

1. Exkurs: Rahmenentwicklungen

Die Resultate der Energieperspektiven werden wesentlich geprägt von den durch die schweizerische Energiepolitik nicht beeinflussbaren Rahmenentwicklungen im Inland und im Ausland. Die wichtigsten inländischen Einflussgrössen sind das BIP und die Bevölkerung und die daraus ableitbaren energieverbrauchsrelevanten Grössen wie Branchenwertschöpfungen, Energiebezugsflächen und Fahrzeugbestände. Die wichtigsten ausländischen Einflussgrössen bilden neben den Weltmarktpreisen für importierte Energieträger die Energiepolitiken des Auslandes.

Inhalt

1	Schweizerische Rahmenentwicklung	1
1.1	Demografieszenario Trend.....	2
1.2	BIP - Szenarien	2
1.3	Wertschöpfungsszenarien.....	4
1.4	Mit Energie versorgte Bruttogeschossflächen	5
1.5	Verkehrsperspektiven	6
1.6	Klimaentwicklung in der Schweiz bis 2050	7
2	Internationale Rahmenentwicklung.....	8
2.1	Internationale Energie- und Klimaschutzpolitik	8
2.2	Entwicklung der Weltmarktpreise nicht erneuerbarer Energieträger	9
2.2.1	Erdölpreise.....	9
2.2.2	Erdgas- und Strompreise.....	10
2.2.3	Uran- und Kernbrennstoffpreise	11
3	Übersichtstabellen Rahmendaten.....	12
4	Literatur	13

1 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 (BFS, 2001 [2]) zur Verfügung sowie die BIP - Szenarien des Staatsekretariats für Wirtschaft (Seco, 2005 [1]). Das Seco unterscheidet zwei Szenarien, ein BIP Trend und ein BIP hoch. 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.

Tabelle 1: **Schweizerische Rahmenentwicklung und daraus abgeleitete Grunddaten der Energieperspektiven**

Rahmenentwicklung	Abgeleitete Rahmenentwicklung	Datenquelle
Demografieszenarien		BFS, 2001
BIP - Szenarien		Seco, 2004, 2005
	Wertschöpfungsszenarien	Ecoplan, 2005
	Zukünftige Entwicklung der Energiebezugsflächen	Wüest und Partner, 2004
Klimaentwicklung in der Schweiz bis 2050		OccC, EPFL, 2005
	Verkehrsperspektiven	ARE, 2004, 2006

1.1 Demografieszenario Trend

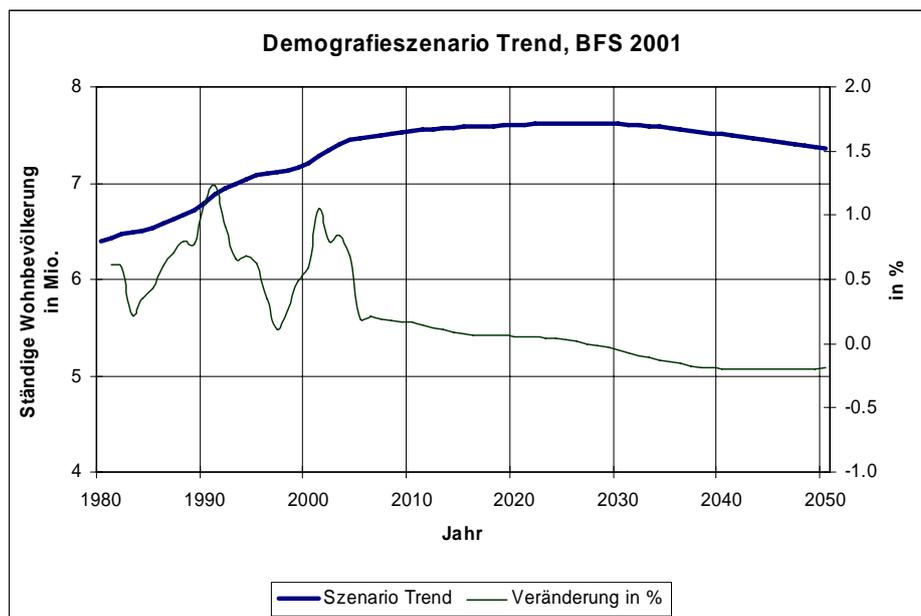
Die für die Energieperspektiven verwendete Bevölkerungsentwicklung bis 2035 entspricht dem vom Bundesamt für Statistik im Jahre 2001 veröffentlichten Szenario Trend. Es entspricht, gemäss Einleitungstext der Publikation, „der Fortsetzung der jüngsten demografischen Entwicklungen unter Berücksichtigung der zur Zeit absehbaren politischen Veränderungen“ (S. 44 [1]). Insbesondere wird von einem mässigen Wirtschaftswachstum ausgegangen, es werden keine grossen Veränderungen in der Familienpolitik unterstellt, die Einwanderungspolitik wird geprägt durch das Abkommen über den freien Personenverkehr mit der EU.

Das Szenario Trend kombiniert Hypothesen bezüglich

- Fruchtbarkeit: Die durchschnittliche Kinderzahl sinkt zuerst leicht ab und steigt anschliessend leicht an und stabilisiert sich ab 2030 bei einer Kinderzahl von 1,5.
- Sterblichkeit: Die mittlere Lebensdauer bei Männern steigt bis 2060 um 6 Jahre auf 82,5 Jahre; bei den Frauen um 5 Jahre auf 87,5 Jahre.
- Wanderungen: Das Inkrafttreten der bilateralen Abkommen der Schweiz mit der EU bewirkt in den ersten Jahren nach 2000 einen positiven Wanderungssaldo in die Schweiz von rund 50'000 Einwanderer, welcher bis 2005 linear auf ca. 10'000 Einwanderer zurückgeht. Von 2010 bis 2015 sinkt der Einwanderungssaldo auf rund 2'500 und bleibt bis 2060 auf diesem Niveau.
- Die Einbürgerungsziffern bleiben konstant

Diese Annahmen bewirken ab 2005 einen stetigen Rückgang der Zuwachsrates der Bevölkerung. Ab 2027 nimmt die Bevölkerungszahl absolut ab.

