

# Globale Energieversorgungsengpässe?

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **78 (1987)**

Heft 2

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-903803>

## **Nutzungsbedingungen**

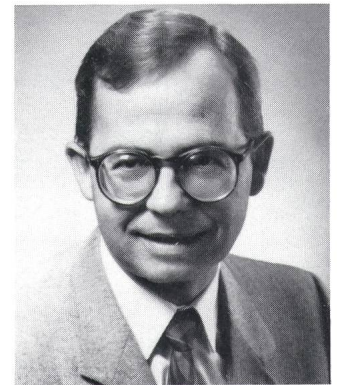
Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



# Globale Energieversorgungsengpässe?

H. Baumberger

**Erstmals wurde an der Weltenergiekonferenz 1986 eine Studie vorgestellt, die die Energieverbrauchsprognosen zu den Weltenergievorräten in Beziehung setzt. Trotz der extrem langfristigen Betrachtungsweise mit entsprechenden Unsicherheiten vermittelt diese Untersuchung interessante Einblicke. Danach ist offenbar vor der Jahrtausendwende kaum mit ernsthaften Versorgungsengpässen zu rechnen – es sein denn politische oder kriegerische Ereignisse beschwören Engpässe herauf. Bereits um das Jahr 2010 sind dann aber beim Uran und beim Erdöl Spannungen zu erwarten. Beim Erdgas tritt diese Situation etwa um das Jahr 2020 auf. Dabei wird der Beitrag von den erneuerbaren Energien mit 15–25% bereits in substantieller Grösse in Rechnung gestellt. Ein einzelner Energieträger allein dürfte kaum die Lösung dieser Probleme bringen. Aber immerhin kann man den Schluss ziehen, dass man mit einer sparsamen und rationellen Energieverwendung immer auf der sicheren Seite liegt.**

## 1. Einleitung

Auch die 13. Weltenergiekonferenz, die im Oktober 1986 in Cannes abgehalten wurde, hat sich mit den Perspektiven der Weltenergieversorgungslage befasst. Die «Conservation Commission», die für dieses Vorhaben verantwortlich zeichnete, stand unter der Ägide von Marcel Boiteux, dem Präsidenten der Electricité de France, der auch neuer Präsident der Weltenergiekonferenz wurde. Sie hat dabei erstmals eine Methodik benutzt, welche die Energieverbrauchsprognosen zu den Weltenergievorräten in Beziehung setzt.

Damit wollte man insbesondere Aufschluss auf die Frage erhalten, ob der gegenwärtig herrschende Angebotsüberfluss auf den Energiemärkten nur ein Strohfeuer oder aber ein langandauerndes Phänomen ist. Der vieldiskutierte Bericht trägt denn auch die Überschrift: «Energieüberfluss – Mythos oder Realität?»

## 2. Prognose der Energienachfrage

Beim ersten Schritt – der Prognose des Energieverbrauchs – wurde nicht der Versuch unternommen, das Rad nochmals zu erfinden. Aus der Sicht der anstehenden Problematik wurde erkannt, dass in drei Jahren – d. h. der

Zeit, die seit der Weltenergiekonferenz in Neu Delhi von 1983 verflossen ist – die Perspektiven sich nicht grundlegend verändern konnten. So hat man sich an dieser Front auf schon Bestehendes beschränkt. Es bietet den Vorteil, dass auch bezüglich der vorliegenden Berichterstattung an die Darstellung von vor drei Jahren angeknüpft werden kann.

In diesem Zusammenhang sollte man sich daran erinnern, dass die Verbrauchsprognosen von Neu Delhi schon wesentlich reduzierte Prognosen waren. Anlässlich der Weltenergiekonferenz in Istanbul von 1977 wurde der Weltenergiebedarf im optimistischen Szenario für das Prognosejahr 2020 auf 44,5 Mia TOE angesetzt. 1980 in München waren es noch 20,1 Mia TOE und in Neu Delhi 18,5 Mia TOE für das optimistische und 14,4 Mia TOE für das einigermassen realistische Szenario. Diese beiden letzten Szenarien bildeten also die Grundlage für die neuen Abklärungen.

Um der Problematik des Stoffes – nämlich der Frage der Reichweite der Energieressourcen – gerecht zu werden, war es allerdings nötig, den Zeithorizont sehr langfristig anzusetzen. Er wurde deshalb von 2020 auf das Jahr 2060 ausgedehnt. Im vollen Bewusstsein der Unwägbarkeiten eines solch extrem langfristigen Unterfan-

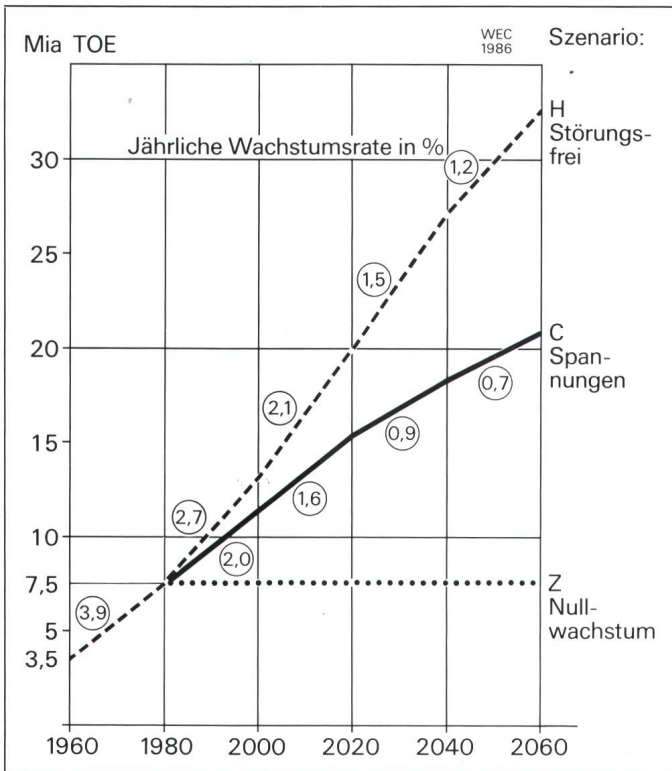
**Tabelle I**  
Weltbevölkerung  
(in Mia)

