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: 65 (1974)

Heft: 24

Artikel: Überblick über die Weltenergielage

Autor: Morf, J.J. / Roux, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915479

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: 10.12.2025

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

une large latitude d'instabilité la société humaine ne pourra survivre sans utiliser elle aussi une bande de tolérance raisonnable. Un fanatisme intolérant de l'environnement jetterait notre monde aussi sûrement dans un chaos politique et social meurtrier que la négligence totale de ces facteurs. C'est aux scientifiques et techniciens eux-mêmes en grande partie qu'il appartient d'éduquer la société dans le sens d'une compréhension pour une modification acceptable de notre équilibre naturel.

Adresse de l'auteur:

Dr. h. c. A.W. Roth, administrateur-délégué de la S.A. Sprecher & Schuh, 5001 Aarau.

Überblick über die Weltenergielage

Von J. J. Morf und M. Roux

620.9(100)

Im Jahre 1970 betrug der Verbrauch an Primärenergie auf der ganzen Welt – ausgedrückt in mittlerer Brutto-Leistung – zwischen 6000 und 7000 GW brutto

wovon

41 % vom Erdöl

36 % von Kohle, Braunkohle, Torf und Holz

20 % von Erdgas

und nui

3 % von anderen Energiequellen, wie Wasserkraft, Kernenergie, geothermischer Energie und den Gezeiten

stammten.

Der Gesamtenergieverbrauch hat seit Beginn des Jahrhunderts eine geometrische Zunahme erfahren, indem er sich ungefähr alle 15 Jahre verdoppelt hat. In der Annahme, dass es möglich ist, diesen Zuwachs zu bremsen und dann durch eine weltweite Spar- und Einschränkungspolitik zu stoppen, kann man als erste Hypothese für das 21. Jahrhundert die sehr vernünftige Zahl von 30 000 GW annehmen. Andererseits muss man damit rechnen, dass die Erschöpfung des Erdöls sehr wahrscheinlich anfangs des 21. Jahrhunderts Tatsache wird.

Auf Grund dieser zweifachen Hypothese versuchen die Referenten der Tagung zu zeigen, welche Rolle die nicht konventionellen Energiequellen wie der Wind, die Erdwärme, die thermische Energie der Meere, die Gezeiten, die Wellen, die Brutreaktoren, die Fusion und die Sonnenenergie spielen könnten.

Die Anwendung der Elektrizität als Sekundär- oder Zwischenenergie ruft nach einer betonteren Entwicklung als bisher und wird vielleicht durch die Verwendung von Wasserstoff als neue Sekundär-Energieart vervollständigt, welcher leicht zu lagern und zu transportieren ist.

Um die nichtkonventionellen Energiequellen im Verhältnis zu den üblichen Quellen zu bestimmen, zeigen die Tabellen Ia und Ib die mittleren Bruttoleistungen, welche die Menschheit den verschiedenen Primärenergiequellen im Jahre 1970 entnommen hat.

Der gesamte jährliche Energieverbrauch wurde in mittlere Leistung umgewandelt und in Gigawatt (GW) ausgedrückt.

Eine mittlere Bruttoleistung von 1 Gigawatt entspricht ungefähr:

800 000 t Erdöl pro Jahr oder
5 Millionen Fass Erdöl pro Jahr oder
1,1 Mio t Kohle pro Jahr oder
7500 Terakalorien pro Jahr oder
3 · 10¹³ BTU pro Jahr oder
8,76 Milliarden Brutto- (oder thermische) kWh pro Jahr.

Je nach Bedarf geben die Tabellen IIa und IIb über andere Umrechnungsfaktoren Auskunft.

Um eine Vorstellung von einem Gigawatt zu geben, erinnern wir daran, dass ein grosses, modernes thermisches Kraftwerk ungefähr 3 GW in Form von Bruttoenergie (thermische) liefert. Dies erlaubt, 1 GW in elektrischer Form zu erhalten.

