

Die Energieszenarien

Autor(en): **Schmid, H. L.**

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): **79 (1988)**

Heft 10

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-904035>

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.

Die Energieszenarien

H. L. Schmid

Im folgenden wird versucht, den wesentlichen Inhalt der Arbeit der Expertengruppe Energieszenarien (EGES) auf zehn Schreibmaschinen-seiten zu kondensieren. Da damit zwangsläufig mehr als 99% der Aussagen verlorengehen, welche in der Zusammenfassung von 80 Seiten, dem Hauptbericht von über 500 Seiten, drei Beilagebänden mit insgesamt ebenfalls über 500 Seiten und rund 70 Studien enthalten sind, möchte der Beitrag nicht nur einen kurzen Überblick über die Szenarien vermitteln, sondern zum Weiterlesen im Schlussbericht und in den Studien anregen.

L'article qui suit tente de condenser en dix pages dactylographiées l'essentiel du travail du groupe d'experts «scénarios énergétiques» (EGES). Il est donc inévitable que 99%, ou plus, des résultats n'aient pu être retenus; ils sont toutefois contenus dans le résumé de 80 pages, le rapport principal de 500 pages, les trois volumes complémentaires avec également 500 pages au total ainsi que les quelque 70 études. L'objectif de l'article n'est pas seulement de fournir un bref aperçu des scénarios, mais aussi d'inciter à lire le rapport final et les diverses études.

Adresse des Autors

Dr. Hans Luzius Schmid, Präsident der Expertengruppe Energieszenarien, Vizedirektor des Bundesamtes für Energiewirtschaft, 3003 Bern.

1. Der Auftrag

Ausgangspunkt für die Erarbeitung der Energieszenarien war der Reaktorunfall in Tschernobyl am 26. April 1986. In den Sondersessionen des Parlaments im Juni und Oktober 1986 verlangten die Eidg. Räte Ausstiegsszenarien als Entscheidungsgrundlagen für die künftige Energiepolitik. Damit wollte man u. a. voreilige Entscheide vermeiden.

Gemäss *Mandat* hatte die im Oktober 1986 gebildete Expertengruppe Energieszenarien (EGES) die Möglichkeiten, Voraussetzungen und Konsequenzen eines Ausstiegs der Schweiz aus der Kernenergie zu prüfen. Der Ausstieg wurde also vorausgesetzt und war anhand von drei Hauptszenarien vergleichend darzustellen: Referenzpolitik (d. h. Weiterausbau der Kernenergie nach Bedarf), Moratorium (d. h. kein weiterer Ausbau der Kernenergie, aber Nutzung im Rahmen der bestehenden Kapazitäten) sowie ein Ausstieg zu verschiedenen Zeitpunkten (1990, 2000, 2010 und 2025). Gemäss Auftrag galt es, verschiedene Entwicklungspfade der Wirtschaft (quantitatives und qualitatives Wachstum) und der Energiepreise zu untersuchen und die wichtigsten in- und ausländischen Ausstiegsuntersuchungen zu sichten.

2. Vorgehen und Methodik

Die Szenarien wurden – grundsätzlich nach der gleichen Methode wie die früheren Perspektiven der Eidg. Kommission für die Gesamtenergiekonzeption (GK) – in *fünf Arbeitsschritten* erstellt. Als erstes wurden die wirtschaftlich-gesellschaftlichen Rahmenentwicklungen definiert. In einem zweiten Schritt wurde die Energienachfrage bestimmt: zuerst die Statusquo-Entwicklung (Trend) und anschliessend die Entwicklungen bei un-

terschiedlich starken Sparmassnahmen. Die Untersuchungen der Potentiale und Kosten des Energieangebots folgten in einem dritten Schritt parallel dazu. Weil die zugrunde gelegten Annahmen die Resultate und Auswirkungen der Szenarien im wesentlichen bestimmen, legte die Kommission das Hauptgewicht während der ersten Hälfte der Arbeiten auf eine sorgfältige Definition der Szenarien. Als nächstes wurden die Energiebilanzen bis zum Jahr 2025 berechnet und schliesslich – wie im Mandat festgelegt – die Auswirkungen der Szenarien auf Versorgungssicherheit, Wirtschaft und Gesellschaft, Umwelt, Staat, Recht und Politik ermittelt. Verschiedentlich musste zur Erzielung widerspruchsfreier Szenarienergebnisse iterativ vorgegangen werden. Die Verträglichkeit der Ergebnisse mit den Annahmen wurde geprüft.

Mit den rund siebzig *Untersuchungen* von Hochschulinstituten, Ingenieurbüros, Forschungszentren und Kommissionsmitgliedern wurden Wissenslücken gefüllt, die früheren Arbeiten aufdatiert und die Perspektiven auf den erweiterten Zeithorizont von 2025 (bisher 2000) erstreckt. Zur Abklärung wichtiger Fragen wurden Korreferate und Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Die Studien wurden von sechs Untergruppen sowie zwei Begleitgruppen mit aussenstehenden Experten begleitet. Die Resultate dieser Untersuchungen werden veröffentlicht.

