



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



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

# Die Bedeutung der Sommerkühlung für die Elektrizitätsnachfrage in der Schweiz

Dr. Bernard Aebischer, CEPE/ETHZ, 14. März 2006



## Inhalt

- Elektrizitätsnachfrage für Raumkühlung (Klimatisierung) im Dienstleistungssektor (Aebischer/Catenazzi, 2006)
  - Heute und bis 2035 (ohne Klimaerwärmung = Referenz)
  - Bis 2035 (mit stetiger Klimaerwärmung)
- Ergänzungen
  - Raumkühlung in den Sektoren HH, Industrie, Verkehr
  - Bedeutung von extremen Ereignissen (Sommer 2003)
- Schlussfolgerungen
  - Adaptation wird wichtig
  - Wärmeschutz bleibt in der Schweiz prioritär

## Raumkühlung im DL-Sektor: Referenzentwicklung

- Energie = (Gekühlte Fläche) \* (spezifischer Verbrauch)
- Gekühlte Fläche? (SERVE04)
  - Hochtechnisierte Gebäude = vollklimatisiert
  - Mittel technisierte Gebäude = teilklimatisiert
- Spezifischer Verbrauch (Kälteprod., Be-/Entfeuchtung, Verteilung)?
  - Heute: wie 100 Bürogebäude (A+W/CEPE; Weber, 2002)
    - Vollklimatisiert: 96 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr (27 kWh/m<sup>2</sup>.Jahr)
    - Teilklimatisiert: 23 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr (6.3 kWh/m<sup>2</sup>.Jahr)
  - Andere Gebäudetypen proportional zu Simulationsrechnungen von Adnot (2003)
  - Zukunft: - 0.5%/Jahr (technischer Fortschritt)

# Raumkühlung im DL-Sektor: Referenzentwicklung

Beispiele  
von wenig,  
mittel und  
hoch tech-  
nisierten  
Gebäuden  
=  
nicht, teil  
und voll  
klimatisier-  
te Gebäude