	1960	1980	2000	2020	2060
Nord	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7
Süd	2,0	3,2	4,7	6,2	8,0
Welt	3,0	4,4	6,1	7,8	9,7
Jährliche Wachstumsraten:					
Nord	1,0%	0,6%		0,2%	
Süd	2,4%	1,7%		0,6%	
Welt	2,0%	1,4%		0,5%	

WEC  
1986

### Adresse des Autors

Dr. Heinz Baumberger, stv. Direktor  
Nordostschweizerische Kraftwerke AG,  
5401 Baden



Figur 1  
Prognosen des  
Weltenergie-  
verbrauchs

schen in den Entwicklungsländern eine eher bescheidene Perspektive dar.

### 3. Bedarfsdeckung nach Energieträgern

Was die Deckung der Gesamtenergienachfrage nach den einzelnen Energieträgern anbelangt, wurde ebenfalls auf die Ergebnisse von Neu Delhi zurückgegriffen und der Zeithorizont bis auf 2060 hinaus ausgedehnt. Diese Weiterführung hat insofern hypothetischen Charakter, als man ja gerade herausfinden will, wann die Energievorräte allenfalls erschöpft sein werden.

Das Resultat dieser Perspektive ist aus Figur 3 für Szenario C ersichtlich. Es stellt den Versorgungsbeitrag von insgesamt 7 Energiequellen dar, wobei es sich bei dreien um erneuerbare Energien und bei vieren um nichterneuerbare, endliche Energien handelt. Bei den erneuerbaren Energiequellen stellt sich natürlich das Problem der Erschöpfbarkeit nicht. Ihr Anteil an der Gesamtversorgung wird auf 15% im Jahre 1980 und 25% im Jahre 2060 geschätzt. Figur 3 macht auch tiefgreifende Umschichtungen sichtbar, verändern sich doch die prozentualen Anteile der einzelnen Energieträger wie folgt (für Szenario C):

gens verspricht diese Betrachtungsweise doch recht interessante Einblicke.

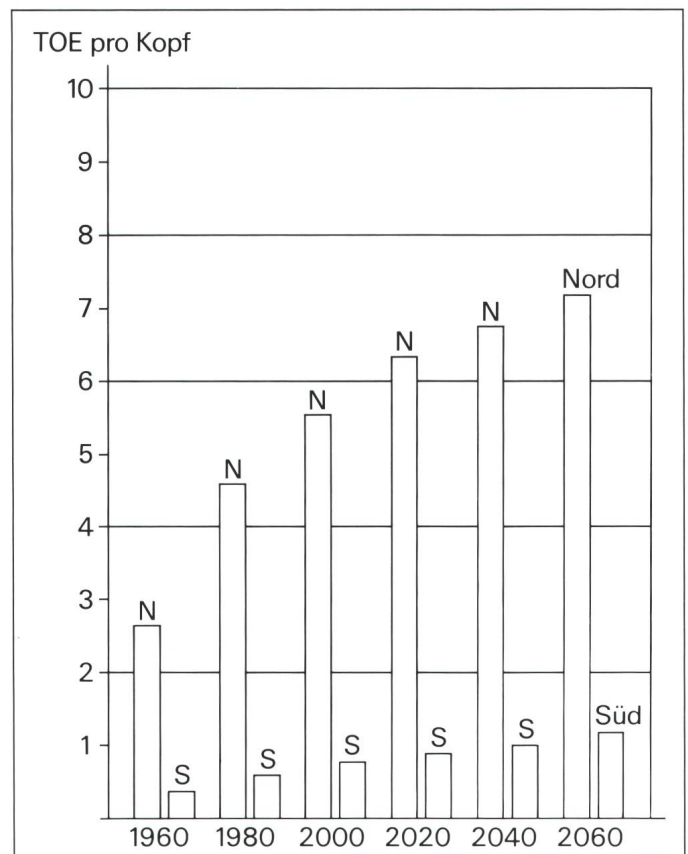
Ausgegangen wurde von einem Bevölkerungswachstum, das sowohl in den Industrieländern (Nord) als auch den Entwicklungsländern (Süd) eine leicht sinkende Tendenz aufweist. Wie aus der Tabelle I hervorgeht, wird sich die Weltbevölkerung bis 2060 der 10-Milliarden-Grenze nähern und über 80% der Menschen werden in den Entwicklungsländern leben.

