Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE

20. Juni 2006

Faktenblätter Energieperspektiven

1. Ausgangslage

In den nächsten Jahren wird sich die schweizerische Politik auch mit den Klimaschutzzielen nach 2010 auseinandersetzen. Das bis 2010 terminierte Programm EnergieSchweiz und das CO_2-Gesetz müssen längerfristig ausgerichtet werden. Ab dem Jahr 2020 werden zudem die ältesten Kernkraftwerke der Schweiz ans Ende ihrer Betriebsdauer kommen. Es stellt sich die Frage, wie danach die Stromversorgung gesichert werden soll.

Das Jahr 2020 steht zwar nicht unmittelbar bevor. Aber weil energiepolitische Entscheide in der direkten Demokratie sehr viel Zeit beanspruchen und langfristige Auswirkungen haben, sind rechtzeitig Konzepte zu erarbeiten. In den nächsten Jahren müssen die Weichen gestellt werden, damit die kommenden Generationen auf eine sichere, wirtschaftliche und umweltschonende Energieversorgung zählen können.

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesamt für Energie (BFE) die Arbeiten an den Energieperspektiven aufgenommen. Mit Hilfe von namhaften Fachleuten wird ein solides, wissenschaftliches Fundament erarbeitet, das ein breites Spektrum von möglichen Entwicklungen und energiepolitischen Vorstellungen abdeckt. Die Experten werden von einem politisch zusammengesetzten Forum begleitet, das ihre Arbeit bewertet, spiegelt und die Vorschläge auf ihre Akzeptanz prüft. Ende 2006 werden die Energieperspektiven mit dem Zeithorizont 2035 dem UVEK unterbreitet. Sie sollen auch den Bundesrat, das Parlament, die kantonalen Behörden, die Parteien, Verbände und die Öffentlichkeit bei der Meinungsbildung unterstützen. Andere Interessierte, wie die Elektrizitätswirtschaft und die Umweltorganisationen, sind ebenfalls daran, Vorstellungen über die Energiezukunft zu entwickeln.

2. Allgemein

Die Energieperspektiven mit dem Zeithorizont 2035 und in einer Vision bis 2050 sollen mithelfen, für die Energiepolitik mittel- und langfristig mögliche energiepolitische Optionen aufzuzeigen. Sie bilden für Parlament, Bundesrat und Verwaltung eine Entscheidungsgrundlage.

Ausgehend von gesamtwirtschaftlichen Rahmenentwicklungen wie Bevölkerungsentwicklung, Wirtschaftswachstum, internationale Energiepreise und Klima werden vier energiepolitische Szenarien mit Instrumenten und Massnahmen ausgearbeitet. Es werden die Auswirkungen auf Primär- und Sekundärenergieträger sowie auf die Verbrauchssektoren, Versorgungssicherheit, Wirtschaft und Umwelt aufgezeigt.

Es stehen zwei Arten von Modellen zur Verfügung: In Bottom-up-Modellen werden Massnahmen und Technologien auf der Ebene der einzelnen energienutzenden Anwendungen modelliert. In einem Top-down-Modell werden das Verhalten der Marktakteure sowie die Auswirkungen auf die Energiesysteme auf einem aggregierten Niveau betrachtet. In den Perspektivarbeiten kommt eine Kombination beider Modelltypen zur Anwendung.

Um die Stärke des Einflusses einzelner Elemente der Rahmenentwicklung beurteilen zu können, werden verschiedene **Sensitivitäten** durchgerechnet, das heisst einzelne Inputparameter werden variiert.

Die Szenarien I und II sind **massnahmeorientiert**, das heisst es werden Instrumente und Massnahmen festgelegt und Ihre Auswirkungen bestimmt. Die Szenarien III und IV sind **zielorientiert**, das heisst es werden Zielvorgaben gemacht. Aus der Modellierung werden dann Massnahmen und Instrumente abgeleitet.

3. Rahmenentwicklung

Folgende Rahmendaten fliessen in die Modelle ein:

Inland: Bevölkerungsentwicklung, Wirtschaftswachstum, Klima, Technologiefortschritt

Ausland: Energiepreise, Klimaschutzpolitik, Technologiefortschritt

Der Technologiefortschritt ist szenarienabhängig und wird hier nicht weiter ausgeführt.

Rahmenentwicklung „Trend“

Bevölkerungsentwicklung, Wirtschaftswachstum: als Grundlage dienen die vom BFS und seco ausgearbeiteten Szenarien. Das Grundszenario Trend der Bevölkerungsentwicklung des BFS (Stand April 2006) geht von einer, auf etwas höherem Niveau, konstanten Bevölkerung aus. Die BIP-Perspektive sieht ein Wachstum von durchschnittlich 0.9% pro Jahr bis 2035 vor. Ihr liegt eine durchschnittliche Produktivitätssteigerung von rund 1% und eine stagnierende Beschäftigtenzahl zugrunde.

Klima: In der Trendvariante wird von einer Fortschreibung des heutigen Klimas ausgegangen.