En 1970, la consommation mondiale d'énergie primaire exprimée en puissance moyenne brute était située entre 6000 et 7000 GW bruts

dont

41 % provenaient du pétrole

36 % des charbons, lignites, tourbes et bois

20 % du gaz naturel et seulement

3 % des autres sources primaires telles que les énergies hydraulique, nucléaire, géothermique et marémotrice.

La consommation globale d'énergie a suivi depuis le début du siècle une progression géométrique en doublant tous les quinze ans environ. En admettant que l'on arrive à freiner cette croissance puis à la stopper par une politique mondiale d'économie et de restrictions, on peut adopter comme première hypothèse le chiffre raisonnable de 30 000 GW pour le courant du 21° siècle. D'autre part, on doit admettre que l'épuisement du pétrole aura vraisemblablement lieu au début du 21° siècle.

C'est dans cette double hypothèse que les conférenciers des deux journées cherchent à montrer le rôle que pourraient jouer les sources d'énergie non conventionnelles telles que le vent, la chaleur terrestre, la chaleur des mers, les marées, la houle, les surgénérateurs, la fusion et l'énergie solaire.

L'utilisation de l'électricité, comme énergie secondaire ou intermédiaire, est appelée à un développement plus marqué que jusqu'ici et sera peut-être complétée par l'utilisation de l'hydrogène comme nouvelle forme d'énergie secondaire facilement stockable et transportable.

Gemäss Tabelle Ia und b verbrauchte die Welt im Jahre 1970 6000 bis 7000 GW brutto. Der Anteil der Schweiz betrug damals 19 GW. (Im Gegensatz zur Praxis, die zur Erarbeitung der Statistiken der Vereinigten Staaten und der Vereinigten Nationen angewandt wird, wurde darauf verzichtet, die hydraulische Energie um einen arbiträren Faktor von 2,4 bis 2,8 aufzuwerten.)

Der Bruttoenergieverbrauch pro Kopf, ausgedrückt in mittlerer Bruttoleistung, kann sowohl in kW/Kopf wie in GW/M Kopf (Bruttogigawatt pro Mill. Einwohner) ausgedrückt werden. Es muss betont werden, dass diese Grösse mit dem Bruttosozialprodukt (BSP) pro Kopf zusammenzuhängen scheint. Fig. 1 zeigt diesen Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und BSP für verschiedene Länder im Jahre 1968 («Il problema dell'energia al soglie degli anni Settanta», Enciclopedia della Scienza e della Tecnica Mondadori, S e T 72, 21). Die neue Stellung der Schweiz und der USA im Jahre 1973 wurde beigefügt (Bruttoverbrauch von 3,54 kW/Kopf und ein BSP von Fr. 20 000.—/Kopf bzw. 11,4 kW/Kopf und Fr. 17 800.—/Kopf; BSP gemäss Informationen «24 Heures» vom 19. November 1973 und 15. Februar 1974). Selbstverständlich «tanzt» das BSP in Schweizerfran-

ken pro Kopf wie der Wechselkurs und ist keine Einschätzung des «menschlichen Glücks».

Im Jahre 1970 betrug der Weltenergieverbrauch, ausgedrückt in mittlerer Bruttoleistung, 6000 bis 7000 GW für 3,65 Milliarden Einwohner, d. h. 1,75 kW/Kopf. In der Annahme, dass die Vernunft der Nationen es ermöglicht, das demographische Wachstum bei ungefähr 6 Milliarden Einwohnern zu stoppen und die Energienachfrage im Mittel auf 5 kW/Kopf zu beschränken (Hälfte des Verbrauchs der USA 1970), könnte man auf ein Null-Wachstum des Gesamtenergieverbrauches, ausgedrückt in mittlerer Bruttoleistung, im Bereiche von 30 000 GW im Laufe des 21. Jahrhunderts abzielen. Dies ist aber eine sehr optimistische Betrachtungsweise des Problems.