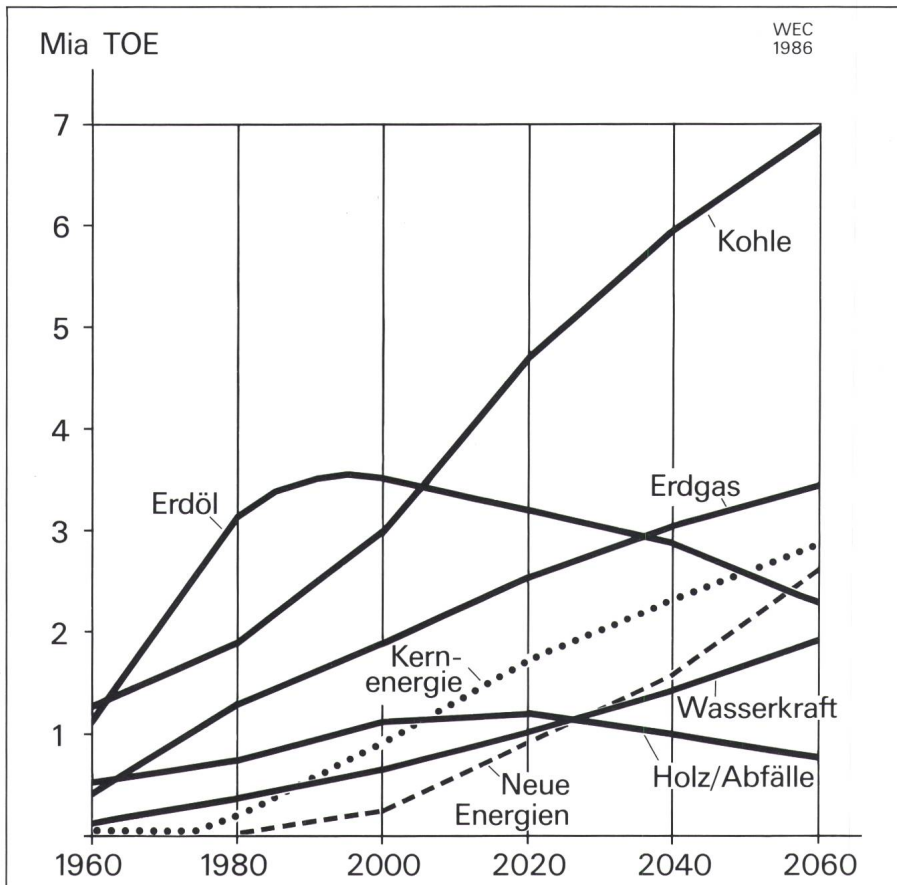
Ausgehend von diesen Bevölkerungsperspektiven und einer Beurteilung der wirtschaftlichen Entwicklung wurde der Weltenergiebedarf für die Konferenz von Neu Delhi in zwei Szenarios präsentiert. Das Szenario H bedeutet «störungsfreie Normalentwicklung» und ist als optimistische Variante zu betrachten, während das pessimistischere, aber eher realistischere Szenario C «wachsende Spannungen» bedeutet. Ergänzt wurden diese beiden Entwicklungspfade noch durch die Variante Z, die für Null-Wachstum steht.

Das Ergebnis, der totale Weltenergieverbrauch, ist aus Figur 1 ersichtlich. Trotz stark sinkenden Wachstumsraten wird sich danach der Energieverbrauch bis 2060 im Szenario H gegenüber 1980 mehr als vervierfachen und im Szenario C fast verdreifachen. Diese gewaltige Zunahme wird aber den Verbrauch pro Kopf der Weltbevölkerung nur bescheiden erhöhen. Figur 2 zeigt, dass für Szenario C der Pro-Kopf-Verbrauch in den Industrie-

ländern noch um rund 50%, jener in Entwicklungsländern um rund 80% zunehmen wird. Verglichen mit der Vergangenheitsentwicklung und gemessen an den Bedürfnissen, stellt das Szenario C vor allem für die Men-

Figur 2  
Weltenergiever-  
brauch pro Kopf im  
Vergleich Nord-Süd  
(Szenario C:  
Wachsende  
Spannungen)



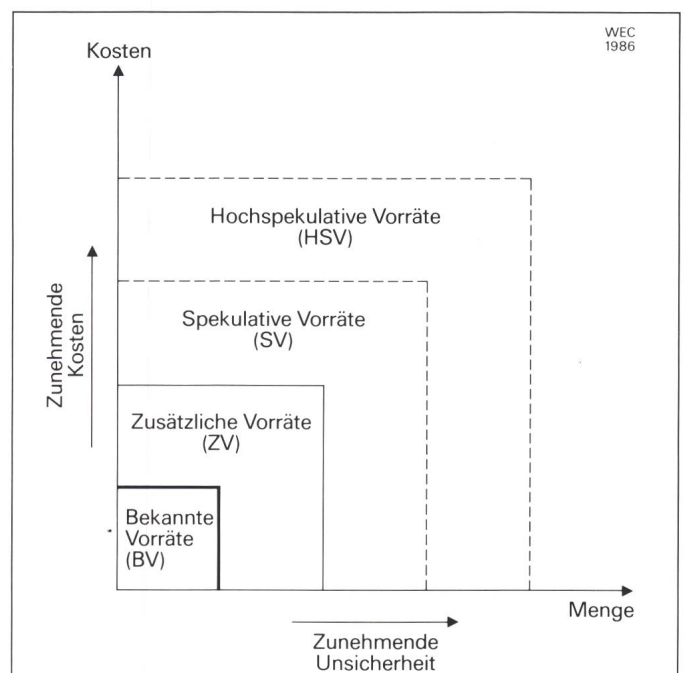


**Figur 3 Energieverbrauch nach Energieart**  
(Szenario C: Wachsende Spannungen)

(in %)	1980	2020	2060
Kohle	24,5	30,5	34
Erdöl	41	21	11
Erdgas	17,5	17	16
Uran	2	11,5	14
Wasserkraft	5	7	9
Nichtkommerzielle Energien	10	7,5	4
Neue Energien	—	5,5	12

Entwicklung angenommen, wie sie in den vorangehenden Ausführungen dargelegt wurde. Sie mit Prognosen oder Voraussagen zu verwechseln wäre fatal. Immerhin kann sie aber als eine durchaus

**Figur 4 Klassierung der Energievorräte**



Nun stellt sich aber die schon erwähnte Grundfrage, ob mit den einmal fest vorgegebenen Energievorräten die aufgezeigte Modellentwicklung überhaupt bewältigt werden kann.

#### 4. Vorhandene Energievorräte

Der Blick konzentriert sich nun nur noch auf die nichterneuerbaren Energieträger Kohle, Erdöl, Erdgas und Uran. Ihre Erschöpfbarkeit ist eigentlich nur von zwei Faktoren abhängig; einmal vom Verbrauch und dann von der Vorratsgrösse. Diese an sich simple Problemstellung birgt aber Tücken in dreierlei Hinsicht:

- Die Verbrauchsprognose ist natürlich sehr unsicher. Im Sinne eines Modelles wurde nun einfach die

mögliche Entwicklung qualifiziert werden.

