

## Inputpapier von Dr. Lukas Gutzwiller

Programmleiter Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie

### **Energieperspektiven 2035 des BFE: Annahmen und Energieeffizienz**

**1. Expertenmeeting vom 20. bis 22. Juni 2007**

Paul Scherrer Institut PSI, Villigen, Schweiz

# Energieperspektiven 2035 des BFE: Annahmen und Energieeffizienz

- **Methoden**

Von 2004 bis 2006 befasste sich das Bundesamt für Energie (BFE) eingehend mit Energieszenarien mit dem Zeithorizont 2035. Die Arbeiten wurden weitgehend auf die sachverwandten Untersuchungen der Bundesverwaltung abgestimmt, stützten sich auf die Modellrechnungen von Experten und wurden von einer Arbeitsgruppe begleitet, welche Fachpersonen aus Wissenschaft und energiewirtschaftlicher Praxis umfasste.

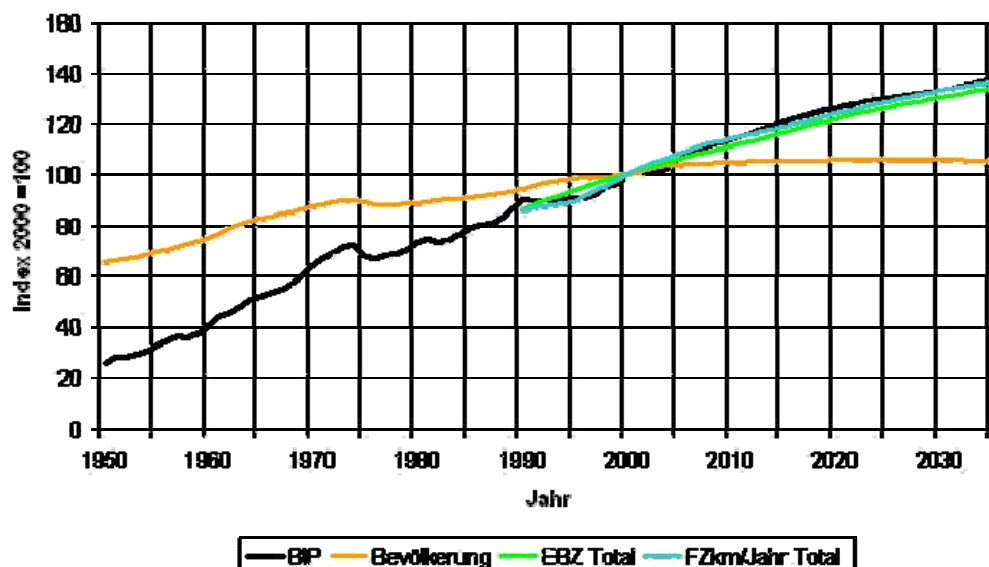
Mit den Szenarien wird ein Teil der „Wirklichkeit“ abgebildet. Im Vordergrund steht die Frage, wie sich Energiepreise, Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum (Rahmenentwicklungen) sowie Vorschriften, preisliche Instrumente und Förderinstrumente (Politikinstrumente) auf das Energiesystem auswirken. Rahmenentwicklungen können allerdings anders als erwartet verlaufen, die Wirkung der Politikinstrumente ist unsicher. Szenarien kann man nicht wählen; entscheiden kann man sich jedoch für Politikinstrumente und entsprechende Rechtsgrundlagen. Die Politikinstrumente sind kein Menü, aus welchem das Passende ausgewählt werden kann. Erforderlich ist ein konsistentes Paket, das mit grosser Wahrscheinlichkeit die erwünschte Gesamtwirkung hat. Zwischen den untersuchten Instrumenten, der Rahmenentwicklung und den Szenarien-Ergebnissen besteht ein enger Zusammenhang, der bei Entscheiden über neue Ziele und Rechtsgrundlagen berücksichtigt werden sollte.

In den vorliegenden Arbeiten wurden Katastrophen-Szenarien oder technische Revolutionen ausgeklammert. Eine auf die schlimmstmögliche Wende oder den überraschenden Technologiesprung ausgerichtete Politik wäre teuer bzw. unvorsichtig. Aktuelle Energiepreise, die Konjunkturlage, Meldungen über Pioniertaten oder Pannen beeinflussen unweigerlich die Einschätzung der Energiezukunft, sind jedoch als langfristige Perspektiven ungeeignet. Ausgegangen wird von langfristigen Trenderwartungen. Um den Unsicherheiten trotzdem Rechnung zu tragen, zeigen Sensitivitätsrechnungen, wie das Energiesystem auf ein höheres Wirtschaftswachstum, auf konstant hohe Energiepreise oder auf die Klimaerwärmung reagiert.

