

Forschungsprogramm  
Energiewirtschaftliche Grundlagen

# **Wirtschaftliche Auswirkungen der Volksinitiativen „Strom ohne Atom“ und „MoratoriumPlus“**

**Analyse mit einem Gleichgewichtsmodell**

## **Zusammenfassung**

Ausgearbeitet durch

André Müller, Marcel Wickart, Renger van Nieuwkoop

**ECOPLAN** Forschung und Beratung in Wirtschaft und Politik, Bern

im Auftrag des

**Bundesamtes für Energie**

Februar 2001

---

## **Impressum:**

### **Das Projekt wurde durch eine Arbeitsgruppe begleitet:**

Christian Albrecht, SECO

Conrad U. Brunner

Dr. Felix R. Bruppacher, Vertreter Elektrizitätswirtschaft

Andrea Burkhardt, BUWAL

Kurt Infanger, Bundesamt für Raumentwicklung

Prof. Eberhard Jochem, CEPE, ETH Zürich

Prof. Claude Jeanrenaud, Université Neuchâtel

Andreas Liechti, BUWAL

Dr. Ruedi Meier, Leiter Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen - EWG

### **Vertreter des BFE - Bundesamts für Energie**

Martin Renggli, Bundesamt für Energie

Dr. Felix Andrist, Bundesamt für Energie

Ladislav Dolecek, Bundesamt für Energie

### **Experten der Energieperspektiven**

Dr. Bernard Aebischer, CEPE, ETH Zürich

Dr. Walter Baumgartner, Basics AG, Zürich

Konrad Eckerle, Prognos AG, Basel

Konrad Haker, Prognos AG, Basel

Peter Hofer, Prognos AG, Basel

### **ECOPLAN-Projektteam**

André Müller (Projektleitung)

Marcel Wickart (Hauptsachbearbeitung und Modellierung)

Renger van Nieuwkoop

Das ECOPLAN-Projektteam wurde unterstützt durch:

Dr. Christoph Böhringer, ZEW-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogrammes „Energiewirtschaftliche Grundlagen“ des Bundesamtes für Energie erarbeitet. Für den Inhalt ist allein der/die Auftragnehmer/in verantwortlich.

### **Der Hauptbericht kann bestellt werden bei:**

BBL/EDMZ, 3003 Bern, Bestellnummer: 805.043 d

---

---

# Inhalt

<b>Das Wichtigste auf zwei Seiten .....</b>	<b>3</b>
---	----------

<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>5</b>
------------------------------	----------

Einleitung .....	5
------------------	---

Berechnungsmodell .....	5
-------------------------	---

Annahmen zum Strom- und Energiemarkt .....	7
--	---

Wirtschaftliche Auswirkungen ohne Einhaltung von CO <sub>2</sub> -Zielen .....	8
--	---

Wirtschaftliche Auswirkungen bei CO <sub>2</sub> -Neutralisierung .....	12
---	----

Wirtschaftliche Auswirkungen unter Einhaltung der CO <sub>2</sub> -Ziele .....	16
--	----

Auswirkungen von Änderungen in den Annahmen .....	17
---	----



## Das Wichtigste auf zwei Seiten

Das Bundesamt für Energie (BFE) hat ECOPLAN beauftragt, die wirtschaftlichen Auswirkungen der im September 1999 eingereichten Volksinitiativen «Strom ohne Atom» und «MoratoriumPlus» zu untersuchen. Mit den vorliegenden Arbeiten wurde erstmals für die Schweiz ein desaggregiertes volldynamisches Gleichgewichtsmodell mit einem explizit formulierten Stromerzeugungssektor verknüpft. Die Annahmen im Energiebereich sind mit der Prognos-Untersuchung koordiniert, welche ebenfalls im Auftrag des BFE die energiewirtschaftlichen Auswirkungen der beiden Initiativen untersucht hat.

Die **Initiative «Strom ohne Atom»** will schrittweise aus der Kernenergie aussteigen und begrenzt die Laufzeit der fünf schweizerischen Kernkraftwerke auf 30 Jahre. Die wichtigsten Ergebnisse und Schlussfolgerung zur Initiative «Strom ohne Atom» lauten:

### **Ein vorzeitiger Ausstieg aus der Kernenergie gemäss der Initiative «Strom ohne Atom» ist möglich - gratis ist der Ausstieg allerdings nicht.**

Um den Ausstieg gemäss den Vorgaben der Initiative «Strom ohne Atom» zu ermöglichen, ist eine Reregulierung des liberalisierten Strommarktes nötig: Der Zubau von WKK-Anlagen als Ersatztechnologie für die Kernkraftwerke (KKW) kann über ein Zertifikatesystem gesteuert werden.

Der vorzeitige Ausstieg wird die Strompreise in der Schweiz um maximal 20% im Vergleich zur Referenzentwicklung (liberalisierter Strommarkt, Laufzeit der KKW von bis zu 60 Jahren) anheben. Die Strompreise steigen, weil der Ersatz der KKW vor allem mit neuen inländischen nicht nuklearen Anlagen erfolgt und nur sehr eingeschränkt durch Stromimporte. Dies hat negative Auswirkungen auf die Wirtschaft. So sinkt das Bruttoinlandsprodukt (BIP) um rund 0.6% und es ist mit Wohlfahrtseinbussen von 0.14 BIP% oder jährlich 750 Mio. CHF zu rechnen. Weiter muss auf Grund der doch recht beträchtlichen Strompreiserhöhung mit einem nicht unerheblichen Strukturwandel gerechnet werden. Insbesondere die stromintensiven Branchen Papier und Textil weisen beträchtliche Umsatzeinbussen auf. Auch bei den Arbeitsplätzen rechnen wir mit - allerdings relativ geringen - Einbussen von rund 3500 Arbeitsplätzen.

### **Ein vorzeitiger Ausstieg ohne zusätzliche CO<sub>2</sub>-Emissionen ist machbar - die CO<sub>2</sub>-Neutralisierung belastet aber die Wirtschaft.**

Ein vorzeitiger Ausstieg gemäss der Initiative «Strom ohne Atom» würde - ohne besondere Massnahmen - die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Schweiz verschlechtern. Die CO<sub>2</sub>-Bilanz könnte mit einer CO<sub>2</sub>-Abgabe wieder ausgeglichen werden. Wir rechnen damit, dass für einen CO<sub>2</sub>-neutralen Ausstieg eine CO<sub>2</sub>-Abgabe in der Höhe von 40 CHF/Tonnen CO<sub>2</sub> auf Brenn- und Treibstoffen nötig ist. Die CO<sub>2</sub>-Abgabe belastet die Wirtschaft und führt zu leichten Wohlfahrtseinbussen. Insgesamt ist bei einem CO<sub>2</sub>-neutralen Ausstieg eine Reduktion des BIPs um gut 0.7% zu erwarten. Die Wohlfahrtseinbussen betragen rund 0.19 BIP% oder rund 1 Mrd. CHF pro Jahr. Auch die Beschäftigung ist bei einem Arbeitsplatzverlust von 4400 Stellen leicht rückläufig.

### **Ein vorzeitiger Ausstieg unter Einhaltung der CO<sub>2</sub>-Ziele ist möglich - allerdings ist dazu eine hohe CO<sub>2</sub>-Abgabe erforderlich.**

Gemäss unseren Abschätzungen werden im Referenzfall - also ohne Ausstieg aus der Kernenergie - die CO<sub>2</sub>-Ziele gemäss CO<sub>2</sub>-Gesetz nicht erreicht. Wir rechnen damit, dass

auch ohne Ausstieg aus der Kernenergie eine CO<sub>2</sub>-Abgabe in der Höhe von 210 CHF/Tonne CO<sub>2</sub> für Treibstoffe und 30 CHF/Tonne CO<sub>2</sub> für Brennstoffe nötig ist. Sollen die CO<sub>2</sub>-Ziele auch bei einem vorzeitigen Ausstieg eingehalten werden, so ist der Abgabesatz bei den Brennstoffen von 30 CHF/Tonne CO<sub>2</sub> auf 90 CHF/Tonne CO<sub>2</sub> anzuheben.

