



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

Informationen zu den Szenarien I – IV Vierter Werkstattbericht



003776288

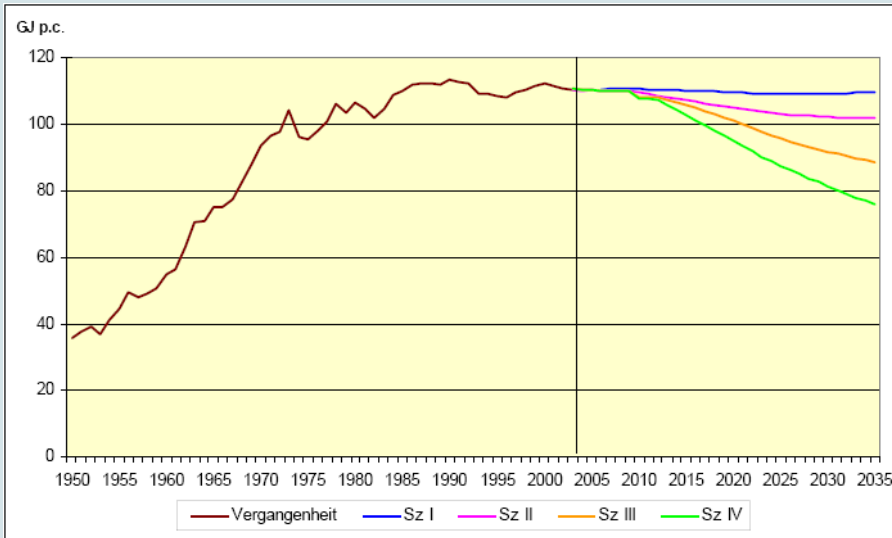
Forum Energieperspektiven 2035, 23. August 2006

M. Renggli

- ① **Übersicht über die Szenarien I – IV**
- ② **Grundzüge der Szenarien III und IV**
- ③ **Varianten des Elektrizitätsangebotes**
- ④ **Vergleich der (energiepolitischen) Instrumente mit zielrelevanten Auswirkungen**
- ⑤ **Volkswirtschaftliche Auswirkungen**



Übersicht (1) Entwicklung des Energieverbrauchs pro Kopf



Informationen zu den Szenarien I - IV • 003775839
Martin Renggli

2

Der spezifische Endenergieverbrauch pro Kopf ist seit 1985 ungefähr stabil, nachdem dieser zuvor bis 1972 (erste Ölpreiskrise) rasant angestiegen war. Szenario I setzt – obwohl bottom-up gerechnet – den aktuellen Stabilisierungstrend fort. Somit wird erwartet, dass die unterstellte Steigerung der Mengenkomponenten wie Produktionsmengen, Energiebezugsflächen, Fahrzeuge und Verkehrsleistungen durch zunehmende (technische) Energieeffizienz kompensiert wird. Die Szenarien II, III und IV bilden dagegen deutliche Trendveränderungen ab.

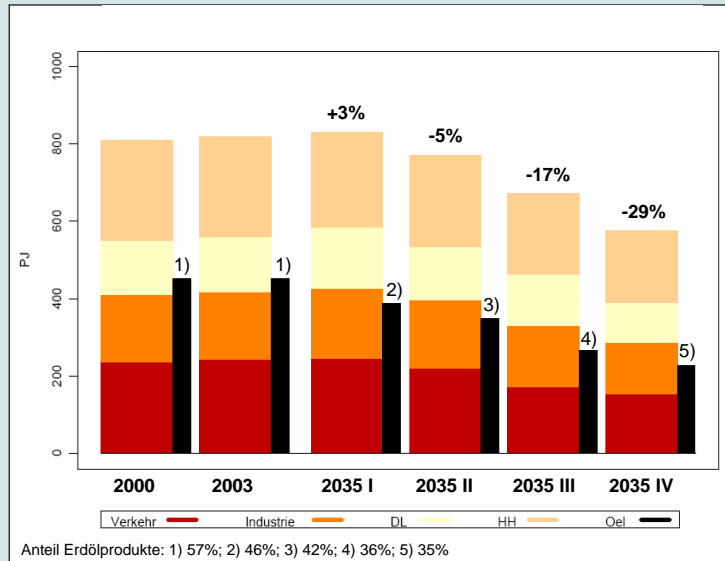
Eine Diskussion über mögliche quantitative, energiepolitische Ziele ist im Bereich der Endenergie sinnvoll, weil die Quantifizierung der Primärenergie stark von Ausnahmen abhängt (z.B. Bewertung des Primärenergieeinsatzes für Stromimporte und -exporte) und fast alle Politikinstrumente bei der Endenergie ansetzen – diese ist gut messbar und hier ist Erfolgskontrolle nötig. Durch Relativziele wie Endenergieverbrauch pro Kopf kann der Einfluss von nicht durch die Energiepolitik beeinflussbarer Größen, wie das Bevölkerungswachstum, herausgefiltert werden.