- **Schweizerische Rahmenentwicklung**

Der Perspektivstab des Bundes legt die gesamtwirtschaftlichen Rahmendaten fest, welche für Projekte der Bundesverwaltung verwendet werden. Dieses Vorgehen gewährleistet eine Vergleichbarkeit der Ausgangslage aller verwaltungsinternen Studien. Für die Energieperspektiven standen die **Demografieszenarien** des Bundesamtes für Statistik zur Verfügung sowie die **BIP-Szenarien** des Staatssekretariats für Wirtschaft. Das Seco unterscheidet zwei Szenarien, ein BIP Trend (+0.9% p.a.) und ein BIP hoch (+1.5% p.a.). Beide BIP - Szenarien basieren auf dem Demografieszenario Trend des BFS. Die Demografie- und BIP - Szenarien bilden die Grundlage für die Wertschöpfungsszenarien nach Branchen, für die Entwicklung der **Energiebezugsflächen** nach Wirtschaftssektoren und Branchen, aber auch für die **Verkehrsperspektiven** des Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), welche ihrerseits eine wichtige Grundlage für die Energieperspektiven des Sektors Verkehr bilden.

Figur 1: Entwicklung der Rahmendaten von BIP, Bevölkerung, Energiebezugsflächen und Fahrzeugkilometer pro Jahr



Die Figur 1 zeigt die demografische Entwicklung, sowie die Entwicklung des Wirtschaftswachstums (Trend), der Energiebezugsflächen und der Fahrleistungen. Die Bevölkerung stagniert bei 7.5 Mio um das Jahr 2020 und nimmt dann wieder leicht ab. Zwischen 2000 und 2035 wächst das BIP um rund 40%; ebenso die Energiebezugsfläche und die Fahrzeugkilometer.

- **Entwicklung der Weltmarktpreise für Erdöl**

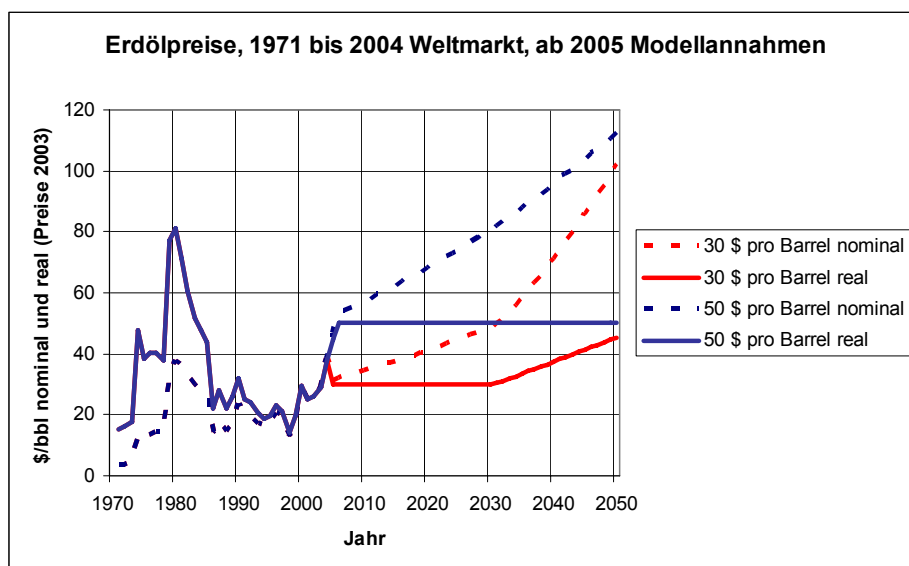
Die Schweiz als Importeur von fossilen Brennstoffen mit einem geringen Weltmarktanteil hat keinen Einfluss auf die Weltpreise dieser Güter. Aus diesem Grunde werden die Preise exogen vorgegeben. Langfristige Preisentwicklungen endlicher Ressourcen hängen von den noch vorhandenen Reserven und von möglichen Substituten, beispielsweise Kohleverflüssigung, welche heute auf 60\$/bbl geschätzt wird, ab. Den in den Energieperspektiven verwendeten langfristigen Preisentwicklungen liegen folgende Annahmen zugrunde:

Bis im Jahre 2030 sind keine wesentlichen physischen Verknappungen der Erdölressourcen zu erwarten. Das Hotelling - Modell besagt, dass sich die Preise einer Ressource, von welcher die noch vorhandene endliche Menge bekannt ist, mit der Entwicklung der Marktzinsen bewegen, wenn die Förderkosten unabhängig vom Bestand sind. Analysen von langen Zeitreihen der Preisentwicklungen endlicher Ressourcen ergeben in der Regel, dass sie kurzfristig bis mittelfristig volatil sind. In der langen Frist weisen sie einen konstanten oder teilweise sogar einen negativen Trend auf. Als möglicher Grund für dieses Verhalten der Preise wird unter anderem erwähnt, dass im Gegensatz zur Annahmen von Hotelling der Bestand der Ressource (obschon endlich) nicht bekannt ist. Als weitere Gründe werden sinkende Förderkosten wegen Technologiefortschritten genannt oder auch die Entdeckung noch nicht bekannter Vorkommen.