- Die Mechanik des Verzehr eines fest vorgegebenen Vorrates bei wachsendem Verbrauch ist ein Phänomen, für das die menschliche Intuition wenig entwickelt ist. Man kann dies am besten anhand eines einfachen Beispiels illustrieren. Nimmt man an, jemand verfüge über einen Vorrat von 1000 Einheiten. Wenn man davon jedes Jahr eine Einheit verbraucht, reicht der Vorrat 1000 Jahre. Nimmt man nun aber an, dass sich der Verbrauch von anfänglich einer Einheit jährlich um 2% erhöht, so sackt die zeitliche Reichweite des Vorrats drastisch zusammen. Statt 1000 Jahre reicht der Vorrat nur noch 153 Jahre; bei 5% Wachstum sind es noch 80 Jahre und bei 10% Wachstum gar nur noch 48 Jahre. Dieses Phänomens muss man sich bewusst sein, wenn im folgenden die kumulativen Verbräuche den feststehenden Vorräten gegenübergestellt werden.
- Es gilt, die Frage über das Ausmass der Energievorräte zu beantworten. Im folgenden soll auf diesen Problembereich näher eingegangen werden.

Zunächst muss man sich von der Vorstellung lösen, dass es eine bestimmte und genau berechenbare Grösse der Vorräte eines bestimmten Energieträgers gebe. Das Ausmass ist vielmehr einerseits eine Funktion der Kosten, die seine Exploration und

WEC  
1986

	Bekannte Vorräte	Zusätzliche Vorräte	Spekulative Vorräte
Kohle	896	2699	–
Erdöl	110	340	179
– konventionell	(97)	(36)	–
– nichtkonventionell	(13)	(304)	(179)
Erdgas	74	156	–
Uran (derzeitige Reaktoren)	26	32	105
<b>Total Welt</b>	<b>1106</b>	<b>3227</b>	<b>284</b>

**Tabelle II Weltweite Vorräte an nicht erneuerbaren Energien**  
(in Mia TOE)

Förderung verursachen, und andererseits eine Frage der Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins in noch nicht untersuchten Teilen der Erdkruste. Grafisch lässt sich der Zusammenhang gemäss Figur 4 veranschaulichen. Auf der Abszisse ist die zunehmende Unsicherheit und auf der Ordinate sind die zunehmenden Förderkosten aufgetragen. Dieses Schema führt zu einer Klassierung der Vorräte in die Kategorien: Bekannte Vorräte, Zusätzliche Vorräte, Spekulative Vorräte und Hochspekulative Vorräte.

Die bekannten Vorräte sind ausgemessen und mit derzeitigen technischen Mitteln und zu heutigen wirtschaftlichen Bedingungen förderbar.

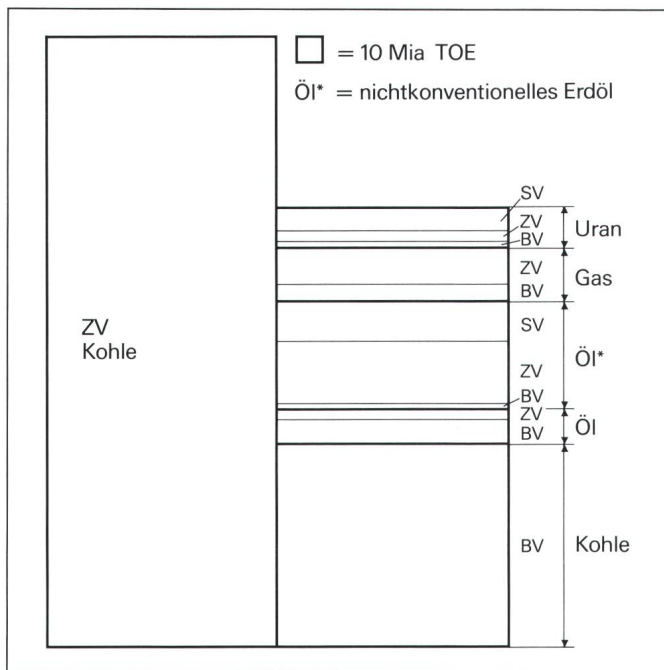
Bei der Kategorie der zusätzlichen Reserven handelt es sich um Vorräte, die mit recht grosser Wahrscheinlichkeit vorhanden sind, die mit absehbaren technischen Mitteln und innerhalb gewisser ökonomischer Kostengrenzen förderbar sind.

Den spekulativen Reserven liegen gewisse Wahrscheinlichkeitsüberlegungen zu Grunde. Der genaue Ort des Vorrats und die Förderkosten sind jedoch mit Fragezeichen behaftet.

Noch unsicherer wären die hochspekulativen Vorräte, die aber in die folgende Betrachtung nicht einbezogen wurden.

