

# Rationelle Energienutzung – ein schwieriger Weg in Richtung 2000 Watt Gesellschaft

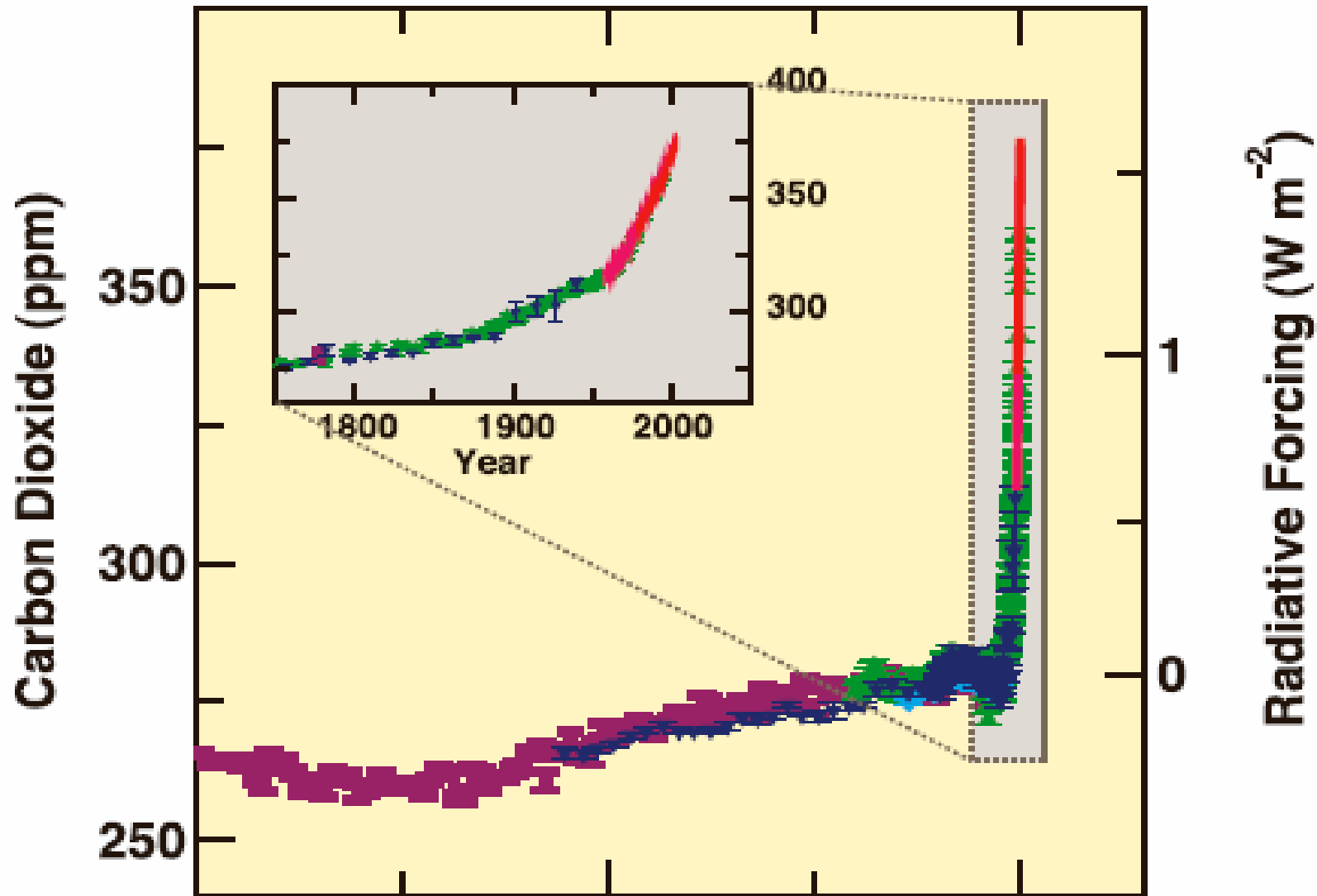
**Dr. Bernard Aebischer, CEPE, ETH Zürich**  
**[www.cepe.ethz.ch](http://www.cepe.ethz.ch)**