In den Energieperspektiven werden, ausgehend von den oben genannten Annahmen zwei Erdölpreisentwicklungen unterstellt:

- Im ersten Fall (**Trend**) wird davon ausgegangen, dass der Rohölpreis bis 2030 bei real 30\$/bbl konstant bleibt und ab 2030 die Ressourcenverknappung zu einem Anstieg der realen Preise bis knapp 50\$/bbl im Jahre 2050 führt.
- Im zweiten Fall (**Sensitivität Hoch**) wird von einem konstanten realen Preis von 50\$/bbl ausgegangen. Da der höhere Preis zu einer Nachfragereduktion und zur Wettbewerbsfähigkeit nicht konventioneller fossiler Ressourcen führt, bleibt dieser Preis bis 2050 unverändert. Es wird unterstellt, dass die Ressourcenverknappung nicht vor 2050 zu wirken beginnt.

Figur 2: **Modellannahmen zu den Erdölpreisen, Sensitivitäten Trend (30\$/bbl) und Hoch (50\$/bbl)**



Für die Berechnung der nominalen Entwicklung wird ab 2005 eine Inflationsrate von jährlich 1,9% unterstellt

Die beiden Preispfade ermöglichen die Berechnung von Preissensitivitäten und damit eine Abschätzung der Auswirkungen unterschiedlicher langfristiger Preispfade auf die Energienachfrage.

Die Auswirkung von langfristig konstant gehaltenen aber im Niveau unterschiedlichen realen Preisen auf laufende Marktpreise ist erheblich: Der nominale Preis eines Barrels Erdöl im Jahre 2035 beträgt 59\$, wenn von einem realen Preis von 30\$ ausgegangen wird. Für einen Preis von 50\$ real ergibt sich im Jahre 2035 ein nominaler Preis von 102\$/bbl. (siehe Figur 2).

In den Energieperspektiven wird unterstellt, dass die seit anfangs der 60er Jahre bestehende Koppelung vom Erdgaspreis zum Erdölpreis bestehen bleibt.

#### • Politikvarianten der Szenarien I bis IV

**Szenario I "Weiter wie bisher"** ist massnahmenorientiert. Die Wirkung beschlossener und in Kraft gesetzter Instrumente wird dargestellt. Es wird auch ein autonomer Trend zur Energieeffizienz berücksichtigt. Ein wichtiges Politikinstrument sind, wie schon bisher, die kantonalen Vorschriften im Gebäudebereich. Diese werden, allerdings verzögert, den Energiepreisen und dem technischen Fortschritt angepasst. Die energetische Sanierung von Gebäuden verzeichnet steigende Erfolge, insgesamt sind jedoch die Sanierungsraten gering. Die energietechnischen Zulassungsvorschriften sowie Zielvereinbarungen gemäss Energiegesetz des Bundes werden weitergeführt und, ebenfalls nur verzögert, den technischen Fortschritten angepasst.

**Szenario II** ist ebenfalls massnahmenorientiert und kennzeichnet sich durch **"Verstärkte Zusammenarbeit"** zwischen Staat und Wirtschaft, die moderate Verschärfung von Vorschriften und die Einführung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffen. Diese gibt auch nach 2010 einen Anreiz für Zielvereinbarungen zwischen Staat und Wirtschaft. Die **Förderinstrumente** werden wesentlich verstärkt: Der Klimarappen wird bis 2035 weitergeführt und dient vor allem den Effizienzmassnahmen. Mit einem neu zu schaffenden Stromrappen wird auch die effiziente Stromverwendung gefördert. Die Förderung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien erfolgt durch die Mehrkostenabgeltung, welche mit einem Zuschlag auf den Netztarifen finanziert wird. Weitere Massnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz sind:

- Ein Bonus-Malus System auf der Importsteuer für Personenwagen basierend auf dem spezifischen Treibstoffverbrauch
- Flächendeckende Einführung eines Energieausweises für Gebäude

**Szenario III "Neue Prioritäten"** ist zielorientiert. Es wird untersucht, mit welchen Instrumenten und Techniken die unterstellten Ziele erreicht werden. Voraussetzungen sind eine weltweite Prioritätensetzung auf Klimaschutz, **Energieeffizienz** und Ressourcenschonung sowie die Kommerzialisierbarkeit der entsprechenden Techniken. Ferner wird eine weitgehende internationale Harmonisierung der Ziele und Instrumente vorausgesetzt, um die Abwanderung energieintensiver Unternehmen, Tanktourismus und Handelshemmnisse zu vermeiden. Zentrales Instrument ist die Verteuerung der nicht erneuerbaren Energien und der Elektrizität mit einer **Lenkungsabgabe** (ab 2011). Dadurch werden energiepolitisch erwünschte Massnahmen rentabel (oder noch rentabler). Die Preiserhöhung bedeutet für Heizöl und Benzin ungefähr eine Verdoppelung; für Elektrizität eine Erhöhung um 50 Prozent (ausgegangen wird in der Trendentwicklung von realen Rohölpreisen von 30 USD/Fass; um die angenommene Verdoppelung z.B. der Benzinpreise zu erzielen, müsste der Rohölpreis auf etwa 150 USD/Fass steigen, allerdings mit dem Unterschied, dass die Geldmittel ins Ausland fließen). Die Lenkungsabgabe wird mit Vorschriften und mit dem punktuellen Einsatz von Förderinstrumenten ergänzt, z.B. Energieaudits. Mit verschärften Vorschriften über den zulässigen spezifischen Energieverbrauch von Gebäuden, Anlagen usw. wird in Szenario III der Rentabilitätsschwelle nachgefahren. Damit werden Rückschläge in der Energieeffizienz vermieden, die z.B. als Folge steigender Einkommen eintreten können.