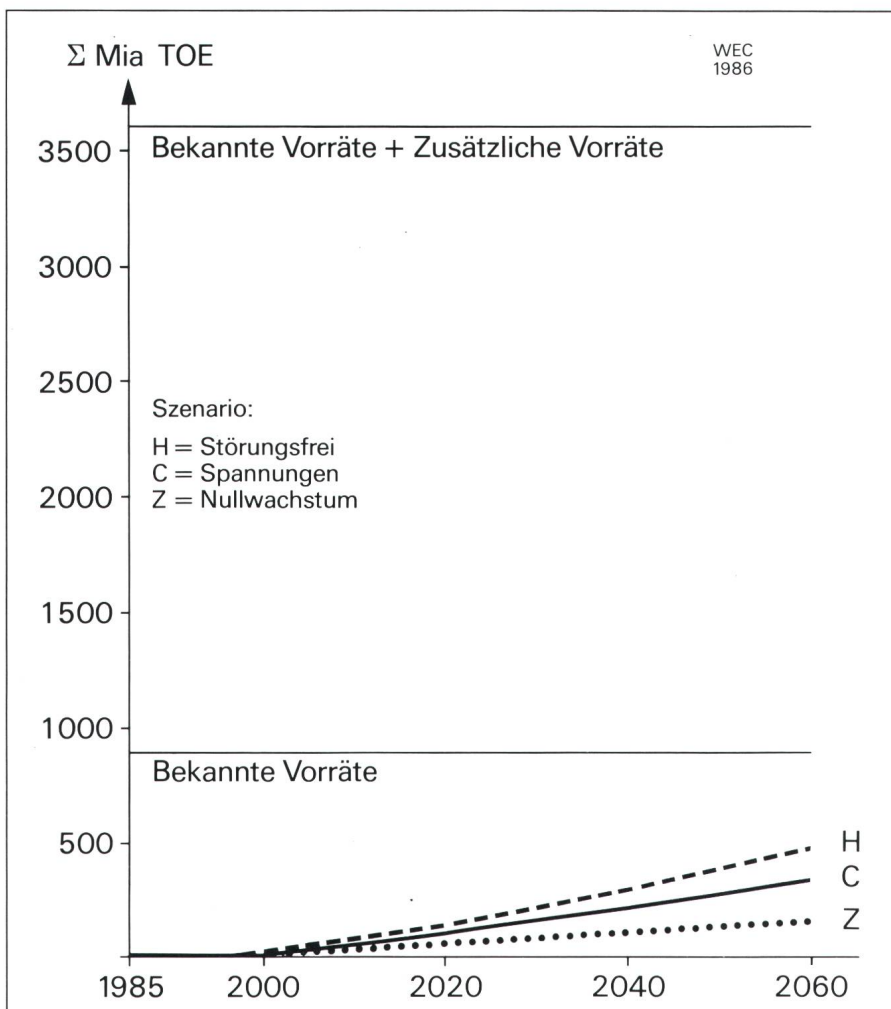
Unter Nutzung des gesamten, der Weltenergiekonferenz verfügbaren Know-how und Beziehungsspektrums wurde der Energieressourcenbericht 1986 erstellt und in die hier behandelte Arbeit eingespiessen. Als Quintessenz resultierte eine Schätzung der Weltenergievorräte, wie sie in Tabelle II wiedergegeben ist.