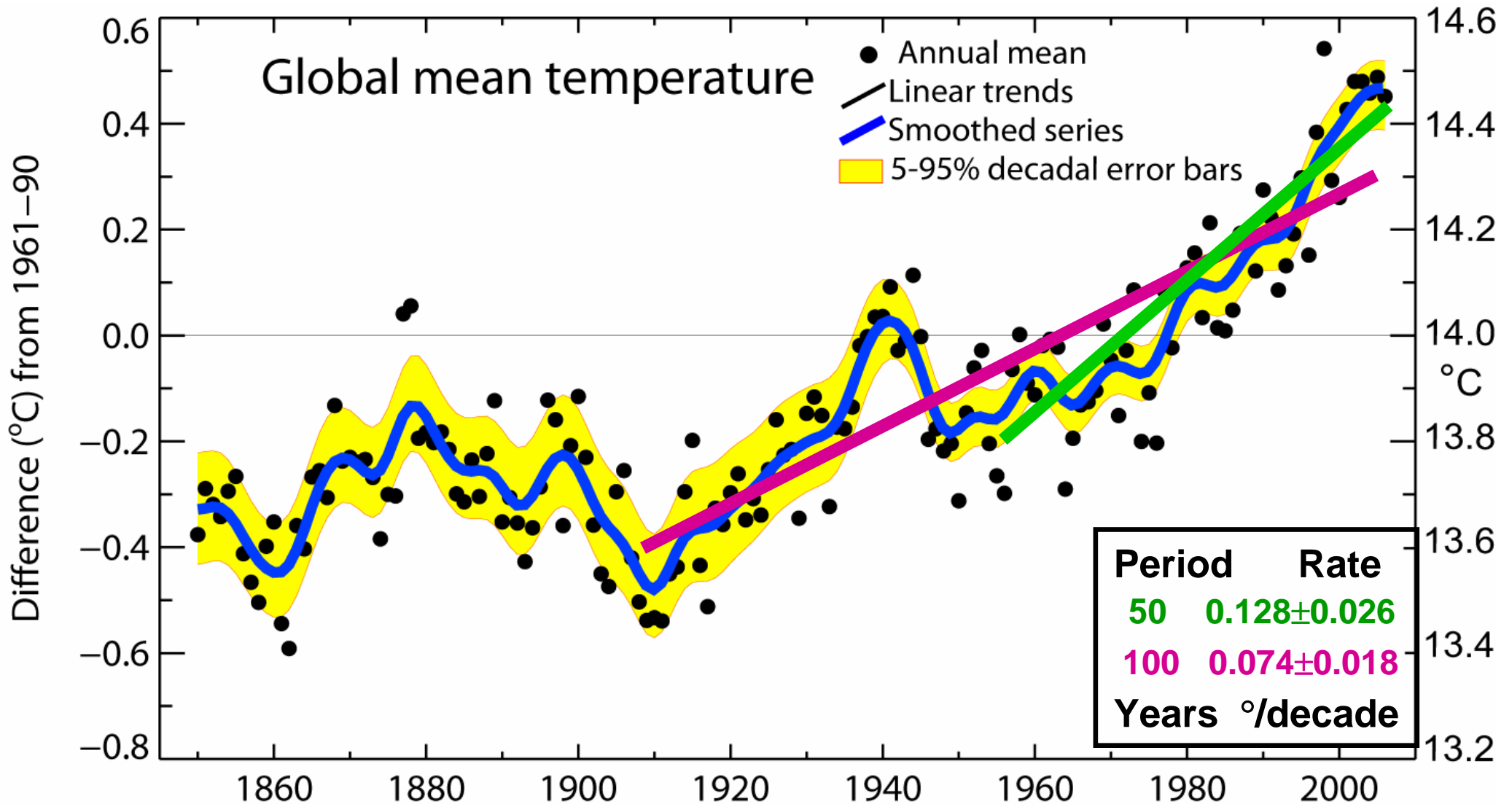
# Inhalt

- IPCC Bericht 1: Ursache Klimaerwärmung
- OcCC Bericht: Auswirkung Klimaerwärmung (CH 2050)
- 2000 Watt Gesellschaft: Operationalisierung Ziel Nachhaltigkeit
- Perspektiven des BFE: Szenario IV „Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft“

# IPCC: CO<sub>2</sub>-Konzentration vor 10000 Jahre bis heute



# IPCC: Entwicklung der durchschnittl. Jahrestemperatur



## IPCC: CO<sub>2</sub>-Emissionen und Temperaturanstieg

Most of the observed increase in globally averaged temperatures since the mid-20th century is **very likely** due to the observed increase in anthropogenic greenhouse gas concentrations.

|                        |                                 |
|------------------------|---------------------------------|
| “Virtually certain”    | > 99% Wahrscheinlichkeit        |
| “Extremely likely”     | > 95% Wahrscheinlichkeit        |
| “ <b>Very likely</b> ” | > <b>90% Wahrscheinlichkeit</b> |
| “Likely”               | > 66% Wahrscheinlichkeit        |

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen von fossilen Energien repräsentieren ca. 60% aller Treibhausgase (CO<sub>2</sub>-Äquivalente)

## OcCC: Auswirkung Klimaerwärmung im Energiebereich

### Energienachfrage

- Reduktion Wärme (Winter)
- Zunahme Elektrizität (Sommer)

### Energieangebot

- Reduktion Wasserkraft (Sommer)
- Verteuerung thermische Kraftwerke
- Zunahme Potential neue Erneuerbare Energien

In der zweiten Hälfte des laufenden Jahrhunderts wird ein Sommer'03 kein Extremereignis sein (Schär et al., 2004)

## OcCC: Auswirkung auf Elektrizitätsproduktion

### Wasserkraft

- Weniger Niederschläge (So.), erhöhte Verdunstung, häufiger Hochwasser → > -7% Wasserabfluss und Elektrizitätsproduktion (ohne Pumpspeicherwerke)

### Thermische Kraftwerke (KKW)

- Höhere Wassertemperatur der Flüsse → reduzierte Kühlleistung (wegen kleinerem  $\Delta T$  und  $T_{\max}$  für Flusswasser)
- In 2003: während 2 Monaten -25% Stromproduktion aus KKW; -4% Jahresproduktion

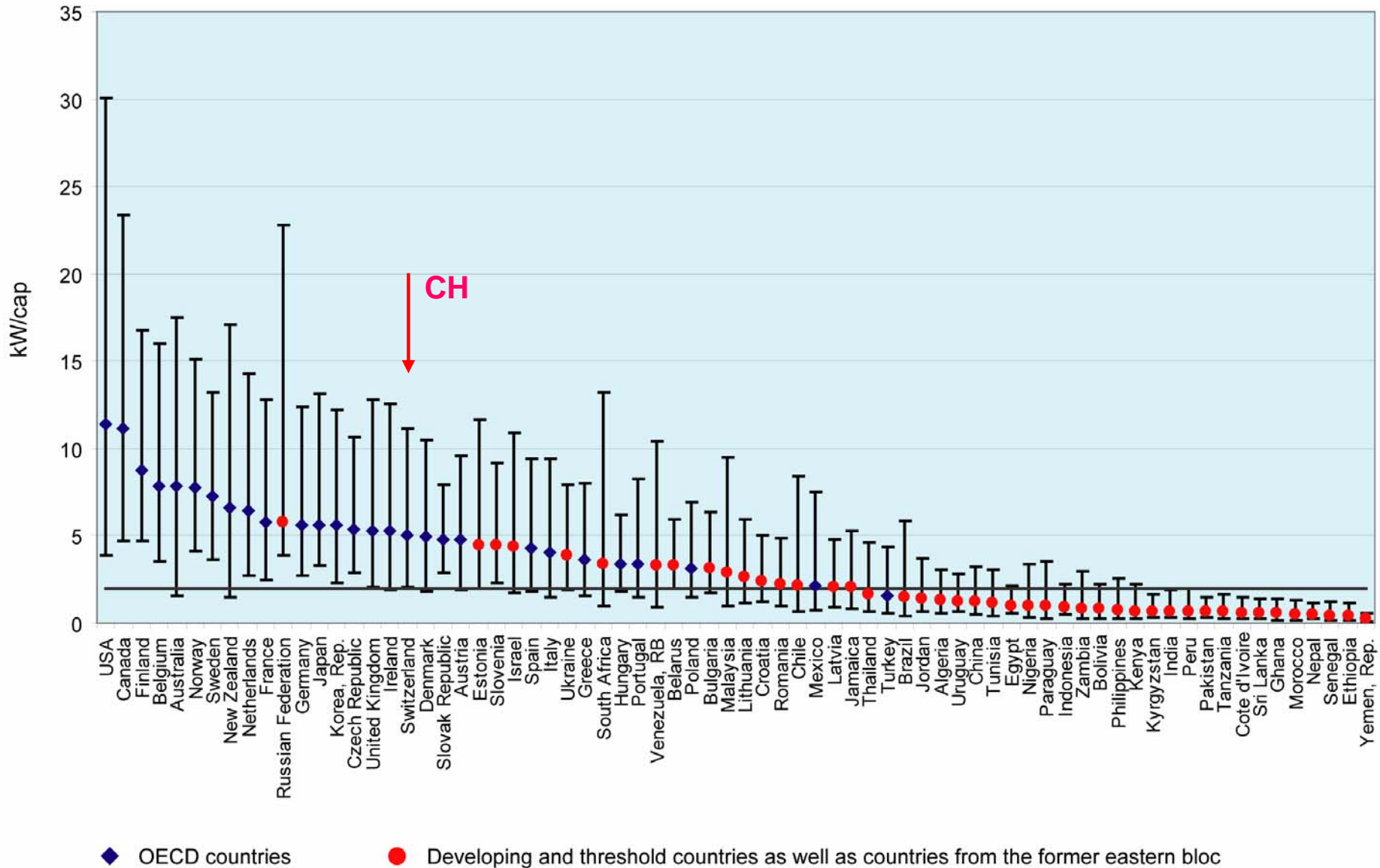
## 2000 Watt Gesellschaft?