Im Bereich der Nachfrageperspektiven und beim Energiesparen griff die Kommission auf die – seit den früheren Arbeiten, vor allem im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 44 des Nationalfonds, verbesserten und inzwischen teilweise auch von der Energiewirtschaft verwendeten – ökonomischen und technisch-ökonomischen Modelle sowie auf verfeinerte, sogenannte «Bottom-up-

Modelle» zurück. Im Angebotsbereich kamen das im Rahmen der Internationalen Energieagentur (IEA) entwickelte lineare Programm Markal und ein von der ETHZ verbessertes Modell zur Bestimmung der Versorgungssicherheit im Elektrizitätsbereich zur Anwendung. Zum ersten Mal wurden ferner Modelle zur Ermittlung der Potentiale der Wärmekraftkopplung und der volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Szenarien eingesetzt. Überprüft wurden die Modellrechnungen mittels Kohärenztests, Plausibilitätsüberlegungen und pragmatischer Schätzungen.

Die vom EVED gemäss Mandat genehmigten *Randbedingungen* bezweckten, dass einige naheliegende, aber für schweizerische Verhältnisse nicht akzeptierbare Szenarien nicht näher untersucht wurden. Dazu gehört das Umsteigen von der Kernenergie auf Kohle (das in den meisten Studien für die BRD im Vordergrund steht) oder die Weiterverfolgung des wegen des bestehenden faktischen Kernenergiemoratoriums bereits eingeschlagenen Weges, d.h. der Erwerb zusätzlicher Bezugsrechte an ausländischen Kernkraftwerken. Ferner wird in allen Szenarien die gleiche Versorgungssicherheit im Elektrizitätsbereich und die Einhaltung des Luftreinhaltekonzepts und der Luftreinhaltegesetzgebung postuliert. Zudem sollten die Ölimporte, die Schadstoff- und die CO₂-Emissionen in keinem Szenario höher liegen als im Referenzszenario. Diese Rahmenbedingungen können nur eingehalten werden, wenn in der Energiepolitik der *rationellen Energieverwendung* oberste Priorität eingeräumt wird. Andernfalls lassen sich Moratorium und Ausstieg nur mit zusätzlichen Stromimporten oder fossiler Elektrizitätserzeugung verwirklichen.

3. Definition der Szenarien

Insgesamt wurden für die sechs im Mandat vorgegebenen Optionen der Elektrizitätsangebotspolitik sechs unterschiedlich starke Energiesparvarianten und vier verschiedene Entwicklungen der wirtschaftlich-gesellschaftlichen Rahmenbedingungen geprüft. Aus den damit theoretisch möglichen 144 Kombinationen wurden 17 Szenarien und Varianten für den Hauptbericht und drei davon (Referenzszenario, Moratorium und Ausstieg 2025 bei höherem Wirtschaftswachstum) für die bereits veröffent-

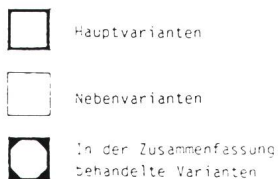
lichte Zusammenfassung ausgewählt (Fig. 1).

Bei den *wirtschaftlich-gesellschaftlichen Rahmenbedingungen* entspricht die Variante «Höheres Wirtschaftswachstum» mit durchschnittlichen Wachstumsraten des Bruttoinlandprodukts von 1,9% p.a. über vierzig Jahre und einem Heizölpreis von gut 90 Fr./100 kg ab 2005 ungefähr den Annahmen des auf das Jahr 2005 ausgerichteten siebenten Zehn-Werke-Berichts der Elektrizitätswirtschaft. In der Variante Tieferes Wirtschaftswachstum betragen das BIP-Wachstum 1,1% p.a. und die Heizölpreise 60 Fr./100 kg.

Bezüglich *Energiepolitik* gehen sämtliche Szenarien von einem Ener-

gieartikel mit Energiegesetz, einer Energiesteuer von 4% im Referenzszenario und von 10% im Moratorium und Ausstieg, der Warendecklaration für Geräte, Apparate, Fahrzeuge und Gebäude, Wärmeverbrauchsstandards in Gebäuden sowie einer Verstärkung der Energieforschung aus. Dazu kommen im Moratorium und im Ausstieg ein vorgezogenes Elektrizitätswirtschaftsgesetz mit Tarifgrundsätzen und Verbrauchsnormen im Elektrizitätsbereich für Geräte, Apparate und Gebäude. Subventionen werden für den Einsatz von neuen erneuerbaren Energien und – nur im Ausstiegsszenario – für Energiesparinvestitionen gewährt. Im «Referenzszenario mit ver-

Energiesparpolitik ³⁾						Elektrizitätsangebotspolitik ²⁾	wirtsch.- gesell. Rahmenentwicklung ¹⁾			
S0:	S1:	S2-:	S2:	S2+:	S3:		Bisherige Prior.		Neue Prior.	
Status Quo	EP, EA EG	EWG +	Subv. +	Beschl. +	DR +	RE1 (Hoch)	RE2 (Tief)	RE3 (KG)	RE4 (NLS)	
	P S1	R S2-				Referenz R	RE1 R S1	RE2 R S1		
	M S1	M S2-	M S2			Moratorium M	RE1 M S2-	RE2 M S2-	RE3 ↓ M	
			A25 S2			Ausstieg 2025	RE1 A25 S2	RE2 A25 S2		
				A10 S2+		Ausstieg 2010	RE1 A10 S2+	RE2 A10 S2+		
				A00 S2+		Ausstieg 2000	RE1 A00 S2+	RE2 A00 S2+		RE4 ↓ A00
				A90 S3		Ausstieg 1990	RE1 A90 S3	RE2 A90 S3		
Mögliche Angebots-/ Nachfragepolitik						Durch Mandat vorgegeben	Mögliche Angebotspolitik/ Rahmenentwicklung			



