ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

cepe
Centre for Energy Policy and Economics
Department of Management, Technology and Economics

Nationale Energieperspektive 2035

Dr. Bernard Aebischer, CEPE/ETH Zürich

RIO-Fachtagung

Herausforderung Energiewende –
Welchen Beitrag können KMU leisten?

LifeFair, 29. September 2011

Inhalt

1. Szenarienspektrum und Sensitivitäten
2. Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»
3. Fazit Szenario IV

1. Szenarienspektrum und Sensitivitäten

Energienachfrage

1. Massnahmenorientiert
   - Szenario I “Weiter wie bisher”
   - Szenario II “Verstärkte Zusammenarbeit”
2. Zielorientiert
   - Szenario III “Neue Prioritäten”
   - Szenario IV “Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft“
3. Sensitivitäten
   - Höheres Wirtschaftswachstum
   - Höhere Energiepreise
   - Wärmeres Klima

1. Szenarienspektrum und Sensitivitäten

Elektrizitätsproduktion

a) **Nuklear**: Der Ausbaubedarf wird ab 2030 vorwiegend durch neue KKWs gedeckt. Als Übergangslösung sind von 2020 bis 2030 Stromimporte nötig.
b) **Nuklear und fossil-zentral**: Um Stromimporte bis zur Inbetriebnahme eines neuen Kernkraftwerks zu vermeiden, werden vorerst Gaskraftwerke zugebaut.
c) **Fossil-zentral**: Bis 2035 wird die Lücke vorwiegend durch Gaskraftwerke geschlossen.
d) **Fossil-dezentral**: Der Ausbaubedarf wird vorwiegend durch erdgasbefeuerte Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen (WKK) gedeckt.
e) **Erneuerbare Energien**: Die Lücke wird mit erneuerbaren Energien geschlossen.
f) **Veränderte Laufzeit**: Es wird eine Verkürzung der Laufzeit der bestehenden Kernkraftwerke auf 40 Jahre unterstellt. Als Alternative wird eine Verlängerung der Laufzeiten der Anlagen Beznau und Mühleberg auf 60 Jahre untersucht.
g) **Import**: Die Lücke wird vorwiegend mit Stromimporten geschlossen.

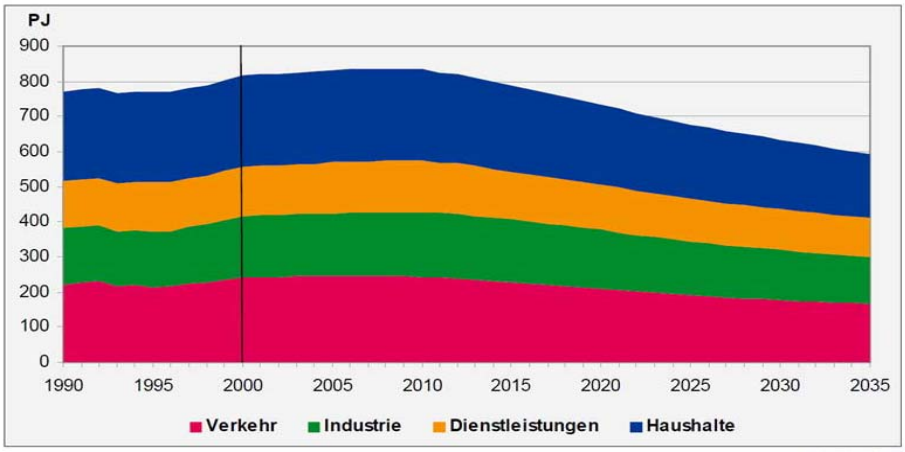
2. Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»

Ziele und ein Weg

- In 2035 zu erreichende Ziele
  - CO_2 Emissionen (energiebedingt): -35% relativ zu 2000
  - Endenergie pro Person: - 35% relativ zu 2000
- Ein Weg
  - Zielerreichung
  - Modell-Inputs
  - Instrumente
  - Voraussetzungen

2. Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»

Zielerreichung: Endenergie/Person -31% (1)

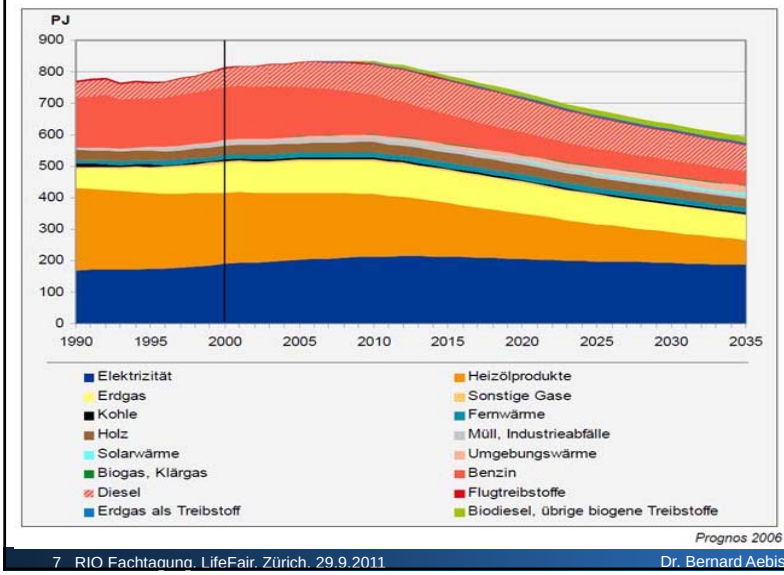


Prognos 2006

Endenergieverbrauch nach Sektoren. Quelle: Kirchner et al., 2007, Figur 8-7.

2. Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»

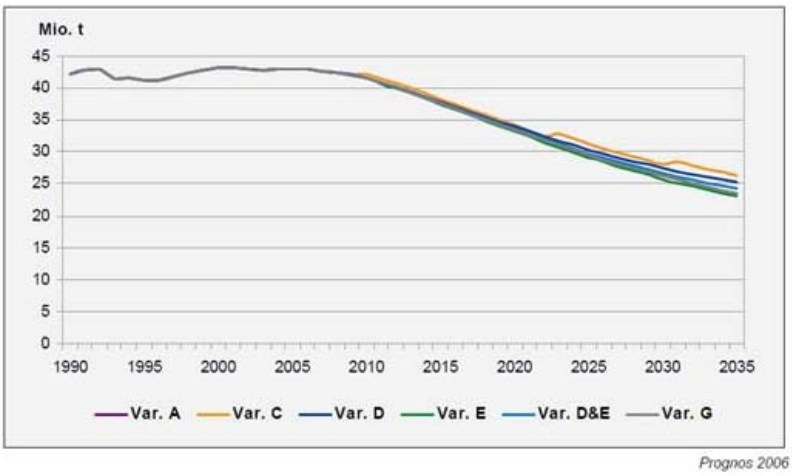
Zielerreichung: Endenergie/Person -31% (2)



Endenergie-verbrauch nach Energieträ-gern. Quelle: Kirchner et al., 2007, Figur 8-6.

2. Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»

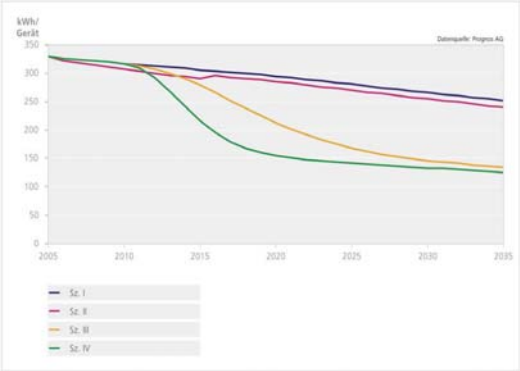
Zielerreichung: CO_2-Emissionen -(40-48)%



CO_2-Emissionen gesamt (inkl. Umwandlungssektor) nach Elektrizitätsangebotsvarianten. Quelle: Kirchner et al., 2007, Figur 8-21.

2. Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»

Modell-Inputs + Instrumente HH-Geräte, Bsp. Tumbler



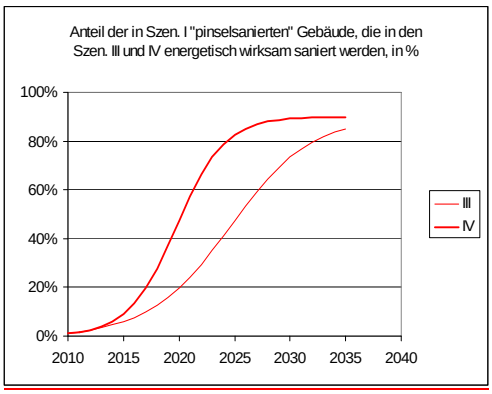
Spezifischer Elektrizitätsverbrauch der jährlich neu installierten Tumbler in kWh/Gerät. Quelle: BFE, 2007, Figur 3.1-3.

Instrumente

- Energielenkungsabgabe
- Förderbeiträge
- Zulassungsvorschriften

2. Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»

Modell-Inputs + Instrumente Gebäude, Bsp. energ. Sanierungsraten



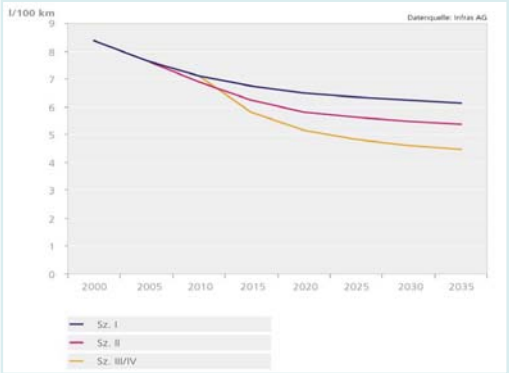
Anteil der Pinselsanierungen in Szenario I, die in Szenario IV energetisch saniert werden. Quelle: Aebischer/Catenazzi, 2007, Figur 8-3.

Instrumente

- Energielenkungsabgabe
- Förderbeiträge
- Energieeffizienzprüfung bei Sanierungen
- Abbau von Hemmnissen im Steuer-, Miet-, Bau- und Planungsrecht
- Reduktion Transaktionskosten durch Energieaudits, Energieberatung, Contracting, Aus- und Weiterbildung
- Forschung, Entwicklung, Pilot

2. Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»

Modell-Inputs + Instrumente Mobilität, Bsp. spez. Verbrauch Neuwagen



Spezifischer Treibstoffverbrauch der jährlich in Verkehr gesetzten Personenwagen, in Liter pro 100 km. Quelle: BFE, 2007, Figur 3.1-5.

Instrumente

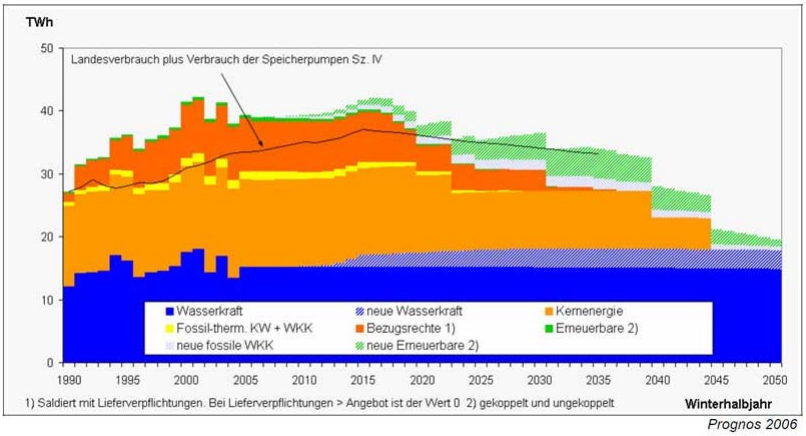
- Energielenkungsabgabe
- Förderbeiträge, Bonus/Malus
- Verbrauchsabhängige Fahrzeugsteuer
- Verpflichtende Reduktion spez. Verbrauch Neuwagen