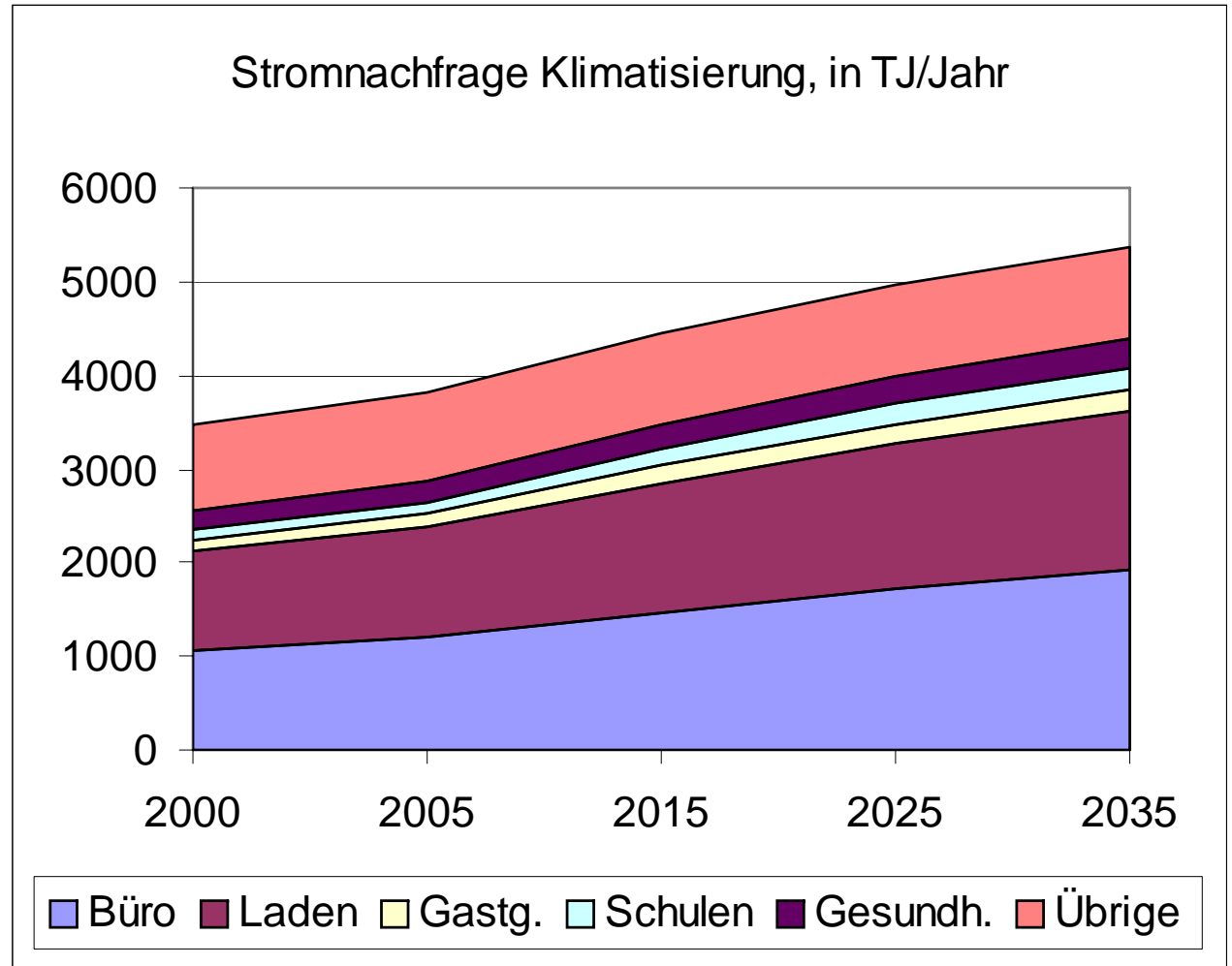
	2000	2005	2015	2025	2035
	EBF	EBF	EBF	EBF	EBF
<b>Bürogeb.</b>					
nicht klim.	47%	43%	33%	23%	14%
teil-klim.	31%	35%	41%	48%	55%
voll-klim.	22%	23%	26%	29%	32%
<b>Läden</b>					
nicht klim.	50%	47%	41%	35%	30%
voll-klim.	50%	53%	59%	65%	70%
<b>DL-Sektor insgesamt</b>					
nicht klim.	61%	59%	54%	49%	44%
teil-klim.	20%	22%	25%	27%	30%
voll-klim.	19%	19%	21%	23%	25%

# Raumkühlung im DL-Sektor: Referenzentwicklung

Wachstum Stromnachfrage für Klimatisierung  
2005-2035: + 40%  
+ 1.1%/Jahr

Anteil Klimatisierung an Stromnachfrage insgesamt:  
6% (2005), 7% (2035)