Figur 1: Demografieszenario



Quelle: [1]

Für die Energieperspektiven des BFE wurde das Szenario Trend des BFS leicht modifiziert. Da die effektive Immigration in den Jahren 2001 bis 2003 über den Szenarienannahmen lag, wurde im Interesse einer möglichst aktuellen Datenbasis die Bevölkerungsentwicklung leicht nach oben angepasst¹.

1.2 BIP - Szenarien

Die vom Seco zuhanden des Perspektivstabes erarbeiteten BIP - Szenarien beruhen auf einer Schätzung des Produktivitätswachstums und den Resultaten der Demografieszenarien des BFS. Der Berechnungsansatz geht davon aus, dass sich die Entwicklung der Demografie und der Produktivität langfri-

¹ Anfangs Juli 2006 publizierte das BFS umfassend revidierte Szenarien, die hier nicht verwendet werden.

stig nicht beeinflussen (d.h. zum Beispiel, dass das Bevölkerungswachstum die Produktivität nicht ändert) und deshalb unabhängig voneinander analysiert werden können. In die Berechnungen flossen das aus dem Bevölkerungsszenario Trend 2000 resultierende Arbeitsangebot (Erwerbstätige), ergänzt mit Annahmen zu den nicht in den Bevölkerungsszenarien erfassten Erwerbstätigen (Grenzgänger und Kurzaufenthalter). Für die Schätzung des Wachstums der Arbeitsproduktivität kamen die Daten der Jahre 1980 - 2000 zur Anwendung. Es resultiert ein durchschnittliches jährliches Wachstum von 0.89%. Da die Produktivität über die betrachtete Periode als konstant angenommen wird, bestimmt die Entwicklung der Erwerbstätigen das BIP – Wachstum.

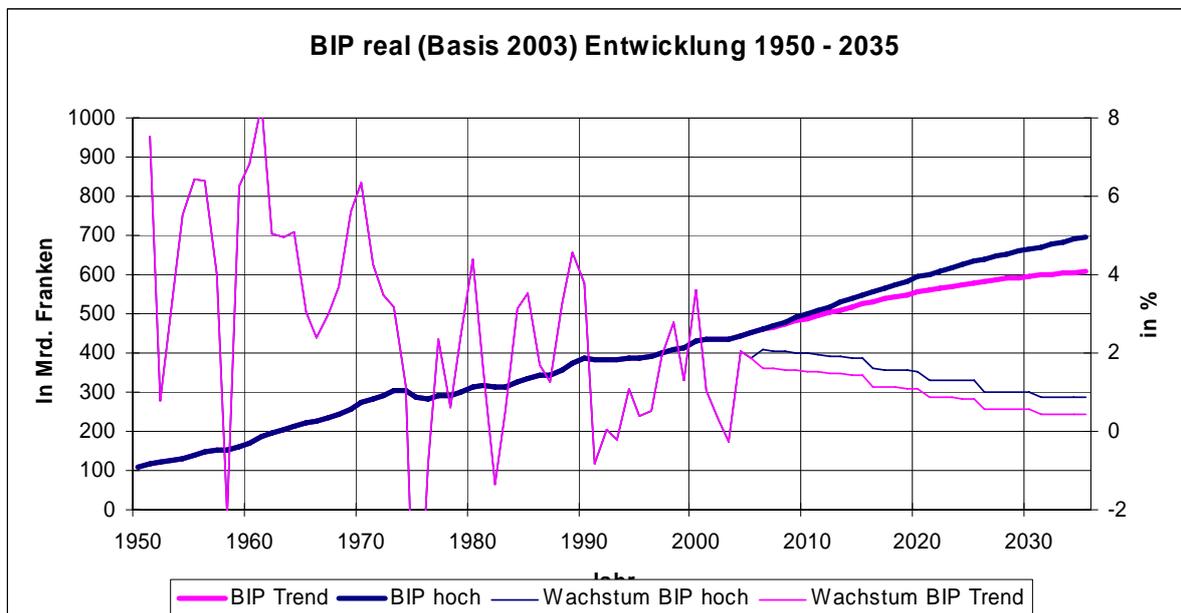
Tabelle 2: **Durchschnittliche BIP Wachstumsraten unterschiedlicher Zeitabschnitte**

Jahrzehnt	2000 - 2010	2010 - 2020	2020 - 2030	2030 - 2040	2000 - 2040
BIP Trend Wachstum (in %)	1.4	1.0	0.5	0.7	0.9
BIP Hoch Wachstum (in %)	1.9	1.5	1.0	1.3	1.4

Quelle: [2]

Das Seco weist darauf hin, dass aus einer konsequenten Umsetzung der Massnahmenpakete der Wachstumspolitik, wie sie auch von der OECD vorgeschlagen werden, ein um bis zu 0,7% höheres jährliches Wirtschaftswachstum resultieren würde, verglichen mit der Variante BIP Trend (Quelle [2]). In den Energieperspektiven wird eine teilweise Umsetzung der Massnahmenpakete unterstellt. Diese Annahme schlägt sich in der Sensitivität „BIP hoch“ nieder in einem durchschnittlichen Wachstum, das um 0,5 Prozentpunkte über demjenigen der Variante BIP Trend liegt (siehe Tabelle 2). Unverändert geblieben ist die Bevölkerungsentwicklung und damit die Erwerbstätigenstruktur.