Energiepreise: Als Trendvariante wird von einem real konstanten Ölpreis von 30 USD/Fass bis 2030 ausgegangen, danach folgt ein linearer Anstieg auf rund 48 USD real bis 2050. Dies entspricht inflationiert einem Ölpreis von 53 USD im Jahre 2035 und 107 USD im Jahre 2050. Die Gaspreise und Strompreise leiten sich zum Teil aus dem Ölpreis ab.

Sensitivitäten

In einzelnen Szenarien werden Sensitivitäten ausgerechnet, um den Einfluss anderer Rahmenentwicklungen abschätzen zu können. Die wichtigsten Sensitivitäten sind:

Wirtschaftswachstum: Diese Sensitivität geht von einem durchschnittlichen BIP-Wachstum von 1.4% pro Jahr bis 2035 aus.

Energiepreise hoch: Der Ölpreis liegt bis 2050 real konstant auf 50 USD/Fass. Dies entspricht inflationiert einem Ölpreis von 88 USD im Jahre 2035 und 112 USD im Jahre 2050. Die steigenden Marktpreise bewirken, dass die rationelle Energieverwendung, neue Energien und weitere Kategorien von fossilen Ressourcen wirtschaftlicher werden (auch inklusive Zuschlag für Neutralisation des produktionsbedingten CO_2).

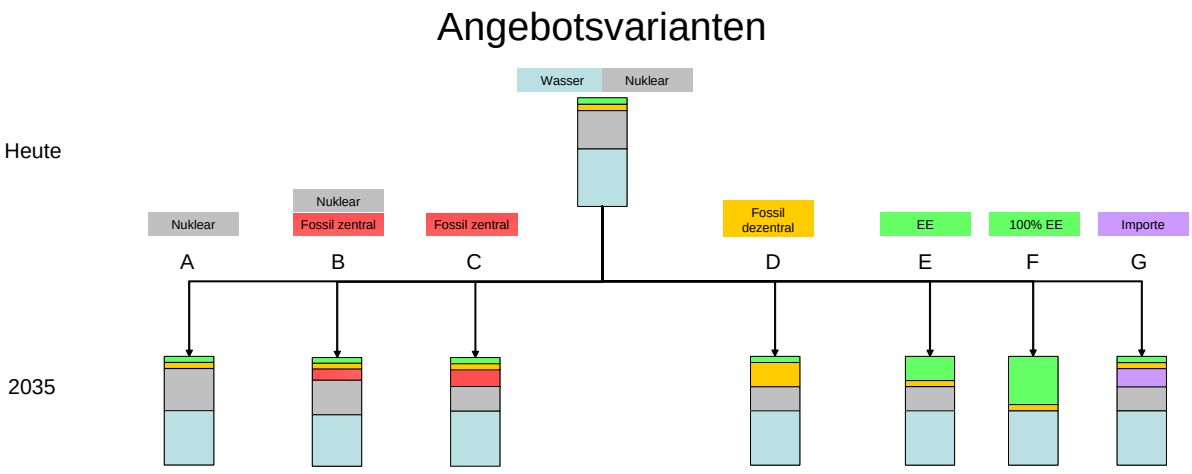
Höchstpreisszenario: Es werden die Auswirkungen eines dauerhaft sehr hohen Ölpreises auf Substitutionseffekte zu andern Energieträgern und -effizienz, auf den technischen Fortschritt und die schwei-

zerische Volkswirtschaft mit Hilfe eines dynamischen, globalen Welthandelsmodells untersucht. (Erste Resultate werden im Sommer 2006 erwartet.)

Klima wärmer: Gegenüber der Referenzperiode 1960-1990 wird für die Periode 2020-2050 mit einem Temperaturanstieg von rund 1.2° C im Alpenraum (im Sommer mehr als im Winter, im Süden mehr als im Norden) gerechnet bei gleichzeitiger Reduktion der Niederschlagsmengen um rund 2% (im Sommer Rückgang im Süden stärker als im Norden, im Winter Zunahme).

4. Elektrizitätsangebotsvarianten

Es stehen sieben Varianten zur Schliessung einer „Stromlücke“ bis 2035 zur Verfügung:



Figur 1: Übersicht über die in den Perspektiven berücksichtigten Angebotsvarianten bis 2035.

Dabei stehen in drei Varianten Grossanlagen im Vordergrund:

- A Nuklear (Kernkraftwerke werden durch Kernkraftwerke ersetzt)
- B Nuklear-fossil (Übergangsstrategie mit GuD-Kraftwerken, danach neue/s Kernkraftwerk/e)
- C Fossil-zentral (Kernkraftwerke werden durch GuD-Kraftwerke ersetzt)

In drei Varianten steht die dezentrale Erzeugung im Vordergrund:

- D Fossil-dezentral (Kernkraftwerke werden vor allem durch fossil-dezentrale Einheiten ersetzt)
- E Erneuerbare Energie (Kernkraftwerke werden vor allem durch erneuerbare Energien ersetzt)
- F 100% erneuerbare Energien (Schrittweiser Ausstieg aus der Kernenergie bis 2035)

Als Variante G wird die Lückendeckung mit Importen untersucht.