Versuch “nachhaltige Entwicklung” mit dem Leitindikator Energie/Person zu operationalisieren

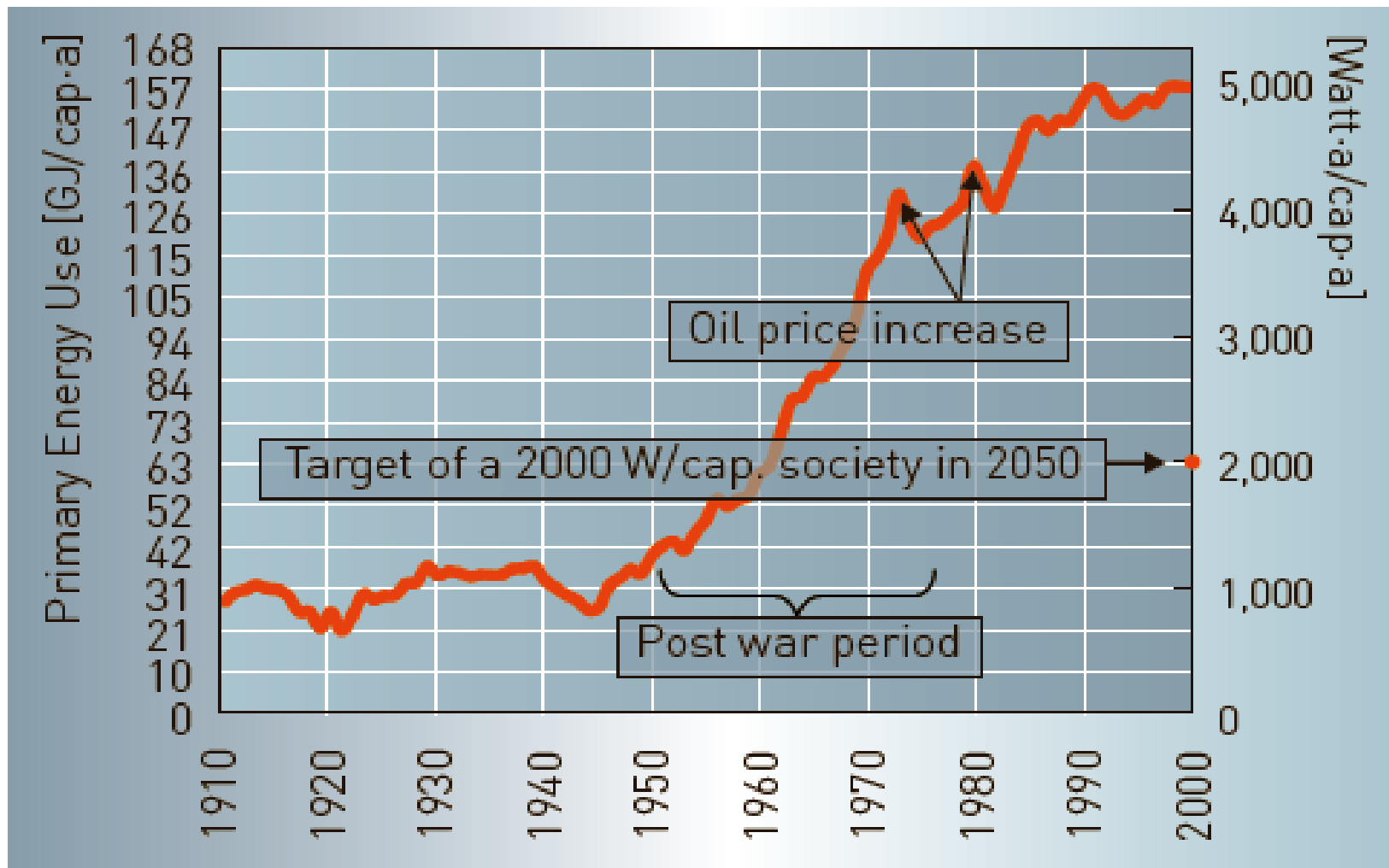
- Energiebedarf zur Deckung der fundamentalen Grundbedürfnisse (Essen, Heim, Mobilität, Bildung, Gesundheit, ...)  
→ 1000 Watt/Person (Goldemberg et al., 1988)
- Wirtschaftliche (Entwicklung) and soziale (Gerechtigkeit) Dimension:  
→ 2000 Watt/Person (ETH-Rat, 1998)  
(2000 W/P \* 8760 h/Jahr = 17520 kWh/P.Jahr)
- Ergänzende Vorderung: Begrenzung der CO<sub>2</sub> Konzentration in der Atmosphäre (Begrenzung der globalen Klimaerwärmung), z.B. Schweizerischer Bundesrat, 2002) → 1 t CO<sub>2</sub>/Person