**Für die gesamtwirtschaftliche Beurteilung der Initiative «Strom ohne Atom» sind die externen Risikokosten eines KKW-Unfalls von Bedeutung.**

Bei einem katastrophalen Unfall in einem schweizerischen Kernkraftwerk würden zwar die Kernkraftwerkeigner unbeschränkt haften. Diese Haftung ist aber de facto auf ihre Zahlungsfähigkeit beschränkt. Der grösste Teil der Schadenskosten eines KKW-Unfalls müsste die Bevölkerung übernehmen. Mit einem vorzeitigen Ausstieg könnten die Risikokosten reduziert werden. Das Ausmass dieser Risikokostenreduktion ist unklar. Ob sich ein vorzeitiger Ausstieg aus einer gesamtwirtschaftlichen Sicht unter Berücksichtigung der Risikokosten lohnen würde, muss daher offen bleiben.

Die gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrtseinbussen eines vorzeitigen Kernenergieausstiegs belaufen sich auf rund 200 Franken pro Haushalt und Jahr. Die Frage nach der Risikobeurteilung kann dementsprechend auch folgendermassen gestellt werden: Sind wir bereit, durchschnittlich 200 Franken pro Haushalt und Jahr zu bezahlen, um das Risiko eines KKW-Unfalls durch einen vorzeitigen Ausstieg aus der Kernenergie zu vermeiden.

**Ein möglicher Marktdurchbruch der Brennstoffzellen-Technologie reduziert die volkswirtschaftlichen Kosten eines vorzeitigen Ausstiegs aus der Kernenergie.**

Würde sich die Brennstoffzellen-Technologie in den nächsten Jahren auf dem Markt zu konkurrenzfähigen Preisen durchsetzen, könnten die volkswirtschaftlichen Kosten eines vorzeitigen Kernenergieausstiegs halbiert werden.

Die Initiative «MoratoriumPlus» verlangt, dass für die Dauer von 10 Jahren keine Bewilligungen mehr für KKWs erteilt werden. Weiter wird die Nutzungsdauer auf 40 Jahre begrenzt. Eine Verlängerung um 10 Jahre auf 50 Jahre wäre einem referendumpflichtigen Bundesbeschluss unterstellt. Die wichtigsten Ergebnisse und Schlussfolgerung zur Initiative «MoratoriumPlus» lauten:

**Die Initiative «MoratoriumPlus» weist im Vergleich zur Initiative «Strom ohne Atom» deutlich geringere volkswirtschaftliche Verluste auf.**

Wird auf eine CO<sub>2</sub>-Neutralisierung bei der Initiative «MoratoriumPlus» verzichtet, fallen die wirtschaftlichen Auswirkungen nicht stark ins Gewicht. Die Strompreise steigen in diesem Falle lediglich um rund 2 bis 3%. Das BIP sinkt um rund 0.1%. Die Wohlfahrtseinbussen betragen bei 40 Jahren Laufzeit rund 300 Mio. CHF pro Jahr oder knapp 0.06 BIP%. Bei 50 Jahren Laufzeit ist mit Wohlfahrtseinbussen von jährlich 130 Mio. CHF oder gut 0.02 BIP% zu rechnen. Auf die Beschäftigung hat die Initiative - bei Verzicht auf die CO<sub>2</sub>-Neutralisierung - keinen Effekt.

Soll die Initiative «MoratoriumPlus» nicht zu einer Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Emissionen führen, ist eine CO<sub>2</sub>-Abgabe in der Höhe von maximal 45 CHF/Tonne CO<sub>2</sub> nötig. Bei einer Laufzeit von 40 Jahren und einer CO<sub>2</sub>-Abgabe von 45 CHF/Tonne CO<sub>2</sub> sinkt das BIP um maximal rund 0.3%. Die Wohlfahrtseinbusse erhöht sich auf rund 430 Mio. CHF pro Jahr, was rund 0.08 BIP% entspricht. Bei einer Laufzeit von 50 Jahren sind auch im Falle einer CO<sub>2</sub>-Neutralisierung keine grösseren wirtschaftlichen Effekte zu erwarten.

# Zusammenfassung

## Einleitung

Das Bundesamt für Energie (BFE) hat ECOPLAN beauftragt, die wirtschaftlichen Auswirkungen der im September 1999 eingereichten Volksinitiativen «Strom ohne Atom» und «MoratoriumPlus» zu untersuchen. Die **Initiative «Strom ohne Atom»** will schrittweise aus der Kernenergie aussteigen und begrenzt die Laufzeit der fünf schweizerischen Kernkraftwerke auf 30 Jahre. Die **Initiative «MoratoriumPlus»** verlangt, dass für die Dauer von 10 Jahren keine Bewilligungen mehr für KKWs erteilt werden. Weiter wird die Nutzungsdauer auf 40 Jahre begrenzt. Eine Verlängerung um 10 Jahre auf 50 Jahre wäre einem referendumpflichtigen Bundesbeschluss unterstellt.

Die nachfolgende Tabelle zeigt das letzte Betriebsjahr für die beiden Initiativen, wobei für die Initiative «MoratoriumPlus» zwei Varianten mit Laufzeiten von 40 und 50 Jahren dargestellt werden. Die beiden Initiativen werden jeweils mit einer Referenzentwicklung verglichen, für welche vom Auftraggeber eine Laufzeit von 50 Jahren für die drei kleineren KKWs und 60 Jahren für die beiden grösseren KKWs Gösgen und Leibstadt vorgegeben wurde.

### Letztes Betriebsjahr der Kernkraftwerke in den einzelnen Szenarien

	Beznau I KKB I	Beznau II KKB II	Mühleberg KKM	Gösgen KKG	Leibstadt KKL
Referenz-Szenarien	2019	2021	2022	2039	2044
«Strom ohne Atom»: SoA-Szenarien	2004	2004	2004	2009	2014
«Moratorium+»: M+ (40)-Szenarien	2009	2011	2012	2019	2024
«Moratorium+»: M+ (50)-Szenarien	2019	2021	2022	2029	2034

Die vorliegende Untersuchung wurde eng mit den Arbeiten von Prognos koordiniert. Prognos war dabei für den energetischen Teil verantwortlich (Energienachfrage, Energieangebot, Kosten der Stromproduktionstechnologien und -sparmassnahmen).

## Berechnungsmodell

Mit den vorliegenden Arbeiten wurde erstmals für die Schweiz ein desaggregiertes volldynamisches Gleichgewichtsmodell mit einem explizit formulierten Stromerzeugungssektor verknüpft. Das dynamische, berechenbare Gleichgewichtsmodell erfasst die schweizerische Wirtschaft mit 38 Wirtschaftssektoren, 13 Konsumgütern und 6 verschiedenen Haushalten. Die Produzenten und Konsumenten berücksichtigen in ihren Entscheidungen nicht nur die gegenwärtigen, sondern auch die künftigen Preise und politischen Massnahmen. Auf eine kommende, allfällige Strompreiserhöhung wird also schon frühzeitig reagiert. Für die Analyse eines vorzeitigen Ausstiegs aus der Kernenergie wurde der

Elektrizitätssektor mit insgesamt 20 verschiedenen Stromproduktionstechnologien und fünf verschiedenen Nachfragemärkte ergänzt.