5. Szenario I „weiter wie bisher“ (Referenzszenario)

Grundidee

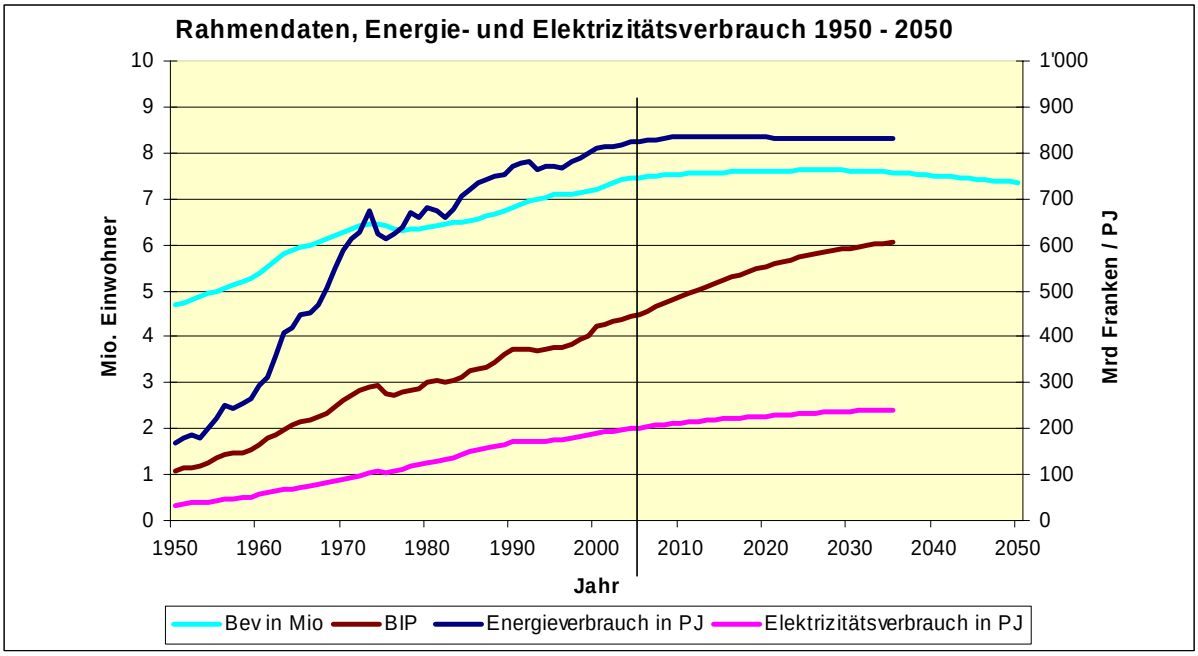
Das Szenario I ist massnahmenorientiert: es beruht auf dem Vollzug beschlossener und in Kraft gesetzter Instrumente gemäss Energiegesetz im Wesentlichen unter Beibehaltung der bisherigen Vollzugsintensität. Berücksichtigt wird ein technischer Fortschritt ohne wesentliche Beschleunigungen und Durchbrüche.

Szenario Ia: Ohne CO_2-Abgabe mit weiterer Verfolgung der staatlichen und freiwilligen Massnahmen zur CO_2-Reduktion.

Szenario Ib: Mit CO_2-Abgabe, um die Ziellücke bis 2010 zu schliessen, nach 2010 kein verpflichtender weiterer Absenkpfad.

Instrumente und Massnahmen: keine zusätzlichen aber moderate Weiterentwicklungen der Instrumente und Massnahmen: das Szenario I beruht auf der bestehenden Politik. Effizienzstandards für Gebäude, Geräte, Fahrzeuge und der Einsatz neuer Energien werden den Energiepreisen und dem technischen Fortschritt angepasst. Es wird aber davon ausgegangen, dass wegen Markthemmnissen nur ein Teil der wirtschaftlichen Massnahmen tatsächlich umgesetzt wird.

Elektrizitätsangebotsvarianten: In Szenario I wird ein autonomer Zubau von erneuerbaren Energien und fossil-dezentralen Anlagen unterstellt. Stärkere Förderinstrumente als heute (zum Beispiel höhere Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Energien, kantonale Subventionen) kommen nicht zum Einsatz. Die wachsende Stromnachfrage muss daher mehrheitlich von Grossanlagen (nukleare und/oder fossil-zentrale Einheiten) oder durch neue Importe gedeckt werden.



Figur 2: Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung bis 2035 bei der Rahmenentwicklung Trend. Quelle: Prognos/BFE 2006.

6. Szenario II: Verstärkte Zusammenarbeit

Grundidee

Das Szenario II ist massnahmenorientiert. Es ist gekennzeichnet durch eine Verstärkung der Zusammenarbeit zwischen Staat und Wirtschaft und einer moderaten Verschärfung von Vorschriften und der Einführung einer CO_2-Abgabe auf Brennstoffen. Letzteres dient dem Zweck, den Anreiz für Zielvereinbarungen mit der Wirtschaft aufrecht zu erhalten. Die Akteure verschieben Investitions- und Verhaltensprioritäten leicht in Richtung Energieeffizienz. Es findet kein Paradigmenwechsel statt, aber eine verstärkte Ausschöpfung wirtschaftlicher Potenziale.