Beispiele für notwendige ordnungsrechtliche Instrumente sind:

- Anforderungen an Neubauten und Sanierungen der Wohngebäude werden im Jahr 2011 verschärft; die Vorgaben über den spezifischen Energieverbrauch (MJ/m<sup>2</sup>a) betragen 60-70 Prozent der heutigen Durchschnittswerte. In den Folgejahren werden die Anforderungen moderat weiter verschärft.

- Vorschriften für Geräte: die schlechter als „B“ klassierten Geräte werden ab 2011 vom Markt genommen, die Anforderungen an die energieeffizienten Klassen werden regelmässig verschärft.
- Einführung von Grenzwerten für den spezifischen Elektrizitätsverbrauchbedarf für Beleuchtung, Lüftung und Kälte in grossen Gebäuden (entsprechend Empfehlung SIA 380/4).

**Szenario IV** geht zielorientiert davon aus, dass die **"2000-Watt-Gesellschaft"** bis 2100 erreicht wird. Auf die BFE-Perspektiven übertragen, müssen von 2000 bis 2035 der Endenergieverbrauch pro Kopf und die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen um 35 Prozent verringert werden, um auf diesen Pfad einzuspüren. Wie in Szenario III wird ein energiepolitischer Paradigmenwechsel erwartet. Neben der internationalen Harmonisierung ist die Marktdurchdringung von neuen Schlüsseltechnologien erforderlich, wie Mess- und Regeleinrichtungen zur Optimierung des Wärme- und Elektrizitätsbedarfs, Techniken zur Reduktion der Prozessenergie in der Industrie, Leichtbauweise für Fahrzeuge. Auch Strukturänderungen sind erforderlich: Die Zahl der Heimbüros nimmt zu, der Flächenbedarf im Dienstleistungssektor sinkt. Es wird verdichtet gebaut. Die Verkehrsleistungen wachsen weiterhin, allerdings verdoppelt sich dabei der Schienenverkehr (in den Szenarien I bis III steigt er um einen Drittel). Auch das Angebot der Energieträger wird schrittweise verändert, insbesondere werden erneuerbare Energieträger für die Wärmeversorgung zum allgemeinen Standard. Es werden keine spekulativen Techniken unterstellt. Zentrales Instrument ist ebenfalls eine Lenkungsabgabe. Sie bedeutet gegenüber den Preisen in Szenario III nochmals einen Aufschlag um 11 Prozent (Benzin) bis 37 Prozent (Elektrizität). Gegenüber Szenario III werden die Effizienzvorschriften im Allgemeinen noch etwas weiter beschleunigt und verschärft.