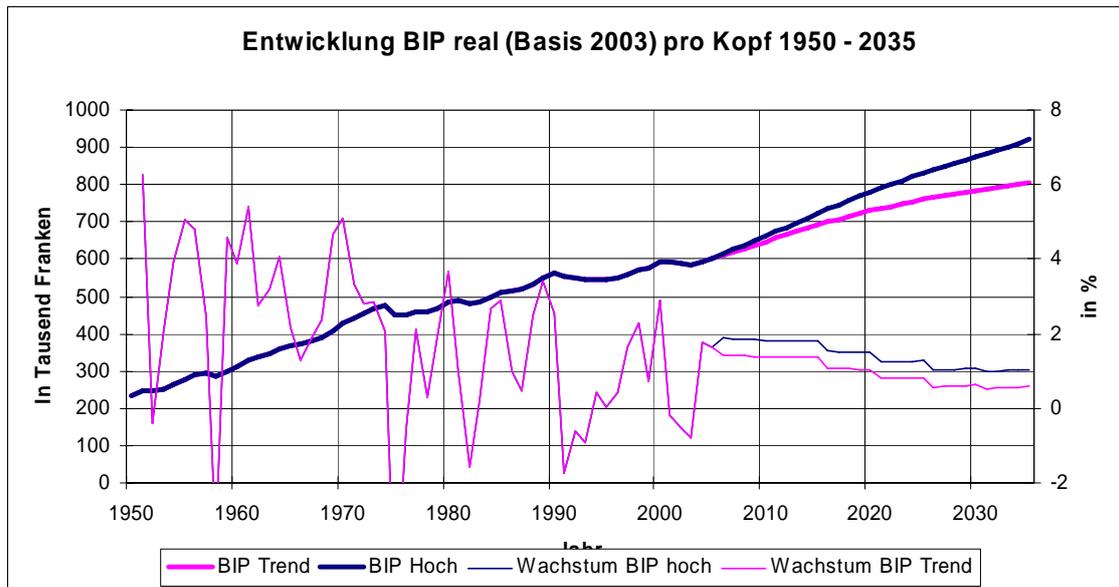
Figur 2: **BIP Trend und BIP hoch**



Quelle: [2]

In Figur 3 ist die reale BIP-Entwicklung in Tausend Franken pro Einwohner zu Preisen 2000 abgebildet. Das Bevölkerungswachstum ist ab 2025 negativ und bewegt sich in der Grössenordnung von -0.1 und - 0.2% (siehe Figur 2, rechte Achse). Da die für die Berechnung des BIP relevanten Produktivitätsentwicklungen sowohl für das BIP Trend (+0.89%) als auch für das BIP hoch(+1,39%) deutlich über den negativen Wachstumsraten der Bevölkerung liegen, steigt das pro Kopf Einkommen sowohl im BIP Trend als auch im BIP hoch bis 2035 an. Allerdings erreichen die pro Kopf Werte bei weitem nicht mehr die Zuwachsraten der 50er bis 70er Jahre oder der 80er Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts.

Figur 3: Entwicklung des BIP Trend und BIP hoch pro Kopf



Quelle: [1], [2]

1.3 Wertschöpfungsszenarien

Die unter 1.2 vorgestellten BIP - Schätzungen beziehen sich auf die gesamtwirtschaftliche Entwicklung und sind als Input für die Bottom-up Energienachfragemodelle zu wenig detailliert. Mit dem Gleichgewichtsmodell von Ecoplan sind daher nach der Methode von Dixon und Rimmer [3] Branchenszenarien für das BIP Trend und für das BIP hoch geschätzt worden. Grundlagen bildeten neben der Input- Output - Tabelle für das Jahr 1998 das BIP- bzw. das Produktionswachstum und die Entwicklung der Beschäftigung, die Entwicklung der Gesundheitskosten und die Entwicklung der Bauinvestitionen. Letztere wurden abgeglichen mit den Bauinvestitionen der Untersuchung von Wüest und Partner (siehe Kapitel 1.4). Es resultieren der Bruttowertschöpfungswert, die Bruttowertschöpfung und die Beschäftigung des ersten Sektors (Landwirtschaft) sowie von 42 Branchen des zweiten (Industrie) und des dritten Sektors (Dienstleistungen).

Tabelle 2: Bruttowertschöpfungen der Wirtschaftssektoren; Anteile am Total, Basis BIP Trend

Jahr	2001	2010	2020	2030	2035
Bruttowertschöpfung in Mrd. Franken	426	482	533	562	580
Landwirtschaft (Anteil am Total in %)	1.3%	1.1%	1.0%	0.9%	0.8%
Industrie (Anteil am Total in %)	27.5%	26.7%	25.9%	25.3%	24.8%
Dienstleistungen (Anteil am Total in %)	71.3%	72.2%	73.1%	73.9%	74.4%

Quelle: [3]

In den Resultaten widerspiegelt sich eine Weiterführung des seit einigen Jahren beobachtbaren Trends, wonach der dritte Sektor auf Kosten des ersten und zweiten Sektors überproportional wächst. Die Wertschöpfungsszenarien, die auf dem Szenario BIP hoch basieren, unterscheiden sich bezüglich der Resultate des Wertschöpfungsszenarios Trend kaum in der Struktur der sektoralen Wertschöpfungen (wohl aber im Niveau). In Szenario IV werden für Wohnen und Produktion technische Welten unterstellt, welche die Branchenstrukturen verändern, nicht aber die gesamte vorgegebene Wertschöpfungsentwicklung beeinflussen. Dies als Folge gesellschaftlicher und politischer Prioritätensetzung in Richtung Ressourcenschonung.

1.4 Mit Energie versorgte Bruttogeschossflächen

Die Perspektiven zu den energetisch belegten Bruttogeschossflächen stammen von einem Modell, welches die Firma Wüest und Partner 1993 erstmals für das Bundesamt für Energie erstellt hat. Das für die Energieperspektiven 2035 aufdatierte und revidierte Modell verwendet auf gesamtwirtschaftlicher Ebene die BIP - Perspektiven des Seco (siehe Kap. 1.2) sowie die Bauinvestitionsschätzungen und die Branchendaten von Ecoplan (siehe Kap. 1.3). Die wichtigsten Grundlagen des eigentlichen Flächenfortschreibungsmodells bilden die Daten kantonaler Gebäudeversicherungsanstalten 1995 sowie die Auswertungen der im Rahmen der Volkszählungen 1990 und 2000 durchgeführten Wohnungszählungen. Die Fortschreibung des Gebäudebestandes basiert auf der Bauinvestitionsstatistik des Bundesamtes für Statistik (BFS).

