ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

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

Klimaprognosen: Was sind die Auswirkungen auf das Energiesystem?

Dr. Bernard Aebischer, CEPE/ETHZ

Lernexpedition Energie, 27. 6. 2007

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

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

Inhalt

- In Kürze
- Energiesystem und Systemgrenzen
- Welches Klimaszenario nehmen wir an?
- Auswirkung auf die Energienachfrage (Schwerpunkt)
- Auswirkung auf die Energieumwandlung („Produktion“)
  - Stromproduktion traditionell
  - Neue erneuerbare Energien
- Auswirkung auf die Stromübertragung
- Zusammenfassung finanzielle Aspekte
- Ausblick über die Schweizer Grenze: Auswirkung auf CO_2-Emissionen in Europa

In Kürze

Energienachfrage

- Reduktion Wärme (Winter) -12%
- Zunahme Elektrizität (Sommer) +6%

Energieangebot

- Reduktion Wasserkraft (Sommer) -7%
- Verteuerung thermische Kraftwerke ?
- Zunahme Potential neue erneuerbare Energien ?

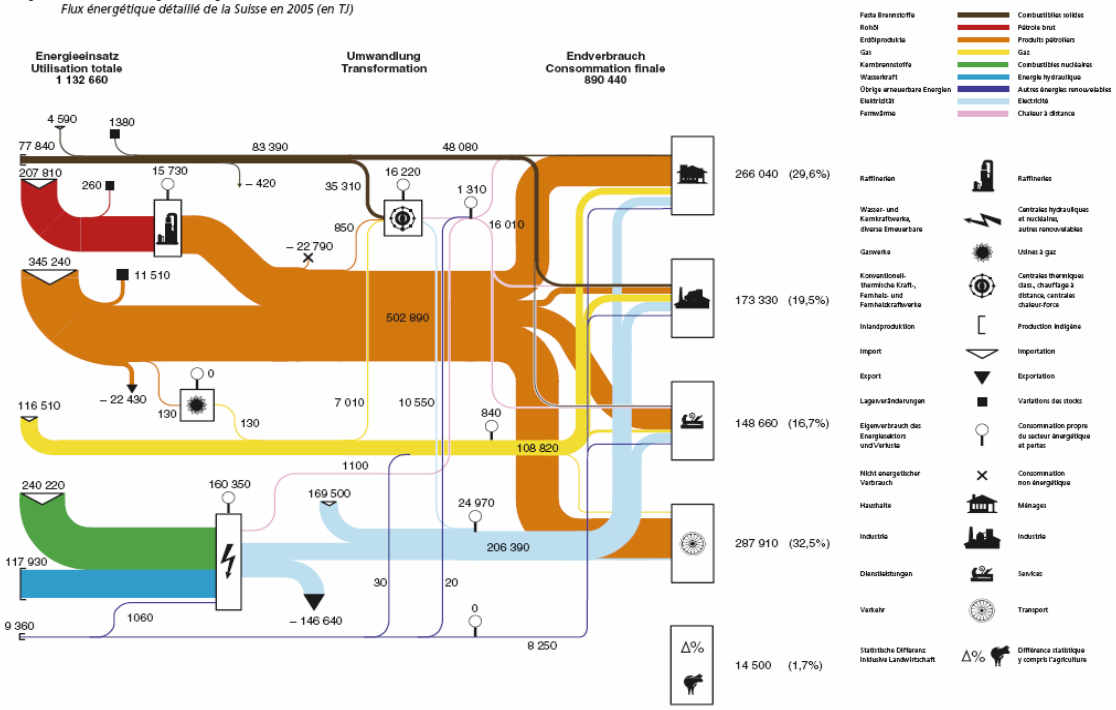
Quelle: OcCC/Proclim, 2007 http://www.occc.ch/products/ch2050/CH2050-bericht_d.html , Kapitel „Energie“ Leitung: Prof. Wokaun, PSI