Die Verknüpfung zwischen dem volldynamischen Gleichgewichtsmodell und einem explizit formulierten Stromerzeugungssektor hat sich bewährt und wäre auch in anderen Bereichen ein viel versprechendes Instrumentarium zur Analyse von wirtschaftlichen Auswirkungen politischer Massnahmen. Der Vorteil dieser Verknüpfung liegt darin, dass das Gleichgewichtsmodell im Bereich der Stromerzeugung nicht mehr auf die aus vergangenen oder künftigen Werten abgeleiteten oder geschätzten Substitutionsmöglichkeiten angewiesen ist. Die Substitutionsvorgänge sind im Bereich der Stromerzeugungstechnologien explizit modelliert, und es wird im Detail nachvollziehbar, welche Technologien wie eingesetzt werden und welche wirtschaftlichen Auswirkungen dies hat. Mit der Zusammenführung eines dynamischen Gleichgewichtsmodells mit einem auf einem bottom-up-Modell beruhenden Stromsektor war es möglich, folgende volkswirtschaftlichen Effekte eines vorzeitigen Ausstiegs aus der Kernenergie modellmässig zu erfassen:

### Volkswirtschaftliche Effekte und Kosten

**Direkte Kosten und Nutzen** eines vorzeitigen Ausstiegs aus der Kernenergie

- Verlust an produktivem Elektrizitätsproduktionspotenzial (stranded investments): entspricht der Differenz zwischen dem Marktpreis und den Grenzkosten (v.a. Betriebs- und Unterhaltskosten) der abzuschaltenden Kernkraftwerke. Bei den bestehenden Kernkraftwerken sind keine Kapitalkosten zu berücksichtigen - die Ausgaben für den Bau der Kraftwerke sind bereits getätigt und lassen sich auch bei einem Ausstieg nicht mehr vermeiden („sunk costs“)
- Geringere Kosten für die Entsorgung nuklearer Abfälle
- Wegfall der Kosten zur Ertüchtigung der Kernkraftwerke

Strompreiserhöhungen und vermehrte Investitionen in Ersatztechnologien und Sparmassnahmen haben **indirekte Kosten und Nutzen** zur Folge:

- Mehrausgaben für Strom, Rückgang anderer Ausgaben (Budgeteffekt)
- Substitutionseffekte in Konsum und Produktion, Branchenstrukturwandel (weg von stromintensiven Gütern und Produktionsprozessen)
- Einkommensrückgang bei KKW-Besitzer mit entsprechendem Nachfragerückgang (indirekte Effekte der Kostentragung)
- Anstieg der Produktion und Beschäftigung auf Grund erhöhter Investitionen und Betriebskosten für Ersatzkraftwerke und Stromsparmassnahmen (positiver Investitionseffekt)
- Erhöhte Investitionen im Strombereich führen zur Verdrängung von Investitionen in anderen Bereichen (negativer Investitionseffekt bzw. „crowding out“)
- Veränderung der Import- und Exportstruktur
- Nichtrealisierung von Handelsgewinnen, Veränderung der internationalen Wettbewerbsposition

Weiter führen allfällige **CO<sub>2</sub>-Abgaben** zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Mehremissionen eines vorzeitigen Kernenergieausstiegs zu **positiven und negativen Auswirkungen**:

- negative, „verzerrende“ Abgabewirkung: steigende Energiepreise -> Substitutionseffekte -> schlechtere Aussenhandelsposition -> Rückgang der Investitionen
- positive Wirkungen der Abgaberückerstattung: Faktor Arbeit wird billiger -> positiver Beschäftigungseffekt -> Verbesserung der Wettbewerbsposition arbeitsintensiver Branchen



## Annahmen zum Strom- und Energiemarkt

Für die Abschätzung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen sind die Annahmen zum Strommarkt von zentraler Bedeutung:

### *Stromgestehungskosten von Kernkraftwerken und potenziellen Ersatztechnologien*

Die aktuellen Betriebs- und Brennstoffkosten sowie die variablen Entsorgungskosten betragen für die beiden grossen KKW Gösgen und Leibstadt rund 2.5 Rp. pro produzierter kWh Strom. Für die drei kleinen KKW Mühleberg, Beznau I und II liegen diese Kosten bei rund 3.5 Rp./kWh. Für die Ertüchtigung der Laufzeit um 10 Jahre über das 40-ste Lebensjahr hinaus rechnen wir mit zusätzlichen Kosten von rund 0.75 Rp./kWh. Zu beachten ist, dass hier nur die Grenzkosten relevant sind, da die Anfangsinvestitionen in die Kernkraftwerke schon getätigt sind. Die Vollkosten - also inkl. Kapital- und nicht variable Stilllegungs- und Entsorgungskosten - sind bedeutend höher.

Die Vollkosten für die potenziellen Ersatztechnologien liegen über den Grenzkosten der Kernkraftwerke. Für erdgasbefeuerte Wärmekraftkopplungs-Anlagen (WKK-Anlagen) rechnen wir unter Berücksichtigung von zusätzlichen Effizienzsteigerungen mit Stromgestehungskosten von 5.8 bis maximal 10.7 Rp./kWh. Die nicht wärmegekoppelte fossile Stromerzeugung, die bei einem vorzeitigen Ausstieg gemäss der Initiative «Strom ohne Atom» nicht eingesetzt werden kann, ist mit 6.3 bis maximal 7.4 Rp./kWh günstiger als die WKK-Anlagen.

Nicht nur zusätzliche Stromproduktion sondern auch Stromsparmassnahmen können den Wegfall des KKW-Stroms kompensieren. Wir gehen davon aus, dass ein beträchtliches Potenzial an Stromsparmöglichkeiten realisiert werden kann.

### *Strommarktregulierung: Zertifikatesystem*

In einem offenen, liberalisierten Markt würden sich die Preise, nach dem die Überkapazität abgebaut ist, an den langfristigen Grenzkosten der zuletzt gebauten Kraftwerke ausrichten. Der Markt würde dabei die günstigsten Kraftwerkstechnologien zuerst berücksichtigen. Die Initiative «Strom ohne Atom» schränkt die zur Verfügung stehenden Technologien ein, indem nur erneuerbar oder mittels Wärmekraftkopplung produzierter Strom als Ersatztechnologie in Frage kommen. Der Strommarkt muss deshalb reguliert werden, um den Einsatz der „erlaubten“ Ersatztechnologien zu gewährleisten, da diese teurer sind als die günstigsten auf dem Markt erhältlichen Technologien.

Im Rahmen dieser Studie gehen wir davon aus, dass ein Zertifikatehandel zum Zuge kommt. Ein Zertifikate-Agent legt die Menge der mit erneuerbaren oder WKK-Technologien zu produzierenden Menge jeweils so fest, dass keine zusätzlichen Importe an nicht erneuerbar oder nicht mittels WKK erzeugtem Strom entstehen. Wer in der Schweiz Strom an Endkunden verkauft, müsste dann in einem vom Zertifikate-Agent festgelegten Umfang Zertifikate für erneuerbar oder mittels WKK-Technologie erzeugtem Strom kaufen. Angeboten werden die Zertifikate von den WKK-Produzenten und den Produzenten von erneuerbaren Technologien.

### *Unterscheidung zwischen Sommer- und Winterstrom, Versorgungssicherheit von 50%*

Die am Markt zu erzielenden Preise sind im Winter - auf Grund der grösseren Nachfrage und Angebotsrestriktionen für bestimmte Kraftwerkstypen - höher als im Sommer. Dies ist von Bedeutung, da die Kernkraftwerke mehr Strom im Winter erzeugen, die Ersatz-

technologien vor allem Winterstrom produzieren und Stromeinsparungen (bspw. Ersatz der Elektroheizungen) vor allem den Winterstrom betreffen.

Die Unterscheidung zwischen Sommer- und Winterstrom ist auch hinsichtlich der vom Auftraggeber vorgegebenen Versorgungssicherheit von 50% im Winter relevant. Eine Versorgungssicherheit von 50% im Winter ist dann erreicht, wenn die durchschnittliche Winterstrombeschaffung (heimische Produktion und Bezugsrechte) dem inländischen Winterstromverbrauch entspricht.

#### *Stromüberschuss in Europa drückt auf die Ex- und Importpreise*

Auf Grund der Überproduktion in Europa bilden sich im Moment die Strompreise nicht auf Basis der langfristigen sondern auf Basis der kurzfristigen Grenzkosten. Dies betrifft insbesondere die freien Ex- und Importe (also die nicht auf Bezugsrechten basierenden Importe oder Exporte zur Deckung von Lieferverpflichtungen), bei denen wir mit aktuellen Preisen von 3.5 Rp./kWh im Sommer und 4.5 Rp./kWh im Winter rechnen. Wir gehen davon aus, dass die Überproduktion kurz und mittelfristig bestehen bleibt und ab ca. 2010 mit Preisen gerechnet werden muss, die den langfristigen Grenzkosten entsprechen, die wir bei 5 Rp./kWh im Sommer und 6 Rp./kWh im Winter ansetzen.

Diese spezielle Stromüberschusssituation muss berücksichtigt werden, da in den nächsten Jahren für die Schweiz noch mit einem leichten Überschuss an freien Exporten zu rechnen ist. Ein Abschalten eines KKW's kann somit durch den Rückgang an freien Exporten teilweise kompensiert werden.