# 2000 Watt und heutiger Energieverbrauch (Spreng, 2005)



# 2000 Watt und Entwicklung des Energieverbrauchs

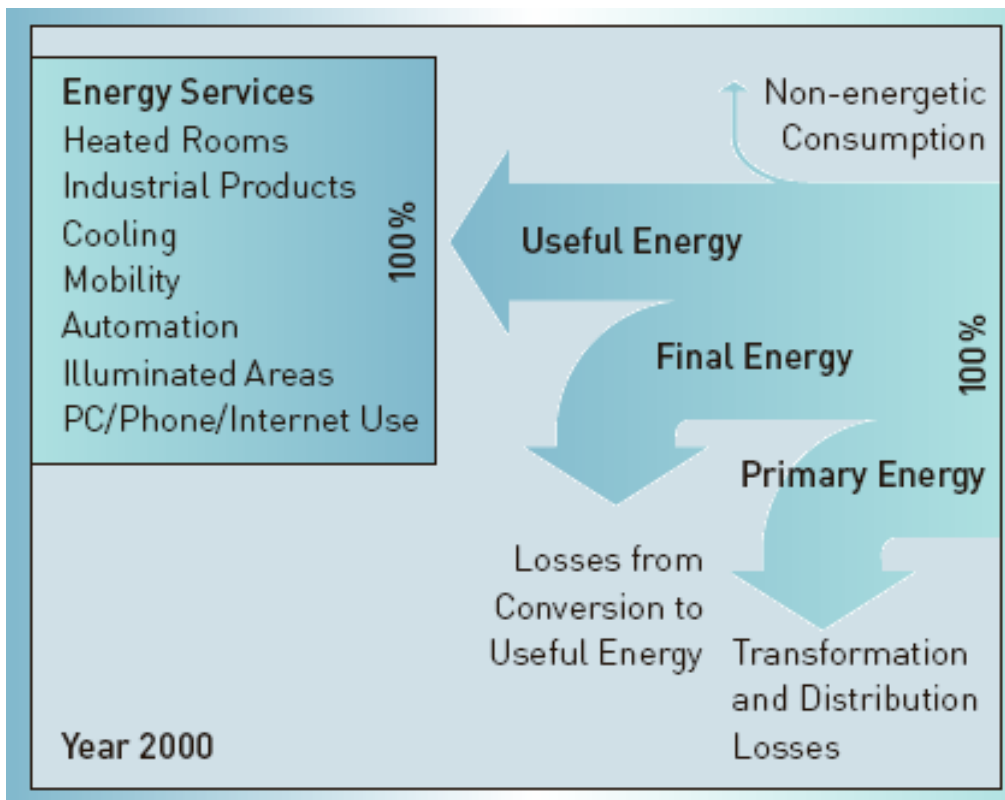


Primärenergieverbrauch in der Schweiz 1910-2000 (Jochem, 2004)

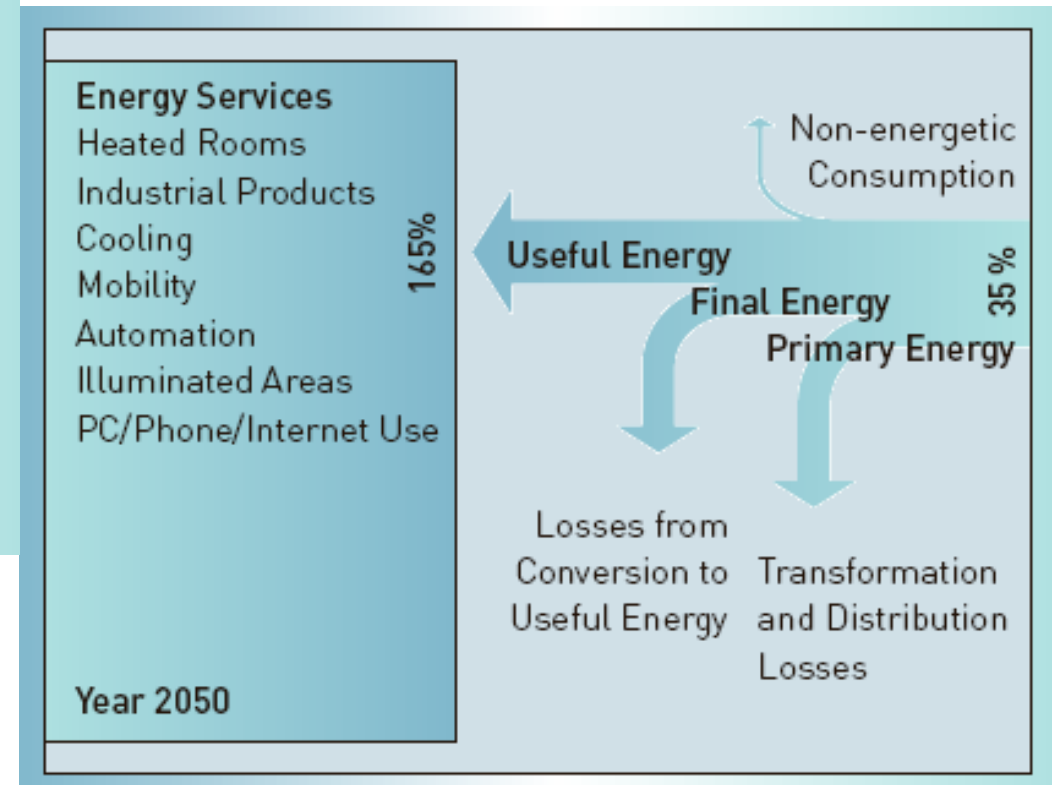
## 2000 Watt Gesellschaft: Machbarkeit?