#### • Nachfrageentwicklungen und Energieeffizienz

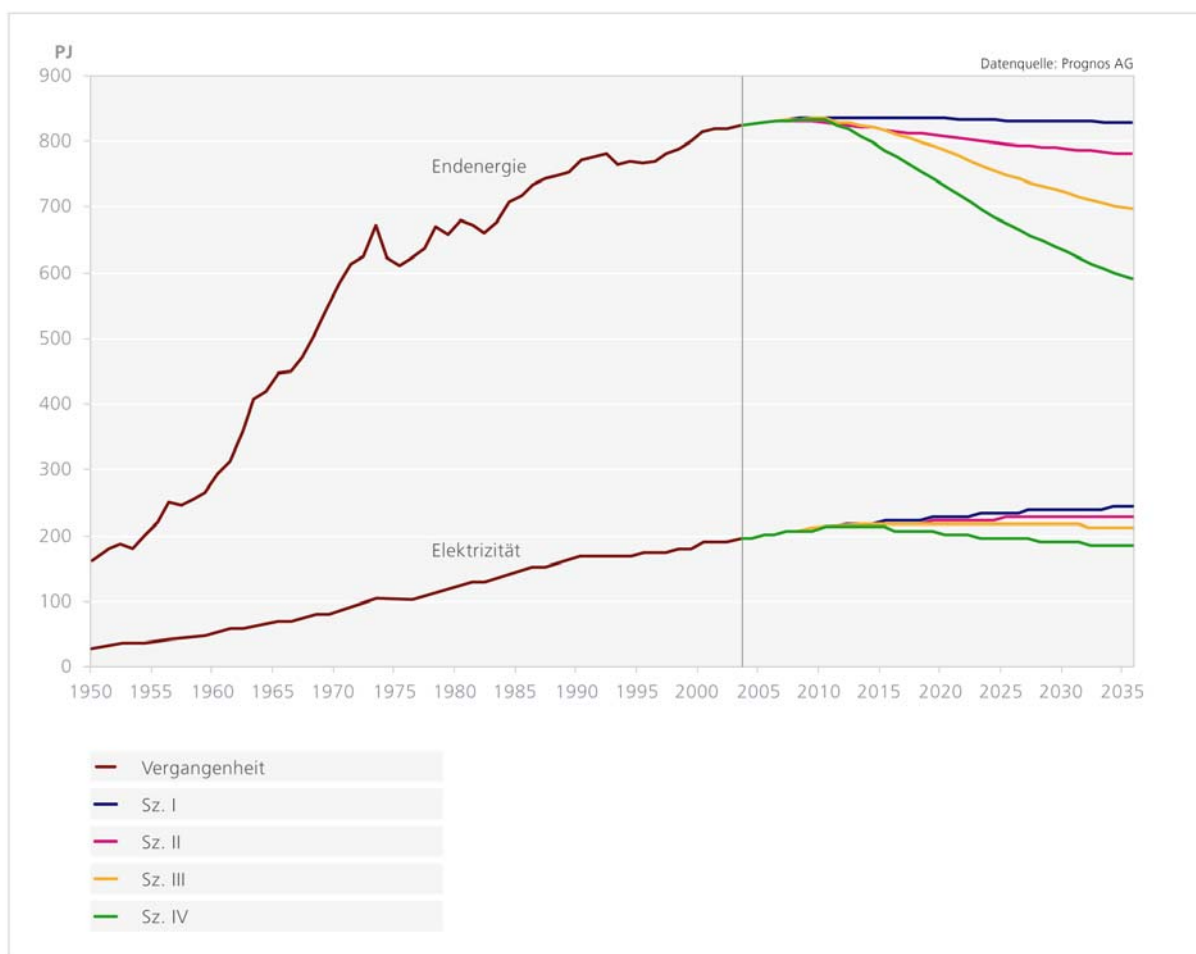
Für Szenario I wird erwartet, dass die **gesamte Endenergienachfrage** 2035 nur 2 Prozent über dem Niveau des Jahres 2000 liegt. Die zunehmende Energieeffizienz vermag das verbrauchsfördernde Wachstum der Wohnflächen, Produktionsmengen und Verkehrsleistungen insgesamt gerade zu kompensieren. Mit Politikinstrumenten lässt sich die Gesamtnachfrage in Szenario II gegenüber dem Basisjahr um 4 Prozent verringern. Ein klarer Richtungswechsel ist mit "verstärkter Zusammenarbeit" somit nicht realisierbar. Erst in den Szenarien III und IV ist im nächsten Jahrzehnt mit einer deutlichen Nachfragereduktion zu rechnen, so dass die Gesamtnachfrage im Jahr 2035 14 bzw. 27 Prozent unter dem Niveau des Jahres 2000 liegt (Fig. 3). Dies bedeutet, dass trotz der Zunahme der Energiedienstleistungen um 40% bis 2035 (Energiebezugsflächen und Verkehrsleistung, siehe Figur 1) der Energieverbrauch dank **Energieeffizienz** wesentlich gesenkt werden kann.

In den Szenarien III und IV steigt der Anteil der Brenn- und Treibstoffe aus erneuerbaren Energien zwischen 2000 und 2035 von knapp 50 PJ auf rund 90 PJ an (davon etwa 20 PJ biogene Treibstoffe, siehe auch Tabelle 2). Im Szenario IV besteht der Endenergiemix im 2035 also aus rund einem Drittel Elektrizität und einem Sechstel erneuerbare Energien für Wärme und Mobilität. Die andere Hälfte wird mit fossilen Energien abgedeckt.

Im Unterschied zur Gesamtenergienachfrage verzeichnete bisher die **Elektrizitätsnachfrage** nur wenige Zeitperioden ohne Wachstum. Trotz der Annahme, dass die neuen Stromanwendungen eine höhere Effizienz als bisher aufweisen, steigt in Szenario I bis 2035 die Endnachfrage nach Strom (Fig. 3) um 29 Prozent. Der **Landesverbrauch**, d.h. die Endnachfrage inkl. Übertragungs- und Verteilverluste, zuzüglich des Verbrauchs der bestehenden und geplanten Speicherpumpen, ist für die Bereitstellung der Produktionskapazitäten massgebend. Er steigt von 58.1 TWh im Jahr 2000 auf 80.1 TWh im Jahr 2035 (+38%).

Szenario II vermag den Zuwachs der Endnachfrage nach Strom zu dämpfen; sie steigt noch um 23 Prozent. In Szenario III steigt sie bis 2020, sinkt danach leicht ab und liegt 2035 13 Prozent über dem Basisjahr. Unter den Voraussetzungen des Szenarios IV lässt sich die Elektrizitätsnachfrage schon ab 2012 verringern. Allerdings liegt sie bis 2035 nur 2 Prozent unter dem Basisjahr. Sektoriell ist die Entwicklung unterschiedlich: während die Nachfrage nach Strom u.a. für elektrische Wärmepumpen und für den Schienenverkehr steigt, sinkt jene für Geräte und Anlagen. Der Landesverbrauch zuzüglich Speicherpumpen liegt dannzumal in Szenario IV bei 62.8 TWh (+8%).