#### *Leichte Zunahme der Gas- und Oelpreise*

Wir gehen davon aus, dass der Weltmarktpreis für Rohöl jährlich um real 1.1% zunimmt. Beim Erdgas wurde vom Prinzip des „anlegbaren Preises“ ausgegangen, was zu einer realen Verteuerung des Gaspreises um jährlich 0.8% führt.

## **Wirtschaftliche Auswirkungen ohne Einhaltung von CO<sub>2</sub>-Zielen**

Im Folgenden werden die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen eines Kernenergieausstiegs resp. der Moratoriums-Szenarien im Vergleich zum Referenzszenario dargestellt. Wobei keine besonderen Massnahmen zur CO<sub>2</sub>-Neutralisierung oder zur Erreichung von CO<sub>2</sub>-Zielen vorgesehen sind. Die nachfolgende Tabelle beschreibt die untersuchten Szenarien:

### **Überblick über die Szenarien ohne CO<sub>2</sub>-Neutralisierung und CO<sub>2</sub>-Ziele**

Szenario	KKW Laufzeit	Energiepolitik	CO <sub>2</sub> -Ziel erreicht	CO <sub>2</sub> -Neutralisierung	fossile Stromproduktion ohne Abwärmenutzung zugelassen
Referenz	50/60	Energiegesetz (EnG)	Nein	--	Ja
SoA	30	Energiegesetz (EnG)	Nein	Nein	Nein
M+(40)	40	Energiegesetz (EnG)	Nein	Nein	Ja
M+(50)	50	Energiegesetz (EnG)	Nein	Nein	Ja

Die ausgewiesenen Werte und Grafiken sind als Abweichungen zum Referenzszenario (Referenzwert) zu interpretieren. Wird beispielsweise für das Ausstiegs-Szenario ein BIP-Rückgang von 0.57% im Jahre 2020 festgestellt, so bedeutet dies, dass das BIP-Niveau im Jahre 2020 im Ausstiegs-Szenario um 0.57% tiefer liegt als im Referenzszenario.

In den nachfolgenden Tabellen sind die wichtigsten makroökonomischen Kennzahlen für das Ausstiegs-Szenario SoA sowie die Moratoriums-Szenarien M+(40) und M+(50) aufgeführt.

### Auswirkungen der Szenarien SoA, M+(40) und M+(50) auf die wichtigsten makroökonomischen Grössen (prozentuale Abweichungen zum Referenzszenario)

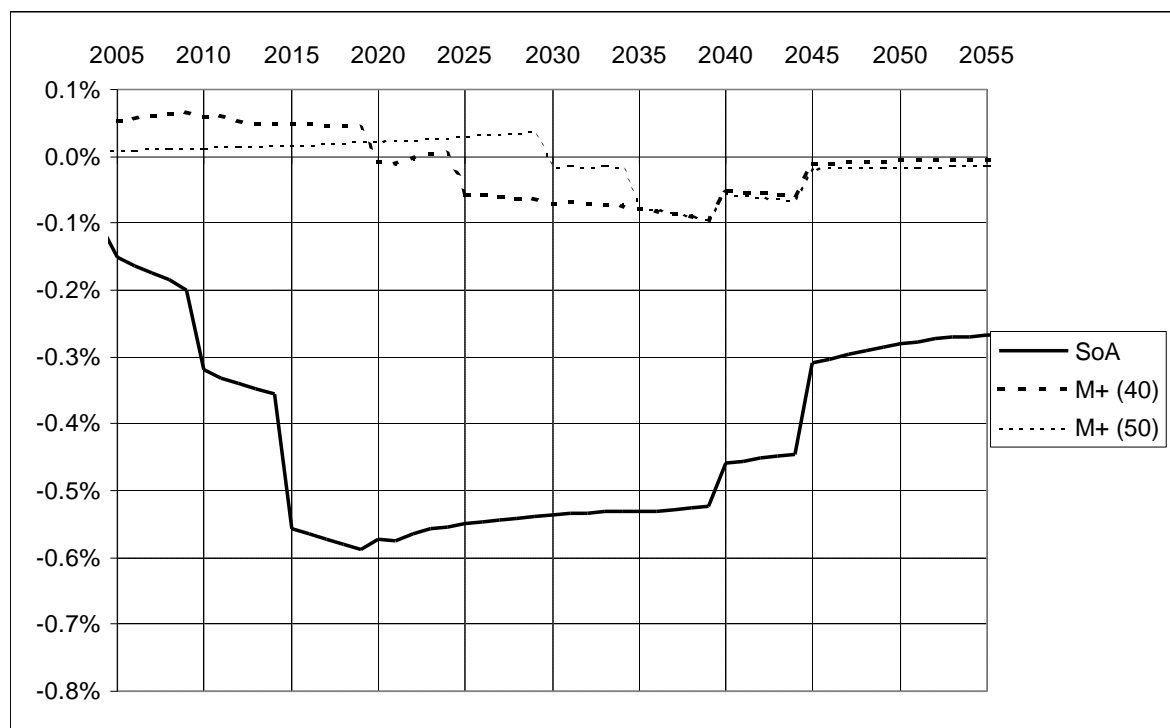
	SoA				M+ (40)					M+ (50)				
	2010	2020	2030	2055	2010	2020	2025	2030	2055	2010	2020	2030	2035	2055
BIP	-0.32%	-0.57%	-0.54%	-0.27%	0.06%	-0.01%	-0.06%	-0.07%	-0.01%	0.01%	0.02%	-0.02%	-0.07%	-0.01%
Inländische Produktion	-0.20%	-0.34%	-0.33%	-0.21%	0.04%	0.02%	0.04%	0.01%	-0.03%	0.01%	0.02%	0.03%	0.02%	-0.02%
Wertschöpfung	-0.13%	-0.24%	-0.27%	-0.20%	0.03%	0.01%	0.00%	-0.01%	-0.05%	0.01%	0.02%	0.02%	0.01%	-0.02%
Arbeitseinsatz	-0.12%	-0.16%	-0.13%	-0.07%	0.02%	-0.01%	-0.01%	-0.02%	-0.03%	0.01%	0.01%	0.01%	0.00%	-0.01%
Kapitaleinsatz	-0.14%	-0.35%	-0.45%	-0.34%	0.03%	0.03%	0.02%	-0.01%	-0.08%	0.01%	0.02%	0.05%	0.03%	-0.04%
Konsumausgaben	-0.15%	-0.33%	-0.36%	-0.15%	-0.05%	-0.07%	-0.09%	-0.09%	-0.02%	-0.01%	-0.01%	-0.04%	-0.05%	-0.01%
Investitionen (exkl. Strombereich)	-1.23%	-1.48%	-1.22%	-0.68%	0.27%	0.04%	-0.04%	-0.07%	0.04%	0.07%	0.11%	0.00%	-0.25%	-0.02%
Stromverbrauch	-4.33%	-8.55%	-7.48%	-0.24%	0.15%	-0.98%	-1.36%	-1.28%	-0.05%	0.00%	0.00%	-1.05%	-0.18%	-0.02%
Energieverbrauch (fossil)	2.27%	7.99%	8.61%	-0.25%	0.03%	5.79%	12.76%	11.26%	-0.05%	0.00%	0.01%	4.99%	11.25%	-0.02%
Exporte	0.02%	-0.10%	-0.09%	-0.23%	0.14%	0.28%	0.43%	0.35%	-0.03%	0.03%	0.04%	0.20%	0.39%	-0.02%
Importe	-0.26%	-0.20%	-0.16%	-0.26%	0.04%	0.16%	0.41%	0.31%	-0.04%	0.01%	0.03%	0.16%	0.34%	-0.02%
Reallohn	-0.21%	-0.34%	-0.33%	-0.17%	0.02%	-0.02%	-0.02%	-0.03%	0.00%	0.01%	0.01%	-0.01%	-0.03%	-0.01%
Kapitalzins	-0.08%	0.07%	0.15%	0.01%	0.01%	-0.02%	0.00%	0.00%	-0.08%	0.00%	0.01%	0.03%	0.02%	-0.02%
Konsumentenpreisindex	0.11%	0.41%	0.48%	0.15%	-0.04%	-0.03%	0.00%	0.01%	-0.09%	-0.01%	0.00%	0.03%	0.02%	-0.01%