Übersicht (2)

Endenergieverbrauch Szenarien I-IV

Rahmenentwicklung Trend, Δ 2035/2000



Informationen zu den Szenarien I - IV • 003775839
Martin Renggli

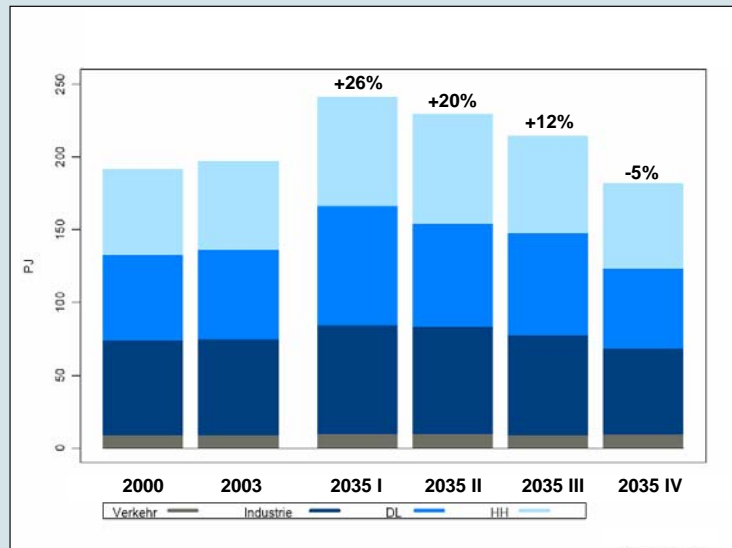
3

Folie 3 zeigt den Endenergieverbrauch nach Sektoren und Szenarien (Rahmenentwicklung „Trend“). Der Endenergieverbrauch nach Szenario I liegt 2035 nur wenig höher als 2000, jener des Szenarios IV dagegen fast 30% tiefer als im Ausgangsjahr. Der Anteil der Erdölprodukte geht im Szenario IV von 57% (2000) auf 35% (2035) zurück; absolut wird der Verbrauch etwas mehr als halbiert.

Die Berechnungen zum Umwandlungssektor (v.a. Stromproduktion) und damit die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs sind noch nicht abgeschlossen.



Übersicht (3) Elektrizitätsverbrauch Szenarien I-IV Rahmenentwicklung Trend, Δ 2035/2000



Informationen zu den Szenarien I - IV • 003775839
Martin Renggli



Übersicht (4) Rahmenentwicklungen

- Bevölkerung**
 - Trend (BFS 2001/2004)
 - Immigration höher, (in Arbeit)
- BIP**
 - Trend
 - Hoch
- Klima**
 - Normal
 - Wärmer
 - Hitze- und Kältewellen
- Energiepreise**
 - real 30 USD/Fass, ab 2030 steigend (2035 nominal 60 USD/Fass)
 - Stabilisierung bei real 50 USD/Fass (2035 nominal 88 USD/Fass)
 - Höchstpreisszenario (in Arbeit)

Informationen zu den Szenarien I - IV • 003775839
Martin Renggli

5

Die ausserhalb des Einflusses der schweizerischen Energiepolitik liegenden Rahmenentwicklungen haben einen wesentlichen Einfluss auf Energieangebot und –nachfrage. Aufgrund der aktuell hohen Erdölpreise sind diese von besonderen Interesse:

Aufgrund der Kosten und des Umfangs der fossilen Reserven, möglichen Substitutionsenergien v.a. im Bereich der nicht-konventionellen fossilen Ressourcen oder Alternativenenergien (z.B. Biotreibstoffe, Kohleverflüssigung), wird in den Szenarien I und II mittelfristig von einer „Normalisierung“ der Rohölpreise ausgegangen. In den Szenarien III und IV werden physische Energieverknappungen oder Energielenkungsabgaben mit entsprechender Wirkung unterstellt.