Es ist sofort ersichtlich, welche bedeutende Rolle die Kohle im Welt-

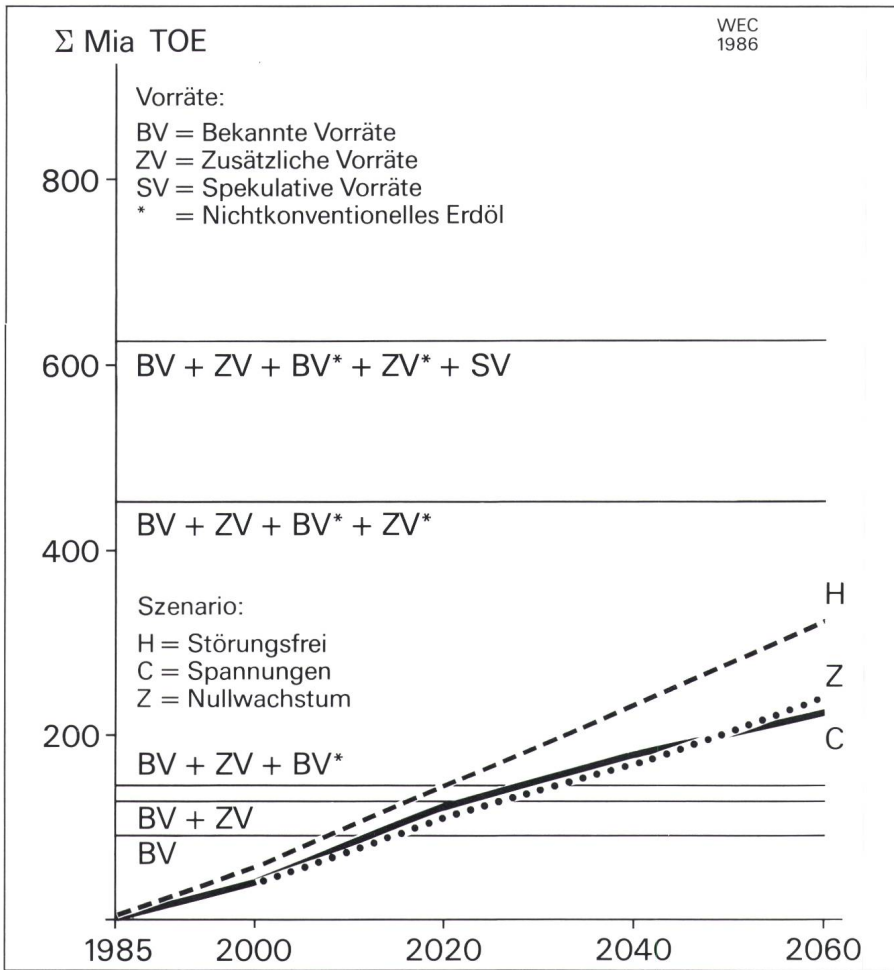


**Figur 5 Aufteilung der weltweiten Vorräte an nicht erneuerbaren Energien**

BV Bekannte Vorräte  
ZV Zusätzliche Vorräte  
SV Spekulative Vorräte



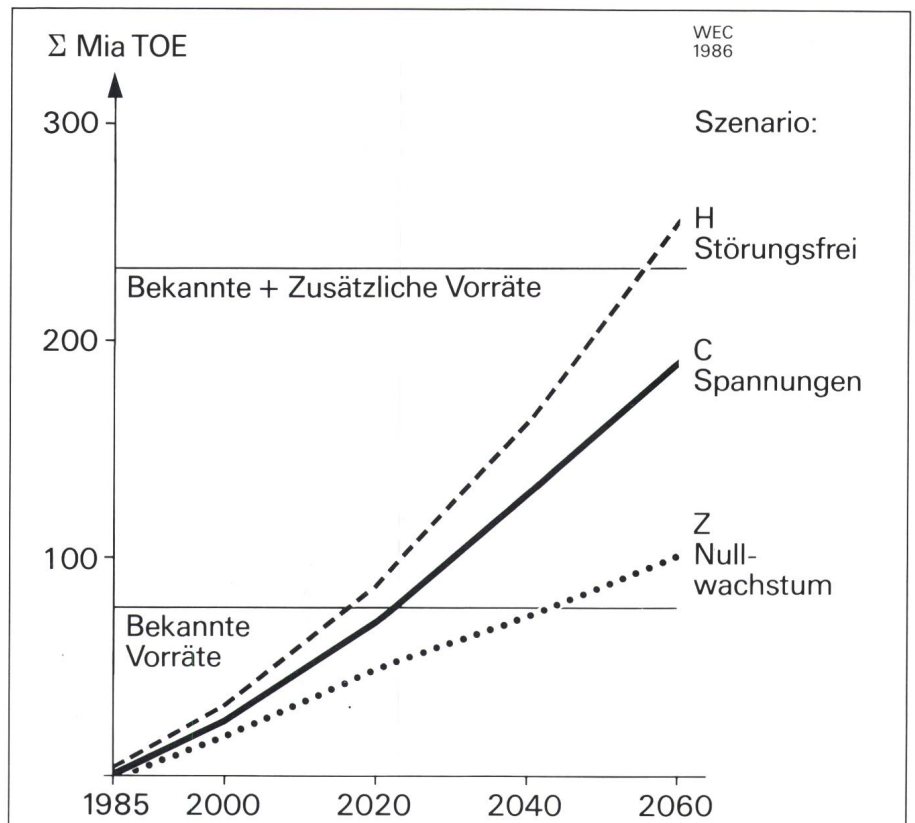
**Figur 6 Verbrauch und Vorräte an Kohle**



Figur 7 Verbrauch und Vorräte an Erdöl

masstab spielt. Über 80% sowohl der bekannten als auch der zusätzlichen Vorräte entfallen auf diesen traditionsreichsten Energieträger. Die Kohle wird gefolgt vom Erdöl, der zur Zeit am intensivsten verbrauchten Ressource. Beim Erdöl wird zwischen den konventionellen und nichtkonventionellen Vorkommen unterschieden. Bei letzteren handelt es sich um Ölschiefer und Teersande, die infolge ihrer höheren Gesteungskosten noch weniger erforscht sind. In der gleichen Größenordnung wie das Erdöl liegen die Vorkommen des Erdgases. Die Zahlen für die Uranvorkommen beziehen sich auf die heutigen Reaktortypen, also unter Ausschluss der schnellen Brüter. Als Datengrundlage wurde das sogenannte «Rote Buch» der OECD/IAEA verwendet. Man erkennt, dass die Bedeutung des Urans deutlich hinter jener der drei anderen Energieträger zurückliegt.

Eindrücklich kommen die Größenverhältnisse der Energievorkommen in Figur 5 zum Ausdruck. Vor allem die Dominanz der Kohle ist hervorstechend.



Figur 8 Verbrauch und Vorräte an Erdgas

Damit sind die Grundlagen zusammengetragen, um zur Gegenüberstellung von Verbrauch und Vorräten zu schreiten.

### 5. Reichweite der Energievorkommen

Bei dieser Gegenüberstellung muss man angesichts der verschiedenen Kategorien von Vorkommen das Ergebnis sachgemäss interpretieren. Der Vorschlag, der an der Weltenergiekonferenz eingebracht wurde, ist einleuchtend und geht dahin, dass man den Zeitpunkt als kritisch betrachtet, bei dem die bekannten Vorräte voll aufgebraucht sein werden. In diesem Zeitpunkt, der mit «zunehmenden Spannungen» oder «Auftreten von Engpässen» zu umschreiben ist, müssen ja neue Fördermethoden mit höchstwahrscheinlich höheren Gesteungskosten angewandt werden.

Wie Figur 6 zeigt, ist für die Kohle dieser Zeitpunkt bei allen drei Szenarien nicht absehbar. Erst recht trifft dies zu, wenn man auch noch die zusätzlichen Kohlereserven in Betracht zieht. Dies ist um so bemerkenswerter, als die Kohle sich sowohl nach Szenario C als auch H zum meistverbrauchten Energieträger entwickeln wird.