Figur 3: **Endenergie- und Elektrizitätsnachfrage nach Szenarien, in PJ, Rahmenentwicklung Trend**



• **Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Endenergienachfrage**

Die allein durch die Endenergienachfrage verursachten schweizerischen CO<sub>2</sub>-Emissionen sinken von 2000 bis 2035 rund 13 Prozent in Szenario I, 21 Prozent in Szenario II, 35 Prozent in Szenario III und 48 Prozent in Szenario IV (Tabelle 1).

Tabelle 1: **CO<sub>2</sub>-Emission aus der Endenergienachfrage nach Szenarien und Sektoren in 2035, in Mio. Tonnen (Total Veränderungen in %)**

Sz.		Haushalte	Dienstleistungen <sup>1)</sup>	Industrie	Verkehr <sup>2)</sup>	Total	△ 2035/2000 in %
	2000	12.1	4.9	5.8	17.1	39.9	
I	2035	9.1	3.9	5.3	16.5	34.7	-13
II	2035	8.5	3.3	5.0	14.6	31.4	-21
III	2035	6.5	2.8	4.5	12.0	25.8	-35
IV	2035	5.1	2.1	3.7	9.9	20.8	-48

1) inklusive Kleingewerbe, Landwirtschaft

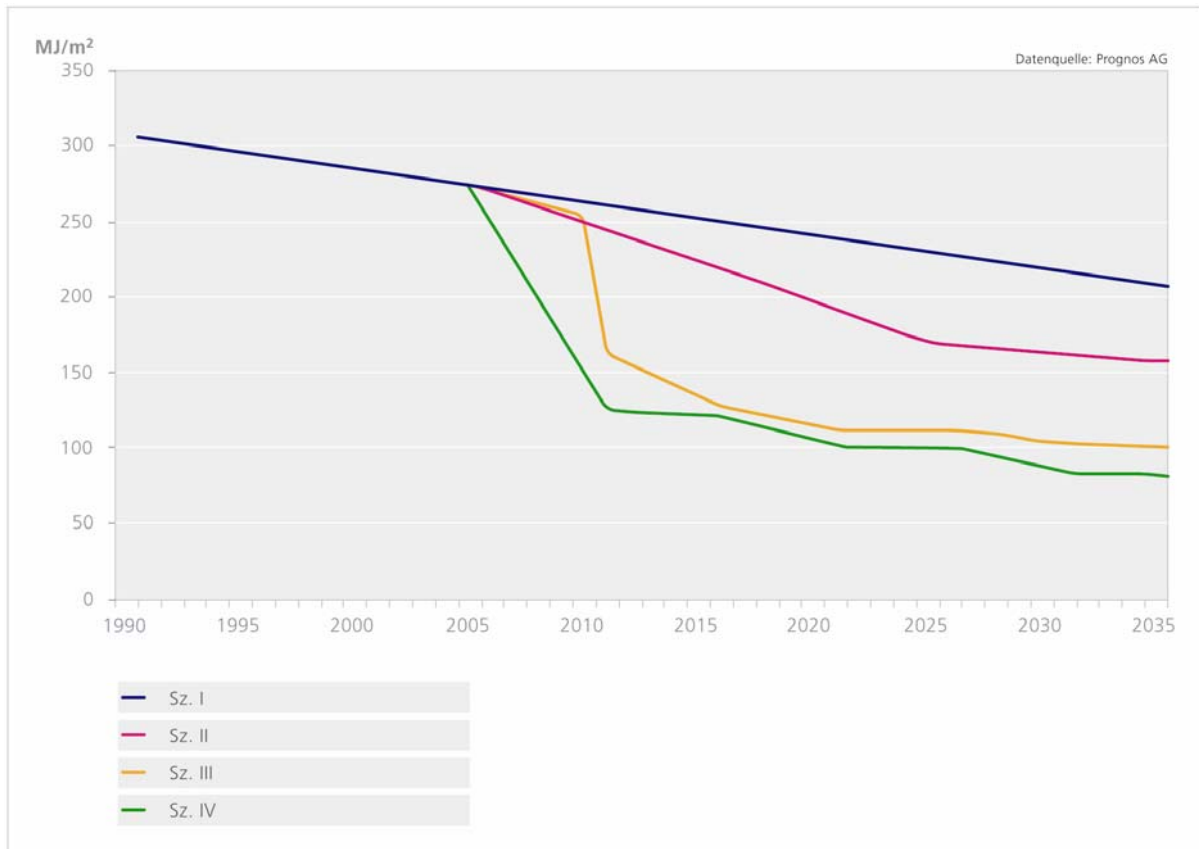
2) ohne Auslandsflugverkehr

Datenquelle: Prognos AG

- **Kosten und Nutzen der Verbesserung der Energieeffizienz in den Szenarien III und IV**