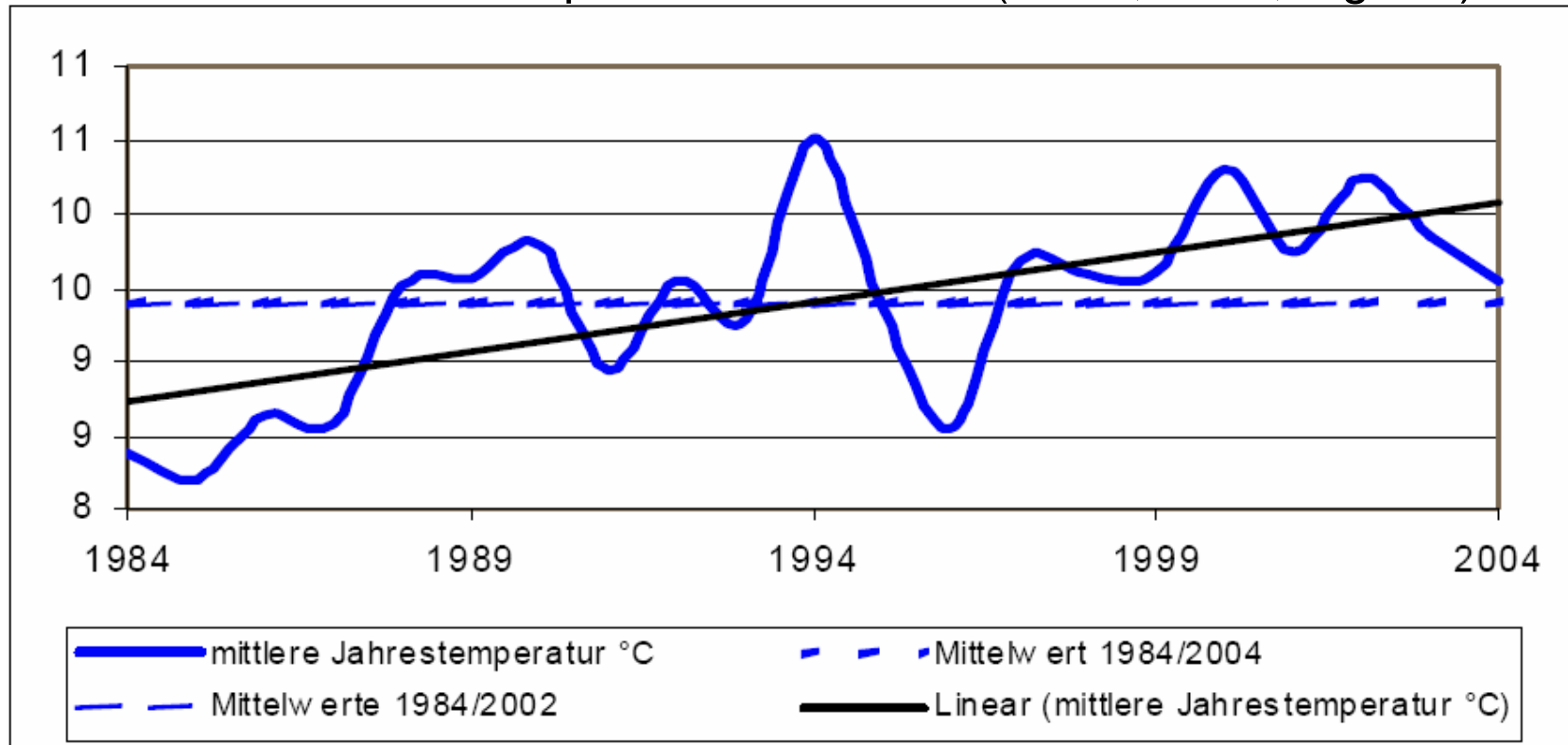
Anteil Klimatisierung an Stromnachfrage Klima/Lüftung:  
24% (2005), 26% (2035)



## Annahme zur Klimaerwärmung 2005-2030

- +1 °C in den Monaten September bis Mai,
- +2 °C in den Monaten Juni bis August,
- +5% Strahlung