Instrumente und Massnahmen

- Einführung einer CO_2-Abgabe von 35 CHF/t auf Brennstoffen (bis 2035 unverändert)
- Förderung erneuerbarer Energien durch eine Mehrkostenfinanzierung (zwei Varianten: 330 Mio. CHF und 110 Mio. CHF pro Jahr), das heisst durch Finanzierung der Differenz zwischen Gestehungskosten der jeweiligen Technologie und der durchschnittlichen Gestehungskosten des konventionellen „Parks“ (bisherige Einspeisevergütung ist integriert).
- Mit dem Klimarappen steht ein nominal konstantes Förderbudget von jährlich 100 Mio. CHF zur Verfügung. Der Anteil für Zertifikatekäufe im Ausland am Gesamtbetrag bleibt bis 2035 mit 30 Mio. CHF unverändert. Der für Massnahmen im Inland vorgesehene Anteil von 70 Mio. CHF wird zu 25% für Verkehrsmassnahmen und zu 75% für Gebäude und Prozesse verwendet.
- Stromrappen zur Förderung der Energieeffizienz von jährlich 50 MCHF.
- Moderate Verschärfung der Vorschriften im Gebäudebereich (basierend auf Verbandsnormen SIA, Energieetiketten).
- Verstärkung der Instrumente des Energiegesetzes durch entsprechende Ausgestaltung der Zielvereinbarungen im Gerätebereich und im Produktionssektor (Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen), laufende Anpassung der Standards an EU-Vorgaben.
- Bonus-Malus für neue Personenwagen.
- Differenzierung (bzw. Befreiung) der Mineralölsteuersätze zugunsten des Erdgases, des Biogases und des Bioethanols als Treibstoffe.

Elektrizitätsangebotsvarianten: In Szenario II wird der Zubau von erneuerbaren Energien gefördert. Die wachsende Stromnachfrage wird allerdings weiterhin mehrheitlich von Grossanlagen (nukleare und/oder fossil-zentrale Einheiten) oder durch neue Importe gedeckt.

7. Szenario III: Neue Prioritäten

Szenario III ist zielorientiert. Es wird untersucht, mit welchen Instrumenten und Techniken die gewünschten Ziele erreicht werden können. Im Szenario III werden gegenüber Szenario I keine wesentlichen Änderungen der Mengenkomponenten der Energienachfrage (beheizte Wohnfläche, gefahrene Kilometer usw.) unterstellt.

Zu prüfende Zielvorgaben

- CO_2-Reduktion um 10% bis 2020 und 20% bis 2035 in Bezug auf das Referenzjahr 2000
- Verbesserung der Energieeffizienz bezogen auf den Endenergieverbrauch pro Kopf um 20% bis 2035 gegenüber 2000 (entspricht einer durchschnittlichen Reduktion von 0.65% pro Jahr)
- Steigerung des Anteils aus erneuerbaren Energien:
    - Elektrizitätsproduktion: Erhöhung der Produktion bis 2030 um 10% gemessen am Endverbrauch gemäss Entwurf StromVG, danach lineare Fortschreibung des erreichten Pfades.
    - Wärmeproduktion im Wärmebereich auf 20% des Wärmeverbrauchs bis 2035
    - Anteil erneuerbarer Treibstoffe: 5% des Verbrauchs (ohne Flugtreibstoffe) bis 2035.

Mögliche Instrumente und Massnahmen

Um die Szenarioziele zu erreichen, ist in erster Näherung insgesamt etwa eine Verdoppelung der Endverbraucherpreise der Energie nötig.

Zentrales Instrument wird eine Energie- und CO_2-Lenkungsabgabe sein, ergänzt mit einer Abgabe auf dem Energiegehalt nicht-erneuerbarer Energien (ökologische Steuerreform); daneben Vorschriften und Subventionen mindestens wie in Szenario II.

Elektrizitätsangebotsvarianten: In Szenario III werden nebst den zentralen Varianten KKW und fossil-zentrale Anlagen auch noch die beiden dezentralen Varianten fossil-dezentral und erneuerbar gerechnet.

8. Szenario IV: Übergang zur 2000-Watt-Gesellschaft

Szenario IV ist zielorientiert. Es wird untersucht, mit welchen Instrumenten und Techniken die vorerst hypothetischen Ziele erreicht werden könnten. In Szenario IV werden gegenüber Szenario I wesentliche Änderungen der Mengenkomponenten der Energienachfrage zugelassen.

Zu prüfende Zielvorgaben

- CO_2-Reduktion um 20% bis 2020 und 35% bis 2035 in Bezug auf das Referenzjahr 2000
- Verbesserung der Energieeffizienz bezogen auf den Endenergieverbrauch pro Kopf um 35% bis 2035 gegenüber 2000 (entspricht einer durchschnittlichen Reduktion von 1.2% pro Jahr.)
- Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien:
    - Elektrizitätsproduktion: Erhöhung der Produktion bis 2030 um 20% gemessen am Endverbrauch, danach lineare Fortschreibung des erreichten Pfades (inklusive Erneuerung der bestehenden Wasserkraftwerke und der Erhöhung des Wirkungsgrades von Kehrichtverbrennungsanlagen).
    - Energieverbrauch im Wärmebereich auf 30% des Wärmeverbrauchs bis 2035
    - Anteil erneuerbarer Treibstoffe: 10% des Treibstoffverbrauchs (ohne Flugtreibstoffe) bis 2035.