In die Berechnung der mit Energie versorgten Bruttogeschossflächen fliessen die Auswertungen eines Gebäudeparkmodells, welches eine jährliche Fortschreibung der Gebäude, ausgehend von den Grundlagedaten 2000, ermöglicht. In einem weiteren Modell sind Gebäudetypen pro Nutzung und Bauperiode enthalten. Damit wird eine Differenzierung des Gebäudebestandes nach seinen baulichen Hauptkomponenten möglich. Mit einem dritten Modell wird das jährliche Erneuerungsvolumen ermittelt. Ein viertes und letztes Modell erlaubt die zukünftigen Umbauinvestitionen in Abhängigkeit des ermittelten Erneuerungsvolumens zu schätzen.

Tabelle 3: **Mit Energie versorgte Bruttogeschossflächen in 1000 m², Trendvariante, Wüest und Partner**

Sektoren	2000	2010	2020	2030	2035
Haushalt	408'893	459'660	507'102	545'444	561'583
Dienstleistungen und Landwirtschaft	138'564	152'217	166'631	176'721	180'707
Industrie	82'230	87'906	95'044	99'722	101'479
Insgesamt	630'687	699'783	768'778	821'887	843'769

Quelle: [4]

Die Nachfrage nach mit Energie versorgten Bruttogeschossflächen steigt von 2000 auf 2035 um rund 33%. In diesem Zuwachs widerspiegelt sich eine einkommensabhängige Zunahme der Wohnflächen-nachfrage pro Kopf.

Tabelle 4: **Mit Energie versorgte Bruttogeschossflächen in 1000 m², Trendvariante Energieperspektiven**

Sektoren	2000	2010	2020	2030	2035
Haushalt	397'675	434'668	466'662	493'215	503'384
Dienstleistungen und Landwirtschaft	150'723	161'545	172'799	181'380	184'361
Industrie	82'230	86'570	92'720	97'116	98'556
Insgesamt	630'628	682'783	732'181	771'711	786'301

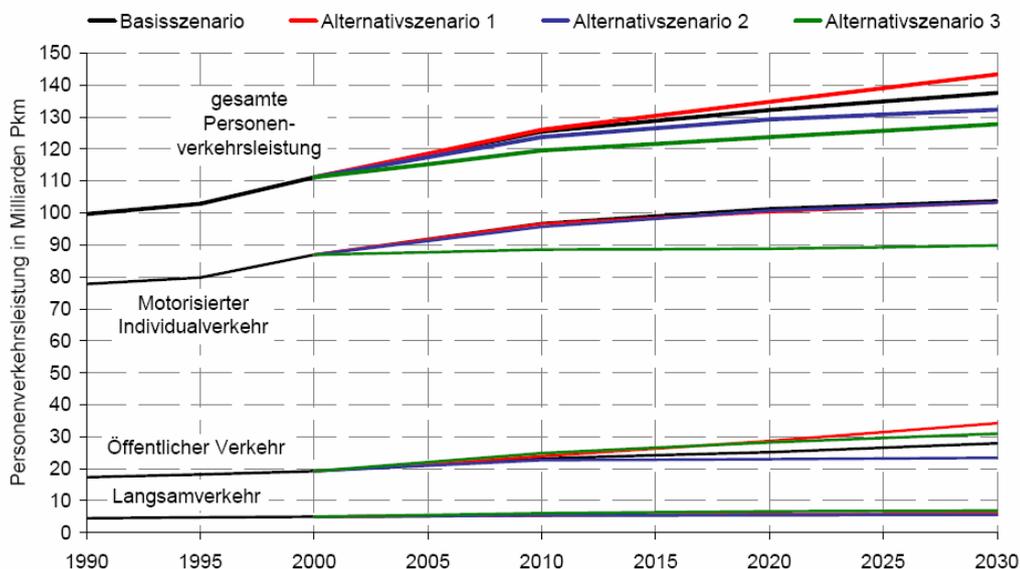
Quelle: Prognos

Aufgrund von revidierten Gebäudestrukturen der Gebäudezählung der Haushalte 2000 sind die von Wüest und Partner ausgewiesenen mit Energie versorgten Bruttogeschossflächen angepasst worden. Diese angepassten Strukturen sind in den Energieperspektiven eingeflossen. Das Gesamttotal gemäss Wüest und Partner im Jahre 2000 ist unverändert geblieben. Die Anpassungen bewirken jedoch eine Verschiebung von den Haushalten zu den übrigen Sektoren sowie einen unter den Ausgangsdaten von Wüest und Partner liegenden Zuwachs 2000 - 2035.

1.5 Verkehrsperspektiven

Eine wichtige Grundlage der Energieperspektiven im Verkehr bilden die vom Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) in regelmässigen Abständen aktualisierten und revidierten schweizerischen Personen- und Güterverkehrsperspektiven. Das ARE verwendet für seine Perspektivarbeiten die wirtschaftlichen und demografischen Rahmendaten der Bundesverwaltung. Damit ist eine mit den Energieperspektiven des BFE konsistente wirtschaftliche Rahmenentwicklung gewährleistet. In den Perspektiven des ARE werden ausgehend von einem Basisszenario im Personenverkehr drei Alternativszenarien unterschieden (Alternativszenario 1 „Städtenetz und Wachstum“, Alternativszenario 2 „Dispersion und Stagnation“, Alternativszenario 3 „Regionaler Ausgleich und Ressourcenverknappung“). In den Güterverkehrsperspektiven werden die Auswirkungen eines Referenzszenarios und den beiden Alternativszenarien „Bahndynamik und Alpenschutz in Europa“ sowie „Stagnation und schwache Bahn“ vorgestellt. In den Verkehrsperspektiven des BFE sind für die Szenarien I, II und III die Entwicklung des Basisszenarios verwendet worden. Das Szenario IV basiert bezüglich der Entwicklung des Personenverkehrs auf der Entwicklung des Alternativszenarios 3 „Regionaler Ausgleich und Ressourcenverknappung“, für den Güterverkehr kommt das Alternativszenario 2 „Dispersion und Stagnation“ zur Anwendung.