Wenn man aber im Gegenteil annimmt, dass die Nachfrage und die Erzeugung weiterhin gemäss der geometrischen Zunahme in Form einer Verdoppelung alle 15 Jahre steigen, kommt man zu folgenden Zahlen:

1985 ungefähr 12 500 GW 2000 ungefähr 25 000 GW 2015 ungefähr 50 000 GW 2030 ungefähr 100 000 GW 2075 ungefähr 800 000 GW

Heute ist niemand in der Lage, genau vorauszusagen, wie die Energienachfrage im Laufe des nächsten Jahrhunderts steigen wird. Man kann aber ohne grosses Fehlerrisiko behaupten, dass der Weltenergieverbrauch irgendwann im Laufe des 21. Jahrhunderts 30 000 GW brutto erreichen wird (Fig. 2).

Gewinnung und Verbrauch, aufgeteilt nach Energiequellen, in GW, brutto

Konventionelle Energiequellen

Tabelle Ia

1970		Welt	West- europa	UdSSR und Ost- europa	Nord- amerika	Mittel- und Süd- amerika	Naher Osten	China + Komm. Asien	Asien + Ozeanien	Afrika	Übrige
Kohle	Gewinnung Verbrauch	2190	346 403	730 703	516 452	8	6,4 6,4	362 361			
Rohöl	Gewinnung Verbrauch	2740	22,8 690	443 378	674 938	281	830 44,8	23,8 32,8	289	350	- 2
Erdgas	Gewinnung Verbrauch	1310	96 99	282 286	835 820		23,8 22,8				
Holz¹)	Gewinnung Verbrauch	< 10									
Torf	Gewinnung Verbrauch	<100									
Wasserkraft	Verbrauch	134	38,5	15,6	46,7	1	0,65	5,1	13		
Kernspaltung	Gewinnung Verbrauch	6,4 27	0,5 16,5	1,5	4,7 8,6				0,1 0,4	1,2	

¹⁾ Schweiz: 0,35 GW, d. h. 1,6% des Gesamtenergieverbrauchs.

Quellen: World Energy Supplies 1968-1971, ST/STAT/SER.J/16, United Nations

Beiträge aus: LRP 63/73, EPF-Lausanne Statistiques de l'énergie 1958–1972 OCDE 1974

Uranium, Resources, Production and Demand, OCDE-IAEA 1973

Gewinnung und Verbrauch, aufgeteilt nach Energiequellen, in GW, brutto

Nichtkonventionelle Energiequellen

Tabelle Ib

1970		Welt	West- europa	UdSSR und Ost- europa	Nord- amerika	Mittel- und Süd- amerika	Naher Osten	China + Komm. Asien	Asien + Ozeanien	Afrika	Übrige
Wind Geothermisch 2) Gezeiten 3) Wellen Therm. Energie der Meere Kernfusion Brutreaktoren Sonne	Gewinnung und Verbrauch	7,2 ≈ 0,5 ≈ 0,4	3,18	0,55	0,56	0,56	· ·		2,34		
Total konv. und nichtkonv.		6000 7000									
Annahme für 21. Jh.		30 000									

²) Setzt einen Wirkungsgrad Wärme-Elektrizität von ungefähr 10 % voraus.

³⁾ Rance: geschätzte Produktion: 12% des Gesamtenergieinhalts der Bucht (Füllung und Entleerung).

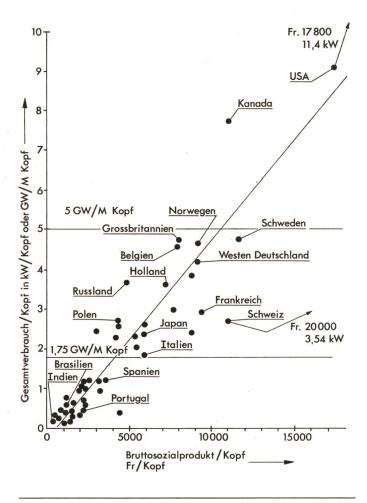


Fig. 1 Energieverbrauch (Leistung) pro Kopf als Funktion des Bruttosozialproduktes/Kopf in sFr./Kopf im Jahre 1968 (und Werte für die Schweiz und die USA 1973)