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

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

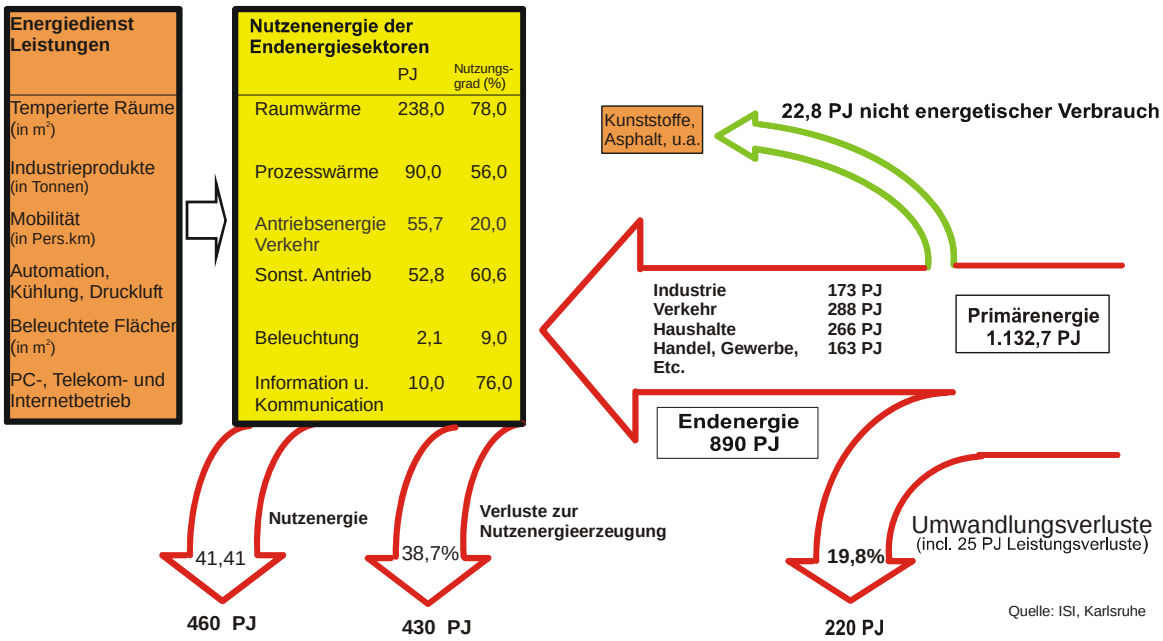
Energiesystem und Systemgrenzen (1)

Fig. 5 Detailliertes Energieflussdiagramm der Schweiz 2005 (in TJ)
Flux énergétique détaillé de la Suisse en 2005 (en TJ)



Energiesystem und Systemgrenzen (2)

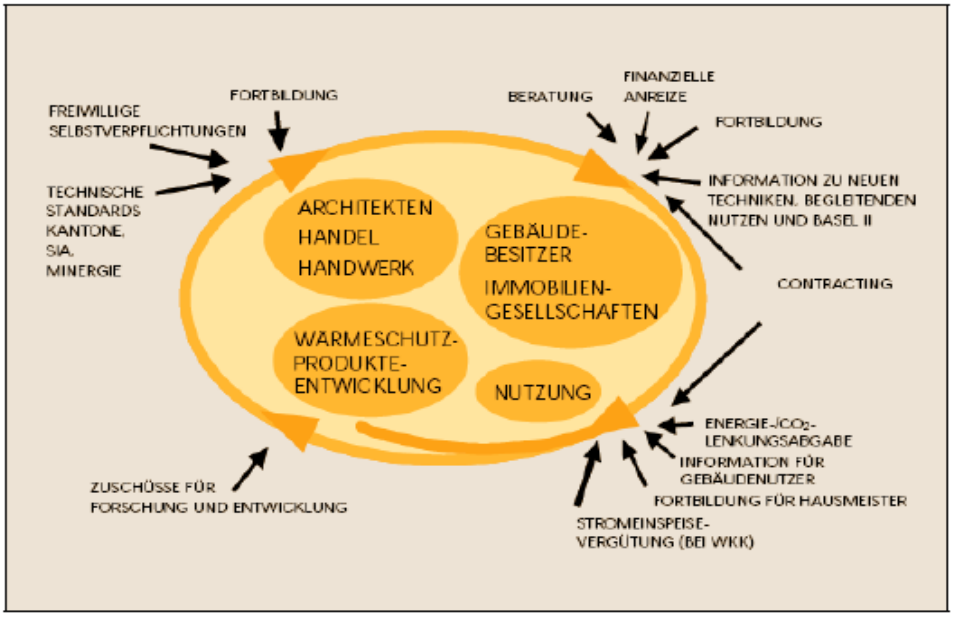
Energiefluss-Diagramm für die Schweiz 2005



ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

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

Energiesystem und Systemgrenzen (3)



Quelle: Jochem/Jakob, 2004/2, adaptiert von Lene Nilsen, Dänische Energieagentur

Akteure und vorgeschlagene Förderinstrumente für Wärmeschutz-Investitionen bei Wohngebäuden (Quelle: Aebischer/Catenazzi, 2007)

Energiesystem und Systemgrenzen (4)

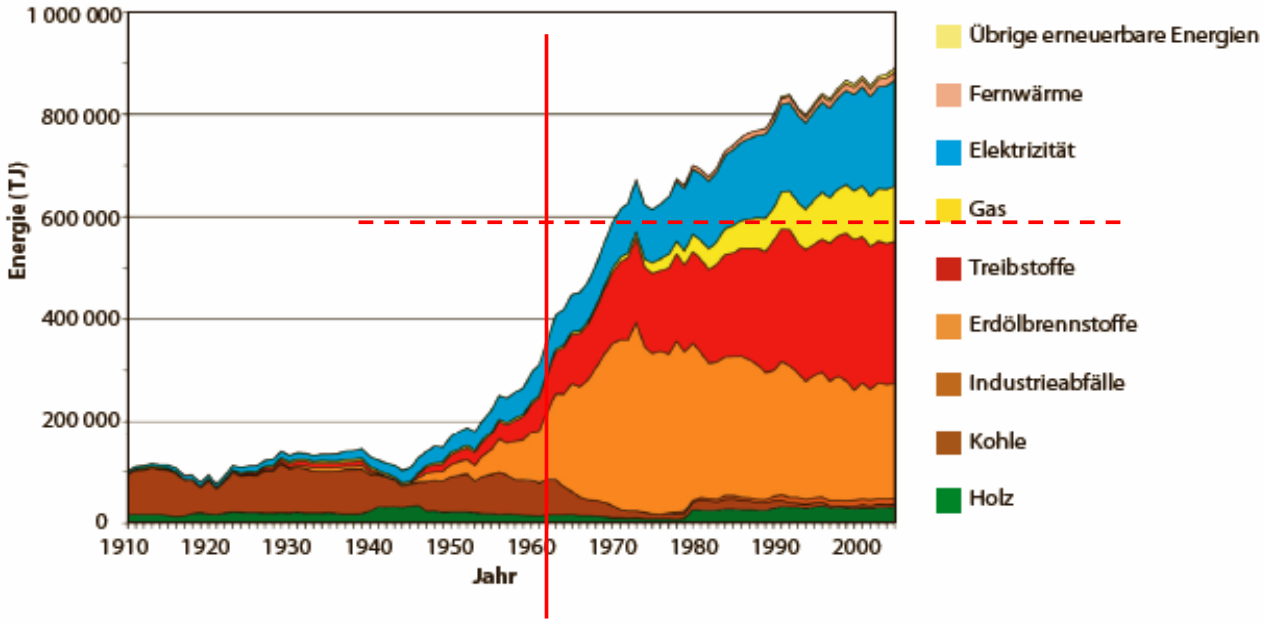


Abbildung 1: Energieverbrauch in der Schweiz, aufgeteilt nach den verschiedenen Energieträgern (1 TJ ≡ 0.3 GWh). (Quelle: BFE Gesamtenergiestatistik 2005)