Die Preisentwicklung zu laufenden Preisen unter der Annahme von 30 bzw. 50\$/bbl (real) erfolgt z.B. für Heizöl in der Schweiz wie folgt:

	1990	2000	2010	2020	2030	2035
Preis Heizöl Haushalte zu Marktpreisen in Rp./l						
Annahme 50\$ pro Barrel real	37	51	69	81	94	102
Annahme 30\$ pro Barrel real	37	51	47	56	65	76



Grundzüge der Szenarien III und IV (1)

Szenario I: Weiter wie bisher (Referenzszenario)

Szenario II: Verstärkte Zusammenarbeit

CO₂-Abgabe auf Brennstoffen

Förderprogramme

moderate Vorschriften

Szenario III: Neue Prioritäten

Quantitative Ziele, Lenkungsabgabe, Vorschriften,
internationale Harmonisierung der Ziele und Instrumente

Szenario IV: Übergang zur 2000-Watt-Gesellschaft

Gegenüber Szenario III verschärfte Ziele und Instrumente

Zusätzlich: Ausrichtung der Wirtschafts-, Raumordnungs-
und Verkehrspolitik auf Ressourcenschonung

Informationen zu den Szenarien I - IV • 003775839
Martin Renggli

6

Szenario III

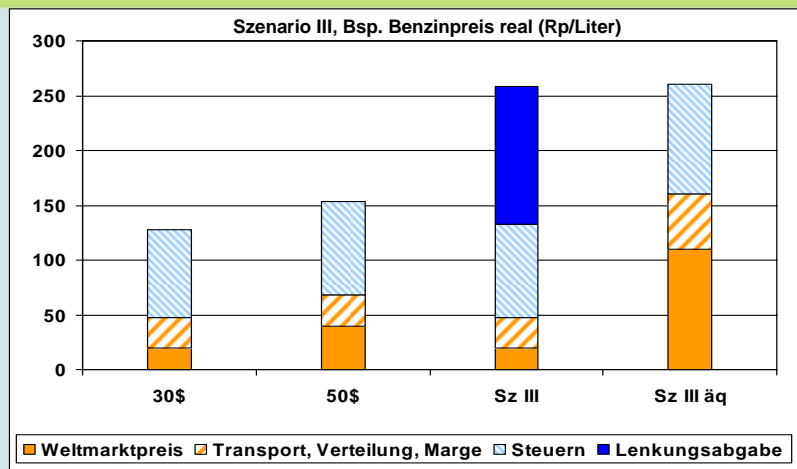
- Basis sind, bekannte und am Markt verfügbare effizienteste Technologien; hohe Durchdringungsraten; im Lauf der Zeit weitere moderate Effizienzfortschritte (teils autonom, teils durch Förderinstrumente beschleunigt).
- Die „Beste-Praxis-Strategie“ von Szenario III zeigt die Möglichkeiten der „Technologieförderung“ ohne Struktur- oder Konsumveränderungen, ohne Technologiebrüche. Im Szenario III wird ermittelt, welche Ziele mit einer solchen Strategie realisierbar sind.

Szenario IV

- Um für Szenario IV über Szenario III hinaus zu gelangen, wurden in einem Delphi-Prozess die neuen Schlüssel- und Energietechnologien und gesellschaftliche Veränderungen ausgelotet. Als wahrscheinlich und zielführend eingeschätzte Ergebnisse fliessen in Szenario IV ein.
- Im Industriesektor sind – getrieben durch neue Technologien und neue Produkte – auch andere Branchenstrukturen (z.B. CH-Papierproduktion -50%) zu erwarten.
- Ferner: Gesellschaftliche Veränderungen wie z.B. verdichtete Siedlungsstrukturen, „intelligente“ Gebäude, flexiblere Arbeitsformen und Verkehrslenkungssysteme.
- Diese Virtualisierung hat voraussichtlich auch gesellschaftliche Schattenseiten (Zwei-Klassen-Gesellschaft) und Gesundheitsrisiken, wie z.B. durch die Nanotechnik.



Grundzüge der Szenarien III und IV (2)



- Sz III: die Endenergieträgerpreise im Sz III entsprechen einem Weltmarkt-Rohölpreis von dauerhaft real 81-82 \$/bbl bei Heizöl, 132 \$/bbl bei Benzin.
- Sz IV: Zur Erschliessung der Effizienzpotenziale ist insgesamt eine Verdoppelung der Endenergiepreise gegenüber Variante 50\$/Fass nötig.