Im Gegensatz zum Ausstiegs-Szenario weichen die **Moratoriums-Szenarien** in den wirtschaftlichen Kennwerten kaum vom Referenzszenario ab. Bis zur Abschaltung eines der grossen Kernkraftwerke (Gösgen oder Leibstadt) ergeben sich hinsichtlich der wirtschaftlichen Grössen keine nennenswerten Auswirkungen. Einzig zu vermerken ist, dass sich die Wirtschaft im Vorfeld mit einer leicht erhöhten Investitionstätigkeit auf die kommende, leichte Strompreiserhöhung vorbereitet, was zu einem leicht erhöhten BIP führt (vgl. nachfolgende Grafik). Allerdings halten sich die Anpassungsreaktionen in engen Grenzen, da bei der Stilllegung der Kernkraftwerke in Form der ungekoppelten Wärmekraftwerke eine konkurrenzfähige Technologie bereit steht, die in der Lage ist, genügend Elektrizität zum herrschenden Strompreis zu produzieren. Der durchschnittliche Strompreis steigt denn auch erst bei der Abschaltung der beiden Kernkraftwerke Gösgen und Leibstadt um maximal um 2.5%, was die wirtschaftliche Aktivität leicht dämpft. Im Gegensatz zum vorzeitigen Ausstieg findet bei den Moratoriums-Szenarien kein Umbau der Produktionsstruktur statt. Der Kapital- und Arbeitseinsatz kehrt langfristig auf das Referenzniveau zurück.

Einzig der Verbrauch fossiler Energieträger ist in den Moratoriums-Szenarien höher als in der Referenz. Dies ist nicht weiter verwunderlich, werden doch die Kernkraftwerke, welche mittels Uran als primärem Energieträger Elektrizität erzeugen, durch ungekoppelte Wärmekraftwerke ersetzt, deren wichtigster Input der fossile Energieträger Gas ist. So nimmt der Einsatz fossiler Energieträger bezüglich der Referenzmenge im Szenario M+ (40) um maximal 12.8%, im Szenario M+ (50) um maximal 11.2% zu. Diese Zunahme der fossilen Energieträger ist höher als im Szenario SoA (+8.6%). Drei Gründe sind dafür verantwortlich: Erstens kommt in den Moratoriums-Szenarien die nicht wärmegekoppelte GuD-Technologie zum Einsatz, welche relativ mehr Erdgas verbraucht als die im Szenario

rio SoA zum Einsatz kommende WKK-Technologie. Zweitens wird auf Grund der tieferen Strompreise in den Moratoriums-Szenarien mehr Strom verbraucht, d.h. es muss auch relativ mehr Strom fossil erzeugt werden. Drittens ist das wirtschaftliche Aktivitätsniveau und damit der Stromverbrauch in den Moratoriums-Szenarien höher als im Ausstiegs-Szenario.

### Relative Abweichungen des BIPs zum Referenzszenario



Mit Hilfe des BIP-Verlaufs (vgl. obige Grafik) können die volkswirtschaftlichen Auswirkungen des **Ausstiegs-Szenario** dargestellt werden. Wir unterscheiden zwischen kurz- und mittelfristigen Preis- und Mengeneffekten sowie langfristigen strukturellen Effekten, welche den Produktionsapparat der Schweizerischen Volkswirtschaft verändern.

Die kurz- und mittelfristigen Effekte schlagen sich in diskreten Sprüngen des BIP nieder. Diese Sprünge fallen mit den Ausstiegszeitpunkten der einzelnen Kernkraftwerke zusammen. Wird ein Kernkraftwerk vom Netz genommen, verändert sich die Produktionsstruktur im Stromsektor. Es werden neue Technologien mit veränderten Kosten- und Ertragsstrukturen eingesetzt. Am ausgeprägtesten sind die Sprünge im Falle des Ausstiegs beim Abschalten von Gösgen (2010) und Leibstadt (2015). Die fehlende Stromproduktion von Beznau I und II sowie Mühleberg (2005) kann grösstenteils über eine Senkung des Exportniveaus ersetzt werden, so dass keine massgeblichen Preis- und Mengeneffekte zum Tragen kommen. Das Produktionspotenzial von Gösgen und Leibstadt muss hingegen durch vergleichsweise teurere Technologien (Wärme-Kraftkopplungs-Anlagen) zumindest zum Teil ersetzt werden. Der Einsatz teurerer Technologien in der Stromproduktion hat drei Effekte. Erstens steigt die Nachfrage nach Vorleistungen im Stromsektor, denn die KKW-Ersatz-Technologien benötigen mehr Inputs um die gleiche Stromproduktion zu realisieren. Die grössere Nachfrage nach Inputs erhöht deren Preise. Zweitens steigt der

durchschnittliche Strompreis um maximal 20%, was Stromsparmassnahmen auslöst und zu einem geringeren Stromkonsum führt. Drittens tragen die höheren Strompreise zu einer Verteuerung der Produktion bei. Somit steigen auch die Preise der übrigen Inputs. Es resultiert ein allgemeiner Anstieg der Produktionskosten, was zu einem tieferen realen BIP und höheren Preisen führt.

Die doch recht beträchtliche Strompreiserhöhung führt zu einem nicht unerheblichen **Strukturwandel**. Insbesondere die stromintensiven Branchen Papier und Textil weisen beträchtliche Umsatzeinbussen in der Grössenordnung von -5% auf.

Die kurz- und mittelfristigen Effekte wirken sich auch auf die langfristige Entwicklung der Wirtschaft aus. Während der Ausstiegsperiode in den Jahren 2010 bis 2044 vermindert der höhere Strompreis den Stromeinsatz in der Produktion. Höhere Strompreise in der Produktion führen neben der Substitution von Elektrizität durch andere Vorleistungen oder Kapital und Arbeit zu einem Rückgang der Produktion. Dieser Produktionsrückgang führt zu tieferem Kapital- und Arbeitseinsatz. Im Ausstiegs-Szenario wächst deshalb der Kapitalstock der Gesamtwirtschaft in einem geringeren Ausmass. Am Ende der Ausstiegsperiode resultiert somit ein kleinerer Kapitalstock. Um diesen kleineren Kapitalstock zu erhalten sind auch geringere Investitionen notwendig. Die vermehrten Investitionen in die Ersatztechnologien führen also zu einer Verdrängung von Investitionen in anderen Bereichen („crowding out“). Daraus resultiert ein langfristig leicht tieferes BIP-Niveau.

Die **inländische Produktion** und die **Wertschöpfung** sinken mit dem BIP. Bei der Wertschöpfung schlägt sich der geringere Kapitaleinsatz in der Produktion nieder, wofür die gestiegenen Strompreise ursächlich sind, während der Arbeitseinsatz langfristig nahezu wieder auf das Referenzniveau zurückkehrt. Der vorzeitige Kernenergieausstieg hat somit zur Folge, dass die Produktion weniger kapitalintensiv ist als in der Referenz oder den Moratoriums-Szenarien. Die daraus resultierende geringere Kapitalausstattung führt zu einem leichten Rückgang der Arbeitsproduktivität mit leicht negativen Wirkungen auf die Reallöhne. Dies wiederum hat einen leichten Rückgang im **Arbeitseinsatz** zur Folge. Absolut gesehen dürfte die tiefere Lohnsumme während der Ausstiegsperiode in einer Abnahme von rund 3500 Arbeitsplätzen münden. Die Moratoriumsinitiativen sind bezüglich der **Beschäftigung** neutral (vgl. nachfolgende Tabelle).

Im Falle eines Ausstiegs verschlechtern sich die „Terms of Trade“. Der Schweizer Franken erfährt eine Abwertung. Dies hat zur Folge, dass sich die schweizerischen Exporte aus Sicht der Empfängerländer leicht verbilligen. Umgekehrt verteuern sich die Importe für die inländische Nachfrage. Auf Grund der Verschlechterung der „Terms of Trade“ sinken die gesamten **Importe** - trotz steigenden Gasimporten - gegenüber der Referenz. Damit die Importe - darunter auch die Gasimporte - finanziert werden können, muss bei einer Verschlechterung der „Terms of Trade“ vermehrt exportiert werden. Die **Exporte** nehmen in der Anfangsphase sogar leicht zu, dies trotz eines massiven Rückgangs der Stromexporte. Die gesamten Exporte nehmen anfangs leicht zu und sinken auf Grund der geringeren wirtschaftlichen Aktivität im Laufe der Ausstiegsperiode. Die Exporte nehmen aber weit weniger ab als die Importe.