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

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

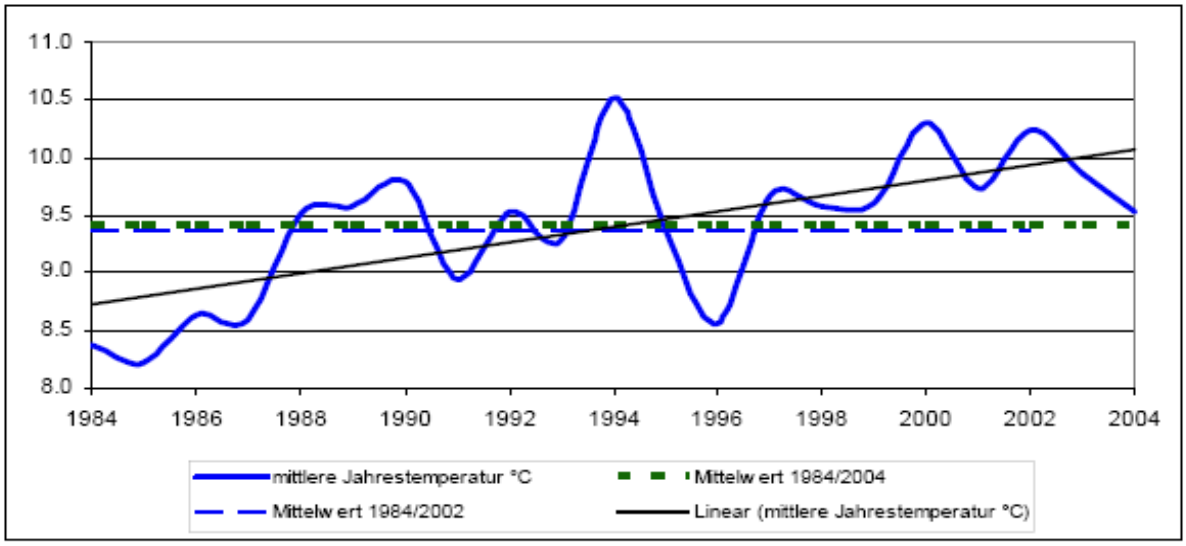
Energiesystem und Systemgrenzen (5)

Systemgrenze

- Landesgrenze
  → „Graue“ Energie (embodied energy) nicht enthalten
- ± kommerzielle Energie
  → z. B. passiv genutzte Solarenergie nicht enthalten

Welches Klimaszenario nehmen wir an? (1)

Entwicklung der mittleren Tagestemperaturen, 1984-2002



Quelle: Hofer, 2007

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

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

Welches Klimaszenario nehmen wir an? (2)

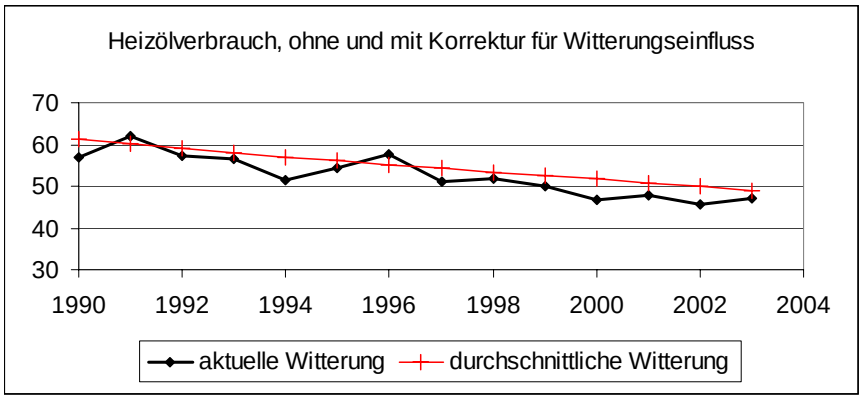
Erhöhung der durchschnittlichen Temperatur (2050)

- 1.5 ºC in den Wintermonaten
- 2.5 ºC in den Sommermonaten
- Erhöhung der Sonneneinstrahlung: 5%
- In den nächsten Jahren kein zweiter Sommer 2005

Auswirkung auf die Wärmenachfrage (1)

Wärmeenergie (Heizen + Warmwasser)

- +1.5 ºC in den Wintermonaten → -15% Heizgradtage



- -15% Heizgradtage → -11% Wärme → -6% CO2

  (Quelle: BFE (2007), eigene Berechnungen)

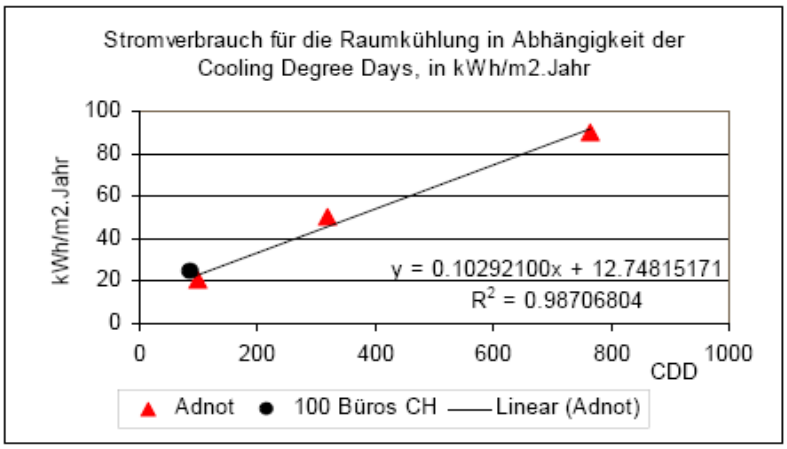
ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

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

Auswirkung auf die Stromnachfrage (1)

Stromverbrauch (Klimatisierung/Raumkühlung) am Beispiel des Dienstleistungssektors!

