. Ein installiertes (thermisches) Kilowatt in einem Sonnenkollektor kostet viel mehr als in einem Kernkraftwerk!

5. Die Kernfusion könnte sehr wohl im 21. Jahrhundert die Lösung unserer Energieprobleme bringen, aber nicht im 20.; im übrigen wird durch sie keine einzige der Gefahren, die die heutigen Kernkraftwerkgegner beschäftigen, beseitigt.

6. Fortschritte in Umwandlung und Transport wie Supraleitung, Kryokabel, Brennstoffzellen und dergleichen werden zwar wertvoller sein, lösen aber unser Hauptproblem, nämlich dasjenige der Primärenergien, nicht.

7. Ein vorübergehender Stillstand im Wachstum des Energieverbrauchs in einem ausgesprochenen Rezessionsjahr bedeutet nicht, dass überhaupt keine Zunahme mehr zu erwarten ist; vielmehr können die grossen Forderungen, die der Einzelne heute an die Allgemeinheit stellt – ich erinnere nur an AHV, Gesundheitswesen und Bildungswesen –, nur aufgrund eines angemessenen Wirtschaftswachstums befriedigt werden, welches seinerseits ein steigendes Energieangebot nötig macht.

Die schwierige Aufgabe, diese Tatsachen in eine allgemeinverständliche Sprache zu kleiden, bleibt noch zu tun. Ich erinnere mich lebhaft an eine Tagung einer politischen Partei: Die Partei hatte sich die Aufgabe gestellt, einen energiepolitischen Standort, gewissermassen ein Manifest, zu verfassen. Die geladenen Experten steuerten viele gelehrte Gedanken bei. Aber die Politiker mussten bei der redaktionellen Arbeit immer wieder intervenieren mit der Warnung: «Wir müssen eine verständliche Sprache reden! Zum Beispiel dürfen wir nicht einfach sagen ‚fossile Energieträger‘; glaubt Ihr im Ernst, das Publikum wisse, was damit gemeint ist? Wir müssen sagen, dass wir darunter Erdöl, Erdgas und Kohle verstehen.» Wir sollten uns für unsere öffentlichen Äusserungen nicht nur von den Experten, sondern auch von den Politikern beraten lassen: Ein Politiker, der durch eine Volks-

1. Il est raisonnable, et partant souhaitable, que l'approvisionnement énergétique d'un pays soit planifié selon les principes: «Protection de l'environnement» – «Sécurité d'approvisionnement» – «Economie». Si l'on admet ces principes, on doit accepter sans contredit l'énergie nucléaire. Elle seule nous permettra de nous dégager de notre dépendance à l'endroit du pétrole, au moins lentement et progressivement.

2. Les dangers présentés par une nouvelle technique ne doivent pas seulement être considérés en eux-mêmes, mais être comparés à d'autres, déjà existants.

3. Les processus et procédés démontrés au niveau du kilowatt ne sont pas forcément valables à celui du gigawatt.

4. Les fameuses «technologies douces» requièrent des appareils simples et bon marché. Elles ne fournissent cependant qu'une énergie limitée. Elles réclament, par kWh produit, des investissements plus importants que de grandes installations et obèrent plus fortement l'environnement. Un kilowatt obtenu par un collecteur solaire coûte plus cher que celui produit par une centrale nucléaire!

5. La fission nucléaire pourrait très bien résoudre notre problème énergétique au XXI^e siècle, mais pas au XX^e. Par ailleurs, aucun des dangers préoccupant aujourd'hui les adversaires des centrales nucléaires ne sera écarté.

6. Les progrès qui pourront être réalisés dans le transport – supraconducteurs, câbles cryogènes – la transformation, le stockage et autres seront certes précieux, mais ne résoudront en aucun cas notre problème principal, celui des énergies primaires.

7. Un temps d'arrêt dans l'accroissement de nos besoins en énergie, dans une année de récession marquée, ne signifie aucunement que cet accroissement ne va pas se poursuivre à l'avenir. Au contraire, les revendications que les particuliers formulent à l'endroit de la collectivité – pensons simplement à l'AVS, la santé publique, la formation – ne peuvent être satisfaites que sur la base d'une croissance adéquate de l'économie, laquelle dépend à son tour de l'accroissement de l'offre d'énergie.

Reste à traduire ces faits en une langue intelligible à chacun. Je me souviendrai toujours d'un certain congrès politique. Le parti en question s'était donné pour tâche d'établir une chance de politique énergétique, de rédiger en quelque sorte un manifeste. Les experts invités ont été chaudement félicités. Mais lorsqu'il s'agit de passer à la rédaction proprement dite du texte, les politiciens devaient constamment intervenir en disant: «Nous devons employer un langage compréhensible. Pourquoi recourir par exemple à l'expression ‚agents énergétiques fossiles‘? Pensez-vous sincèrement que le public sache de quoi il retourne? Nous devons employer des termes tels que pétrole, gaz naturel et charbon.» Nous ne devons pas prendre conseil auprès des seuls experts lorsque nous informons l'opinion publique, mais également solliciter l'avis des hommes politiques. Un politicien, contraint qu'il est de se présenter devant l'électeur, sait mieux que l'ingénieur le plus capable quel langage est compris de la population et quel idiome lui est hermétique. L'approfondissement du dialogue est pour nous une question vitale. Les perspectives ici ne sont pas mauvaises car, on peut le dire en toute conscience, le peuple suisse est raisonnable et éclairé. Les votations populaires, considérées durant un laps de temps étendu,

wahl gegangen ist, weiss besser als der gescheiteste Ingenieur, welche Sprache von der Bevölkerung verstanden wird und welche nicht. Es ist für uns existenzwichtig, diesen Dialog zu verstärken. Die Aussichten dazu sind nicht ungünstig, denn – das darf man mit gutem Gewissen sagen – das Schweizervolk ist besonnen und einsichtig. Betrachtet man über längere Zeit die Sachentscheide, wie sie aus Volksabstimmungen hervorgegangen sind, so muss man sagen: Hier hat ein Souverän, also ein Herrscher regiert, dem man ein bemerkenswertes Mass an Weitblick attestieren muss.