Mögliche Instrumente und Massnahmen

Wesentliche Verstärkung gegenüber Szenario III, wesentlich andere Rahmenentwicklung zum Beispiel auch in der Verkehrspolitik.

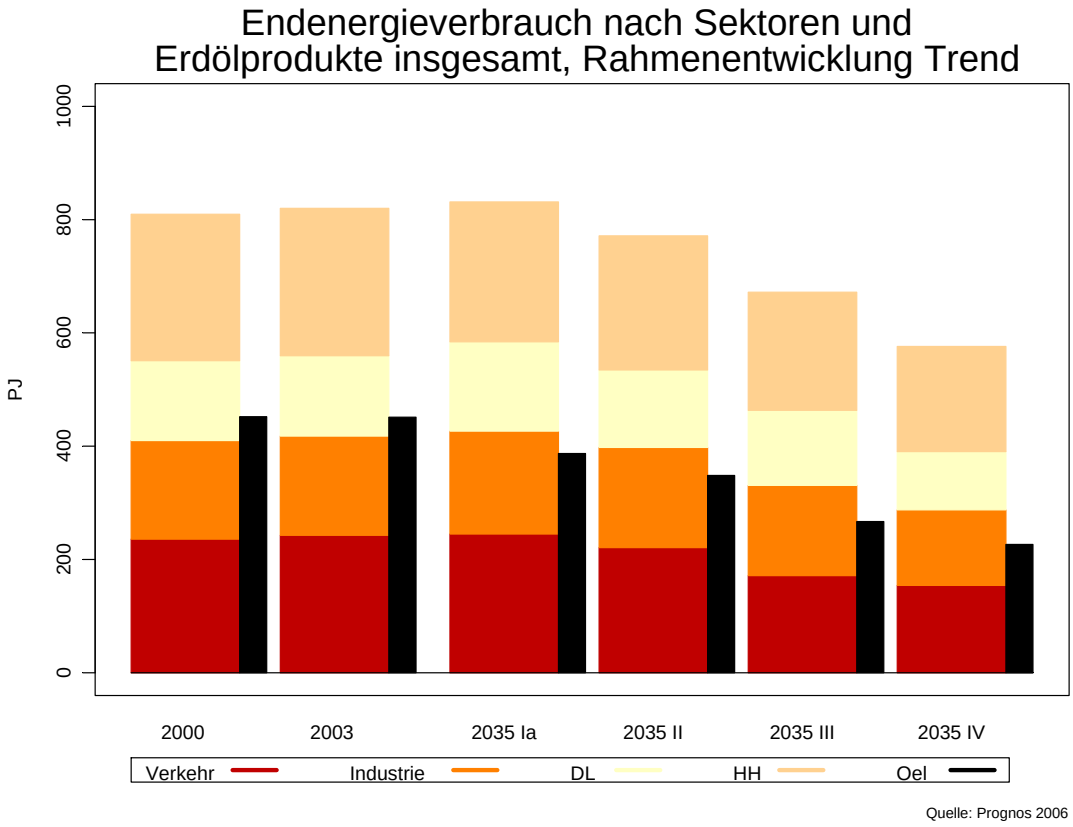
Elektrizitätsangebotsvarianten

In Bearbeitung

9. Resultate Szenarien I bis IV

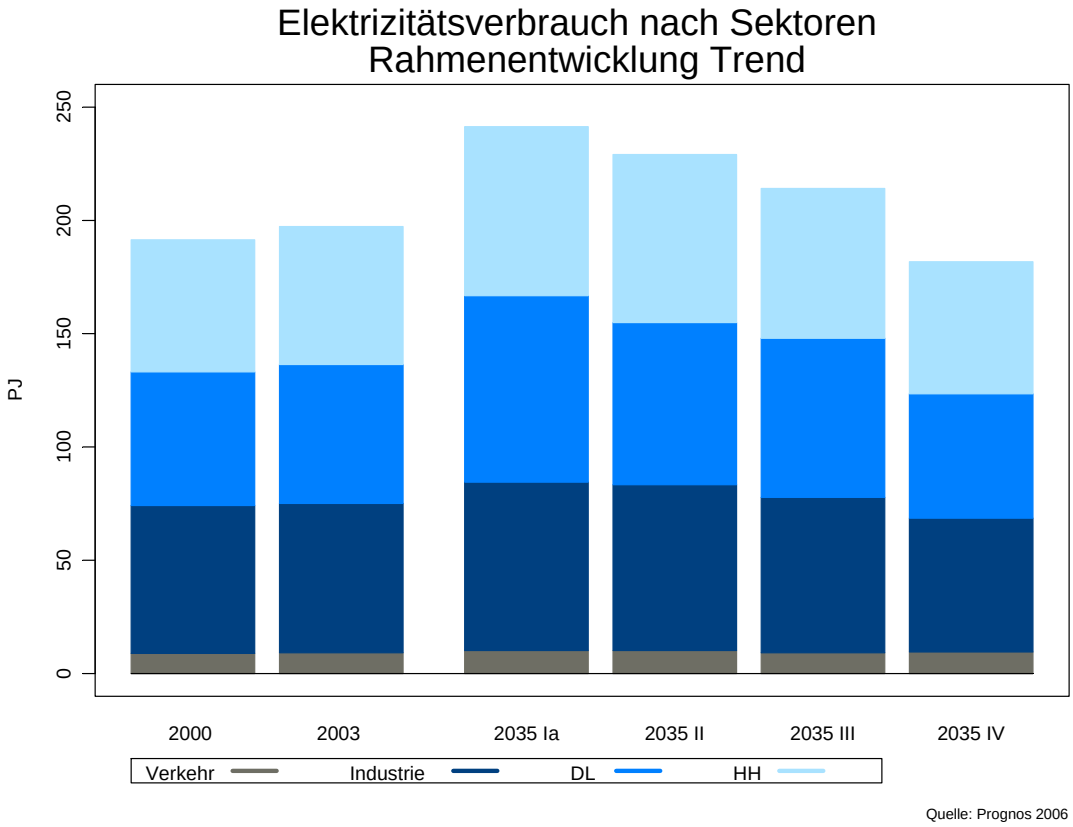
Die nachfolgenden Figuren zeigen den Endenergie- bzw. Elektrizitätsverbrauch nach Sektoren für die Szenarien I – IV mit Rahmenentwicklung Trend für die Jahre 2000, 2003 sowie 2035.