- +2.5 ºC in den Sommermonaten → +150% Kühlgradtage

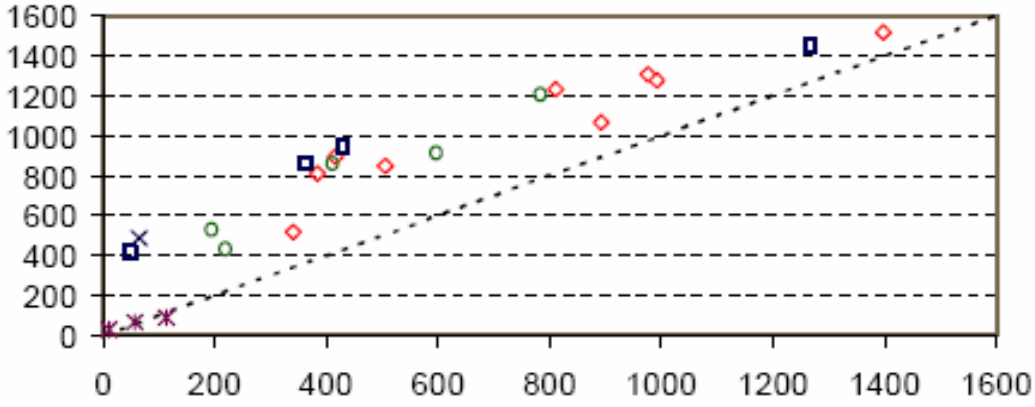


Quelle: Aebischer/ Catenazzi, 2007

- +150% Kühlgradtage → + 70% Strom für Raumkühlung

Auswirkung auf die Stromnachfrage (2)