- Energiesparpolitik**
- EP : Energiepolitisches Programm
 - EA : Energieartikel
 - EG : Energiegesetz
 - EWG : Elektrizitätswirtschaftsgesetz
 - Subv. : Subventionen
 - Beschl. : beschleunigt
 - DR : Dringlichkeitsrecht

Figur 1 Übersicht über die Energieszenarien

1 Wirtschaftlich-gesellschaftliche Rahmenentwicklung

- «Bisherige Prioritäten»
 - RE1 Höheres Wirtschaftswachstum
 - RE2 Tieferes Wirtschaftswachstum
- «Neue Prioritäten»
 - RE3 «Kommunikationsgesellschaft»
 - RE4 «Neuer Lebensstil»

2 Elektrizitätsangebotspolitik

- R Weiterausbau der Kernenergie
- M Kernenergiemoratorium
- A2025..A1990 Ausstieg aus der Kernenergie im angegebenen Jahr

3 Energiesparpolitik

- S0 Status-quo-Politik
- S1 Verstärkung des Energiepolitischen Programms, Energieartikel und Energiegesetz (ohne Ausschöpfung der Kompetenzen des Energieartikels)
- S2- Wie S1; dazu vorgezogenes Elektrizitätswirtschafts- und verstärktes Energiegesetz (Ausschöpfung der Kompetenzen des Energieartikels)
- S2 Wie S2-; dazu Subventionen und verschärfte Vorschriften
- S2+ Wie S2, aber beschleunigt
- S3 Wie S2+, stark beschleunigt und Substitution von Elektrizität durch fossile Energien (Dringlichkeitsrecht)

stärktem Sparen und Substituieren» (R-) werden einerseits grössere Anstrengungen in der Nuklearforschung und für die Substitution von Erdöl durch Kernenergie mittels nuklearer Fernwärme (inkl. Heizreaktoren) sowie durch Förderung des öffentlichen Verkehrs und der Elektroautos, andererseits eine wie im Moratorium deutlich verstärkte Energiesparpolitik aufgrund eines Elektrizitätswirtschaftsgesetzes vorausgesetzt (Tab. I und II).

4. Energienachfrage

Als Grundlage zur Ermittlung der Energieeinsparungen dienten acht eigene EGES-Studien. Konsultiert wurden ferner verschiedene in- und ausländische Untersuchungen, darunter die Berichte «Elektrizitätsparen» (NFP 44) sowie «Stromsparen – realistische Möglichkeiten» (INFEL) und der siebente Zehn-Werke-Bericht (VSE). Die beiden Studien der Elektrizitätswirtschaft führen bei vergleichbaren Annahmen zu ähnlichen Resultaten wie das Referenzszenario. Sie sind jedoch wegen der stärkeren Aggregation nicht im einzelnen mit den EGES-Studien vergleichbar.

Zur Bestimmung der im Szenario Ausstieg 2025 ab dem Jahre 2005 und im Moratorium ab 2025 geltenden Verbrauchsnormen für neue Geräte, Apparate, Gebäude und Fahrzeuge dienten als Basis die heute *bekanntesten Technologien*. Der damit erreichbare spezifische Energieverbrauch wurde zufolge der unterstellten qualitativen und quantitativen Zunahme der Energiedienstleistungen erhöht (z.B. beim Kühlschrank Einbau eines Tiefkühlfachs, Erhöhung des Kühlvolumens pro Haushalt von 170 l im Jahr 1985 auf 300 l im Jahre 2025 und Verbreitung in 100% aller Haushalte). Berücksichtigt wurde auch die nie hundertprozentige politische Wirksamkeit beim Vollzug der Massnahmen. Im Haushaltsektor wurden detaillierte Annahmen über die Entwicklung bei den acht wichtigsten Geräten sowie für die Kategorie «übrige Geräte» (Verdoppelung der Ausstattung bis 2025 in allen Szenarien) unterstellt. Im Dienstleistungsbereich wurden 24 Gebäudeklassen und in der Industrie vierzehn verschiedene Branchen unterschieden. Alle Detailannahmen werden zum Nachvollzug in einer Studie der Universität Genf veröffentlicht.

Insgesamt lässt sich die Energienachfrage durch eine systematische und kontinuierliche *Verbesserung der*

	R	R-	M	A
Rechtsgrundlagen	EA/EG	EA/EG EIWG	EA/EG EIWG Subv.	EA/EG EIWG Subv.
Energiesteuer	4%	4%	10%	10%
Forschung/Entwicklung (Mio Fr. p.a.)	240	240	350	350
Subventionen (Mio Fr., 2025)				
Neue erneuerbare Energien	-	-	360	430
Rationelle Energieverwendung	-	-	-	350
Einsparungen (2025 vgl. mit Status-quo-Politik)				
Elektrizität	13%	34%	34%	53%
Endenergie	8%	22%	22%	33%
Elektrizitätserzeugung (Anteile)				
Wasserkraft	42%	55%	60%	84%
Kernenergie	55%	42%	32%	-
Fossile Wärme-Kraft-Kopplung	1%	2% ¹	3%	6%
Neue erneuerbare Energie	1%	1%	4%	8%
Kernkraftwerke				
Installierte Leistung (MWe, 2025)	6200	3600	2600	-