Wie sich das Ausstiegs- und die Moratoriums-Szenarien auf die **Wohlfahrt** auswirken, zeigt die nachfolgende Tabelle. Die Wohlfahrt definiert sich hier als Volkseinkommen plus dem Wert für Freizeit. Nicht berücksichtigt sind externe Effekte - also insbesondere die bei einem Ausstieg zu vermeidenden Risikokosten eines Unfalls in einem schweizerischen Kernkraftwerk.

### Beschäftigungs- und Wohlfahrtseffekte im Vergleich zum Referenzszenario

Szenario	Beschäftigung [Arbeitsplätze]	Wohlfahrtsverluste / -gewinne über die Jahre 2000 bis 2045		
		[Mio. Fr./Jahr]	[BIP%]	Auswirkungen auf die Haushalte [Fr./Haushalt und Jahr]
SoA	-3500	-750	-0.14%	-200
M+(40)	+/- 0	-300	-0.06%	-60
M+(50)	+/- 0	-130	-0.02%	-20

Ein vorzeitiger Ausstieg aus der Kernenergie führt zu einem Rückgang der Wohlfahrt um -0.14 BIP%, was rund 750 Mio. CHF pro Jahr in den Jahren 2000 bis 2045 entspricht. Pro Haushalt muss durchschnittlich mit Einbussen von 200 Franken pro Jahr gerechnet werden. Die negative Wirkung auf die Wohlfahrt fällt mit -0.14 BIP% geringer aus als die BIP-Wirkung (rund -0.5%). Dies ist auf die Änderungen im Arbeitsangebot und auf die geänderte Investitionstätigkeit zurückzuführen. Im Vergleich zum Ausstiegs-Szenario weisen die Moratoriums-Szenarien geringere Wohlfahrtseinbussen aus.

### Wirtschaftliche Auswirkungen bei CO<sub>2</sub>-Neutralisierung

Wie die obige Analyse gezeigt hat, steigen in den Ausstiegs- und Moratoriums-Szenarien der Verbrauch fossiler Energien und die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Ein vorzeitiger Ausstieg gemäss der Initiative «Strom ohne Atom» oder die Initiative «MoratoriumPlus» würden somit - ohne besondere Massnahmen - die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Schweiz verschlechtern. Die CO<sub>2</sub>-Bilanz könnte mit einer CO<sub>2</sub>-Abgabe wieder ausgeglichen werden, d.h. ein Ausstieg oder Moratorium wäre CO<sub>2</sub>-neutral, was bedeutet, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Ausstiegs- und Moratoriums-Szenarien nicht höher sind als in der Referenzentwicklung. Die nachfolgende Tabelle beschreibt die untersuchten CO<sub>2</sub>-Neutralisierungs-Szenarien:

## Überblick über die Szenarien mit CO<sub>2</sub>-Neutralisierung

Szenario	KKW Laufzeit	Energiepolitik	CO <sub>2</sub> -Ziel erreicht	CO <sub>2</sub> -Neutralisierung	fossile Stromproduktion ohne Abwärmenutzung zugelassen
Referenz	50/60	Energiegesetz (EnG)	Nein	--	Ja
SoA-N	30	EnG + CO <sub>2</sub> -Abgabe zur CO <sub>2</sub> -Neutralisierung eines KKW-Ausstiegs	Nein	Ja	Nein
M+(40)-N	40	EnG + CO <sub>2</sub> -Abgabe zur CO <sub>2</sub> -Neutralisierung eines KKW-Ausstiegs	Nein	Ja	Ja
M+(50)-N	50	EnG + CO <sub>2</sub> -Abgabe zur CO <sub>2</sub> -Neutralisierung eines KKW-Ausstiegs	Nein	Ja	Ja

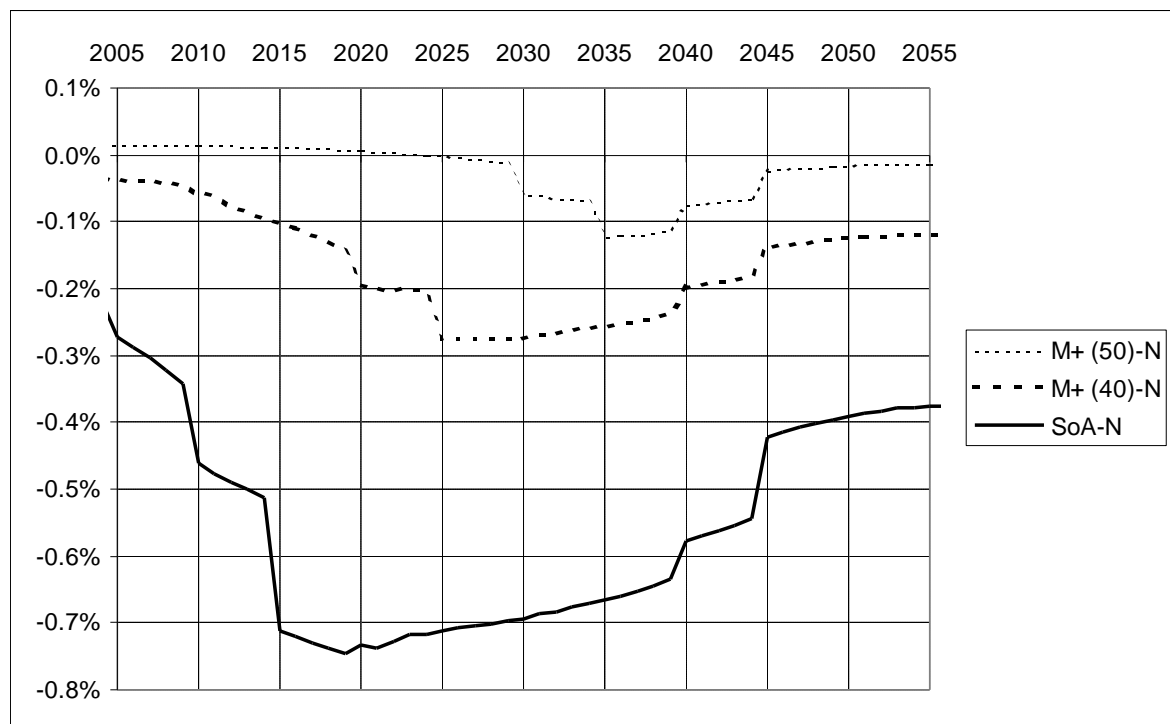
Wir rechnen damit, dass für einen CO<sub>2</sub>-neutralen Ausstieg (Szenario SoA-N) eine CO<sub>2</sub>-Abgabe im Jahre 2010 auf tiefem Niveau einzuführen ist und ab 2015 eine Höhe von 40 CHF/Tonnen CO<sub>2</sub> auf Brenn- und Treibstoffen nötig ist. Im Falle der Moratoriumsinitiative muss die Abgabe erst später - nämlich 2020 für das Szenario M+(40)-N und 2030 für das Szenario M+(50)-N - eingeführt werden. Die Abgabe ist aber auf Grund des grösseren CO<sub>2</sub>-Reduktionsbedarfs leicht höher anzusetzen. So muss der Verbrauch fossiler Energieträger in den Jahren 2025 bis 2034 um 10 bis 12% gesenkt werden, wozu eine CO<sub>2</sub>-Abgabe in der Höhe von CHF 45 pro Tonne CO<sub>2</sub> notwendig ist.

Wir gehen davon aus, dass die CO<sub>2</sub>-Abgabe - wie dies im CO<sub>2</sub>-Gesetz vorgesehen ist - vollumfänglich nach Massgabe der Abgabebzahlungen an die Wirtschaft (via Senkung der Lohnnebenkosten) und an die Haushalte (Pro-Kopf) rückerstattet wird. Die nachfolgende Tabelle zeigt die wirtschaftlichen Auswirkungen der Ausstiegs- und Moratoriums-Szenarien unter der Vorgabe von CO<sub>2</sub>-Neutralität an Hand einiger makroökonomischen Kennzahlen. Die folgende Grafik zeigt den Verlauf des Bruttoinlandprodukts (BIP).