Tabelle III gibt, als Orientierung, eine Schätzung der Energievorräte, über welche die Menschheit verfügt. Jedermann weiss heutzutage, dass es scheinbar das Erdöl ist, das uns in erster Linie fehlen wird. Die hunderttausend Gigawatt-Jahre, welche uns bleiben, wären im Jahre 2010 erschöpft, wenn man den Erdölverbrauch auf seinen Wert von 1970, d. h. 2700 GW, beschränken würde, aber viel eher, wenn man den Verbrauch wie bisher steigen lässt. Das Datum ist nicht so wichtig, das Wesentliche ist heute, sich be-

Umrechnung der verbrauchten jährlichen Energien in mittlere Leistung (GW)

*			
1.	015	111	ng

Tabelle IIa

Einheit	GW		
1 kWh/Jahr	$1,141 \cdot 10^{-10}$		
1 TWh/Jahr	0,114		
1 GWh/Monat	$1,37 \cdot 10^{-3}$		
1 MWh/Tag	$4.17 \cdot 10^{-5}$		
1 MWd/Jahr	$2,738 \cdot 10^{-6}$		
1 kcal/Jahr 1)	$1,326 \cdot 10^{-13}$		
1 Thermie/Jahr 1)	$1,326 \cdot 10^{-10}$		
1 BTU/Jahr 1)	$3,343 \cdot 10^{-14}$		
1 Q/Jahr 1)	3,343 · 104		
1 t SKE/Jahr 1)	8,29,8 · 10-7		
1 t OeE/Jahr 1)	$1,11,5 \cdot 10^{-6}$		
1 t GE/Jahr 1)	$1,01,5 \cdot 10^{-6}$		
1 Nm ³ /Jahr ¹)	$1,01,2\cdot 10^{-9}$		
1 US Fass/Jahr 1)	\approx 1,9 · 10 ⁻⁷		
1 t U ²³⁵ /Jahr ¹)	≈3		
1 t U ²³⁸ /Jahr ¹)	≈2,2		
1 t D/Jahr 1)	10,7		
1 t Li ⁶ /Jahr ¹)	11,4		

¹) Statistiker der USA und der Vereinigten Nationen verwenden in allgemeinen Umrechnungsfaktoren, die einen mittleren Wirkungsgrad der elektrischen Kraftwerke berücksichtigen. Wir haben dieses Konzept verworfen.

Umrechnung der Energieeinheiten in GW-Jahre

Energie

Tabelle IIb

Einheit	kWh	Joules	GW-Jahr 2)
1 kWh	1	$3,6 \cdot 10^{6}$	1,141 · 10 ⁻¹⁰
1 kW-Jahr	$8,765 \cdot 10^3$	$3,156 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{-6}$
1 TWh	109	$3.6 \cdot 10^{15}$	0,114
1 MWd	$2,4 \cdot 10^4$	$8,64 \cdot 10^{10}$	$2,738 \cdot 10^{-6}$
1 kcal (mittlere)	$1,163 \cdot 10^{-3}$	4,186 · 10 ³	$1,327 \cdot 10^{-13}$
1 Thermie (10 ³ kcal)	1,163	4,186 · 106	$1,327 \cdot 10^{-10}$
1 BTU (Britisch Thermal Unit)	$2,93 \cdot 10^{-4}$	1,055 · 10 ³	$3,343 \cdot 10^{-14}$
$1 \text{ Q} (= 10^{18} \text{ BTU})$	$2,93 \cdot 10^{14}$	$1,055 \cdot 10^{21}$	$3,343 \cdot 10^4$
1 t SKE (Steinkohleeinheit) 1)	$7,28,6 \cdot 10^3$	$2,63,1 \cdot 10^{10}$	$8,169,81 \cdot 10^{-7}$
1 t OeE (Öleinheit) 1)	$1012,6 \cdot 10^3$	$3,64,6 \cdot 10^{10}$	$1,11,44 \cdot 10^{-6}$
1 t GE (Gaseinheit) 1)	$9,312,9 \cdot 10^3$	$3,34,6 \cdot 10^{10}$	$1,061,47 \cdot 10^{-6}$
1 Nm³ (Erdgas)¹)	910,8	$3,23,8 \cdot 10^7$	$1,031,23 \cdot 10^{-9}$
1 Fass (Erdöl = 159 Liter) (Schätzung) 1)	$1,68 \cdot 10^3$	$6.1 \cdot 10^9$	$1,9 \cdot 10^{-7}$
1 t U ²³⁵ (gespalten) (Schätzung) ¹)	$2,63 \cdot 10^{10}$	$9,5 \cdot 10^{16}$	3
1 t U ²³⁸ (gespalten) (Schätzung) ¹)	$1,93 \cdot 10^{10}$	$6,9 \cdot 10^{16}$	2,2
1 t D (D-D theoretisch) 1)	$9,38 \cdot 10^{10}$	$3,38 \cdot 10^{17}$	10,7
1 t Li ⁶ (D-T theoretisch) 1)	1 · 1011	$3,6 \cdot 10^{17}$	11,4
1 t c^2 (Masse \rightarrow Energie)	$2.5 \cdot 10^{13}$	9 · 1019	$2,85 \cdot 10^3$
1 MeV	$4,45 \cdot 10^{-20}$	$1,602 \cdot 10^{-13}$	5,077 · 10-30
1 t TNT	$1,18 \cdot 10^{6}$	$4,25 \cdot 10^{12}$	$1,35 \cdot 10^{-4}$