Informationen zu den Szenarien I - IV • 003775839
Martin Renggli

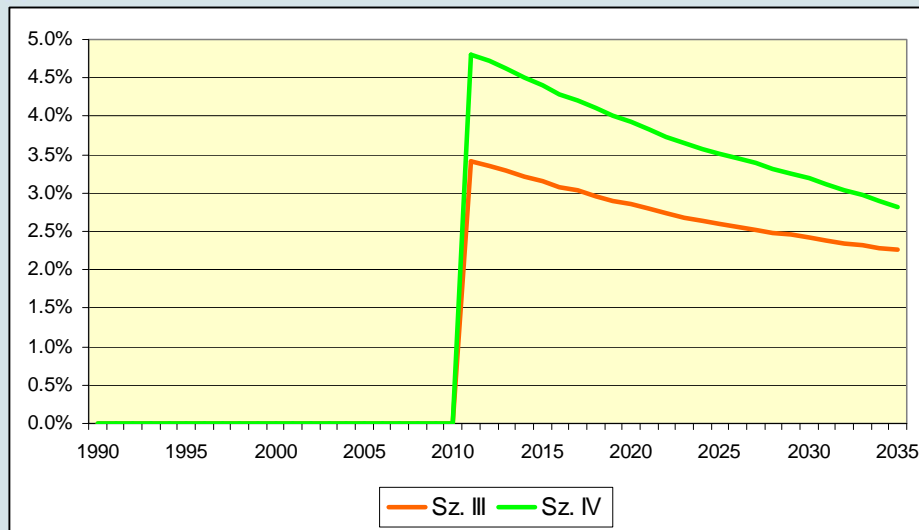
7

Wenn die Endenergiepreise aufgrund der Ressourcenverknappung nicht so rasch steigen oder auf ein tieferes Niveau sinken, braucht es eine Energielenkungsabgabe um die Ziele des Szenarios III zu erreichen. Bei real 30 USD bis 2030 ist (ohne Inflationszuschlag) mindestens eine Verdoppelung der Endverbraucherpreise nötig.

Mit schrittweise verschärften Vorschriften über spezifische Energieverbräuche von Neuanlagen und –geräten soll im Szenario III der Rentabilitätsschwelle „nachgefahren“ werden – damit besteht eine Sperrklinke gegen Rückschritte der Energieeffizienz im Falle steigender Einkommen oder sinkender Energiepreise.



Grundzüge der Szenarien III und IV (4) Verhältnis Aufkommen der Lenkungsabgabe zum BIP



Informationen zu den Szenarien I - IV • 003775839
Martin Renggli

8

Folie 8 zeigt das Finanzaufkommen der Lenkungsabgabe für Szenarien III und IV in % des BIP (bei 30 USD real pro Fass Rohöl bis 2030). Das Aufkommen sinkt mit zunehmendem Rückgang des Energieverbrauchs.

Diese Aufkommen sind keine volkswirtschaftlichen Kosten, weil die Geldmittel im Inland bleiben (Rückerstattung an Haushalte und Unternehmen), haben aber Anpassungskosten zu Folge, und es gibt einkommensmässig „Verlierer“ und „Gewinner“. „Verlierer“ sind die energieintensiven, Gewinner sind die energieextensiven Verbraucher. Erleichterung sind für energieintensive Betriebe naheliegend, wobei die andern Energieverbraucher entsprechend mehr belastet werden. Der volkswirtschaftliche Nutzen liegt vor allem in der Reduktion der umweltbelastenden Emissionen und der erhöhten Versorgungssicherheit. Für Szenarien III und IV wird, um Wettbewerbsnachteile auszuschliessen, eine internationale Harmonisierung der Ziele und Politikinstrumente unterstellt.



Varianten des Elektrizitätsangebots (1)

Eckvarianten

- Zentral

- | | |
|-------------------------|--|
| A Nuklear | Je nach Nachfrageentwicklung unterschiedlich grosse Stromlücken werden vorwiegend durch KKW geschlossen. |
| B Nuklear-fossil | Übergangsstrategie mit Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerken (GuD), danach neue KKW |
| C Fossil-zentral | KKW werden durch GuD ersetzt. |