In der Figur mit dem Endenergieverbrauch ist zudem noch die Abhängigkeit von Erdölprodukten dargestellt, die von aktuell rund 55% des gesamten Endenergieverbrauchs auf gut 45% in Szenario I und II sowie knapp 40% in Szenario III und IV zurückgeht. Der Energieeinsatz des Umwandlungssektors, insbesondere für die Stromerzeugung, ist darin nicht enthalten.



Figur 3: Endenergieverbrauch Szenarien I-IV nach Sektoren und Erdölprodukte, Rahmenentwicklung Trend. Abkürzungen: DL: Dienstleistungen, HH: Haushalte. Quelle: Prognos.

Der Elektrizitätsverbrauch steigt in den Szenarien I - III weiterhin an, während in Szenario IV eine Reduktion gegenüber 2000 eintritt. Der Anstieg ist vor allem auf den Dienstleistungs- und Haushaltssektor zurückzuführen.



Figur 4: Elektrizitätsverbrauch Szenarien I-IV nach Sektoren, Rahmenentwicklung Trend. Abkürzungen: DL: Dienstleistungen, HH: Haushalte. Quelle: Prognos.

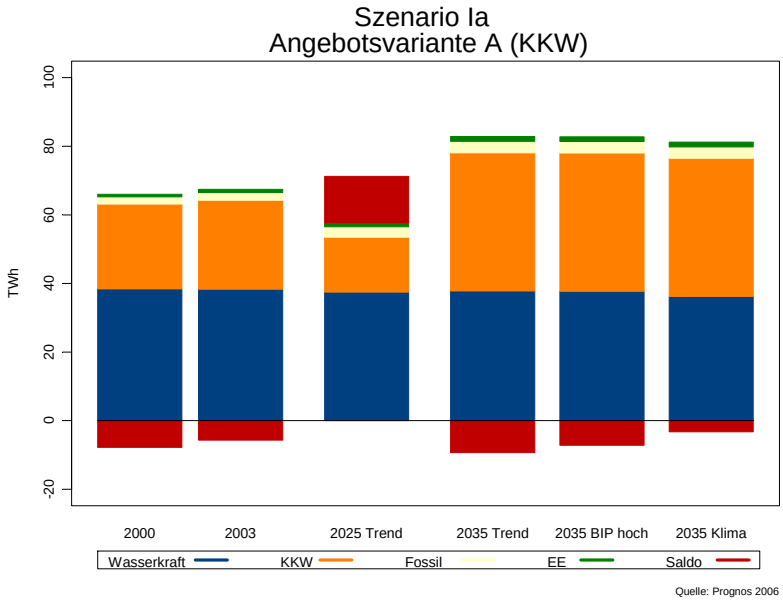
10. Resultate Elektrizitätsangebotsvarianten

Szenario Ia Varianten A, B und C (inkl. Sensitivitäten)

In den nachfolgenden Figuren sind die Bruttoelektrizitätsproduktion der Schweiz sowie die Saldi zwischen den Importen und Exporten für die drei verschiedenen Angebotsvarianten A, B und C für Szenario Ia dargestellt.