¹⁾ Diese Äquivalenzen setzen eine vollkommene Verbrennung und die Nutzung der Energie unmittelbar als thermische Energie voraus. Nur ein Teil dieser Energie kann praktisch in mechanische oder elektrische Energie umgewandelt werden (z. Z. 30 bis 40 % für fossile Brennstoffe und für U²³⁵).

 $^{^{2}}$) 1 mittleres Jahr = 8766 h.

Vorräte (TW-Jahre brutto*) und natürliche Kräfte (GW brutto) in der Welt

Geographische Verteilung (% des betreffenden Brennstoffes)

(2) (1) (2) (2) (3) (3) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4	Constant of the constant of th	To come and the come of the co						1						Tabelle III
		Welt	Westeuropa UdSS	UdSSR	Osteuropa ohne UdSSR	China	USA	Kanada	Nord- amerika	Mittel- und Südamerika	Naher	Mittel- Osten + Australien	Asien	Afrika
Kohle ¹)		7 000	5	56,3			19,5		7,9				6,8	1,4
Rohöl		113	1,3		16,1		5,9	1,4		5,1	58,5	2,5		9,2
Erdgas	рге	58	19,3		32,9		15,6	3,1		4,2	19,8	4		11,1
$U_3O_8^{-2}$)	st-W	2 600	9,8		100		29,7	27,4						24,4
Li nat.³)	ΛL	22 000 280 000		gleich	gleichmässige Verteilung	eilung	5			¥	X			2
Deuterium 4)		> 3,3 · 10 ¹¹					≈10			-				
Geothermisch ⁵)		13 000		,										
Hydraulisch ⁶)		< 3 000							,					
Wind 6)		≈ 100												
Gezeiten 6)	1	≈ 64											,	
Wellen ⁶)	СM													,
Therm. Energie der Meere ⁶)			,		ı								· ·	. 1
Holz ⁶)		≈3 000												1
Sonne 6)		$116 \cdot 10^{6}$			=									
														,
							y							
			×							4	ď			,
								·		e e				
-		,												
	1						132							
							96		, -					
						i								

 $^{^*}$) 1 TW-Jahr = 1000 GW-Jahre.

^{1) «}minable coal» $\approx 50\%$ der in der Erdkruste vorhandenen Kohle (Kohlenflöze in Tiefen < 2 km, Mächtigkeit > 36 cm).

²⁾ zu \$10/1b (Leichtwasser- und Brutreaktoren).

³⁾ Nachgewiesene bis wahrscheinliche Vorräte (D-T Fusionreaktion)

⁵⁾ Theoretische Grenzen des Wärmeflusses an der Oberstäche der Kontinente.