- Dezentral

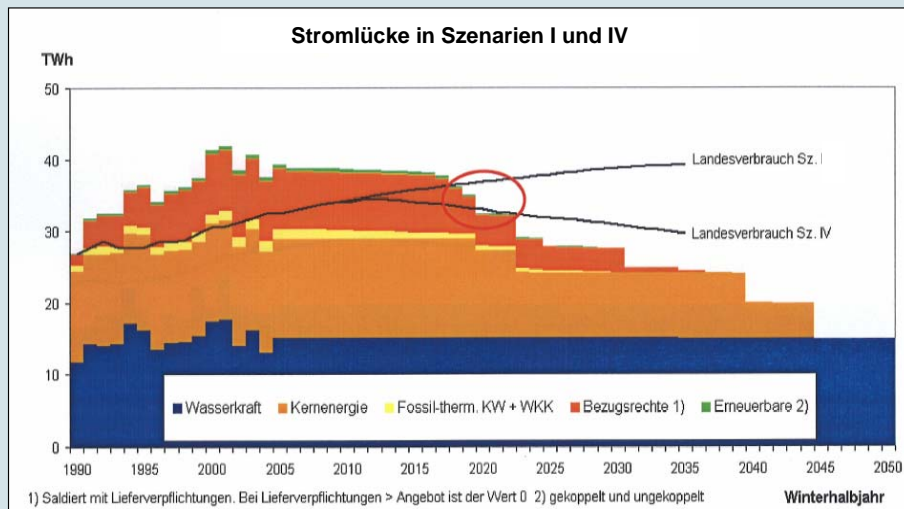
- | | |
|-------------------------------|---|
| D Fossil-dezentral | KKW werden vor allem durch WKK ersetzt |
| E Erneuerbare Energien | KKW werden vor allem durch Erneuerbare Energie (EE) ersetzt |
| F 100% EE | KKW-Ausstieg bis 2035 |
| G Importe | Die Lückenschliessung erfolgt vorwiegend mit Importen, |

Mix-Varianten, zusätzlich zu den Eckvarianten (in Arbeit)

- Sz II: GuD + 1 KKW oder Grosswasserkraft
- Sz III: GuD mit Holzzufuhr + EE
- Sz III: WKK + EE
- Sz IV: EE + WKK oder Grosswasserkraft



Varianten des Elektrizitätsangebotes (2)



Informationen zu den Szenarien I - IV • 003775839
Martin Renggli

10



Varianten des Elektrizitätsangebotes (3) Schliessung der Stromlücke bis 2035

Sz	Wichtige Voraussetzungen	Var A (Imp + KKW)	Var B (KKW + Foss z)	Var C (Foss z)	Var D (Foss d)	Var E (EE)	Var G (Imp)	Mix
I	- 30 Mio/a für EE - Techn. Fortschr.	2 KKW (je 1.6 GW)	5 GuD (357 + 4 x 550 MW) + 1KKW	6 GuD (357 + 5 x 550 MW)	Nicht realisierbar	Nicht realisierbar	18.8 TWh 3.1 GW	X
II	- 330 Mio/a für EE - Förderinstr.	1 KKW	3 GuD (357 + 2 x 550 MW) + 1KKW	4 GuD (357 + 3 x 550 MW)	Nicht realisierbar	Nicht realisierbar	11.6 TWh 1.9 GW	X
III	- CO ₂ -Ziel, - Wasserkraft - Durchbr. Geoth.	1 KKW	Nachfrage zu gering für Einsatz beider Technologien	Chavalon + 3 Holz-/Erdgas GuD	Ausschöpfen technischer Potenziale	Ausschöpfen technischer Potenziale	10.3 TWh 1.7 GW	X
IV	- CO ₂ -Ziel, - Wasserkraft - Durchbr. Geoth	1 KKW	Nachfrage zu gering für Einsatz beider Technologien	Chavalon + 2 GuD (CO₂- Sequestrierung)	X	X	5.2 TWh 0.8 GW Erneuerbare Importe?	X
Wichtige Voraussetzungen		- Akzeptanz - (Externe) Kosten - Entsorgung KKW	Siehe A und C	- Akzeptanz - Infrastruktur - Standorte - CO ₂ -Preis	- Wärmebedarf und CO ₂ - Gutschrift für WKK - Förderinstr.	- Marktdurch- dringung EE - Lernkurven - Leistung (kW) - Förderinstr.	- Importmög- lichkeiten - Netz- ausbau - Vers. sicherheit	

Informationen zu den Szenarien I - IV • 003775839
Martin Renggli

Ausgearbeitete Varianten

X In Arbeit

11

Folie 11 gibt eine Übersicht über die Varianten der Lückenschliessung beim Strom. Je nach Politikvariante, d.h. je nach Stromnachfrage, besteht ein unterschiedlich grosser Ausbaubedarf.