Figur 4: Personenverkehrsleistung in Milliarden Pkm, Entwicklung in den einzelnen Szenarien



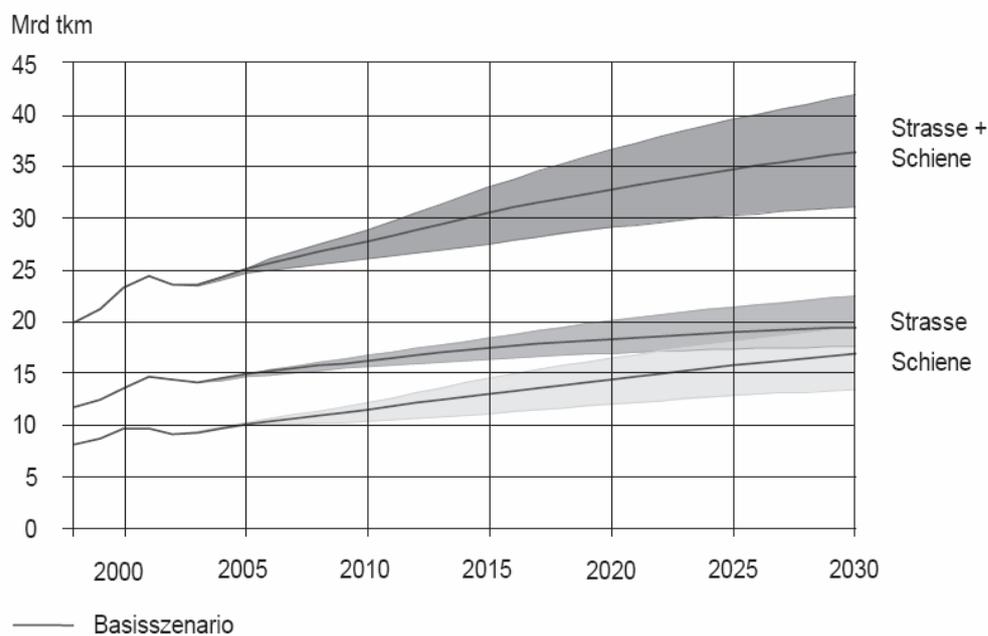
Quelle: ARE [5]

Tabelle 5: Personenverkehrsleistungen in Mrd. Pkm, alle Verkehrsarten, alle Fahrtzwecke

In Mrd. Pkm	2000	2010	2020	2030
Basisszenario				
Insgesamt	111.1	125.4	132.2	137.5
<i>Davon: Motorisierter ind. Verkehr</i>	86.9	96.8	101.4	103.9
Alternativszenario 3				
Insgesamt	111.1	119.5	123.7	127.7
<i>Davon: Motorisierter ind. Verkehr</i>	86.9	88.5	88.8	89.8

Quelle: ARE [5]

Figur 5: **Güterverkehrsleistung (Mrd. tkm) auf Strasse und Schienen (alle Verkehrsarten und Szenarien)**



Quelle: ARE [5]

Tabelle 6: **Güterverkehrsleistungen in Mrd. tkm, alle Verkehrswarten alle Fahrtzwecke**

In Mrd. tkm	2000	2010	2020	2030
Basisszenario				
Insgesamt	23.31	27.75	32.84	36.39
<i>Davon: Strasse</i>	13.63	16.21	18.36	19.48
Alternativszenario 2				
Insgesamt	23.31	26.07	29.10	31.14
<i>Davon: Strasse</i>	13.63	15.68	17.01	17.67

Quelle: ARE [5]

1.6 Klimaentwicklung in der Schweiz bis 2050

Die Klimaentwicklung in der Schweiz wird im separaten Exkurs 3 abgehandelt.

2 Internationale Rahmenentwicklung

Grundlagen für die Ermittlung der internationalen Rahmendaten bilden langfristige Energieszenarien internationaler Organisationen sowie eine Umfrage bei schweizerischen Klimapolitik - Experten zum Thema der energie- und klimapolitischen Szenarien im internationalen Kontext.

2.1 Internationale Energie- und Klimaschutzpolitik

Nationale Energie (und Umwelt)politik kann nicht losgelöst vom internationalen Umfeld betrieben werden. Die schweizerischen Energieperspektiven untersuchen, neben einem Referenzszenario, drei Alternativszenarien basierend auf einer Expertenbefragung.

Eine systematische Auswertung einer Befragung von Experten zum Thema zur Zukunft der Klimapolitik hat ermöglicht, wahrscheinliche Klimapolitiksznarien zu identifizieren. Die Auswertung ist mit einer „Cross-Impact Matrix“ (Quelle [6]) erfolgt. Aus Sicht der Experten ist in den nächsten 30 Jahren auf globaler Ebene eher mit geringen Emissionsreduktionen zu rechnen. Die Schweiz wird sich zu Reduktionsverpflichtungen in ähnlichen Grössenordnungen verpflichten wie die EU. Als wahrscheinlichste Minderungsverpflichtung werden Reduktionsziele zwischen 5 und 25% angesehen. Drastischere Reduktionsverpflichtungen in den nächsten 30 Jahren werden kaum als realistisch gesehen.

Die in den Energieperspektiven verwendeten nationalen und internationalen Klimapolitiken widerspiegeln die Resultate der Expertenbefragung: Die Schweiz geht keinen klimapolitischen Alleingang. Die schweizerischen Reduktionsziele liegen in der Grössenordnung der europäischen Ziele (vgl. Tab. 7).

Als Ergänzung der Expertenbefragung wird auch ein 550 ppm Szenario betrachtet (1 ppm entspricht einem Volumenteil CO₂ auf eine Million Volumenteile Luft). Hier wird angenommen, dass die CO₂ Konzentration in der Erdatmosphäre bis ins Jahre 2100 auf dem doppelten vorindustriellen Niveau von 550 ppm stabilisiert werden. Für die Erreichung dieses sehr langfristigen Zieles (Zielhorizont 2100) können unterschiedliche Zielpfade verwendet werden. In den Energieperspektiven (Zielhorizont 2035) kommt der Pfad des deutschen Umweltbundesamtes zur Anwendung. Zudem wird unterstellt, dass die Emissionsrechte im Jahre 2050 international nach dem Prinzip gleicher Pro Kopf Rechte verteilt sind.