⁶) Potentielle Leistungen; insbesondere für die Sonnenergie, jährliches Mittel der auf die Erdoberfläche fallenden Sonnenstrahlungsenergie, davon 24...30 · 10⁶ GW auf die Kontinente.

Quelle: Beiträge aus: LRP 63/73 - EPF-Lausanne (75 andere Referenzen) und Beiträge von Prof. Weibel.

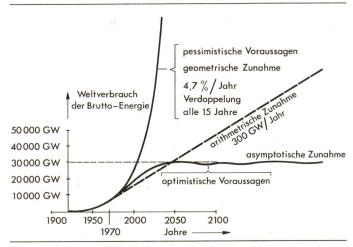


Fig. 2 Grenzentwicklungen des Weltverbrauches der Brutto-Energie im Laufe des nächsten Jahrhunderts

Die Zahl von 30 000 GW wurde angenommen als vernünftige Diskussionsgrundlage zur Bestimmung des Anteiles der nichtkonventionellen Energiequellen in einer Zukunft, die unsere Kinder betrifft.

wusst zu sein, dass in einem gegebenen Moment im Laufe des 21. Jahrhunderts nicht mehr mit dem Erdöl gerechnet werden darf, um unsere Bedürfnisse an Energie zu decken.

Es sei noch bei dieser Gelegenheit festgehalten, dass die kleine Erdölkrise vom Oktober 1973 bis März 1974, welche aus politischen Gründen inszeniert wurde, mit der Erschöpfung des Erdöls, die uns im 21. Jahrhundert erwartet, nichts zu tun hat. Im Gegenteil, sie hat den Vorteil gehabt, die Menschen zum Nachdenken zu zwingen. Jetzt, da sich die Gemüter beruhigt haben, tauchen drei unerlässliche Handlungslinien auf:

- 1) Der *Energieverbrauch* muss mit allen vernünftigen wirtschaftlichen, technischen und politischen Mitteln *eingeschränkt* werden.
- 2) Sämtliche Formen von Primärenergie, konventioneller Art oder nicht, müssen innerhalb vereinbarten wirtschaftlichen Grenzen ausgewertet werden.
- 3) Jede Form von Energie muss in jenem Anwendungsbereich rationell eingesetzt werden, wo sie am wirkungsvollsten und am unschädlichsten ist.

Damit ist die langfristige Betrachtungsweise, in welcher sich die Vortragenden dieser Informationstagung einfügen, bestimmt. Jeder wird versuchen, den Teil der Leistung abzuschätzen, welche die nichtkonventionelle Energieart, von der er berichten wird, liefern könnte.

Wir werden so einen konkreten und bezifferten Begriff davon erhalten, was die Menschheit vom Wind, den Gezeiten, Wellen, der thermischen Energie der Meere, Erdwärme, den Brutreaktoren, der thermonuklearen Fusion und Sonnenbestrahlung an Energie gewinnen könnte.

Zwei Formen von Zwischenenergie sollten noch erwähnt werden, welche keine Energiequellen sind, aber nützliche Mittel, die Energie zu transportieren oder sie zu speichern. Ausserdem ermöglichen sie, gewisse Formen von Primärenergie auszunützen, welche sonst unbrauchbar wären.

Es handelt sich einerseits um die elektrische Energie, welche benötigt wird, um die hydraulische und die Kernenergie auszunützen. Andererseits könnte der Wasserstoff, eine noch nicht konventionelle Sekundärenergie, gewisse Transportund Speicherungsprobleme lösen.

Wenn es nicht mehr möglich sein wird, die Energie durch Rohrleitungen zu transportieren (eine Leitung von 1 m Durchmesser kann 40 GW, brutto in Form von Erdöl transportieren), werden die Elektrizität und der Wasserstoff den Ersatz des Erdöls übernehmen müssen.