Schliessung der Stromlücke in Szenario III:

Der Elektrizitätsverbrauch steigt im Szenario III bis 2020 um 16%, anschliessend Abnahme gegen das Verbrauchsniveau 2000. Ursachen dieser Entwicklung sind die Zunahmen z.B. der elektrischen Wärmepumpen, der Informations- und Kommunikationstechniken, Mehrfachausstattungen, Komfortbedürfnisse usw. die erst langfristig durch Effizienzsteigerungen kompensiert werden. Zur Deckung des verbleibenden Strombedarfs gibt es folgende Varianten:

- Var. A** + 1 KKW (1.6 GW)
- Var. C** Zufeuerung von Holzgas (20%) in 3 GuD. Technisch innovativ, aber nicht spekulativ.
- Var. D** WKK als Übergang zu dezentraler Versorgung mit EE. Nicht amortisierbare Investitionen werden durch normale Erneuerungszyklen vermieden. Die Wärmenachfrage ist begrenzender Faktor.
- Var. E** Möglichst kostengünstiger Mix von EE. Eine eindeutige Lösung lässt sich nicht voraussehen. Je nach Ausgestaltung der Förderinstrumente und technischer Fortschritte sind sehr unterschiedliche Abfolgen des Zubaus von EE denkbar.



Varianten der Elektrizitätsangeboten (4) Schliessung der Stromlücke in Szenario III

- **Herausforderungen:** Im Winterhalbjahr zu deckender Leistungsbedarf beim Wegfall der KKW. „Grundlastproblem“: Veredelung des „Grünstroms“ zu Bandenergie und Ausregelung (v.a. für Windstrom) muss physikalisch erfolgen (nicht „rechnerisch“) und bezahlt werden.
- **Abzuwägende Fragen:** Marktdurchdringung mit heute noch unsicheren Techniken (z.B. Geothermie, hocheffiziente Brennstoffzellen), Nutzungskonkurrenz Wärme-Strom-Treibstoff im Falle der Biomasse. Vollständige inländische Lückenschliessung nur mit einem sehr grossen Anteil an geothermischer Grundlast-Stromerzeugung oder mit erheblichen Importen von „Grünstrom“ realisierbar.
- **Kosten** u.a. der Lückenschliessung mit den Varianten A bis E werden aus volkswirtschaftlicher Sicht erfasst; einbezogen sind deshalb Nachrüstung, Entsorgung usw. der KKW, Kosten der CO₂-Reduktion im Inland (bzw. CO₂-Zuschlag bei Zertifikatehandel), Abzug für Strom-Exporterlöse usw.
- **Einerseits entstehen Mehrkosten** bei den „grünen“ und „dezentralen“ Szenarien (Szenarien III und IV in Kombination mit den Angebotsvarianten D und E) gegenüber den Varianten mit „zentralem“ Stromangebot. **Andererseits Vermeidung** von (noch nicht internalisierten) Externalitäten.



Vergleich der Instrumente mit zielrelevanten Auswirkungen (1) Rahmenentwicklung Trend, kein CO₂-Handel

Sz		EEV pro Kopf	EE Wärme	EE T'stoff	EE Strom ¹⁾	CO ₂ -Reduktion ²⁾			
						A	C	D	E
		△ 2035/2000	Anteile in %			△ 2035/2000			
I	<ul style="list-style-type: none"> Anpassung SIA-Normen Techn. Fortschritt (Freiwillige) Investitions- u. Verhaltensänderungen 	- 2%	15%	0.5%	2%	-11% ³⁾	+5% ⁴⁾		
II	<ul style="list-style-type: none"> CO₂-Abgabe auf B'stoffen bis 2035 (35.-/t) als Anreiz für Zielvereinbarungen Klimarappen: 70 Mio CHF/a bis 2035 Stromrappen: 50 Mio CHF/a bis 2035 Mehrkosten Strom aus EE: 330 Mio CHF (optimiert) bis 2035 Schnellere Anpassung SIA-Normen und Gesetzgebung EnergieSchweiz, Klimarappen, Globalbeiträge/Kto (koordiniert) Flankierende Instrumente wie Etiketten, VHKA, Gebäudepass, Energieaudits für KMU (Freiwillige) Investitions- u. Verhaltensänderungen 	-9%	18%	6%	6%	-21%	-12%		