Die Energieversorgung ist zwar eine technische Angelegenheit; aber sie ist eingebettet in ein politisches System und ist daher vollständig von ihm abhängig. Das politische System seinerseits wird nicht von Mechanismen getragen, deren Verhalten sich genau vorausberechnen liesse, sondern von Menschen mit ihren Stärken und Schwächen, ihren Eigenheiten und Gefühlen, und dafür wollen wir dankbar sein.

Adresse des Autors:

Prof. Dr. A. P. Speiser, Forschungsdirektor der BBC, 5513 Dättwil.

le démontrent: nous sommes en présence d'un souverain que l'on peut citer en exemple pour sa clairvoyance.

L'approvisionnement énergétique est bien entendu une affaire technique. Il s'insère toutefois dans un système politique et en dépend donc complètement. De son côté, le système politique n'est pas régi par des mécanismes télécommandés, mais par des êtres humains avec leurs forces et leurs faiblesses, leurs particularités et leurs sentiments. Ce n'est pas plus mal ainsi.

Adresse de l'auteur:

Prof. Dr. A. P. Speiser, directeur de la recherche de BBC, 5513 Dättwil.

Protokoll der 84. ordentlichen Generalversammlung des VSE

**vom Freitag, dem 29. August 1975, 16.45 Uhr,
im Amphitheaterraum des Kongresszentrums Lugano**

Der Vorsitzende, Präsident Dr. C. Babaiantz, Direktionspräsident der S.A. l'Energie de l'Ouest-Suisse, Lausanne, heisst die zahlreichen Gäste und die VSE-Mitglieder willkommen. In seiner Ansprache äussert sich Herr Dr. Babaiantz zu den vielfältigen Problemen, die die schweizerische Elektrizitätswirtschaft beschäftigen, und befasst sich auch mit aktuellen Problemen aus der Tätigkeit des Verbandes¹⁾.

Anschliessend eröffnet der Vorsitzende die 84. Generalversammlung des VSE. Er stellt zunächst fest, dass die Einladung durch Publikation im Bulletin SEV/VSE Nr. 15 vom 26. Juli 1975 unter Angabe der Traktanden rechtzeitig erfolgte. In der gleichen Nummer des Bulletins sind auch die Traktandenliste, die Anträge des Vorstandes, die Rechnung und Bilanz des VSE, die ausserordentliche Rechnung 1974 über das Aufklärungsprogramm 1974/76, der Bericht des Vorstandes an die Generalversammlung über das Geschäftsjahr 1974, die Rechnung, die Bilanz und der Jahresbericht 1974 der Einkaufsabteilung enthalten sowie der Bericht der Rechnungsrevisoren.

Die Traktandenliste wird stillschweigend genehmigt.

Trakt. I: Wahl zweier Stimmenzähler und des Protokollführers

Als Stimmenzähler werden die Herren R. Bernasconi, Direktor der Azienda Elettrica Comunale Chiasso, und F. Leuenberger, Betriebsleiter des Elektrizitätswerkes der Gemeinde Kloten, und als Protokollführer wird Herr Dr. E. Keppler bezeichnet.

¹⁾ Der Text der Präsidialansprache ist auf Seite 1062 dieses Bulletins wiedergegeben.

Procès-verbal de la 84^e Assemblée générale ordinaire de l'UCS

**le vendredi 29 août 1975, à 16.45 h
à la Grande Salle du Centre des congrès de Lugano**

Le président, M. C. Babaiantz, président de la direction de la S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse, Lausanne, souhaite la bienvenue aux nombreux invités et aux membres de l'UCS. Dans son allocution, M. Babaiantz aborde les multiples problèmes dont s'occupe l'économie électrique suisse ainsi que les questions d'actualité auxquelles l'Union voue ses soins¹⁾.

Le président ouvre ensuite la 84^e Assemblée générale de l'UCS. Il constate d'abord que la convocation avec énoncé de l'ordre du jour a été publiée en temps utile dans le bulletin de l'ASE/UCS N° 15 du 26 juillet 1975. Dans le même numéro du bulletin figurent également l'ordre du jour, les propositions du Comité, les comptes d'exploitation et le bilan de l'UCS, le compte extraordinaire pour 1974 pour la campagne d'information 1974/76, le rapport du Comité de l'Assemblée générale sur l'exercice 1974, les comptes, le bilan et le rapport annuel 1974 de la Section des achats ainsi que le rapport des vérificateurs des comptes.

N° 1: Nomination de deux scrutateurs et du secrétaire de l'assemblée

MM. R. Bernasconi, directeur de l'Azienda Elettrica Comunale Chiasso, et F. Leuenberger, chef d'exploitation du Service électrique de la ville de Kloten, sont désignés comme scrutateurs et E. Keppler comme secrétaire de l'assemblée.

¹⁾ Le texte de l'allocution présidentielle est reproduit en page 1062 du présent bulletin.