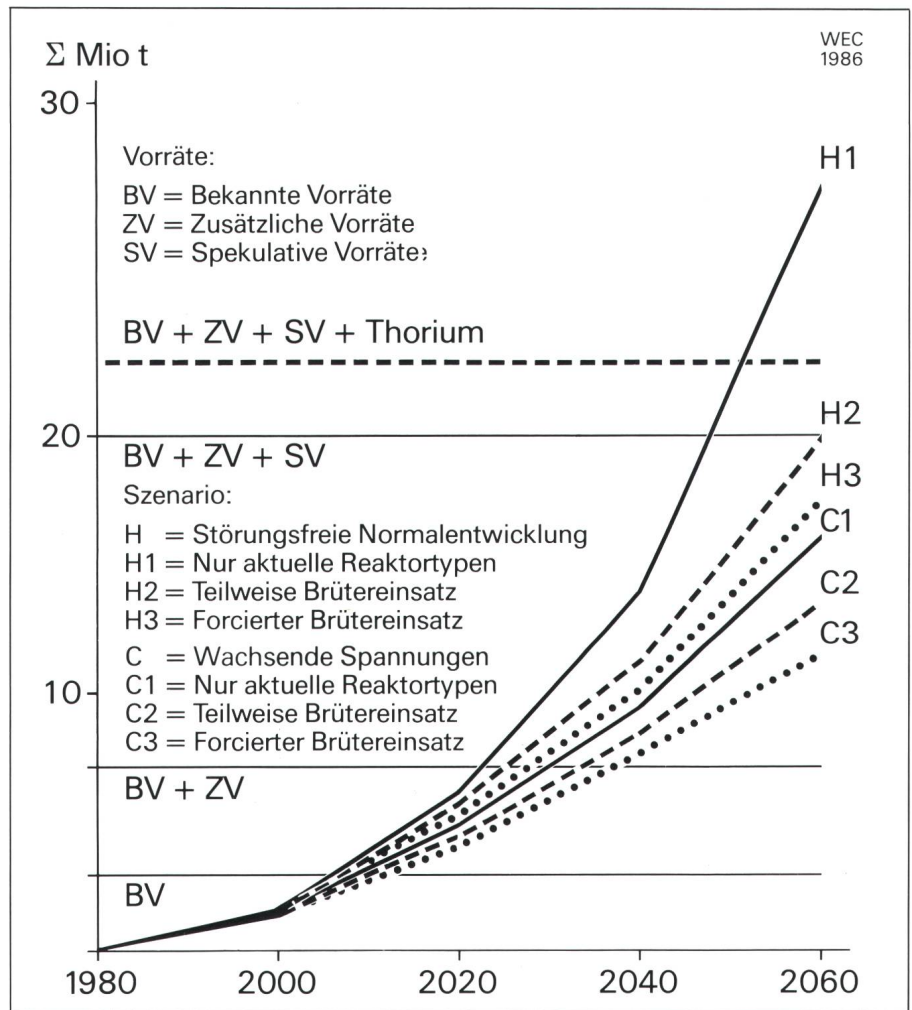
Beim Erdöl (Fig. 7) präsentiert sich die Situation wesentlich dramatischer.

Wenn man Szenario C folgt, werden die bekannten Vorräte kurz nach 2010, die zusätzlichen nach 2020 und die bekannten Vorkommen nichtkonventionellen Öls bis etwa 2030 erschöpft sein. Bei Szenario H finden diese Ereignisse sogar je 5 - 10 Jahre früher statt. Nur die zusätzlichen unkonventionellen und die spekulativen Reserven vermögen den Zeitraum der Verfügbarkeit merklich hinauszuschieben.

Wegen des etwas tieferen Verbrauchsniveaus liegt der kritische Zeitpunkt beim Erdgas gemäss Figur 8, trotz geringerer Vorkommen als beim Erdöl, kurz nach 2020. Unter Berücksichtigung der zusätzlichen Vorkommen verschiebt sich der Erschöpfungszeitpunkt gegen 2060.

Wie sieht es beim Uran aus? Es ist daran zu erinnern, dass für Uran eine sehr starke Verbrauchszunahme zugrunde gelegt wurde. Gemäss Szenario C soll bis 2020 der Beitrag der Kernenergie gegenüber 1980 um das 11fache und in Szenario H sogar das 16fache ansteigen. Dies ergibt Wachstumsraten von 6,2 bzw. 7,1%, was eine rasche Erschöpfbarkeit vermuten lässt. Ob diese sehr starken Zunahmen auch nach dem Unfall von Tschernobyl noch realistisch sind, bleibe im Moment dahingestellt. Auf alle Fälle wäre eine Verelffachung der weltweiten Kernenergiekapazität ein recht ehrgeiziges Ziel.

Andererseits ist bekannt, dass durch die Einführung der Brütertechnologie das Uran um einen Faktor 60 besser ausgenutzt werden kann. Dies ist aber nur möglich, wenn die Brütertechnologie mit allen ihren Konsequenzen für den Brennstoffkreislauf (Wiederaufbereitung, Plutoniumwirtschaft) technisch und politisch realisierbar ist. Selbst wenn dies angenommen werden kann, ergibt sich noch ein grosses Aber: Die Erbrütung des Plutoniums braucht Zeit - sehr viel Zeit sogar. In der an der Weltenergiekonferenz vorgelegten Studie wurde dieser Möglichkeit Rechnung getragen, indem Unterszenarien durchgerechnet wurden. Variante 1 operiert nur mit den aktuellen Reaktortypen, Variante 2 repräsentiert einen gemischten und Variante 3 einen forcierten Brütereinsatz. Das Resultat ist aus Figur 9 ersichtlich und zeigt, dass mit heutigen Reaktoren der kritische Zeitpunkt für Variante C1 etwa 2010 und bei H1 etwa 2007 erreicht wird. Auch der Einsatz der Brütertechnologie, der eine Koexistenz der beiden Reaktortypen erheischt - die Franzosen nennen das «cohabitation» -, vermag bis dann die Grenze nicht



Figur 9 Verbrauch und Vorräte an Uran

entscheidend, sondern nur um 1-3 Jahre hinauszuschieben. Erst sehr langfristig vermag die Brütertechnologie das höhere Energiepotential des Urans auszunutzen.

### 6. Fazit?

Welches Fazit kann aus dieser Akkumulation des aktuellsten Standes des Wissens über den weltweiten Energieverbrauch und die verfügbaren Energievorkommen gezogen werden?

In aller Bescheidenheit muss man vorweg zugestehen, dass das Wissen bruchstückhaft und die Entwicklungsperspektiven unsicher sind. Dies wäre vorweg eine schlechte Basis für allfällige Dogmenbildungen. Auch bleiben zukünftige andere Möglichkeiten, wie etwa die Spekulation auf Erdgas aus dem tiefen Erdinnern (nach Prof. Gold) oder die Urangewinnung aus dem Meerwasser, ausgeklammert. Noch weiss man nicht, ob das besagte Erdgas überhaupt existiert und ob

man das Uran aus dem Meerwasser mit einem geringeren Energieaufwand gewinnen kann als dessen Energieinhalt entspricht. Alle Aussagen müssen deshalb vorsichtig bleiben. Aber immerhin: die geschilderte Entwicklung ist ein mögliches und deshalb bedenkenswertes Modell. Es gibt ausserdem kaum bessere und aktuellere Datenbasen als jene, die in der Studie verwendet wurden.