Tabelle 7: Nationale und internationale CO₂ – Minderungsziele

Szenario	Minderungsziel im Vergleich zur Referenz			
	CH	EU	Andere OECD Länder	Entwicklungsländer
Referenz	0 %	0 %	0 %	0 %
Alibi	5 %	5 %	5 %	0 %
Mittleres globales Engagement	25 %	25 %	15 %	5 %
Starkes globales Engagement	40 %	40 %	25 %	15 %
550 ppm	<ul style="list-style-type: none"> - Minderungsziel bis 2100: 550 ppm - Globaler Pfad bis 2035: Umweltbundesamt - weltweite Konvergenz der pro Kopf Emissionen bis 2050 			

Quelle: Ecoplan [6]

2.2 Entwicklung der Weltmarktpreise nicht erneuerbarer Energieträger

2.2.1 Erdölpreise

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 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 (siehe [7]) 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. (Eine Diskussion basierend auf dem Modell von Hotelling siehe beispielsweise in [8]).

Aus den Annahmen „keine wesentlichen physischen Verknappungen“ und den Beobachtungen zu der Entwicklung der langfristigen Preisentwicklungen von endlichen, jedoch bis 2030 nicht knappen Ressourcen wird in den Perspektivarbeiten von bis 2030 real konstanten Preisen ausgegangen. Ab 2030 verknappen sich die Erdölressourcen, was einen Anstieg der realen Preise zur Folge hat. Implizit stehen auch weitere Annahmen hinter dieser Entwicklung: Der technische Fortschritt, welcher die Förderkosten senkt, kompensiert teilweise die Mehrkosten, welche durch aufwändigere Massnahmen entstehen, so dass weiterhin unveränderte Produktionskosten zu erwarten sind. Zudem wird davon ausgegangen, dass Backstoptechnologien wie zum Beispiel die schon lange bekannte Kohleverflüssigung oder Biotreibstoffe als Substitutionsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Es wird aber auch davon ausgegangen, dass keine bisher wenig bekannten Backstoptechnologien und Energieträger (z. B. Methanhydrate) erschlossen werden, welche den Preispfad der fossilen Energien allenfalls nach unten senken könnten.

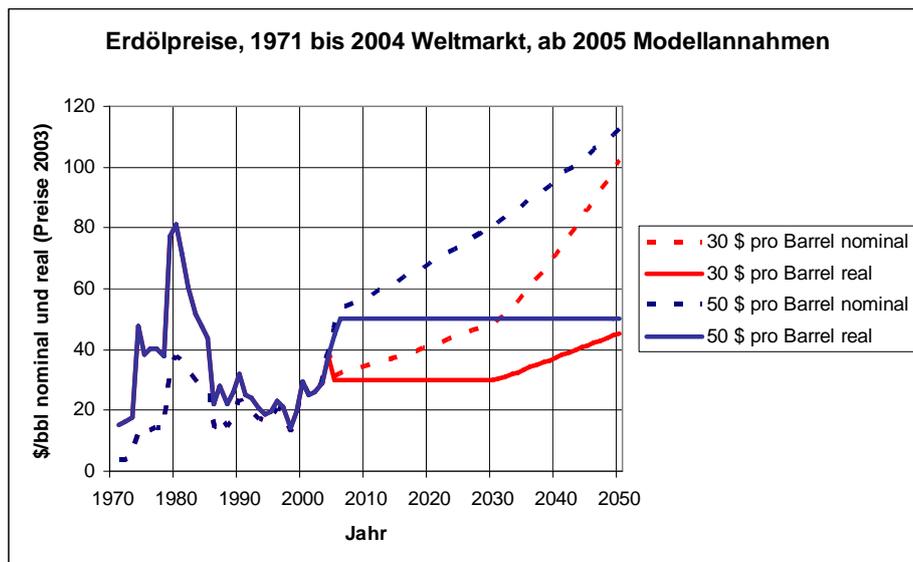
In den Energieperspektiven werden, ausgehend von den oben genannten Annahmen zwei Erdölpreisentwicklungen unterstellt:

- Im ersten Fall 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 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.

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 6).

Figur 6: Modellannahmen zu den Erdölpreisen



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

Im Rahmen von Langfristbetrachtungen spielen kurz- und mittelfristige Schwankungen von Preisen, wie sie beispielsweise auch in den Jahren 1971 - 2005 aufgetreten sind, kaum eine Rolle. Die Überlegungen zur langfristigen Ressourcenverfügbarkeit prägen die langfristige Preisentwicklung.

Auf eine Diskussion von dauerhaft hohen Preisen von real 80 oder sogar 100\$/bbl wird hier verzichtet. Dieses Thema wird auf Wunsch des Forums Energieperspektiven in einem weiteren Projekt „Höchstpreisszenarien“ des BFE behandelt.