+ Massnahmen auf Ebene

- Verkehrs-Management und Verkehrs-Finanzierung
- Verkehrsinfrastruktur
- Raumplanung

2. Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»

Elektrizitätsproduktion Szenario IV-E

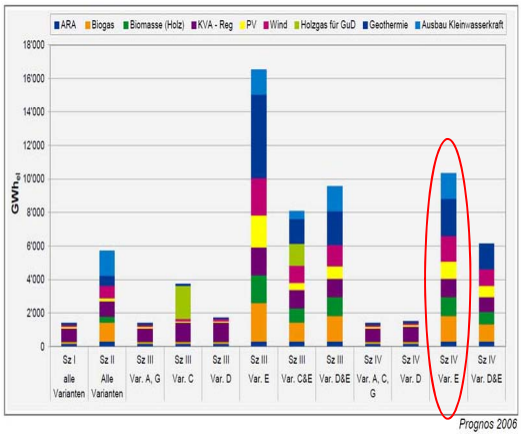


Prognos 2006

Entwicklung des Kraftwerkparks im Winterhalbjahr, Szenario IV Trend, Variante E. Quelle: Kirchner et al., 2007, Figur 8-15

2. Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»

Strom aus erneuerbaren Energien, verschiedene Szenarien



Stromproduktion mit erneuerbaren Energien, ohne Grosskraftwerke, in 2035, in Gwh_{el}. Quelle: Kirchner et al., 2007, Figur 9-25

Instrumente

- Energielenkungsabgabe
- Einspeisevergütung (oder Lieferquote)
- Förderbeiträge, z.B. Bioenergieträger, Biomasselogistik
- Flexibilisierung Abgaben Wasserkraft, Verzicht Verschärfung Restwasser; genügend lange Konzessionen
- Hemmnisse abbauen Raumplanung, Denkmalschutz …
- Forschung, Entwicklung, Pilot
- Aus- und Weiterbildung

2. Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»

Kosten der neuen Stromproduktionskapazitäten

Tabelle 8-46 **Szenario IV Trend**
Kosten des Zubaus nach Varianten des Elektrizitätsangebots, in Mrd. CHF

Kosten des Zubaus (diskontiert)		Var. A	Var. C	Var. D	Var. E	Var. D&E	Var. G
Gesamtkosten	Mrd. CHF	8.7	9.5	16.7	17.7	17.5	9.1
Gestehungskosten	$Rp./kWh_{el}$	4.3	4.7	7.5	7.0	7.4	4.8

Prognos 2007

Tabelle 7-47 **Szenario III Trend**
Kosten des Zubaus nach Varianten des Elektrizitätsangebots, in Mrd. CHF

Kosten des Zubaus (diskontiert)		Var. A	Var. C	Var. D	Var. E	Var. C&E	Var. D&E	Var. G
Gesamtkosten	Mrd. CHF	13.2	15.2	27.9	26.9	19.9	28.1	13.9
Gestehungskosten	$Rp./kWh_{el}$	4.4	5.1	8.1	7.2	6.1	7.9	4.8

Prognos 2007

2. Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»

Voraussetzungen (1)

- International abgestimmte “Neue Prioritäten” (Regierungen und Zivilgesellschaft, freiwillige Zusammenarbeit)
- Schnelle Diffusion von “best practice”
- F+E mit Fokus auf Energieeffizienz
- Energie-Lenkungsabgabe:
  - Erhöhung der Preise für Endverbraucher um 100%,
  - Erlös teilweise zur Finanzierung von Energieprogrammen

2. Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»

Voraussetzungen (2)