Die **technische** Machbarkeit wurde von einer Gruppe von Professoren an ETHZ, EPFL, PSI, EMPA, Uni Zürich untersucht und von Novatlantis publiziert (Jochem, 2004)

# 2000 Watt Gesellschaft: Ergebnis der Machbarkeitsstudie

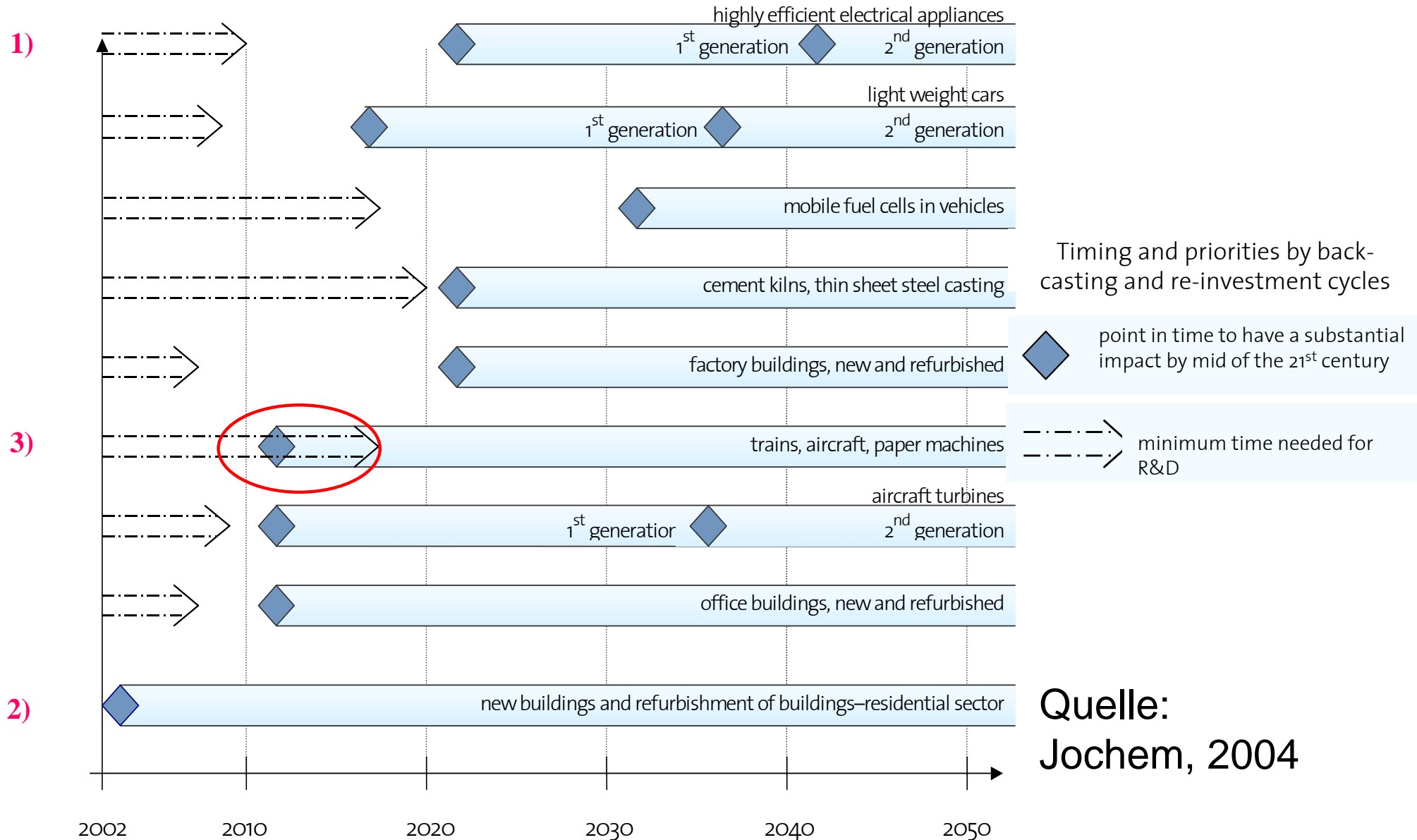


Energie-Dienstleistung → bestimmende Faktoren des Bedarfs an Nutzenergie → Nutzenergie → Endenergie → Primärenergie



Energieflussdiagramm, Schweiz 2000 und 2050 (Jochem, 2004)

# Notwendige F+E und zeitliche Umsetzung



Quelle:  
Jochem, 2004

## 2000 Watt Gesellschaft: offene Fragen

- Wie kann der Prozess initiiert werden?
- Wie kann das technische Potential ausgeschöpft werden?
- Wie viel Zeit braucht es?
- Wie viel kostet es?

→ BFE-Perspektiven 2035:

Szenario IV «Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft»

# BFE-Perspektiven 2035: Szenarien Energienachfrage

## Szenarien Energienachfrage

- Szenario I “Weiter wie bisher”
- Szenario II “Verstärkte Zusammenarbeit”
- Szenario III “Neue Prioritäten”
- Szenario IV “Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft”

## Sensitivitätsvarianten

- Höheres Wirtschaftswachstum
- Höhere Energiepreise
- Wärmeres Klima

## BFE-Perspektiven 2035: Varianten Elektrizitätsversorgung

- **A Nuklear:** Der Ausbaubedarf wird ab 2030 vorwiegend durch neue KKW's 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 erdgasbeheizte 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.



## Szenario IV: Zielvorgaben und Fragestellung

- In 2035 zu erreichende Ziele
  - CO<sub>2</sub> Emissionen: -35% relativ zu 2000
  - Energie pro Person: - 35% relativ zu 2000
- Voraussetzungen? Massnahmen? Kosten?