1. Anteil am Stromverbrauch, noch ohne Pumpen und Übertragungs- u. Verteilverluste
2. Inländische Emissionen als Ergebnis der Politik- und Elektrizitätsangebots-Varianten
3. Im Falle 50 USD/Fass real: -13%
4. Im Falle 50 USD/Fass real: +1%

13

Die Tabelle 13 und 14 zeigen abhängig von den Politikvarianten die Reduktion des Energieverbrauchs (EEV) pro Kopf von 2000-2035 %, den Anteil der erneuerbaren Energien (EE) am Wärme-, Treibstoff- und Stromverbrauch (2035) sowie die CO₂-Reduktion von 2000-2035 als Ergebnis inländischer Politik- und Stromangebotsvarianten (ohne internationalen CO₂-Handel).

Mit der Politik nach Szenario II, d.h. CO₂-Abgabe auf Brennstoffen, Klima- und Stromrappen, Einspeisevergütung, Gebäudepass, Audits usw., lässt sich der EEV p.c. um 9% reduzieren.

Mit Instrumenten nach Szenario III und der Verbrauchsreduktion 21% wäre die Schweiz immer noch weit entfernt vom 2000-kW-Pfad, der -35% erfordern würde.

Die CO₂-Reduktion hängt vom Umwandlungssektor ab: Bei Szenario III mit fossilthermischer Lückenschliessung sind -31% möglich (Variante C), bei CO₂-freier Lückenschliessung - 41% (Variante E).



Vergleich der Instrumente mit zielrelevanten Auswirkungen (2) Rahmenentwicklung Trend, kein CO₂-Handel

Sz		EEV pro Kopf	EE Wärme	EE T'stoff	EE Strom ¹⁾	CO ₂ -Reduktion ²⁾			
		Δ 2035/2000	Anteile in %			A	C	D	E
III	Anpassung der Instrumente bis Ziel erreicht wird • Lenkungsabgabe oder Marktpreiserhöhung (mind. 2x30 USD/Fass) • Vorschriften (u.a. spez. Verbrauch Bauten, Anlagen, Fz, Geräte) als Sperrklinke • Flankierende Instrumente wie SZ II • Internationale Harmonisierung der Ziele und Instrumente	-21%	23%	14%	(20%)	-39%	-31%	-37%	-41%
IV	• Wie Sz III • Wirtschafts- u. Raumordnungspolitik • Verkehrsleistungen wie Alternativszenario ARE ³⁾	-32%	27%	16%	(23%)		-43%	-	-51%

- 1) Anteil am Stromverbrauch, noch ohne Pumpen und Übertragungs- u. Verteilverluste
- 2) Inländische Emissionen als Ergebnis der Politik- und Elektrizitätsangebots-Varianten
- 3) „Regionaler Ausgleich und Ressourcenknappheit“; Lenkungsabgaben oder Marktpreis; höhere Auslastung OeV; tieferes Wachstum Gütertransporte

Informationen zu den Szenarien I - IV • 003775839
Martin Renggli

14



Volkswirtschaftliche Auswirkungen (1) Post-Kyoto u. Zertifikatenhandel

Ziele und Instrumente CO ₂ -Minderung (2035)	I	II	III	IV
Weiter wie bisher	Referenz			
EU/CH halbherzig: -5% Rest abseits				
EU/CH griffig: -25% Rest teilweise dabei				
EU/CH ambitioniert: -40% Rest dabei				
		Alibi	Mittleres globales Engagement	Starkes globales Engagement

Informationen zu den Szenarien I - IV • 003775839
Martin Renggli

15

Die volkswirtschaftlichen Auswirkungen des schweizerischen Energiesektors werden mit einem Welthandelsmodell abgebildet, welches auch die globale Klimaschutzpolitik in quantitativen Grössen einbezieht.