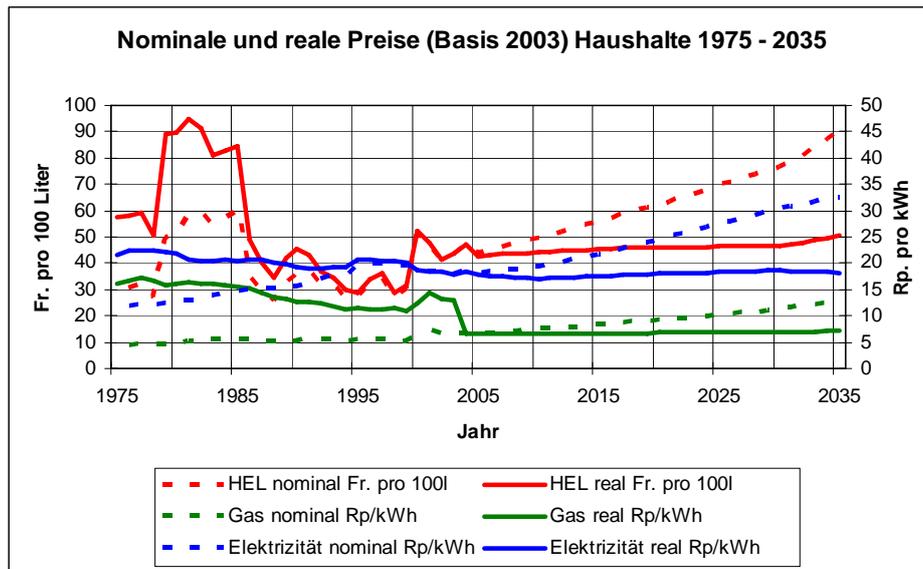
2.2.2 Erdgas- und Strompreise

In den Energieperspektiven wird unterstellt, dass die seit anfangs der 60er Jahre bestehende Koppelung vom Erdgaspreis zum Erdölpreis bestehen bleibt. Die weitere Entwicklung der Erdöl – Erdgas - Preiskoppelung ist umstritten. Für die Beibehaltung der Koppelung sprechen Erfahrungen in den USA, wo keine Preisklauseln in den Gaslieferverträgen bestehen und Entwicklungen in andern Märkten, z.B. Energieholz. Auch die seit Mitte der 90er Jahre in Europa mehr und mehr ins Gewicht fallende Stromproduktion mit Erdgas, welche die vorher traditionellen Verwendungen „Heizen“ und „Prozesswärme“, ergänzt, dürfte die Preisbindung an das Erdöl nicht lösen. Aus einem realen konstanten Preis des Erdöls ergibt sich damit auch ein real konstanter Weltmarktpreis für Erdgas.

Aus der Annahme konstanter realer Preise für Erdöl und Erdgas ergibt sich ebenfalls eine annähernd (real) konstante Entwicklung der Preise für Elektrizität (siehe Figur 7, und Kapitel 3 Übersichtstabelle). Dies erklärt sich einerseits damit, dass mit dem konstanten Erdgaspreis die Produktionskosten der erdgasbefeuerten Gas- und Dampfturbinen – Kraftwerke, die im betrachteten Zeithorizont die Grenzkosten – Kraftwerke darstellen, den Strompreis bestimmen dürften. Zudem würde eine Verteuerung zu Substitutionen oder Anpassungen der Gaspreise (nach unten) führen. In der Sensitivität „Preise hoch“ wird im Unterschied dazu unterstellt, dass sich die höheren Preise für Erdgas auf die europäischen Produktionskosten für Elektrizität niederschlagen und damit einen leichten Anstieg des realen Elektrizitätspreises bewirken, der so gering ausfällt, dass er keinen Einfluss auf notwendige Investitionsentscheide hat.

In der Figur 7 sind die nominalen und realen Preise von Heizöl extra-leicht, des Erdgases und der Elektrizität für die schweizerischen Haushalte dargestellt. Da die Preise neben den (konstanten realen) Weltmarktpreisen) auch variable Transport-, Lager- und Umwandlungskosten enthalten, ergeben sich (ab 2003) keine vollständig konstanten realen Preise in Schweizer Franken. Die Annahmen bewirken jedoch, dass sich der Verlauf der Preisentwicklung (nicht das Niveau) sehr ähnlich verhält. Damit ist sichergestellt, dass in den Modellresultaten nicht exogen vorgegebene Substitutionseffekte die Nachfrage massgeblich beeinflussen.

Figur 7: Modellannahmen zu Haushaltspreisen von Heizöl extra-leicht, Erdgas und Elektrizität



2.2.3 Uran- und Kernbrennstoffpreise

Da davon auszugehen ist, dass in den Varianten, die eine Schliessung der Stromlücke mit Kernenergie vorsehen, ein neues KKW erst ab 2030 in Betrieb steht. Annahmen über die zukünftige Entwicklung der Uran- und Kernbrennstoffpreise sind für die Zeit ab 2020 getroffen worden, wobei davon ausgegangen wird, dass sich der Uranpreis bis dahin zwischen dem in den letzten Jahren wahrscheinlich überhöhten und vorher sehr tiefen Niveau einpendelt. Für die Perspektiven wird ein realer Uranpreis von 60 USD pro kg im Jahr 2020 unterstellt, mit einer Steigerung in den folgenden Jahrzehnten auf 72 bis 84 USD/kg (2050). Umgerechnet auf die Kilowattstunde ergeben sich bei einer durchschnittlichen Abbrandrate und einem Wirkungsgrad des KKW von 35% Urankosten von ca. 0.17 Rp. pro kWh. Die Urankosten machen 15% der gesamten Brennstoffkosten von 1.15 Rp. pro kWh aus. Die gesamten Brennstoffkosten entsprechen rund 28% der Stromgestehungskosten von 4.1 Rp. pro kWh. Eine Verdoppelung des Uranpreises würde zu einer Erhöhung der Stromgestehungskosten um 4% führen. Der Einfluss der Uranpreise auf die Stromgestehungskosten ist somit sehr gering. (Eine vertiefte Diskussion der Gestehungskosten des Stroms aus KKW findet sich im Exkurs 11: Neue Kernkraftwerke). In den Perspektiven wird, mangels eindeutigen Anhaltspunkten, davon ausgegangen, dass die Variante mit höherem Erdölpreis keine höheren Uranpreise zur Folge hat. Die Abstimmung zwischen Uranangebot und -nachfrage wird die künftige Uranpreisbildung wesentlich stärker beeinflussen.

3 Übersichtstabellen Rahmendaten

Tabelle 8: Rahmendaten für BIP Trend und BIP hoch (und Erdölpreis 30 \$) sowie Erdölpreis 50 \$