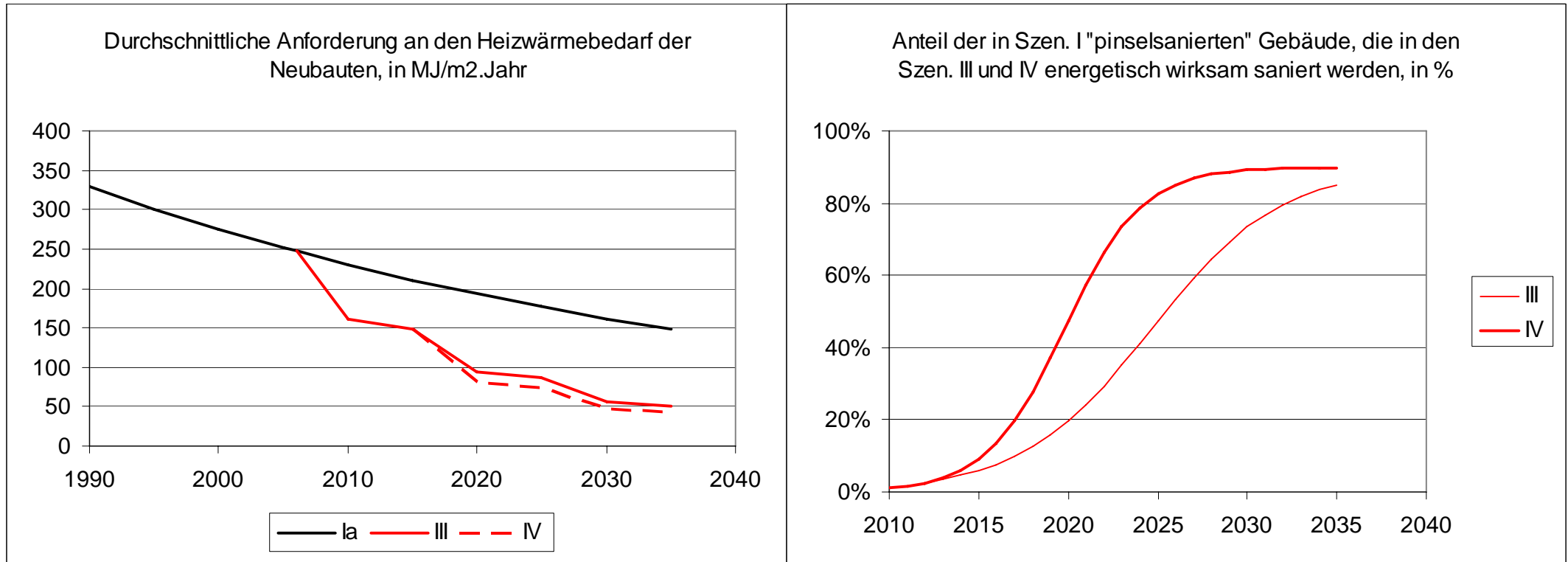
## Szenario IV: Voraussetzungen (Auswahl)

- Weltweit “Neue Prioritäten” (Regierungen und Zivilgesellschaft, freiwillige Zusammenarbeit)
- Schnelle Diffusion von “best practice”
- F+E mit Fokus auf Energieeffizienz
- Energieabgabe:
  - Mit Erhöhung der Preise für Endverbraucher um 100%,
  - die teilweise zur Finanzierung von Energieprogrammen verwendet werden

## Szenario IV: Massnahmen/Modellinputs (Bsp. DL-Sektor)

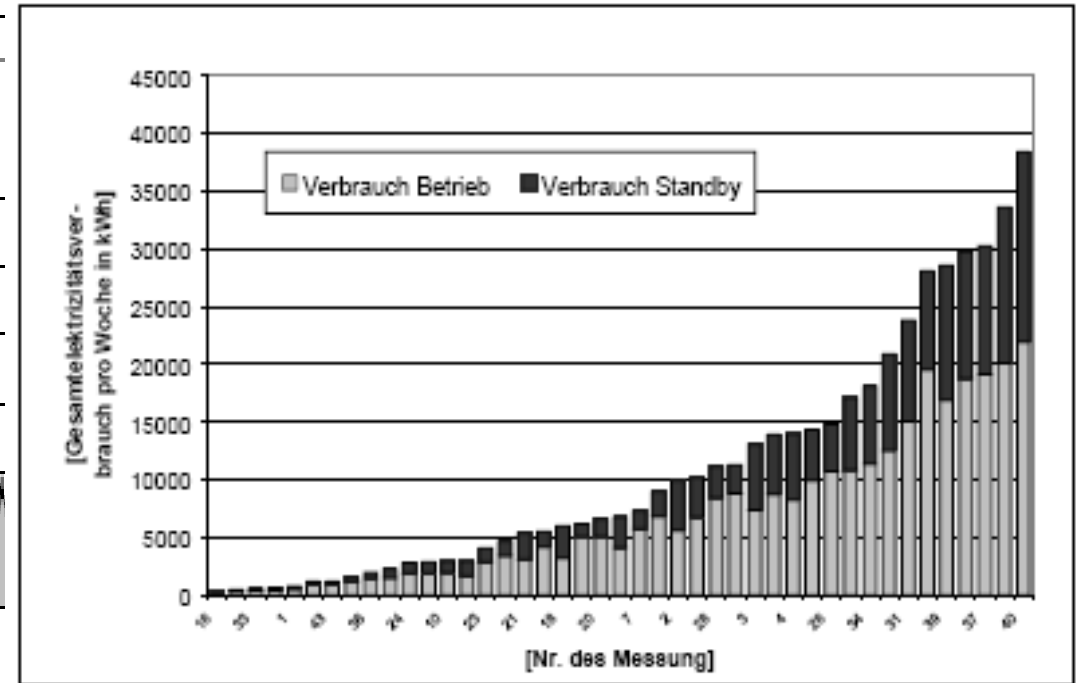
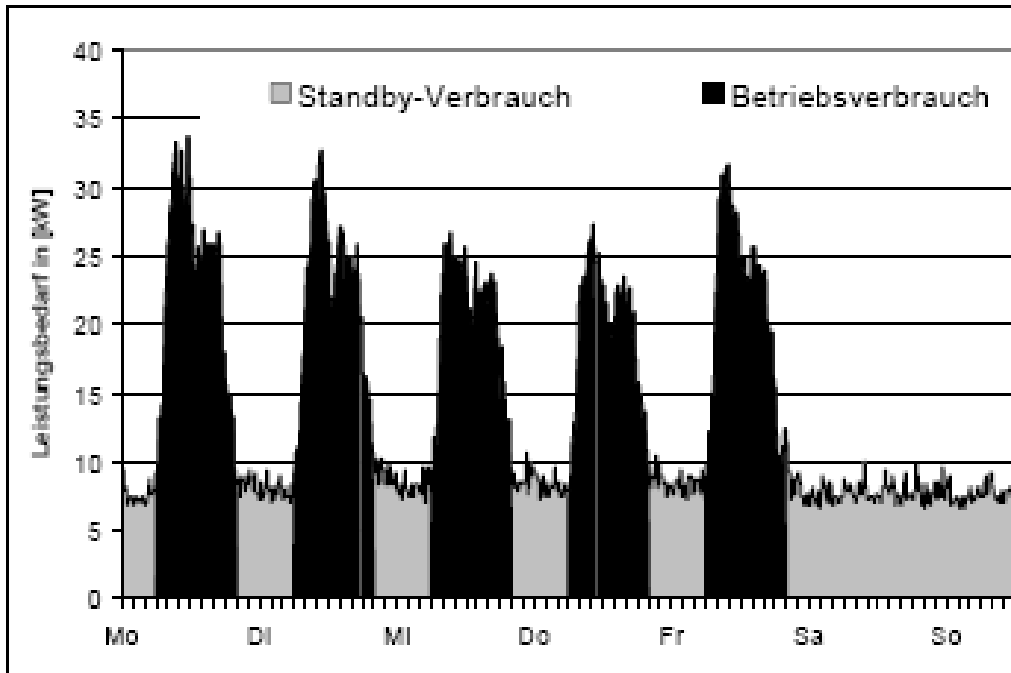
- Neubauten:
  - Wärmebedarf 50% tiefer als “Minergie”;
  - Elektrizitätsnachfrage wie Zielwerte SIA-380/4 (2006)
- Bestehende Gebäude:
  - „Pinselsanierungen“ → anspruchsvolle energetische Sanierungen
- Die neuen Technologien (insbesondere IKT) werden gezielt zur Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz eingesetzt, z.B.
  - optimaler Betrieb der Geräte, Anlagen und Gebäude
  - Optimale Nutzung aller Ressourcen, z.B. Bürofläche, Spitaleinrichtungen