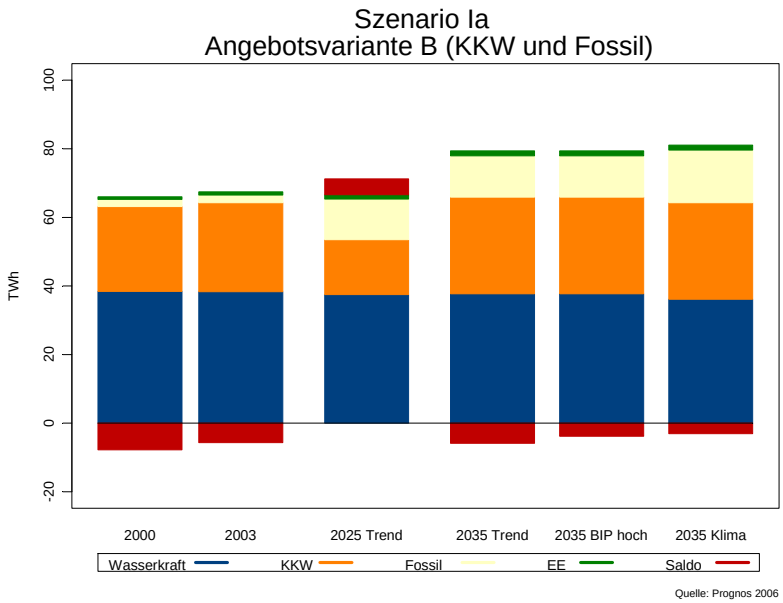
Nebst den Jahren 2000 und 2003 sind die Resultate für die Rahmenentwicklung Trend im Jahre 2025 und 2035 sowie für die beiden Sensitivitäten BIP hoch und Klima wärmer im Jahr 2035 aufgetragen. Bei der Sensitivität Klima wärmer wird mit einer reduzierten Wasserkraftproduktion gerechnet.

Variante A zeigt, dass im Jahre 2025 erhöhte Importe notwendig sind, da bis zu diesem Zeitpunkt kein neues Kernkraftwerk in Betrieb sein wird. Da Kernkraftwerke grosse Leistungskapazitäten aufweisen, ist im Jahre 2035 mit Exportüberschüssen zu rechnen.



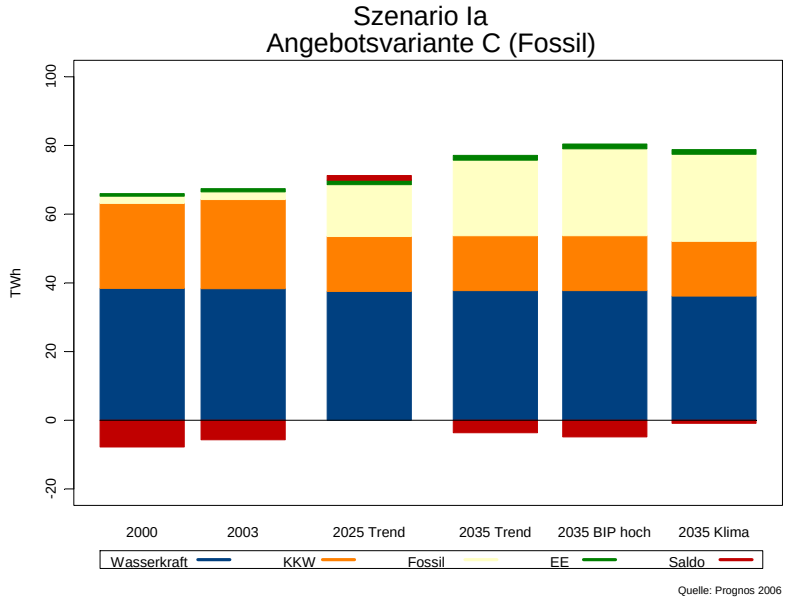
Figur 5: Angebotsvariante A für die Jahre 2000, 2003, 2025 und 2035 (mit Sensitivitäten). Abkürzungen: KKW: Kernkraft, EE: erneuerbare Energien ohne Wasserkraft. Quelle: Prognos.

Variante B erlaubt eine kombinierte Strategie mit neuen Kernkraftwerken und fossil-zentralen Kraftwerkseinheiten, was im Jahre 2025 zu geringeren Import- und im Jahre 2035 zu geringeren Exportüberschüssen führt.



Figur 6: Angebotsvariante B für die Jahre 2000, 2003, 2025 und 2035 (mit Sensitivitäten). Abkürzungen: KKW: Kernkraft, EE: erneuerbare Energien ohne Wasserkraft. Quelle: Prognos.

In Variante C werden die Kernkraftwerke durch neue fossil-zentrale Kraftwerkseinheiten ersetzt. Dabei werden die Import- und Exportüberschüsse weiter verringert.