- Änderung von Einstellung/Verhalten auf zwei Stufen
  - Gesellschaftliche Prioritäten/Werte, z.B. ökologische Steuerreform, Technik gezielt einsetzen
  - Individuelles Handeln, z.B. Betriebsoptimierung, längerfristige Investitionsentscheide
- Änderung von Einstellung/Verhalten aller Akteure
  - Politiker: Energiepolitik ist auch Steuerpolitik, Wirtschaftspolitik, Verkehrspolitik, Forschungspolitik, Raumplanung, …
  - Investoren (Mietwohnungen!), Industrie/Handel/Gewerbe, Architekten,
  - Finanzinstitute, Energieversorger, …
  - Endkonsumenten

3. Fazit Szenario IV

1. Reduktion Energienachfrage 2035 rel. Szenario I
   - Elektrizität -24%
   - Wärme -30%
   - Treibstoffe -32%
   - Endenergie -29%
2. Erneuerbare Energien (ohne Gross-KW) 2035 rel. Szenario I

	IV-E		IV-E
Strom absolut	+528%	Anteil an Stromproduktion	2% → 12%
Wärme absolut	+7%	Anteil an Wärmeenergie	19% → 28%
Treibstoffe absolut	+1554%	Anteil an Treibstoffe	1% → 12%

3. Reduktion CO_2-Emissionen
   - 2035 rel. Szenario I -40%
   - 2035 rel. 2000 (ohne Umwandlung) -48%
   - 2035 rel. 2000 (mit Umwandlung) -(40-48)%

Quellen und Literatur

Aebischer B., G. Catenazzi, 2007. Der Energieverbrauch der Dienstleistungen und der Landwirtschaft, 1990 – 2035. Ergebnisse der Szenarien I bis IV und der zugehörigen Sensitivitäten BIP hoch, Preise hoch und Klima wärmer. CEPE/ETHZ, März 2007
http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000010446.pdf

BFE, 2011. Grundlagen für die Energiestrategie des Bundesrates. Aktualisierung der Energieperspektiven 2035. Ittigen, Frühjahr 2011
http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_69324487.pdf

BFE, 2007. Die Energieperspektiven 2035 – Band 1. Synthese. Bundesamt für Energie, Januar 2007
http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_196077372.pdf

Energie Trialog Schweiz, 2009. Energie-Strategie 2050. Impulse für die schweizerische Energiepolitik. Grundlagenbericht. Zürich, Oktober 2009 http://www.energietrialog.ch/cm_data/Grundlagenbericht.pdf

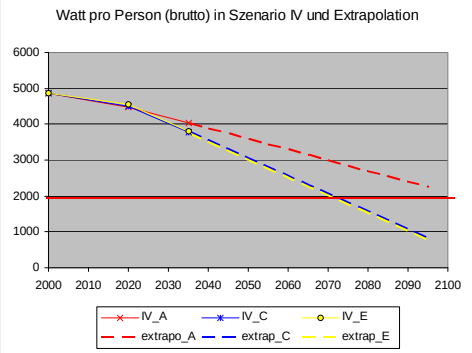
Kirchner A. et al., 2007. Die Energieperspektiven 2035 – Band 2. Szenarien I bis IV, Juli 2007
http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_438274435.pdf

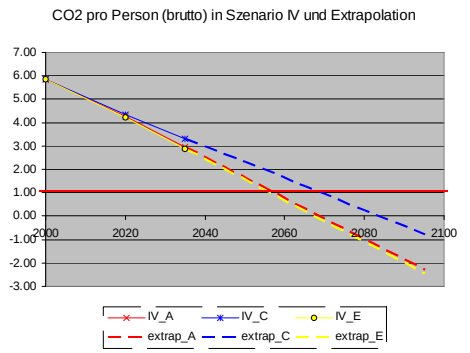
Oettli B., S. Hammer, F. Moret, R. Iten, Th. Nordmann, 2010. STROMEFFIZIENZ UND ERNEUERBARE ENERGIEN –WIRTSCHAFTLICHE ALTERNATIVE ZU GROSSKRAFTWERKEN. Studie im Auftrag von WWF Schweiz, Greenpeace Schweiz, Schweizerische Energie-Stiftung (SES), Pro Natura, Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt, Service de l'énergie, Département du territoire, Etat de Genève. Zürich, Bern, Erlenback, Mai 2010
http://assets.wwf.ch/downloads/studie_infras_erneuerbare_und_effizienz.pdf