Rahmendaten BIP Trend	Einheit	1990	2000	2010	2020	2030	2035
Bevölkerung	Mio	6.80	7.21	7.54	7.60	7.61	7.57
BIP real in Preisen von 2003	Mrd CHF	387.90	422.76	473.62	525.98	554.49	572.33
Energiebezugsflächenn total	Mio m2	544.91	627.23	701.58	771.90	824.26	845.53
Wohnflächen (EBF)	Mio m2	349.28	416.50	472.14	521.76	561.22	577.07
Fahrleistung Personenverkehr gesamt	Mrd Pkm	75.69	101.67	119.83	127.31	131.55	134.31
Güterverkehrsleistung Gesamtverkehr	Mrd tkm	11.41	23.33	27.32	32.80	36.35	37.04
Rahmendaten BIP-hoch	Einheit	1990	2000	2010	2020	2030	2035
BIP real in Preisen von 2003	Mrd CHF	387.90	422.76	497.04	590.64	662.53	692.24
Energiebezugsflächenn total	Mio m2	544.91	627.23	702.48	776.72	834.84	859.59
Wohnflächen (EBF)	Mio m2	349.28	416.50	472.50	524.26	566.35	583.63
Fahrleistung Personenverkehr gesamt	Mrd Pkm	75.69	101.67	121.43	134.10	144.24	148.14
Güterverkehrsleistung Gesamtverkehr	Mrd tkm	11.41	23.33	28.19	36.41	41.68	42.54
Rahmendaten Erdölpreis 50\$ pro Barrel	Einheit	1990	2000	2010	2020	2030	2035
Fahrleistung Personenverkehr gesamt	Mrd Pkm	75.69	101.67	119.11	126.53	130.75	133.50
Güterverkehrsleistung Gesamtverkehr	Mrd tkm	11.41	23.33	27.32	32.80	36.35	37.04

Datenquellen: siehe Kapitel 1 und 2

Tabelle 9: Endverbraucherpreise für Erdölpreis 30 \$ pro Barrel

zu Preisen von 2003	Einheit	1990	2000	2010	2020	2030	2035
Rohöl Weltmarktpreis	US\$/bbl	31.23	29.89	30.00	30.00	30.00	33.40
Haushalte	Einheit	1990	2000	2010	2020	2030	2035
Heizöl leicht	Rp/l	42.85	51.93	44.16	46.04	46.84	50.58
Erdgas	Rp/kWh	6.03	6.11	6.56	6.77	6.86	7.18
Holz	CHF/Ster	57.67	42.59	45.41	49.02	52.92	54.99
Elektrizität	Rp/kWh	17.99	19.21	17.09	18.08	18.56	18.18
Industrie	Einheit	1990	2000	2010	2020	2030	2035
Heizöl extra leicht	CHF/t	461.53	525.98	432.20	445.51	449.17	488.86
Heizöl schwer	CHF/t	258.48	330.06	306.49	318.55	321.34	359.15
Erdgas	Rp/kWh	3.29	3.31	3.85	3.96	3.98	4.27
Elektrizität	Rp/kWh	15.06	11.92	9.49	10.44	11.00	10.80
Verkehr	Einheit	1990	2000	2010	2020	2030	2035
Benzin, nicht-gewerblicher Verkehr, mit MwSt.	CHF/l	1.20	1.43	1.33	1.36	1.37	1.40
Diesel, nicht-gewerblicher Verkehr, mit MwSt.	CHF/l	1.35	1.47	1.40	1.44	1.45	1.49

Datenquellen: siehe Kapitel 1 und 2

Tabelle 10: Endverbraucherpreise für Erdölpreis 50 \$ pro Barrel

zu Preisen von 2003	Einheit	1990	2000	2010	2020	2030	2035
Rohöl Weltmarktpreis	US\$/bbl	31.23	29.89	50.00	50.00	50.00	50.00
Haushalte	Einheit	1990	2000	2010	2020	2030	2035
Heizöl leicht	Rp/l	42.85	51.93	63.85	66.72	67.85	68.04
Erdgas	Rp/kWh	6.03	6.11	8.42	8.74	8.86	8.87
Holz	CHF/Ster	57.67	42.59	45.46	49.56	54.04	56.42
Elektrizität	Rp/kWh	17.99	19.21	17.09	18.32	19.04	18.77
Industrie	Einheit	1990	2000	2010	2020	2030	2035
Heizöl extra leicht	CHF/t	461.53	525.98	646.51	667.59	672.78	674.67
Heizöl schwer	CHF/t	258.48	330.06	513.50	533.24	537.52	538.97
Erdgas	Rp/kWh	3.29	3.31	5.56	5.74	5.78	5.79
Elektrizität	Rp/kWh	15.06	11.92	9.49	10.72	11.58	11.50
Verkehr	Einheit	1990	2000	2010	2020	2030	2035
Benzin, nicht-gewerblicher Verkehr, mit MwSt.	CHF/l	1.20	1.43	1.50	1.54	1.56	1.56
Diesel, nicht-gewerblicher Verkehr, mit MwSt.	CHF/l	1.35	1.47	1.60	1.64	1.66	1.66

Datenquellen: siehe Kapitel 1 und 2

4 Literatur

- [1] Demografische Entwicklung der Schweiz, BFS (2001)
- [2] Seco; Konjunkturtendenzen, Frühjahr 2005.; Sonderthema: Der langfristige Wachstumstrend der Schweizer Wirtschaft, Seco, 2005, verfügbar unter <http://www.seco.admin.ch/themen/zahlen/wirtschaft/konjunkturtendenzen/index.html?lang=de>,
Scénarios de croissance du PIB à long terme; Seco, 2004, Verfügbar unter: http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00538/00836/index.html?lang=de&dossier_id=00831
- [3] Dixon Pete B. und Maureen T. Rimmer Dynamic General Equilibrium Modelling for Forecasting and Policy. A Practical Guide and Documentation of MONASH. *North Holland Elsevier Science B.V. Amsterdam(2002).*
- [4] Branchenszenarien Schweiz, Ecoplan Arbeitsbericht im Auftrage des BFE, März 2005 http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00538/00836/index.html?lang=de&dossier_id=00831
- [5] Personen- und Güterverkehrsszenarien, Amt für Raumentwicklung ARE, Güterverkehr (2004): http://www.are.admin.ch/are/de/verkehr/entwicklung_gv/index.html
Personenverkehr (2006): http://www.are.admin.ch/are/de/verkehr/entwicklung_pv/index.html
- [6] Schweizer energie- und klimapolitische Szenarien im internationalen Kontext, Ecoplan 2005, http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00538/00836/index.html?lang=de&dossier_id=00833
- [7] Hotelling Harold, 1931: „The Economics of Exhaustible Resources, *The Journal of Political Economics* 39.2, S. 137 - 175
- [8] Krautkraemer Jeffrey A., Nonrenewable Resource Scarcity, *Journal of Economic Literature*, Vol XXXVI (Dezember 1998), S. 2065 - 2107