## Szenario IV: Anforderungen Wärmenachfrage



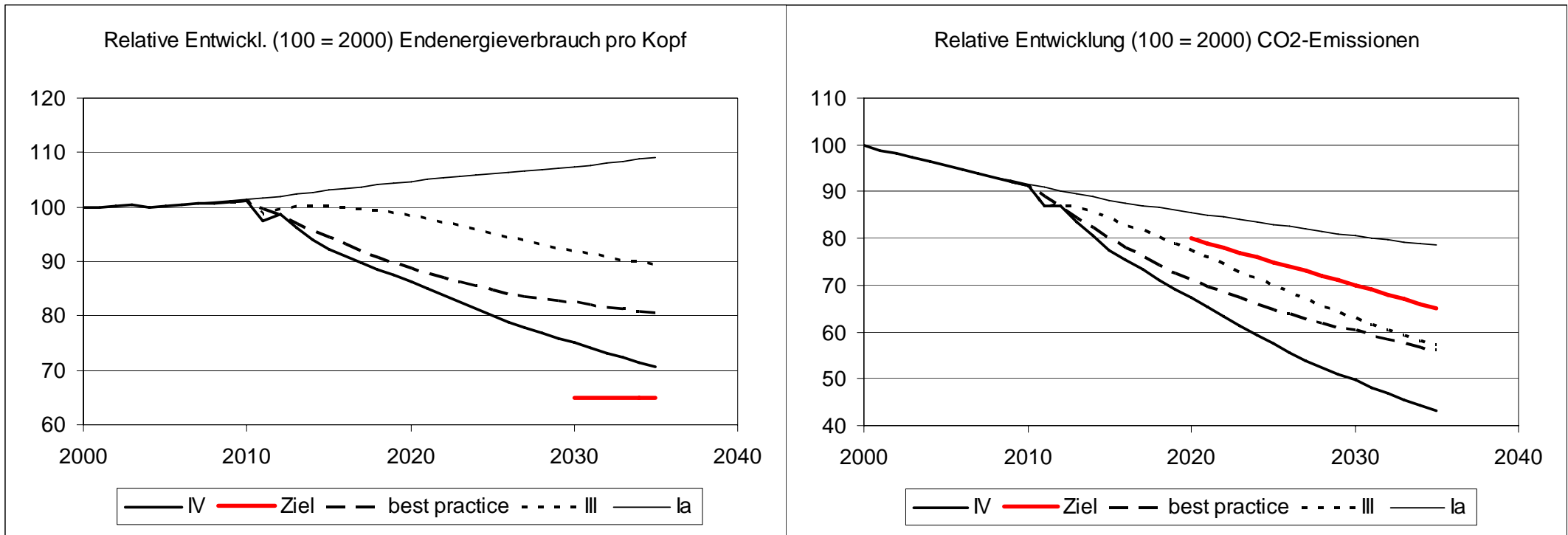
Wärmebedarf in neuen Gebäuden (links) und Anteil der Pinselsanierungen in Szenario I, die in Szenario IV energetisch saniert werden (rechts). Quelle: Aebischer/Catenazzi, 2007.

## Szenario IV: Anforderung Betriebsoptimierung



Elektrische Leistung eines Bürogebäudes von Montag bis Freitag (links) und Stromverbrauch in 32 Bürobauten aufgeteilt nach Strombezug während Bürozeiten und ausserhalb Bürozeiten (rechts). Quelle: Menti, 1999.