## Auswirkungen der Szenarien SoA-N, M+(40)-N und M+(50)-N auf die wichtigsten makroökonomischen Grössen (prozentuale Abweichungen zum Referenzszenario)

	SoA-N				M+ (40)-N					M+ (50)-N				
	2010	2020	2030	2055	2010	2020	2025	2030	2055	2010	2020	2030	2035	2055
BIP	-0.46%	-0.73%	-0.69%	-0.38%	-0.06%	-0.19%	-0.27%	-0.27%	-0.12%	0.01%	0.01%	-0.06%	-0.12%	-0.01%
Inländische Produktion	-0.34%	-0.62%	-0.58%	-0.25%	-0.04%	-0.23%	-0.36%	-0.35%	-0.10%	0.01%	0.01%	-0.11%	-0.22%	-0.01%
Wertschöpfung	-0.19%	-0.32%	-0.35%	-0.21%	-0.02%	-0.13%	-0.16%	-0.18%	-0.10%	0.00%	-0.01%	-0.05%	-0.07%	-0.03%
Arbeitseinsatz	-0.17%	-0.20%	-0.17%	-0.06%	-0.02%	-0.12%	-0.14%	-0.13%	-0.04%	0.02%	0.01%	-0.04%	-0.05%	0.01%
Kapitaleinsatz	-0.21%	-0.48%	-0.57%	-0.37%	-0.03%	-0.14%	-0.20%	-0.23%	-0.16%	-0.02%	-0.03%	-0.06%	-0.09%	-0.07%
Konsumausgaben	-0.15%	-0.37%	-0.43%	-0.17%	-0.02%	-0.09%	-0.17%	-0.20%	-0.07%	0.01%	0.02%	-0.04%	-0.11%	-0.01%
Investitionen (exkl. Strombereich)	-1.93%	-2.19%	-1.80%	-1.06%	-0.31%	-0.81%	-0.87%	-0.76%	-0.29%	0.00%	-0.06%	-0.32%	-0.46%	-0.04%
Stromverbrauch	-4.90%	-9.10%	-8.81%	-0.26%	0.13%	-2.69%	-5.10%	-5.03%	-0.11%	0.00%	0.00%	-2.32%	-3.95%	-0.04%
Energieverbrauch (fossil)	0.39%	1.86%	2.29%	-0.27%	0.02%	1.05%	0.90%	1.17%	-0.12%	-0.01%	-0.01%	0.44%	1.65%	-0.04%
Exporte	-0.15%	-0.38%	-0.35%	-0.27%	0.05%	-0.04%	-0.17%	-0.16%	-0.11%	0.02%	0.01%	0.00%	0.01%	-0.03%
Importe	-0.51%	-0.61%	-0.56%	-0.30%	-0.07%	-0.29%	-0.40%	-0.38%	-0.12%	-0.01%	-0.02%	-0.16%	-0.23%	-0.04%
Reallohn	-0.27%	-0.38%	-0.39%	-0.23%	-0.04%	-0.12%	-0.14%	-0.16%	-0.08%	0.02%	0.02%	-0.02%	-0.04%	0.00%
Kapitalzins	-0.06%	0.20%	0.32%	0.10%	-0.03%	-0.04%	0.08%	0.12%	0.00%	-0.01%	-0.03%	0.00%	0.11%	-0.01%
Konsumentenpreisindex	0.23%	0.73%	0.84%	0.31%	-0.01%	0.13%	0.35%	0.40%	0.07%	-0.05%	-0.07%	0.06%	0.26%	-0.03%

### Relative Abweichungen des BIPs zum Referenzszenario



Ein Vergleich mit den Szenarien ohne CO<sub>2</sub>-Neutralisierung und CO<sub>2</sub>-Abgabe zeigt, dass die zusätzliche Einführung der CO<sub>2</sub>-Abgabe das wirtschaftliche Aktivitätsniveau zusätzlich dämpft. Dies ist vor allem auf zwei Effekte zurückzuführen. Erstens kann die verzerrende Wirkung der CO<sub>2</sub>-Abgabe, welche eine einzige Produktgruppe mit einem hohen Abgabebestand belastet, durch die „entzerrende“ Wirkung einer Senkung der Lohnnebenkosten nicht aufgehoben werden. Zweitens führt die Abgabe zu höheren Güterpreisen, was mit einer Reduktion der Investitionstätigkeit verbunden ist. Dadurch wächst der Kapitalstock weniger stark und die Arbeitsproduktivität sinkt leicht, was die wirtschaftlich negativen Effekte der Abgabe noch verschärft. Die negativen Effekte sind umso stärker, je grösser die zur CO<sub>2</sub>-Neutralisierung notwendige Abgabe ist. So ist der BIP-Rückgang im Szenario M+(40)-N am grössten, da über einen längeren Zeitraum eine relativ hohe Abgabe erhoben werden muss, um das Neutralisierungsziel zu erreichen.

Analog zum BIP nimmt auch die Wertschöpfung durch die CO<sub>2</sub>-Neutralisierung ab. Ausschlaggebend ist in erster Linie der geringere Kapitaleinsatz. Der Arbeitseinsatz sinkt hingegen unterproportional. Dies ist eine Folge des Rückerstattungsmechanismus. Da Arbeit auf Grund der sinkenden Lohnnebenkosten billiger wird, setzen die Unternehmer an Stelle von Kapital vermehrt Arbeit ein. Wir schätzen, dass die **Beschäftigung** in den Jahren 2000 bis 2045 im Ausstiegs-Szenario um 4300 Arbeitsplätze und beim Szenario M+(40)-N um 2300 Arbeitsplätze zurück geht (vgl. nachfolgende Tabelle). Die negative Wirkung auf die Beschäftigung ist im Szenario M+(50)-N vernachlässigbar.

Die Einführung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe führt nicht nur zu einer Dämpfung der wirtschaftlichen Aktivität, sie führt auch zu Einbussen bei der gesamtwirtschaftlichen **Wohlfahrt**. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Wohlfahrtsverluste für die verschiedenen CO<sub>2</sub>-



Neutralisierungs-Szenarien. Zu beachten ist, dass die externen Kosten - bspw. Risikokosten eines Unfalls in einem Kernkraftwerk - hier nicht berücksichtigt sind.

### Beschäftigungs- und Wohlfahrtseffekte im Vergleich zum Referenzszenario

Szenario	Beschäftigung [Arbeitsplätze]	Wohlfahrtsverluste / -gewinne über die Jahre 2000 bis 2045		
		[Mio. Fr./Jahr]	[BIP%]	Auswirkungen auf die Haushalte [Fr./Haushalt und Jahr]
SoA-N	-4300	-1000	-0.19%	-230
M+(40)-N	- 2300	-430	-0.08%	-110
M+(50)-N	+/- 0	-180	-0.03%	-40

Die für die CO<sub>2</sub>-Neutralisierung nötige CO<sub>2</sub>-Abgabe verschlechtert die Wohlfahrt bei einem vorzeitigen Ausstieg um weitere 0.05 BIP% (dies zeigt ein Vergleich der Szenarien SoA und SoA-N), was ungefähr jährlich 250 Mio. CHF ausmacht. Die Wohlfahrtseinbusse beträgt bei einem CO<sub>2</sub>-neutralen Ausstieg also rund 0.19 BIP% oder 1 Mrd. CHF. pro Jahr während den Jahren 2000 bis 2045. Pro Haushalt muss mit Einbussen von durchschnittlich 230 Franken pro Jahr gerechnet werden. Bei der Moratoriumsinitiative fallen die Wohlfahrtseinbussen bedeutend geringer aus. Die Haushalte sind hier mit Einbussen von 40 bis 110 Franken pro Jahr konfrontiert.