R	Referenzszenario: weiterer Ausbau der Kernenergie	A	Ausstieg aus der Kernenergie im Jahre 2025
R-	Referenzszenario mit verstärktem Sparen und Substituieren	EA	Energieartikel
		EG	Energiegesetz (1995)
M	Moratorium: keine neuen Kernkraftwerke	EIWG	Elektrizitätswirtschaftsgesetz (1992)

¹ 2005

Tabelle I Energieszenarien – Rechtsgrundlagen und Kennzahlen (2025)

1. Grundsätze über Tarife und Anschlussbedingungen

- 1.1 Grenzkostentarifizierung
- 1.2 Anschlussbedingungen für dezentrale Erzeugungsanlagen
 - 1.21 Abnahmepflicht für Überschussstrom und marktgerechte Rüchspeisetarife
 - 1.22 Pflicht zur Abgabe von Ergänzungsenergie (Reservestellung) zu angemessenen Bedingungen
 - 1.23 Fortleitungspflicht der Leitungsinhaber

2. Vorschriften über den spezifischen Elektrizitätsverbrauch

- (Verbrauchsstandards)
- 2.1 *Gebäude*
 - SIA 380/1, Energie im Hochbau: Heizenergiebedarf, Nutzungsgrad, Energieanforderungen
 - SIA 384/X, Elektrizität im Hochbau (neu etwa 1990): Nutzungsgrade und Energieanforderungen
 - 2.2 *Lüftungs- und Klimaanlage* gemäss SIA 382 (neu 1988/89)
 - 2.3 *Elektrische Widerstandsheizungen und Wärmepumpen*
 - SIA 384/1 (neu 1988): Verteil- und Erzeugungsverluste
 - SIA 384/2: Dimensionierungsrichtlinien
 - 2.4 *Wassererwärmer* (Boiler) gemäss SIA 385 (neu 1988): Verteilverluste, Speicherdämmung, Regulierung
 - 2.5 *Geräte, Apparate, Beleuchtungskörper*: Typenprüfung und Zulassungsbedingungen

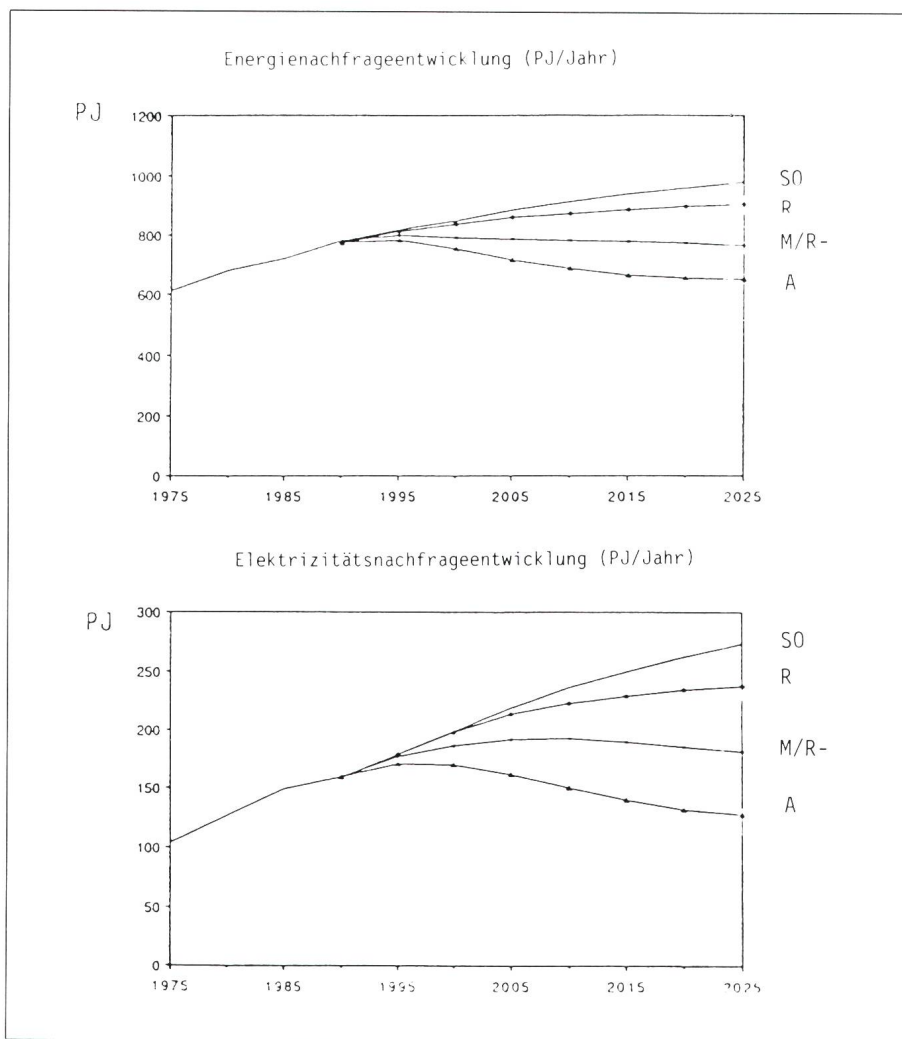
Tabelle II Massnahmen des Elektrizitätswirtschaftsgesetzes