# Szenario IV: Ergebnis der Modellrechnungen für DL-Sektor

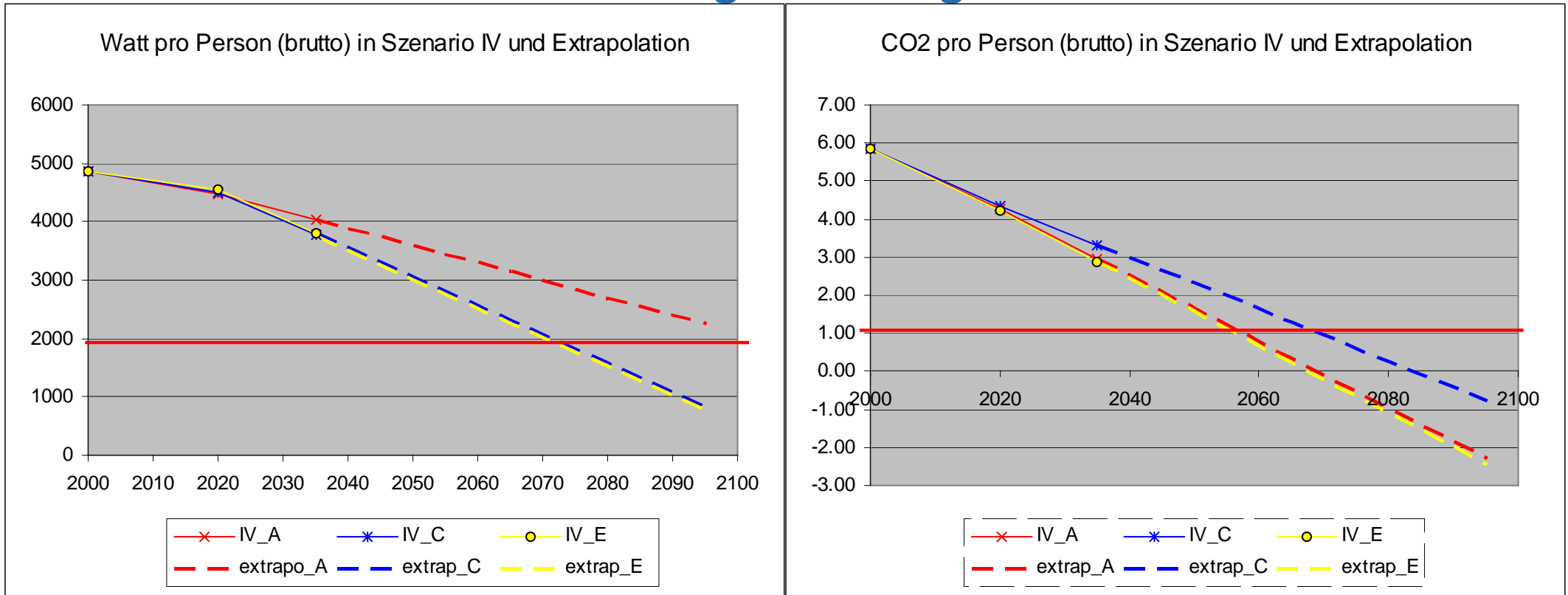


**Endenergieverbrauch pro Person (links) und CO<sub>2</sub> Emissionen (rechts) im DL-Sektor für Szenario I (schwarz dünn), Szenario IV (schwarz fett) und Zielvorgaben (rot). Quelle: Aebischer/Catenazzi, 2007**

## Beitrag zur beschleunigten Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen

- Rationelle Energienutzung: 75% - 66%
- Substitution (Entkarbonisierung): 25% - 33%

# Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft mit rationeller Energienutzung



Watt pro Person (**Primärenergie**) (links) und CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>/Person.



Aebischer, B., G. Catenazzi, 2006. Der Energieverbrauch der Dienstleistungen und der Landwirtschaft, 1990 – 2035. Ergebnisse der Szenarien I bis IV und der zugehörigen Sensitivitäten BIP hoch. März 2007. Bundesamt für Energie, Bern

[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_771206991.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_771206991.pdf)

BFE (Hrsg.), 2007. Die Energieperspektiven 2035 – Band 1 Synthese. Bundesamt für Energie, Bern

[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_196077372.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_196077372.pdf)

Bundesrat Leuenberger, 2007. Das Ziel und der Weg: Die 2000-Watt-Gesellschaft. EU-G8 Energieeffizienz-Konferenz. <http://www.uvek.admin.ch/dokumentation/00476/00477/01300/index.html?lang=de>

ETH-Rat, 1998, 2000 Watt-Gesellschaft - Modell Schweiz

Goldemberg, J. et al., 1988. Energy for a Sustainable World. Wiley Eastern Limited. New Delhi. ISBN 81-224-0000-0.

IPCC-Berichte: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

1. Bericht (Februar in Paris): "The Physical Science Basis"
2. Bericht (April in Brüssel): "Impacts, Adaptation and Vulnerability"
3. Bericht (Mai in Bangkok): "Mitigation of Climate Change"

Jochem, E. (Editor), 2004. Steps towards a sustainable development. A White Book for R&D of energy-efficient technologies, Zurich,

[http://www.cepe.ch/research/projects/2000\\_watt\\_society/WhiteBook\\_on\\_RD\\_energyefficient\\_technologies.pdf](http://www.cepe.ch/research/projects/2000_watt_society/WhiteBook_on_RD_energyefficient_technologies.pdf)

- Laitner, J. „Skip“, 2005. Prospects for Energy Efficiency Gains in an Alternative Policy Scenario. Policies to Shape an Alternative Energy Future. IEA, Paris, May  
[http://www.iea.org/Textbase/work/2005/weo\\_future/Presentations/Skip\\_Laitner.pdf](http://www.iea.org/Textbase/work/2005/weo_future/Presentations/Skip_Laitner.pdf)
- Menti U.-P., 1999. „Standby-Verbrauch“ von Dienstleistungsgebäuden. Verbrauchsmessungen an 32 Objekten. Bundesamt für Energie, Forschungsprogramm Elektrizität, Bern, September
- OcCC/ProClim- (Hrsg.), 2007. Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft [http://www.occc.ch/products/ch2050/CH2050-bericht\\_d.html](http://www.occc.ch/products/ch2050/CH2050-bericht_d.html)
- Schweizerischer Bundesrat, 2002, Strategie Nachhaltige Entwicklung 2002,  
[www.konsum.admin.ch/imperia/md/content/nachhaltigeentwicklung/entwicklung02.pdf](http://www.konsum.admin.ch/imperia/md/content/nachhaltigeentwicklung/entwicklung02.pdf)
- Spreng, D., 2005. Distribution of energy consumption and the 2000 W/capita target. Viewpoint. Energy Policy 33 (2005) 1905–1911
- Stern, N., 2007. The Economics of Climate Change. The Stern Review. Cabinet Office - HM Treasury. Paperback (ISBN-13: 9780521700801) [http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/stern\\_review\\_report.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm)
- von Stokar, T. et al., 2006. Der ökologische Fussabdruck der Schweiz. Ein Beitrag zur Nachhaltigkeitsdiskussion. BFS/ARE/DEZA/BAFU (Hrsg.), Bern  
[http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/nachhaltige\\_entwicklung/uebersicht/blank/publikationen.Document.86629.pdf](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/nachhaltige_entwicklung/uebersicht/blank/publikationen.Document.86629.pdf)