Umwandlung der genutzten Energie (GW, brutto)

Tabelle IV

Primärenergie		Zwischenenergie	Endenergie
Kohle	2190		
Erdöl	2740	Abwärme +	Industrie?
Erdgas	1310	Netzverluste + ≈ 800	
Holz	< 10	Eigenverbrauch	11 1 10
Torf	<100	(El. Kraftwerke)	Handel?
Wasserkraft	134	<i>b</i>	
Kernspaltung	27	Elektrizität 2,400	Haushalt?
Geothermisch	≈7,2	(El. Kraftwerke) ≈ 400	
Gezeiten	≈ 0.5		
Wellen	0		Transport
Therm. Energi	e	Nicht ≈ 5200	
der Meere	0	elektrisch ~ 3200	
Kernfusion	0		
Brutreaktoren	≈ 0,4		
Sonne	?		
Mensch	≈40		

Der Beitrag zur Elektrizitätserzeugung der mit fossilen Brennstoffen laufenden Kraftwerke erreicht 1200 GW, brutto, unter der Annahme eines mittleren Wirkungsgrades von 35 %.

Die menschliche Leistungsfähigkeit wird im Durchschnitt auf 10 W pro Person geschätzt.

Energieverteilung gemäss Verbrauchssektoren (GW, brutto und %)

Tabelle V

1970	_	Industrie	Handel + Haushalt	Transport	Elektrizitätserzeugung und -verluste	Total
USA	GW %	770 30,8	515 20,6	595 23,9	620 24,7 ¹)	2500 100
EG (9)	GW %	382 42,6	370 41,3	144 16,1	in den anderen Sektoren inbegriffen	896 100
Schweiz	GW %	5,4 28,5	9,1 47,8	4,5 23,7	in den anderen Sektoren inbegriffen	19 100

¹⁾ Wovon 1/3 in die Zähler gelangt.

Quellen: USA, Schweiz: Beiträge aus LRP 63/73 EPF-Lausanne

EG: Statistique des Communautés Européennes, Luxembourg, 1973.

Energieverteilung gemäss Verbrauchsformen (Schweiz 1972) Tabelle VI

Wärme	Raumheizung Warmwasserbereitung Industrie – Prozesswärme	}≈50 % ≈20 %
Mechanische Arbeit	Industrie, Transport	≈26 %
Chemische Verfahren	Elektrolyse und andere chemische Verfahren (ohne Wärme weder Arbeit)	3,8 %
Licht	**	0,2 %

Quelle: Pressekonferenz von Bundesrat W. Ritschard, vom 28. 2. 1974.

Die Tabellen IV, V und VI vervollständigen den Überblick über die Weltenergielage.

Es sei noch die Wichtigkeit der Verluste von 800 GW (Tab. IV) betont, welche die Umwandlung der Primärenergien in elektrische Energie verursacht.

Die hydraulische Energie macht hier eine Ausnahme:

- Mit 1 GW brutto aus hydraulischer Kraft erhält man ohne weiteres 0,8 GW elektrische oder thermische Leistung in den Häusern;
- Mit 1 GW brutto aus Erdöl erhält man in den Häusern 0,5 GW bis 0,8 GW thermische Leistung im Falle von ausgezeichneten Heizungen oder nur 0,33 GW elektrische Leistung (aus diesem Grunde werten die amerikanischen Statistiken die Produktion von hydro-elektrischer Energie auf).

Technisch erscheint es möglich, ohne sichtbare Verluste von einem Gigawatt in elektrischer Form auf ein Gigawatt in Form von Dampf bei 500 °C, dann auf ein Gigawatt in Form von heissem Wasser bei 90 °C und schliesslich auf ein Gigawatt in Form von heisser Luft bei 25 °C zu gelangen.

In dieser Reihenfolge umgewandelt, scheint die Leistung im Sinne des ersten Prinzips der Wärmelehre konservativ zu bleiben, doch ihr Wert verschlechtert sich in dem Masse, wie die umgekehrte Umwandlung nicht mehr möglich ist.

Adressen der Autoren:

Prof. J. J. Morf, Ecole polytechnique fédérale, Département d'électricité, 16, chemin de Bellerive, 1007 Lausanne, und M. Roux, Eidg. Amt für Energiewirtschaft, Kapellenstrasse 14, 3001 Bern.