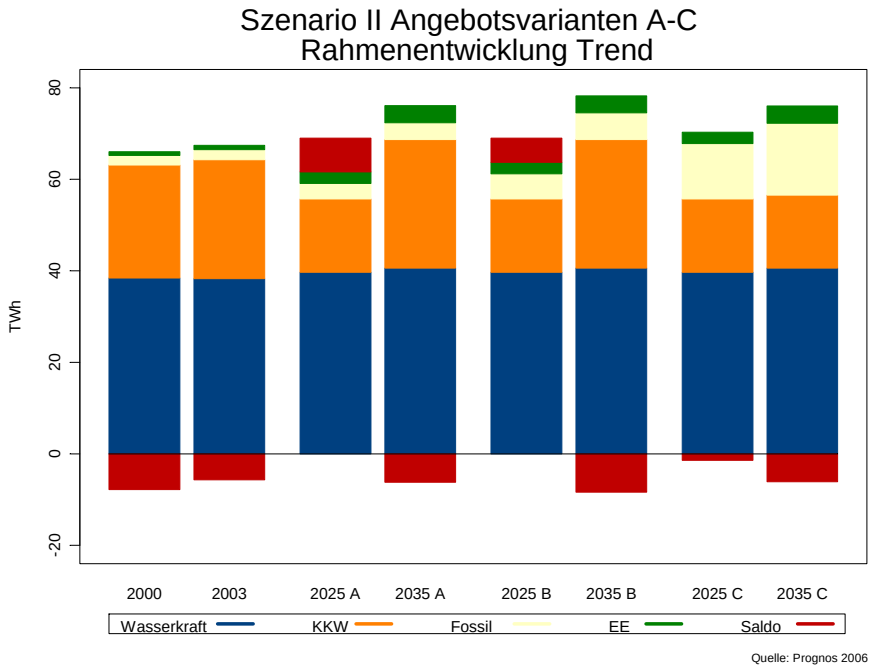
Figur 7: Angebotsvariante C für die Jahre 2000, 2003, 2025 und 2035 (mit Sensitivitäten). Abkürzungen: KKW: Kernkraft, EE: erneuerbare Energien ohne Wasserkraft. Quelle: Prognos.

Szenario II Varianten A, B und C (Rahmenentwicklung Trend)

In der nachfolgenden Figur sind die Bruttoelektrizitätsproduktion der Schweiz sowie die Saldi zwischen den Importen und Exporten für die drei verschiedenen Angebotsvarianten A, B und C für Szenario II dargestellt.

Nebst den Jahren 2000 und 2003 sind die Resultate für die Rahmenentwicklung Trend im Jahre 2025 und 2035 aufgetragen.

Die Förderung der erneuerbaren Energien (neue erneuerbare Energien und Wasserkraft) zeigt Wirkung. Insgesamt bleibt der Anteil an der Gesamtproduktion aber nach wie vor gering.



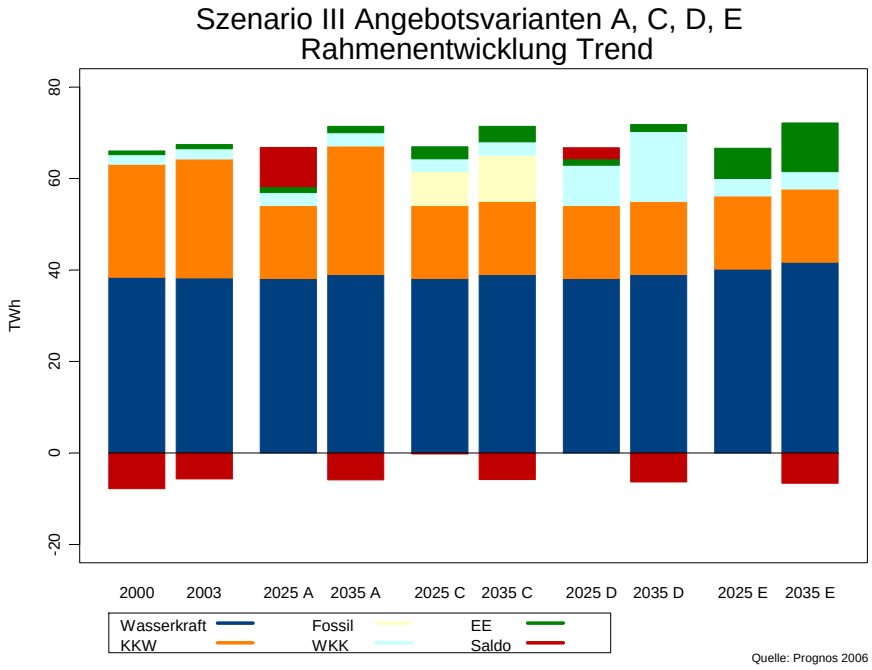
Figur 8: Angebotsvarianten A-C für die Jahre 2000, 2003, 2025 und 2035. Abkürzungen: KKW: Kernkraft, EE: erneuerbare Energien ohne Wasserkraft. Quelle: Prognos.

Szenario III Varianten A, C, D, E (Rahmenentwicklung Trend)

In der nachfolgenden Figur sind die Bruttoelektrizitätsproduktion der Schweiz sowie die Saldi zwischen den Importen und Exporten für die drei verschiedenen Angebotsvarianten A, B und C für Szenario II dargestellt.

Nebst den Jahren 2000 und 2003 sind die Resultate für die Rahmenentwicklung Trend im Jahre 2025 und 2035 aufgetragen.

Die dezentralen Angebotsvarianten D und E führen über das Jahr betrachtet zu namhaften Exportüberschüssen. Dies liegt daran, dass die neuen Kapazitäten (WKK-Anlagen oder Anlagen, die erneuerbare Energien nutzen) auf das Winterhalbjahr ausgerichtet sind und somit im Sommer Überschussenergie produzieren, die sich in der Jahresbetrachtung niederschlägt.



Figur 9: Angebotsvarianten A, C, D, E für die Jahre 2000, 2003, 2025 und 2035. Abkürzungen: KKW: Kernkraft, WKK: Wärme-Kraft-Koppelung, EE: erneuerbare Energien ohne Wasserkraft. Quelle: Prognos.