Energiewirkungsgrade längerfristig erheblich beeinflussen. Bei einer Fortsetzung des bisherigen Trends (Status-quo-Entwicklung S0, ohne Verstärkung der Energiesparpolitik) ist beim höheren Wirtschaftswachstum zwischen 1985 und 2025 mit einer Zunahme des Endenergieverbrauchs um 36% und des Elektrizitätsverbrauchs um 84% zu rechnen. Im Falle der Ausstiegssparpolitik werden – verglichen mit der Status-quo-Entwicklung im Jahre 2025 – 33% weniger Endenergie und 53% weniger Elektrizität verbraucht, d.h. ungefähr gleich viel wie zu Beginn der achtziger Jahre. Die Sparquoten sind vergleichbar mit früheren Untersuchungen (die nur bis zur Jahrhundertwende reichten) sowie (bei ähnlichen Annahmen) mit den Perspektiven der Elektrizitätswirtschaft. Die zeitliche Horizonsverlängerung gegenüber den früheren Arbeiten zeigt aber, dass die Energiesparmöglichkeiten wegen der langen Lebensdauer von energieverbrauchenden Gütern langfristig deutlich grösser sind als kurz- und mittelfristig. Die Potentiale der rationellen Energieverwendung können erst beim Ersatz dieser Güter nach Ablauf ihrer regulären Nutzungsdauer und daher auch in zehn oder zwanzig Jahren nicht vollständig ausgeschöpft werden, selbst wenn man sich nur auf die heute bekannten Technologien abstützt (Fig. 2).

Die in den starken Sparvarianten erforderlichen *Energiesparinvestitionen* sind bei den unterstellten Investitionskosten, Tarifen und wirtschaftlich-gesellschaftlichen Rahmenbedingungen insgesamt rentabel, d.h. die Minderausgaben für Energie sind grösser als die Verzinsung und Amortisation der Sparinvestitionen. Unwirtschaftlichkeiten ergeben sich bis zur Jahrhundertwende im Falle der Ausstiegssparpolitik im Wärmebereich bei der Gebäudesanierung (nachher noch in einzelnen Fällen) sowie gegen Ende der Untersuchungsperiode bei den Elektrizitätssparmassnahmen in der Industrie. Diese – einzelwirtschaftlich unrentablen – Sparinvestitionen müssen subventioniert werden.

5. Energieangebot

Der *Bruttoenergieverbrauch* nimmt von 1985 bis 2025 im Referenzhauptszenario um 39%, im Referenzszenario mit verstärktem Sparen und Substituieren um 8% und im Moratorium um 4% zu, im Ausstiegsszenario hingegen



Figur 2 Energie- und Elektrizitätsverbrauch in den Hauptszenarien

SO	Status-quo-Entwicklung
R	Referenzhauptszenario
M/R-	Moratorium und Referenzszenario mit verstärktem Sparen und Substituieren
A	Ausstieg 2025

um 24% ab (Fig. 3). Die Erdölnachfrage liegt im Ausstiegsszenario 39% unter dem Referenzhauptszenario und 7% unter dem Referenzszenario mit verstärktem Sparen und Substituieren. Erdgas und die festen Brennstoffe können ihre Beiträge in allen Szenarien steigern.

Die Szenarien unterscheiden sich vor allem in der Struktur des *Elektrizitätsangebots*:

– Das Referenzhauptszenario führt bis zum Jahre 2025 zu mehr als einer Verdoppelung der heute in *Kernkraftwerken* installierten Leistung von 2900 MWe auf 6200 MWe. Die Kernenergie trägt im Jahre 2025 55% zur Stromerzeugung bei (Fig. 4). Im Referenzszenario mit verstärktem Sparen und Substituieren genügt (bei einem Bei-

trag von 42% im Jahr 2025) ein Ausbau nach dem Jahr 2010 um 660 MW auf 3600 MWe.

– Die *Wasserkrafterzeugung* wird bis zum Jahre 2025 unter Berücksichtigung von neuen Restwasservorschriften durch Modernisierung, Optimierung und Ausbau bestehender Anlagen sowie den Bau neuer Werke im Referenzszenario gegenüber 1985 um 12% und im Moratorium und Ausstieg um 16% erhöht.

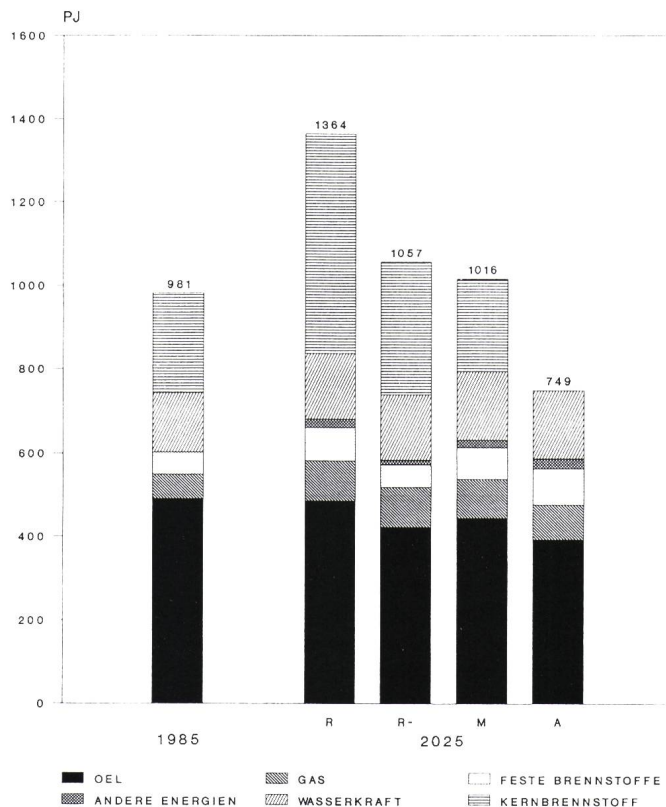
– Der Beitrag der *neuen erneuerbaren Energien* zur gesamten Stromerzeugung beläuft sich im Jahre 2025 im Referenzszenario auf 1%. Dank stärkerer Förderung, inklusive Subventionen, kann er im Moratorium auf 4% und im Ausstieg auf 8% gesteigert werden.