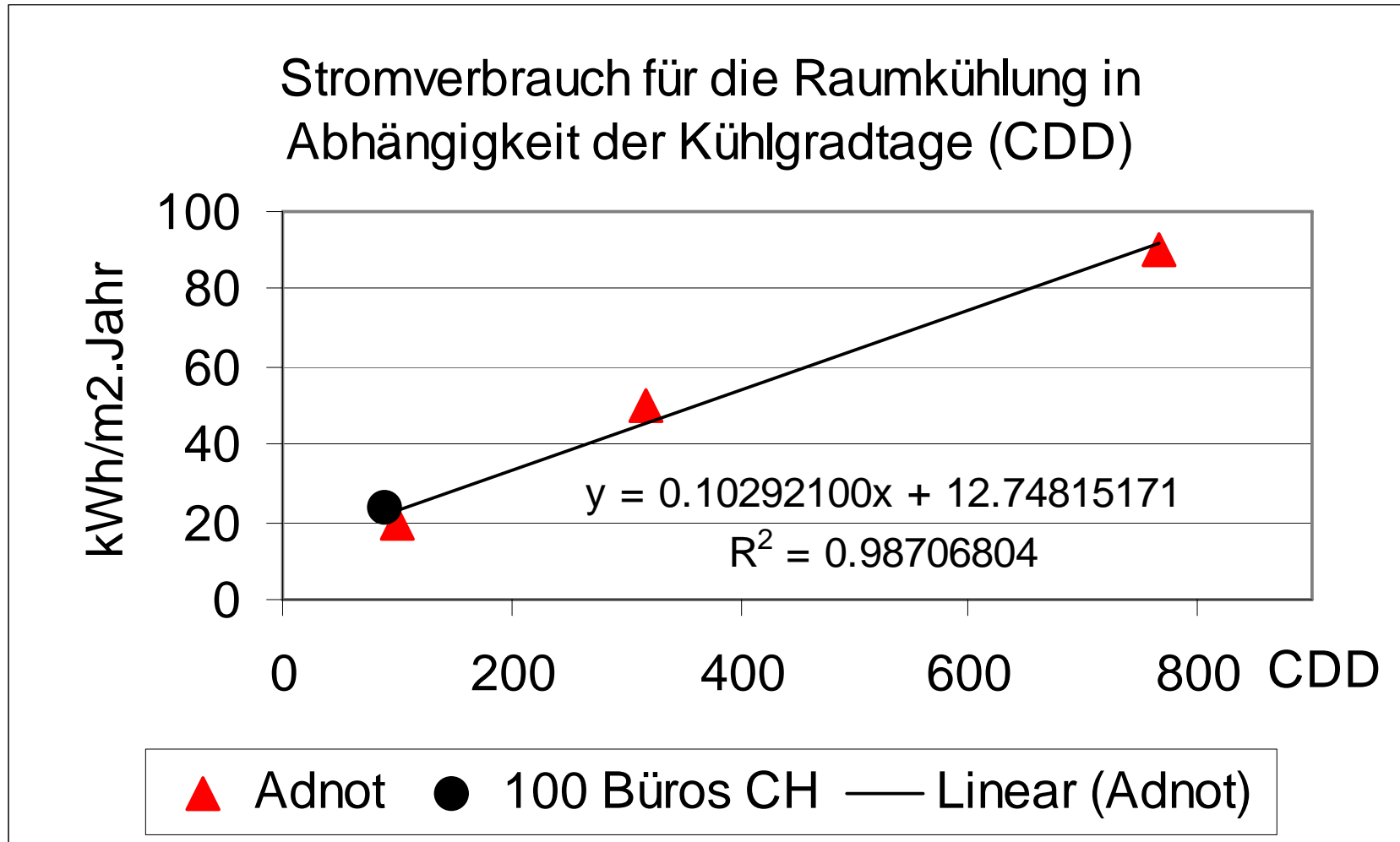
Mittlere Jahrestemperatur 1984-2004 (Hofer, 2005, Fig. 5E)



## Raumkühlung im DL-Sektor bei Klimaerwärmung

- „Alles Andere“ bleibt sich gleich (ceteris paribus), insbesondere Gebäudehülle, Gebäudetechnik und Verhalten
- Klimatisierte Flächen 2035 bei Klimaerwärmung
  - 50% wenig technisiert = teilklimatisiert
  - 50% mittel technisiert = vollklimatisiert
- Spezifischer Stromverbrauch bei Klimaerwärmung
  - Kühlgradtage (CDD mit Basistemperatur 65 °F = 18.3 °C) im Jahre 2035: +100% (Hofer, 2005; Henderson, 2005)
  - Spez. Stromverbrauch =  $0.102921 * CDD + 12.748152$ , in kWh/m<sup>2</sup>.Jahr (Adnot, 2003; Henderson, 2005; Aebischer, 2005/2)