Zusammenfassungen aller Vorträge – Résumés de toutes les conférences

Windenergie: Ausführungen, Erwartungen und Grenzen Von W. Schönball

Zusammenfassung 1)

Der im Jahre 1973 auf der deutschen Nordseeinsel errichtete gegenläufige NOAH Doppelrotor zur Stromerzeugung hat einen Rotordurchmesser von 11 m, und der von den Rotorblättern direkt angetriebene Drehstromgenerator von 70 kW, 380 V soll einen Jahresertrag von bis zu 150 000 kWh erreichen (mittlere Leistung 17 kW).

Zurzeit werden Windrotoren zur Stromerzeugung im wesentlichen in den folgenden drei Gruppen entwickelt:

- a) Mit horizontaler Achse und 1...3 aerodynamisch gestalteten Rotorblättern sowie einer relativ hohen Umdrehungszahl, die durch Rotorblattverstellung konstant gehalten wird;
- b) Mit horizontaler Achse und 3...6 aerodynamisch gestalteten Rotorblättern ohne Blattverstellung, jedoch mit elektronisch oder mechanisch geregelter, variabler Drehzahl im Optimum der aerodynamischen Auslegung:
 - c) Mit vertikaler Achse und aerodynamisch gestaltetem Rotorring.

Windrotoren können in Gruppen zusammengefasst werden und innerhalb eines dezentralisierten Energieversorgungsnetzes Elektrizität insbesondere für Heizzwecke liefern. Im vergangenen Jahrhundert waren schätzungsweise 100 000 Windmühlen in Europa installiert. Ausgerüstet mit einem Rotor von 50 m Radius könnte diese Anzahl von modernen Windrotoren einen mittleren Jahresertrag von 23 GW erwarten lassen.

Der bisher grösste Windrotor wurde 1941 von Smith-Putnam mit einem Rotor-Radius von 54 m und einer installierten Leistung von 1250 kW in Vermont (USA) gebaut. Es wird heute vorgeschlagen, Windrotoren bis zu einem Radius von 65 m beziehungsweise 10 000 m² Rotorkreisfläche zu bauen.

1) Das vollständige Referat steht im Sonderdruck zur Verfügung.

Energie éolienne : Réalisations, espoirs et limites

Par W. Schönball

Résumé 2)

Le rotor à deux hélices tournant en sens opposés de l'éolienne NOAH, aménagée en 1973 sur l'île allemande de la mer du Nord, a un diamètre de 11 m et l'alternateur triphasé de 70 kW, 380 V, entraîné directement par les pales, peut fournir annuellement une énergie jusqu'à 150 000 kWh (17 kW en moyenne).

Actuellement, les éoliennes pour production de courant électrique sont les trois groupes principaux suivants:

- a) A axe horizontal et 1 à 3 pales aérodynamiques tournant à une vitesse relativement élevée, maintenue constante par ajustage des pales;
- b) A axe horizontal et 3 à 6 pales aérodynamiques, non ajustables, mais avec vitesse de rotation réglée électroniquement ou mécaniquement à l'optimum de la conception aérodynamique;
 - c) A axe vertical et anneau rotorique aérodynamique.

Les éoliennes peuvent être groupées et fournir, dans un réseau de distribution d'énergie décentralisé, de l'électricité, notamment pour le chauffage. Le siècle passé, quelque 100 000 moulins à vent étaient installés en Europe. Equipés d'un rotor de 50 m de diamètre, ce nombre d'éoliennes modernes pourrait fournir une puissance annuelle moyenne de 23 GW.

La plus grande des éoliennes construite jusqu'ici est celle de Smith-Putnam, en 1941, d'un diamètre de rotor de 54 m et d'une puissance installée de 1250 kW, au Vermont (USA). On propose maintenant des éoliennes d'un rayon jusqu'à 65 m, correspondant à une surface circulaire de 10 000 m².

Les possibilités d'utilisation économique des éoliennes dépendent de leur prix compétitif. Actuellement, le prix est encore de

2) Le texte complet de l'exposé se trouve dans le tiré à part.