- Die verbleibende Differenz zwischen Elektrizitätsnachfrage und -angebot wird durch *fossile Wärmekraftkopplung* gedeckt. Deren Beiträge zur Elektrizitätserzeugung belaufen sich im Jahre 2025 auf 1% (300 Anlagen) im Referenzhauptszenario, auf 3% (800 Anlagen) im Moratorium und auf 6% (1000 Anlagen) im Ausstiegsszenario 2025. Wesentlich höhere Beiträge sind im Falle der vorgezogenen Ausstiegs-terminen erforderlich (29% in 3400 Anlagen im Ausstieg 2000 und 18% in 3700 Anlagen im Ausstieg 2010), da die verschärften Sparmassnahmen bis dann ihre volle Wirksamkeit noch nicht erreicht haben. Im Ausstieg 2000 genügt das Potential der Industrie-WKK und der Blockheizkraftwerke im Siedlungsbereich nicht, so dass Kombiheizkraftwerke mit neuen grossen Fernwärmeverteilnetzen erforderlich sind, was nicht ohne Anschlusszwang ginge. Im Sofortausstieg steht trotz Dringlichkeitsrecht zuwenig Zeit für den Bau derartiger Anlagen zur Verfügung, weshalb ölbefeuerte Gasturbinenanlagen gebaut werden müssten. Die Randbedingungen bezüglich Ölimporten, fossil befeuerter Kraftwerke und Emissionen können in diesem Szenario während zehn bis fünfzehn Jahren nicht eingehalten werden (Tab. III).

6. Auswirkungen

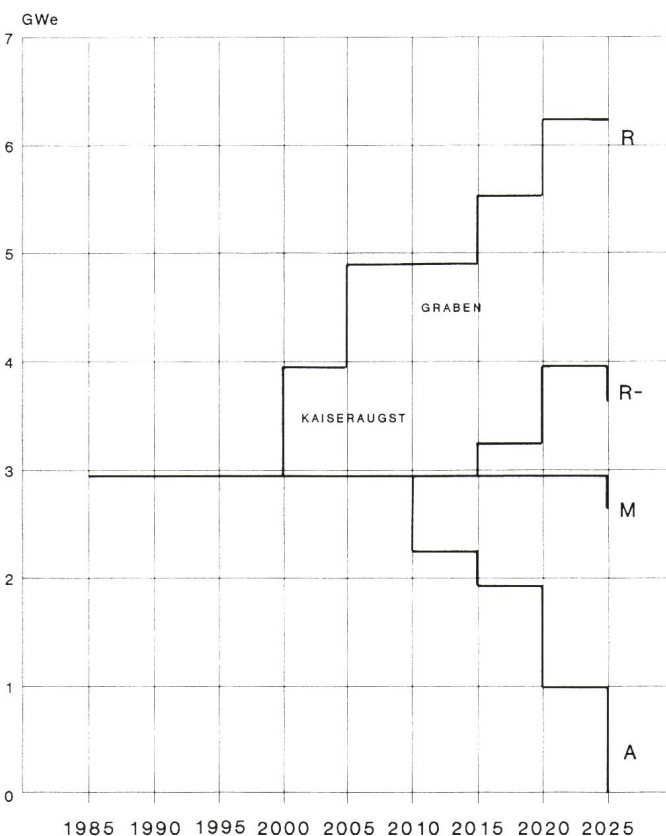
Die Auswirkungen der Szenarien hängen wesentlich von den unterstellten Annahmen, von den Umstrukturierungsprozessen und von der dafür zur Verfügung stehenden Zeit ab. Einerseits wird ein Ausstieg aus der Kernenergie um so problematischer, je kurzfristiger er angesetzt wird. Dies gilt sowohl bezüglich der Realisierbarkeit wie der wirtschaftlichen, gesellschaftlichen, ökologischen, staats- und ordnungspolitischen Folgen. Andererseits sind die Auswirkungen der Szenarien auf Ölimporte, Verbrauch fossiler Energien, Emissionen und Gesundheitsrisiken längerfristig um so günstiger, je mehr Energie eingespart und je mehr fossile Energie substituiert wird. Sowohl die Spar- wie die Substitutionsprozesse erfordern Zeit. Sie lassen sich bis zu einem gewissen Grad kombinieren. Damit können bei gleichen Einsparungen günstigere Auswirkungen erzielt werden als bei einem Verzicht auf die Kernenergie (vgl. Referenzszenario mit verstärktem Sparen und Substituieren). Werden marktge-