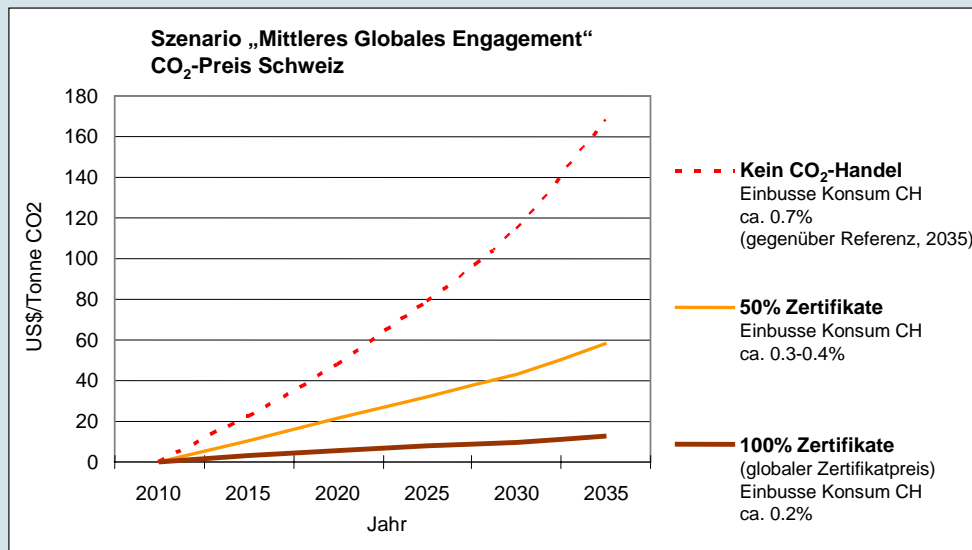
Folie 15 zeigt die mögliche Ausgestaltung von Post-Kyoto-Vereinbarungen für die Zeit nach 2012. Folgende Dimensionen sind aufgrund einer Expertenbefragung denkbar:

- Alibi: EU/CH zielen für das Jahr 2035 auf eine CO₂-Reduktion von 5% gegenüber der Referenzvariante „Weiter wie bisher“. Der „Rest der Welt“ (mit OPEC, Schwellenländer, USA usw.) steht abseits.
- Mittleres globales Engagement: EU/CH -25%, der „Rest der Welt“ ist teilweise dabei; diese Ausgestaltung wird von den Experten als die wahrscheinlichste betrachtet.
- Starkes globales Engagement (Klimaverträglichkeit): EU/CH -40% „Rest der Welt“ ist auch dabei; diese Variante wäre nötig, um eine Stabilisierung der CO₂-Konzentration (auf dem doppelten vorindustriellen Niveau) und damit eine Normalisierung der Klimasituation zu erreichen.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist von Interesse, ob und in welchem Umfang die Schweiz am internationalen CO₂-Handel teilnimmt und welches die Auswirkungen sind.



Volkswirtschaftliche Auswirkungen (2) Post-Kyoto u. Zertifikatenhandel



Informationen zu den Szenarien I - IV • 003775839
Martin Renggli

16

Wenn wir von einem schweizerischen Szenario III und von einem mittlerem globalen Engagement ausgehen, ergibt sich je nach Umfang der schweizerischen Beteiligung am CO₂-Handel folgendes:

- Der Verzicht auf Teilnahme treibt die Kosten pro vermiedene Tonne CO₂ in die Region von 210 CHF/t was (zufällig) dem Höchstsatz der CO₂-Abgaben nach dem geltenden CO₂-Gesetz entspricht. Die als Indikator für die volkswirtschaftlichen Auswirkungen verwendeten „Konsumausgaben“ gehen – immer mit der Voraussetzung einer internationalen Harmonisierung der Ziele und Instrumente - nur sehr moderat zurück (nach provisorischen Rechnungen nur 0.7% im Jahr 2035 gegenüber dem Referenzfall Szenario I bzw. „Alibi“).
- Wenn 50% der Minderungsverpflichtung mit CO₂-Handel erfüllt werden, dann reduzieren sich die Vermeidungskosten sehr deutlich auf rund 80 CHF/t; die Konsumeinbusse ist verschwindend klein.
- Wenn die ganze Verpflichtung über CO₂-Handel erfolgt, entsprechen die Vermeidungskosten genau dem internationalen CO₂-Preis, der bei gut 10 USD/t erwartet wird. Die CO₂-Minderung im Inland beträgt dann allerdings nur 4%.

Die CO₂ – Minderungskosten sind im internationalen Vergleich in der Schweiz sehr hoch. Auch eine begrenzte Teilnahme am Zertifikatenhandeln ist somit aus volkswirtschaftlicher Sicht vorteilhaft. Allerdings bestehen auch offene Fragen: CO₂-Preis, Ausgestaltung sowie Funktion des Handelssystems sind unsicher. Ein Verlust an energietechnischer Innovation und weitere Nachteile (stärkere Luftbelastung, Auslandabhängigkeit der Energieversorgung) sind für die Schweiz zu erwarten.