- +2.5 ºC in den Sommermonaten → unbehaglich, Produktivitätsrückgang



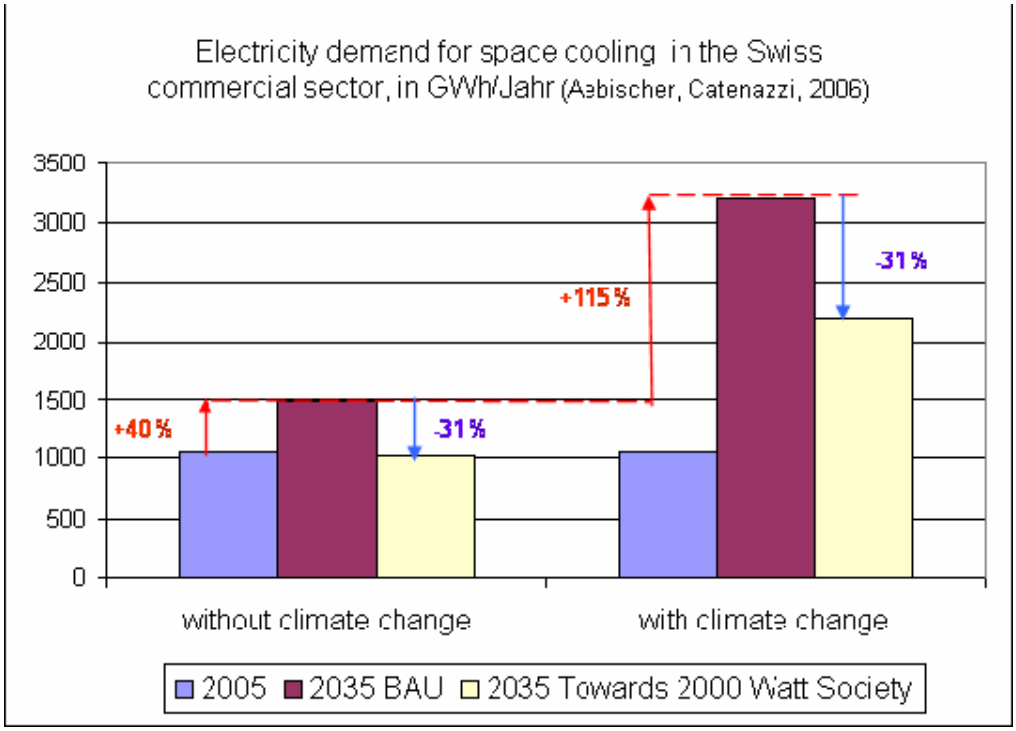
Quelle: Aebischer et al., 2007

- Unbehaglich/Produktivitätsrückgang → mehr gekühlte Flächen: + (70-100)% Strom für Raumkühlung

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

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

Auswirkung auf die Stromnachfrage (3)



Massnahmen gegen Stromverbrauchszunahme

Technische Massnahmen

- Gebäude+Fenster+Shades, passive Kühlung (Fenster-lüftung in Nacht) oder „free cooling“, Kälte-Produktion/ Verteilung, Wärmeabgabe von Beleuchtung und Geräten, Betriebsoptimierung!

Verhalten

- Kleidung cf. Amis, Shaden, Abschalten wegen Wärme-abgabe (Standbyverbrauch!)

„Instrumente“

- Vorschriften, Normen, Empfehlungen, Energieprogram-me **an neue Gegebenheit anpassen** (Mitigation+Adapt.)

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

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

Auswirkung auf die traditionelle Stromproduktion

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 ΔT und T_{max} für Flusswasser)
- In 2003: während 2 Monaten -25% Stromproduktion aus KKW; -4% Jahresproduktion

Auswirkung auf Potentiale der neuen erneuerbare Energien

Windenergie

- Windgeschwindigkeit? → ±
- Extremereignisse → lokal, zeitlich begrenzter Unterbruch

Biomasse

- Zunahme der Waldfläche → Zunahme des Potentials
- Extremereignisse, z.B. Lothar → Angebotsspitzen

Solarenergie

- Zunahme der Sonneneinstrahlung möglich

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

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

Auswirkung auf die Stromübertragung

Vulnerability of electricity supply under extreme weather conditions

Dr. Edgard Gnansounou
Raphaël Barben
Alanna Teressa Minogue
Laboratory of Energy Systems (LASEN), EPF Lausanne

EPFL ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE
LASEN

swisselectric research

Studie der EPFL im Rahmen von swisselectric research

Zusammenfassung finanzielle Aspekte (1)

Energienachfrage

- Raumwärme: Reduktion der Energiekosten und der Kapitalkosten (kleinere Heizkessel)
- Klimatisierung: Zunahme der Energiekosten und der Kapitalkosten (Klimaanlage) → Adaptationskosten
  – oder Klimatisierung vermeiden → Vermeidungskosten

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

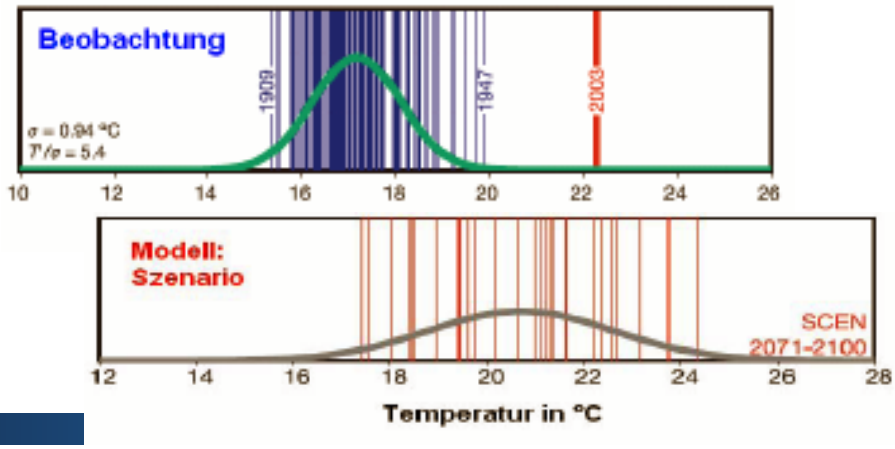
cepe
Centre for Energy Policy and Economics
Department of Management, Technology and Economics

Zusammenfassung finanzielle Aspekte (2)