Figur 3
Bruttoenergieverbrauch in den Szenarien (PJ/a)



Figur 4
Entwicklung der installierten Kernkraftwerk-kapazität

- R Referenzhauptszenario
- R- Referenzszenario mit verstärktem Sparen und Substituieren
- M Moratorium
- A Ausstieg 2025: Nutzung der KKW bis zum Ende ihrer Lebensdauer (40 Jahre)

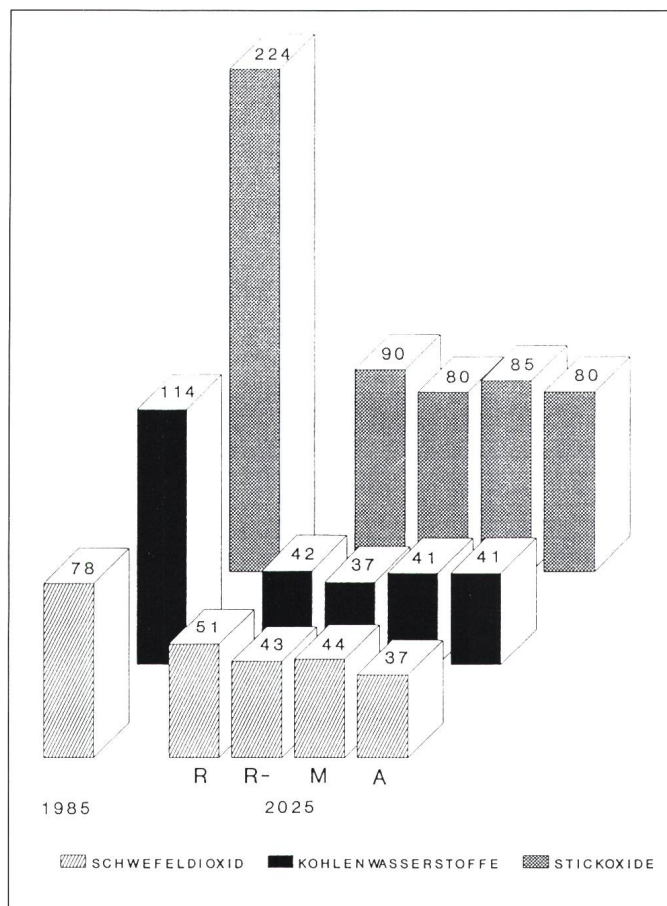


rechte Tarife unterstellt, ergeben sich jedoch vor allem im Wärmebereich Grenzen beim Einsatz von Elektrizität zum Substituieren von fossilen Energien. Hingegen kann die Substitution von Treibstoffen durch Förderung des öffentlichen Verkehrs und der Elektroautomobile sowie der Einsatz der nuklearen Fernwärme (inkl. Heizreaktoren) verstärkt werden. Noch grössere Spar- und Substitutionsanstrengungen würden Subventionen, verschärfte Sparnormen bzw. einen Anschlusszwang sowie verkaufsfördernde Tarife erfordern, welche dem Postulat einer rationellen Energieverwendung widersprechen. Zudem verträgt sich eine Politik der Absatzförderung in einem Sektor schlecht mit einer umfassenden und starken Energiesparstrategie.

Die im Jahre 2025 zu erwartenden Unterschiede bei den *Schadstoff-Emissionen* sind gering, verglichen mit der in sämtlichen Szenarien zu erwartenden Emissionsreduktion zufolge der Luftreinhaltegesetzgebung; sie ergeben sich aus den unterschiedlichen Substitutions- und vor allem Sparanstrengungen. Die Zielsetzung des Luftreinhaltekonzepts (Erreichung der Luftqualität der fünfziger Jahre bis 1995) kann mit den sich vor allem längerfristig auswirkenden Sparmassnahmen in keinem Szenario erreicht werden (Fig. 5).

Bzüglich *volkswirtschaftlicher Auswirkungen* sind das Referenzszenario mit starkem Sparen und Substituieren, das Moratorium und der Ausstieg wegen der unterstellten Grenzkostentarifung, durch eine stärkere Differenzierung zwischen Sommer- und Win-

Figur 5
Energiebedingte
Schadstoff-
emissionen in den
Szenarien (1000t/a)



tertarifen, durch geringe Unterschiede zwischen Tag- und Nachtтарifen, steigende Arbeitspreise und sinkende Fix- und Leistungskosten sowie durch höhere Tarife für die Industrie und Elektroheizungen gekennzeichnet. Dazu kommen im Moratorium und im Aus-

stieg stärker zunehmende spezifische Stromgestehungskosten und die höhere Energiesteuer. Die Szenarien mit starken Sparanstrengungen erfordern erhebliche Investitionen, welche zu Minderausgaben für Energie führen (insbesondere auch für Ölprodukte). Im Referenzszenario sind Mehrinvestitionen für die Elektrizitätserzeugung und -verteilung notwendig. Der Effekt für die gesamte Volkswirtschaft bleibt relativ klein. Allerdings gibt es noch kein Modell, mit welchem alle volkswirtschaftlichen Auswirkungen quantifiziert werden könnten (v. a. betriebliche und lokale Effekte, dynamische Prozesse, weltwirtschaftliche Zusammenhänge sowie ordnungs- und gesellschaftspsychologische Auswirkungen). Sofern die Energieverbrauchsstrukturen, aber auch das Bildungssystem innert der vorgegebenen Fristen ohne grosse Friktionen angepasst werden können, ergeben die beiden verwendeten Modellrechnungen in den Szenarien mit rationellerer Nutzung knapper Ressourcen längerfristig eher positive Auswirkungen auf Produktion und Beschäftigung. Dies schliesst jedoch ernsthafte betriebliche