Schweizer Fernsehen, 2011. Einstein - Atomausstieg 2035: Wie stopfen wir die Stromlücke? 23. Juni 2011 http://www.tvprogramm.sf.tv/details/e5dc174b-e9f5-4cc9-a136-ac81c2c81343

4. Folgerungen für den Weg in eine Zukunft ohne KKWs

Lineare Extrapolation 2035 → 2050 nok!





Watt pro Person (**Primär**energie) (links) und CO_2 Emissionen (inkl. Elektrizitätsproduktion) pro Person (rechts) in der Schweiz in Szenario IV (bis 2035) und weiterführende Extrapolation. Die horizontalen Linien zeigen die Ziele 2000 Watt/Person und 1 t CO_2/Person.

4. Folgerungen für den Weg in eine Zukunft ohne KKWs

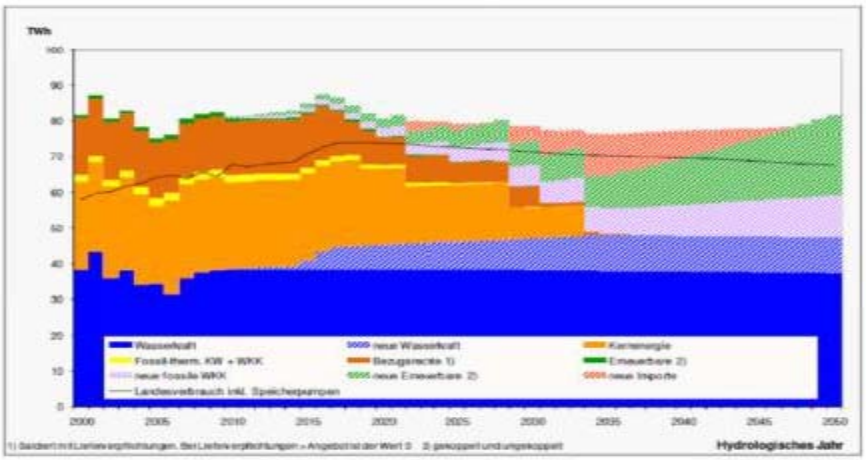
Stromproduktion 2035 ohne KKWs

	III	IV				keine
	E	C	D	E	G	KKWs
best. Wasserkraft	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6
neue Wasserkraft	8.1	5.0	5.0	6.6	5.0	8.1
best. Kernenergie	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	0.0
neue Kernenergie						
best. fossil KW+WKK						
neue fossil WKK	3.8	11.2	11.5	2.8	2.4	11.5
besteh. Erneurbar						
neue Erneuerbar	15	1.4	1.5	8.8	1.4	15.0
best. Bezugsrechte	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
neue Importe					6.6	
Summe	**79.6**	**70.3**	**70.7**	**70.9**	**68.1**	**71.5**

Energieträgereinsatz in der Stromerzeugung in 2035 für ausgewählte Varianten der Szenarien III und IV, und eine hypothetische Variante ohne KKWs, Hydrologisches Jahr, in TWh_{el}. Quelle: Kirchner et al., 2007, Tabelle 9-29

4. Folgerungen für den Weg in eine Zukunft ohne KKWs

Energiestrategie 2050



Quelle: Prognos 2011

Elektrizitätsangebot Bundesratsvariante 2 Variante D&E, Szenario «Neue Energiepolitik», hydrologisches Jahr, 2000-2050, in Twh_{el}/a: BFE, 201, Grafik 27