Ein Vergleich der Kosten pro Energieeinsparung mit dem Energiepreis der Szenarien III und IV zeigt, ob sich die Instrumente und Massnahmen auch bei einer weitergehenden Effizienzpolitik in der Summe lohnen. Die Lenkungsabgabe erhöht zunächst die Energiekosten. Dank der Rückverteilung des Ertrages an Haushalte und Unternehmen bleibt die inländische Kaufkraft unter anderem für Massnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz erhalten. Es wird vorausgesetzt, dass die Akteure in Anbetracht der erhöhten Energiepreise rational handeln und **Investitionen** zur Kostensenkung treffen. Pro Kopf der Bevölkerung steigen die zu erbringenden jährlichen Effizienzinvestitionen bis maximal 350 CHF in Szenario III und bis maximal 560 CHF in Szenario IV. Bezogen auf das Bruttoinlandprodukt machen die jährlichen Effizienzinvestitionen in Szenario IV im Maximum knapp 1 Prozent aus. Diesen Investitionen stehen während der Wirkungsdauer der Massnahmen die **vermiedenen Endenergiekosten** gegenüber. Aus der Sicht der Investoren werden die Effizienzinvestitionen durch die vermiedenen Kosten mehr als ausgeglichen. Es ergeben sich Netto-Entlastungen, die kumuliert bis 2035 bis auf 2 Mia. CHF in Szenario III und bis auf 3.8 Mia. CHF in Szenario IV steigen.

Figur 4: Spezifischer Heizwärmebedarf der jährlich neu erstellten Mehrfamilienhäuser in MJ/m<sup>2</sup>



Die in den beiden Szenarien berücksichtigten Effizienzmassnahmen sind im Durchschnitt bereits bei den aktuellen Energiepreisen wirtschaftlich. Sie werden jedoch wegen anderweitigen Investitionsprioritäten, des Innovationsbedarfs (in Szenario IV), des Zeit- und Kapitalbedarfs für die Effizienzinvestitionen, der Interessenkonflikte zwischen Investoren und Nutzern und weiteren Hemmnissen nur langsam und nur zum Teil realisiert. Erst mit starken Anreizen sind die dargestellten Einsparungen zu erwarten. Bei diesen Berechnungen sind auch keine positiven oder negativen volkswirtschaftlichen Kreislaufeffekte, z.B. auf die Baubranche oder die Konsumausgaben, eingerechnet.

Figur 4 zeigt die Folgen einer besseren energetischen Qualität der Neubauten am Beispiel der Mehrfamilienhäuser. In den Szenarien III und IV werden die SIA Normen im Vergleich zum Referenzszenario entsprechend einer Halbierung des Energieverbrauchs pro Energiebezugsfläche verschärft. Zudem wird die Sanierungsrate von 1% p.a. auf rund 2% p.a. verdoppelt. Bei gleicher

Zunahme der Energiebezugsflächen liegt der Energieverbrauch 2035 für Raumwärme in den Szenarien III und IV 25% bzw. 40% tiefer als im Referenzszenario. Im Szenario III verbessert sich die Energieeffizienz gemessen an der Relation Energieverbrauch pro Energiebezugsfläche von 628 MJ/m<sup>2</sup> in 2005 auf 388 MJ/m<sup>2</sup> in 2035 (-1.6 Prozent p.a.).

- **Varianten zur Schliessung der Stromlücke**

Ab 2018 (Szenario I) ist damit zu rechnen, dass im durchschnittlichen Winterhalbjahr die inländische Stromproduktion, zusammen mit den bestehenden Bezugsrechten im Ausland, die Nachfrage nicht mehr deckt. Dabei wird unterstellt, dass die Bezugsrechte nicht verlängert werden und der heute bestehende Kraftwerkpark nicht ausgebaut wird. In den Energieperspektiven wurden sieben verschiedene Angebotsvarianten untersucht, welche aber in diesem Papier nicht speziell diskutiert werden. Zur Illustration der Ressourcenverfügbarkeit wird nachfolgend insbesondere der Beitrag der neuen erneuerbaren Energien (ohne Grosswasserkraft) dargestellt.

- **Strom aus erneuerbaren Energien**

2005 entfielen 58.3 Prozent der inländischen Stromproduktion auf erneuerbare Energien (56.5 Prozent Wasserkraft und 1.8 Prozent weitere erneuerbare Energien). Auf die im folgenden betrachtete Stromproduktion aus Kleinwasserkraftwerken (Anlagen unter 10 MW), Biomasse (inklusive 50 Prozent biogener Anteil in KVA), Fotovoltaik und Windenergie entfielen 2005 rund 4.2 TWh. Viel versprechen sich manche Experten für die längerfristige Zukunft in der Schweiz von der Fotovoltaik, der Biomasse und seit einigen Jahren auch von der tiefen geothermischen Energie. Der Beitrag der Geothermie zur (Wärme-) und Stromversorgung ist besonders unsicher, denn er hängt von noch wenig bekannten technischen Faktoren ab.