Eine erste, fast beruhigende Feststellung sei vorangestellt. Offenbar ist vor dem Jahre 2000 nicht mit ernsthaften Versorgungsengpässen zu rechnen; es sei denn, politische oder kriegerische Ereignisse beschwören selbstverschuldet solche Engpässe herauf. Es besteht also kein Anlass zu Panik. Besteht aber Anlass zu Sorglosigkeit?

Wirft man einen Blick über die Grenzen des Jahrtausends hinaus, so wird deutlich, dass noch viel weniger Anlass zu Sorglosigkeit besteht. Im moderaten Szenario C (Tab. III) ergeben sich schon kurz nach 2010 Spannungen für Uran (2011), Erdöl (2013)

WEC  
1986

**Tabelle III**  
**Erwartete Engpässe**

Szenario	Kriterium der Erschöpfung	Kohle	Erdöl	Erdgas	Uran
C	BV	nach 2060	2013	2021	2011
C3	BV				2014
C	BV + ZV	nach 2060	2024	nach 2060	2031
C3	BV + ZV				2039
H	BV	nach 2060	2009	2016	2007
H3	BV				2009
H	BV + ZV	nach 2060	2021	2055	2024
H3	BV + ZV				2029

Szenario: C = Wachsende Spannungen  
C3 = Forcierter Brüttereinsatz

Szenario: H = Störungsfreie Normalentwicklung  
H3 = Forcierter Brüttereinsatz

Vorräte: BV = Bekannte Vorräte  
ZV = Zusätzliche Vorräte

und nach 2020 auch für Erdgas (2021). Beim Szenario H treten diese kritischen Situationen schon 4–5 Jahre vorher auf. Bemerkenswert ist auch die Tatsache, dass selbst bei forciertem Brüttereinsatz die Grenzen der Uranvorkommen für die bekannten Vorräte nur um 2–3 Jahre und bei Einbezug der zusätzlichen Vorkommen nur um 5–8 Jahre hinausgeschoben werden können.

Lediglich die Kohle entzieht sich solchen Engpässen. Wenn sie auch aus der Sicht der Vorräte wenig problematisch ist, so ist sie es indessen aus der Sicht der Umweltbelastung nicht. Saurer Regen, Luftverschmutzung und Treibhauseffekt sind gleich mehrere Damoklesschwerter, die über der Versuchung ihres allzu sorglosen Einsatzes hängen. Zwar können die Probleme des Schwefels (SO<sub>2</sub>) und der Stickoxide (NO<sub>x</sub>) durch technische Vorkehrungen weitge-

hend gemildert werden, wenn der entsprechende Aufwand nicht gescheut wird. Das CO<sub>2</sub>-Problem mit seinen allerdings noch ungewissen Auswirkungen hinsichtlich des Treibhauseffektes kann aber nicht aus der Welt geschafft werden. Der Ersatz von Kohle wegen des CO<sub>2</sub>-Problems ist aber schlechterdings unmöglich – Erdöl und Erdgas sind ebenfalls fossile Brennstoffe, die CO<sub>2</sub> erzeugen, und Uran ist nicht in ausreichendem Ausmass verfügbar. Der Beitrag des Urans an der Primärenergieversorgung der Welt erreicht im Jahre 2000 – also just bevor es in den Engpass läuft – einen Anteil von nur gerade 8%. Gemessen an den gesamten bekannten und zusätzlichen Weltenergievorkommen beläuft sich sein Anteil auf nur 1,3%. Bei voller Nutzung der Brütertechnologie würde seine Bedeutung – allerdings erst sehr langfristig –

auf etwa 40% steigen.

Es ist somit festzustellen, dass aufgrund heutiger Kenntnisse für die fernere Zukunft keine Patentlösung der Weltenergieversorgung in Sicht ist. Zweifellos wäre es verfehlt, durch die Verbannung des einen oder anderen Energieträgers die Verknappungssituation bei den andern noch zu verschärfen. Ebenso wenig gibt es aber *einen* Energieträger, der die Ausschliesslichkeit der einfachen Problembewältigung für sich beanspruchen könnte.

Bei den vorangehenden Betrachtungen wurden die erneuerbaren Energien ausgeklammert. Ihr Beitrag wurde aber mit 15 bis 25% in einer sehr substantiellen Grösse in Rechnung gestellt. Auch dieser Beitrag muss erst noch erarbeitet werden, bevor er konsumiert werden kann.

Obwohl die Lage der Weltenergieversorgung im Moment nicht dramatisch erscheint, steht die Menschheit keineswegs vor den Toren des Schlaraffenlandes. Zum Glück! muss man beifügen, denn es ist mehr als fraglich, ob eine Welt ohne Herausforderungen an den Geist und die Schaffenskraft der Menschheit und ohne ständige Konfrontation mit Knappheiten zu besonderem Glück Anlass gäbe. Die Knappheit der verfügbaren Energieressourcen wird denn auch auf absehbare Zeit ein Dauerthema bleiben. Die adäquate Antwort auf dieses Thema wird aber nicht nur darin bestehen, genügend Energie verfügbar zu machen und die richtige Wahl der Energieträger zu treffen. Sicher wird auch die sparsame und rationelle Verwendung der Energie ein Thema von ebenso hohem Stellenwert bleiben. Wenn aus der hochkomplexen Versorgungsstudie *eine* einfache und unbestrittene Konsequenz gezogen werden kann, so ist es wohl die, dass man sich mit der sparsamen und rationellen Energieverwendung immer auf der sicheren Seite befindet.