Die Motivation für einen vorzeitigen Ausstieg aus der Kernenergie liegt vor allem in der Vermeidung von Unfällen und in der Reduktion von nuklearem Abfall. Die mit KKW-Unfällen und der Entsorgung von nuklearen Abfällen verbundenen Risiken sind in den bisherigen Ausführungen nicht berücksichtigt worden. Ebenso wenig wurden die externen Kosten der Nutzung von fossilen Treib- und Brennstoffen wohlfahrtsmässig erfasst. Um ein vollständiges Mass für die gesellschaftliche Wohlfahrt zu erhalten, müssen aber die **Risiko- und Umweltkosten** berücksichtigt werden. Dabei zeigt sich, dass die externen Risikokosten einen massgeblichen Einfluss auf die Wohlfahrtswirkungen haben.

Bei einem katastrophalen Unfall in einem schweizerischen Kernkraftwerk würden zwar die Kernkraftwerkeigner unbeschränkt haften. Diese Haftung ist aber de facto auf ihre Zahlungsfähigkeit beschränkt. Der grösste Teil der Schadenskosten eines KKW-Unfalls müsste die Allgemeinheit übernehmen. Der grösste Teil der Risikokosten trägt somit die Allgemeinheit und nicht die Kernkraftwerkeigner. Mit einem vorzeitigen Ausstieg könnten die Risikokosten reduziert werden. Das Ausmass dieser Risikokostenreduktion ist unklar. Ob sich ein vorzeitiger Ausstieg aus einer gesamtwirtschaftlichen Sicht unter Berücksichtigung der Risikokosten lohnen würde, muss daher offen bleiben.

Was hingegen berechnet wurde, sind die Wohlfahrtseinbussen eines vorzeitigen Kernenergieausstiegs, die sich auf durchschnittlich rund 200 Franken pro Haushalt und Jahr beziffern lassen. Die Frage nach der Risikobeurteilung kann dementsprechend auch folgendermassen gestellt werden: Sind wir bereit, durchschnittlich 200 Franken pro Haushalt und Jahr zu bezahlen, um das Risiko eines KKW-Unfalls durch einen vorzeitigen Ausstieg aus der Kernenergie zu vermeiden.

## Wirtschaftliche Auswirkungen unter Einhaltung der CO<sub>2</sub>-Ziele

Gemäss unseren Abschätzungen werden im Referenzfall - also ohne Ausstieg aus der Kernenergie - die CO<sub>2</sub>-Ziele gemäss CO<sub>2</sub>-Gesetz nicht erreicht. Das CO<sub>2</sub>-Gesetz sieht eine im Vergleich zu 1990 10-prozentige Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2010 vor, wobei bei den Brennstoffen 15 Prozent und bei den Treibstoffen 8 Prozent eingespart werden soll.

Als Vergleichsbasis musste ein neues Referenzszenario (Referenz CO<sub>2</sub>-Z) bestimmt werden (vgl. nachfolgende Tabelle), bei welchem die CO<sub>2</sub>-Ziele eingehalten werden. Zur Erreichung der CO<sub>2</sub>-Ziele wurde eine CO<sub>2</sub>-Abgabe eingeführt. Um die spezifischen Brenn- und Treibstoffziele zu erreichen, mussten für Brenn- und Treibstoffe unterschiedliche Abgabesätze implementiert werden. Wir rechnen damit, dass zur Erreichung der CO<sub>2</sub>-Ziele auch ohne Ausstieg aus der Kernenergie eine CO<sub>2</sub>-Abgabe in der Höhe von 210 CHF/Tonne CO<sub>2</sub> für Treibstoffe und 30 CHF/Tonne CO<sub>2</sub> für Brennstoffe nötig ist.

### Überblick über die Szenarien mit CO<sub>2</sub>-Neutralisierung und Erreichung der CO<sub>2</sub>-Ziele

Szenario	KKW Laufzeit	Energiepolitik	CO <sub>2</sub> -Ziel erreicht	CO <sub>2</sub> -Neutralisierung	fossile Stromproduktion ohne Abwärmenutzung zugelassen
Referenz CO <sub>2</sub> -Z	50/60	EnG + CO <sub>2</sub> -Abgabe zur Erreichung des CO <sub>2</sub> -Ziels	Ja	--	Ja
SoA CO <sub>2</sub> -Z-N	30	EnG + CO <sub>2</sub> -Abgabe zur Erreichung des CO <sub>2</sub> -Ziels und der CO <sub>2</sub> -Neutralität eines KKW-Ausstiegs	Ja	Ja	Nein

Die Frage stellt sich nun, ob bei einem vorzeitigen Ausstieg die CO<sub>2</sub>-Ziele innerhalb der vom CO<sub>2</sub>-Gesetz vorgegebenen Maximalsätzen für die CO<sub>2</sub>-Abgabe von 210 CHF/Tonne CO<sub>2</sub> überhaupt erreicht werden können. Da der Abgabesatz für Treibstoffe bereits im Referenzfall auf dem gesetzlichen Maximum liegt, muss die Erreichung des CO<sub>2</sub>-Ziels über eine Anhebung des Abgabesatzes bei den Brennstoffen erfolgen. Wir rechnen mit einer Anhebung um 60 CHF/Tonne CO<sub>2</sub>, so dass die totale CO<sub>2</sub>-Abgabe im Szenario SoA CO<sub>2</sub>-Z-N rund 90 CHF/Tonne CO<sub>2</sub> beträgt.

Bezüglich der volkswirtschaftlichen Auswirkungen des Szenarios SoA-Z-N ergeben sich im Vergleich zum Szenario SoA-N leicht höhere Einbussen, die Differenzen sind allerdings marginal.

## Auswirkungen von Änderungen in den Annahmen

Nachfolgend haben wir untersucht, welchen Einfluss geänderte Annahmen auf die vorgängig dargestellten Resultate haben.

Im Falle der Ausstiegs-Szenarien sind wir davon ausgegangen, dass der Ersatz der Kernkraftwerke zumindest teilweise mittels konventionellen Wärmekraftkopplungs-Anlagen erfolgen wird. Würde sich die **Brennstoffzellen-Technologie** in den nächsten Jahren auf dem Markt zu konkurrenzfähigen Preisen durchsetzen, wären die volkswirtschaftlichen Kosten eines vorzeitigen Kernenergieausstiegs geringer: Unter der Annahme, dass die Brennstoffzellen-Technologie Stromgestehungskosten von 5 bis maximal 9 Rp./kWh aufweist, wären die volkswirtschaftlichen Verluste im Vergleich zur WKK-Strategie als Ersatz für die Kernkraftwerke nur noch halb so gross.

Die Reaktionen der Konsumenten und Produzenten werden im Gleichgewichtsmodell durch Nutzen- und Produktionsfunktionen abgebildet, bei denen zwischen Arbeits- und Kapitaleinsatz oder zwischen Stromkonsum und anderen Konsumgütern substituiert werden kann. Wie gut Güter oder Faktoren substituiert werden können, wird durch die Wahl der **Substitutionselastizitäten** exogen vorgegeben. Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse haben wir untersucht, wie sich die Wahl anderer Substitutionselastizitäten auf die Resultate auswirken. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich die Wohlfahrtseffekte bei der Wahl unterschiedlicher Substitutionselastizitäten nicht wesentlich unterscheiden. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass sich die Effizienzverluste von Energiepreiserhöhungen und die Effizienzgewinne der Abgaberückerstattung bei geänderten Substitutionselastizitäten teilweise ausgleichen.

Leicht grössere Auswirkungen sind bei den wirtschaftlichen Rahmendaten (bspw. dem BIP) zu konstatieren. Hier zeigt insbesondere die Wahl der Substitutionselastizitäten zwischen den Konsumgütern und Energie Wirkung. Je geringer die Substitutionsmöglichkeiten im Konsum sind, desto grössere BIP-Einbussen sind zu gewärtigen. Die BIP-Einbussen eines vorzeitigen Ausstiegs liegen aber in allen Fällen unter 1%.

Da es sich bei einem allfälligen vorzeitigen Ausstieg aus der Kernenergie um ein langfristiges und planbares Vorhaben handelt, können sich Konsumenten und Produzenten auf kommende Veränderungen einstellen. Sie können somit langfristig relativ flexibel reagieren, was für die in dieser Untersuchung unterstellten Substitutionselastizitäten und für die präsentierten Resultate zu den wirtschaftlichen Auswirkungen spricht.