In **Szenario I** beträgt die Stromproduktion im Jahre 2035 aus dem Bestand und dem Ausbau der erneuerbaren Energien (ohne Grosswasserkraft) rund 4.7 TWh (der Ausbau wird durch die bestehende Einspeisevergütung und die Marktkräfte gefördert). In **Szenario II**, welches die Förderinstrumente des Stromversorgungsgesetzes enthält, werden bei einem optimierten Mitteleinsatz im Jahr 2035 8.9 TWh produziert. In **Szenario III** können mit der Angebotsvariante Erneuerbar, welche die erneuerbaren Energieträger maximal ausschöpft, 19.7 TWh produziert werden. Insbesondere wird hier vorausgesetzt, dass die Geothermie bis 2020 einen Durchbruch erzielt. Im **Szenario IV** können in der Angebotsvariante Erneuerbar 9.4 TWh produziert werden. Die Produktion und der Anteil in der Variante Erneuerbar sind im Szenario IV kleiner als im Szenario III, weil dank Effizienzmassnahmen auch die zu schliessende Stromlücke kleiner ist.

- **Wärme aus erneuerbaren Energien**

Die meisten Anlagen werden ausschliesslich oder vorwiegend in Neubauten erstellt oder wenn eine Heizung saniert wird. **Holz** ist in der Schweiz eine traditionelle Energiequelle. Die vollständige Nutzung des Potenzials würde rund einer Verdoppelung des Holzenergieeinsatzes im Jahr 2000 entsprechen. Dies steht allerdings in Konkurrenz zur stofflichen Nutzung und ist vor allem bei kleineren Anlagen mit erheblichen Mehrkosten verbunden, insbesondere auch für die Luftreinhaltung. **Sonnenkollektoren** werden u.a. im Einfamilienhaus bei unsicheren Heizölpreisen an Bedeutung gewinnen, da Versorgungssicherheit und Unabhängigkeit von der Eigentümerschaft hoch gewichtet werden. Solaranlagen erleichtern zudem das Erreichen von anspruchsvollen Baustandards.

Die Erwartungen über die künftigen Möglichkeiten der elektrischen **Wärmepumpen** sind sehr unterschiedlich. Da der Primärenergieverbrauch nach dem Prinzipschema nur etwa die Hälfte des Verbrauchs eines ölbefeuerten Heizkessels ausmacht, werden die technischen Potenziale der CO<sub>2</sub>-Reduktion von Fachleuten zum Teil sehr hoch eingeschätzt. Szenario I geht von einer Sättigung im Neubau von Ein- und Zweifamilienhäusern aus. In anderen Bereichen, insbesondere beim Ersatz von Heizungsanlagen in energetisch sanierten Gebäuden wird dagegen noch ein deutliches Wachstum erwartet. In Szenario IV werden die technischen Potenziale stark ausgeschöpft, und zwar auch jene der heute noch unkonventionellen Wärmequellen. Unwirtschaftliche Lösungen, vor allem in Mehrfamilienhäusern, müssen durch Tarifvergünstigungen unterstützt werden. Eine forcierte Wärmepumpen-Strategie ist nur in Kombination mit verstärktem Wärmeschutz sinnvoll.

- **Treibstoff aus erneuerbaren Energien**

Weil die Energienachfrage im Strassenverkehr praktisch ausschliesslich auf Erdölprodukten basiert, wecken Biotreibstoffe zum Teil grosse Hoffnungen. Die Wettbewerbsfähigkeit des **landwirtschaftlichen Anbaus** wird durch die internationale Agrarpolitik beeinflusst, welche im Wandel begriffen ist. Länder wie Brasilien haben günstige Produktions- und Absatzmöglichkeiten, da sie Ethanol aus Zuckerrohr mit einem hohen Ertrag produzieren können. Die Herstellung von Biotreibstoffen aus **organischem Abfall** steht im Unterschied zum landwirtschaftlichen Anbau nicht in Konkurrenz zu Nahrungsmitteln und muss sich nur im lokalen Abfallmarkt um den Rohstoff bewerben. Die Debatte über Biotreibstoffe ist noch nicht abgeschlossen. Die Energiebilanz und die Klimaschutzaspekte werden kontrovers beurteilt. Aus schweizerischer Sicht ist die Frage der Importabhängigkeit von vergleichsweise günstigen Biotreibstoffen relevant. Aus Kostenüberlegungen stellt sich auch die Frage, wo Biotreibstoffe zweckmässig eingesetzt werden. Auch bei einem forcierten Ausbau kann fossiler Treibstoff global wahrscheinlich nur im einstelligen Prozentbereich ersetzt werden. Ebenso bestätigt sich, dass Effizienzmassnahmen im Verkehrssektor ein grösseres Gewicht verdienen. Die Tabelle 1 zeigt die prozentualen Beiträge der erneuerbaren Energien an der Stromproduktion, sowie der Endenergienachfrage nach Brenn- und Treibstoffen.

Tabelle 2: **Anteile der erneuerbaren Energieträger an der Elektrizitätsproduktion und der Brennstoff- und Treibstoffnachfrage, in Prozent**

Szenarien und Jahr	1990	2000	Sz. I 2035	Sz. II 2035	Sz. III 2035	Sz. IV 2035
Anteil der Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energien am Landesverbrauch (ohne Grosswasserkraft, Angebotsvariante Erneuerbar)		7	6	12	28	22
Anteil erneuerbare Energien an der Brennstoffnachfrage (in %)	10.3	11.9	18.0	19	24	28
Anteil Biotreibstoffe an der Treibstoffnachfrage (in %)	0	0	0.5	6	10	11