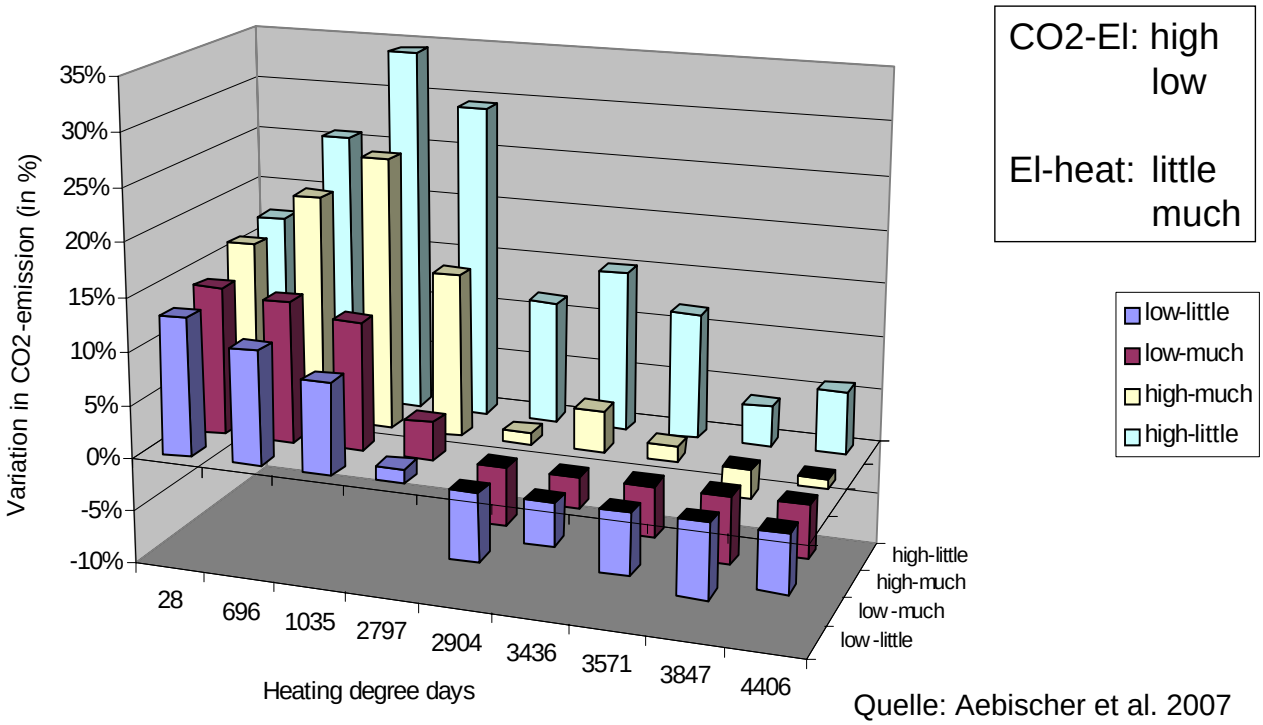
Energieproduktion und Energieübertragung

- Reduktion des Ertrags von Wasserkraftanlagen
- Anpassung an häufigere Extremereignisse, z.B. Kühlung von thermischen Kraftwerken und Stromübertragung → Adaptationskosten

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



Auswirkung auf CO_2-Emissionen in Europa



Quelle: Aebischer et al. 2007

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

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

Quellen/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. Bundesamt für Energie, Bern. http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_771206991.pdf

Aebischer, B., G. Henderson, M. Jakob, G. Catenazzi, 2007. Impact of climate change on thermal comfort, heating and cooling energy demand in Europe. Proceedings eceee Summer Study 2007, p. 859-870. La Colle sur Loup, France.

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

BFE, 2006. Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2005. Bundesamt für Energie, Bern http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_147881043.pdf

Hofer, P., 2007. Der Energieverbrauch der Privaten Haushalte, 1990 – 2035. Ergebnisse der Szenarien I bis IV und der zugehörigen Sensitivitäten BIP hoch, Preise hoch und Klima wärmer. Bundesamt für Energie, Bern. http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_25219534.pdf

OcCC/ProClim (Hrsg.), 2007. Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bern. http://www.occc.ch/products/ch2050/CH2050-bericht_d.html

Schär, Ch. Et al., 2004. The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. Nature Vol. 427, 22 January