Szenario	Anteil Stromerzeugung (2025 bzw. Ausstiegjahr)	Gestehungskosten (Rp./kWh)	Anzahl Anlagen (2025 bzw. Ausstiegjahr)	Investitionskosten (Mrd. Fr., kumuliert)
R	1%	≤ 10	300	0,7
R ⁻¹	2%	≤ 12	900	1,5
M	3%	≤ 12	800	1,8
A 2025	6%	≤ 14	1000	1,9
A 2010	18%	≤ 14	3700	4,0
A 2000	29%	≤ 16	3400	14,0 ²
A 1990	12% ³	≤ 12	2100 ³	3,3

¹ 2010

² Inkl. Wärmeverteilung Anschlusszwang erforderlich

³ 1995

R Referenzszenario
R- Referenzszenario mit verstärktem Sparen und Substituieren
M Moratorium
A Ausstieg

Tabelle III Fossile Wärmekraftkopplung: Beiträge und Investitionen

oder lokale Anpassungsschwierigkeiten bei den stromintensiven Branchen infolge von Wettbewerbsnachteilen gegenüber dem Ausland nicht aus. Diese Probleme lassen sich auf längere Frist und bei höherem Wirtschaftswachstum tendenziell besser lösen als kurzfristig und bei tieferem Wirtschaftswachstum. Den ordnungspolitischen Kosten, welche mit der Durchsetzung einer rationelleren Energieverwendung verbunden sind (technische Verbrauchsnormen, Energiesteuer und allenfalls Subventionen), und dem damit verbundenen Vollzugsaufwand steht ein auch aus volkswirtschaftlicher Sicht erwünschter Strukturwandel in Richtung Energieeffizienz, optimale Produktionsstrukturen und qualitatives Wachstum gegenüber.

Alle Szenarien sind auf Forschung, Entwicklung und den *Einsatz neuer Technologien* angewiesen. Im Referenzszenario sind diese stärker auf die Elektrizitätserzeugung und auf Grossfirmen konzentriert. Sie lassen sich besser organisieren, politisch leichter realisieren, aber schlechter exportieren als neue Techniken im gesamten Bereich der rationellen Energieverwendung und der neuen erneuerbaren Energien, für die auch kleine und mittlere Betriebe und das Gewerbe in Frage kommen.

7. Unsicherheiten

Die drei zurückgetretenen Kommissionsmitglieder sind der Meinung, dass die Energieeinsparungen zu optimistisch eingeschätzt (v.a. bezüglich Verbrauchsverhaltens im Haushalt, Komforteinbussen im Dienstleistungsbereich, Kosten) und die Nachteile eines Verzichts auf die Kernenergie vor allem auf volkswirtschaftlicher Ebene zu wenig deutlich dargestellt wurden. Die übrigen acht Kommissionsmitglieder vertreten die Auffassung, dass auch das Energiesparen und die volkswirtschaftlichen Auswirkungen vorsichtig und zurückhaltend bewertet wurden.

Der durch das Mandat vorgegebene lange Perspektivenhorizont führt zwangsläufig zu vielen Unsicherheiten, die im EGES-Bericht mehrmals hervorgehoben werden. Unsicherheiten bestehen jedoch bei jeder Zukunftsaussage und damit auch bei den früher erarbeiteten, weniger langfristigen Perspektiven. Die EGES-Szenarien erheben keinen Anspruch auf Vollkommenheit oder auf Endgültigkeit. Sie können und sollen im Laufe der Zeit verbessert werden. Sie sind weder Prognosen im Sinne von «So wird es sein» noch energiepolitische Empfehlungen im Sinne von «So soll es sein». Sie stel-

len Handlungsalternativen dar und zeigen, wie es sein könnte, wenn wir uns für die eine oder andere energiepolitische Marschrichtung entscheiden. Sie sind – wie alle Szenarien – nur bedingt gültig und lassen sich nur verwirklichen, wenn alle unterstellten Annahmen zutreffen, also z.B. bezüglich Wirtschaftswachstums und Energiepreisentwicklung, aber auch bezüglich Einführung, Vollzugs und Wirksamkeit von energiepolitischen Massnahmen und der erforderlichen Strukturänderungen. Insbesondere wird im Referenzszenario eine bessere Akzeptanz der Kernenergie und in den Varianten mit starkem Sparen eine erhöhte Akzeptanz für staatliche Energiesparmassnahmen, vor allem ein Elektrizitätswirtschaftsgesetz, vorausgesetzt. Keines der Szenarien ist daher leicht und einfach realisierbar. Jedes erfordert erhebliche Anstrengungen, einen festen Durchsetzungswillen und eine langfristig orientierte, zielgerichtete und wirksame Energiepolitik. Der Weg des geringsten Widerstands führt zu einem – von der EGES nicht untersuchten – Szenarium «M+», d.h. einer Fortsetzung des faktischen Moratoriums ohne weitere Kernkraftwerke und ohne starke Sparmassnahmen, dafür mit weiter zunehmenden Elektrizitätsimporten.