# Raumkühlung im DL-Sektor bei Klimaerwärmung

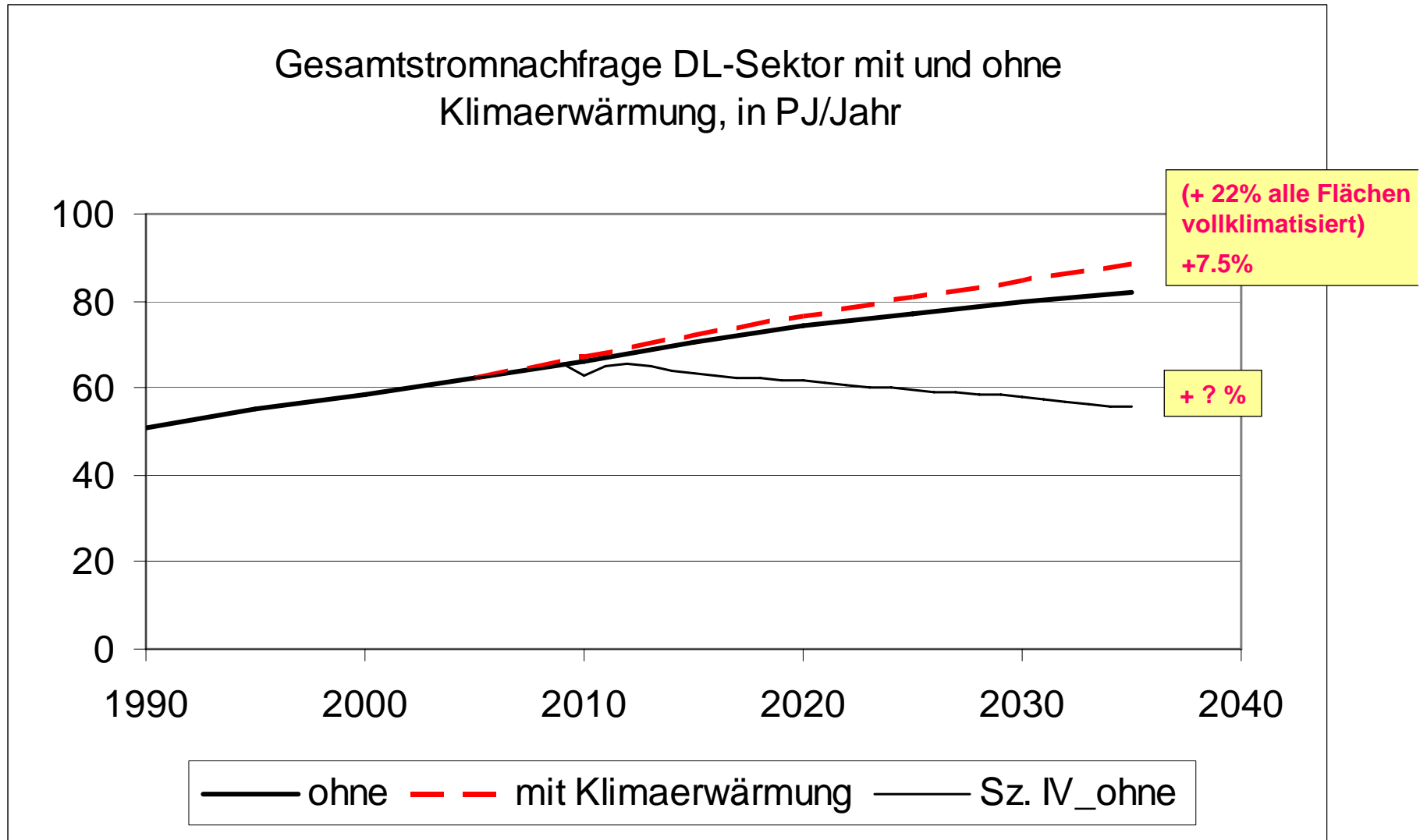


## Raumkühlung im DL-Sektor bei Klimaerwärmung

Zunahme Stromnachfrage für Klimatisierung in 2035 infolge Klimaerwärmung

- Im DL-Sektor insgesamt: + 115% (+ 2.6%/Jahr)
  - davon Temperaturerhöhung: + 40%
  - davon Wachstum gekühlte Flächen: + 60%
- In einzelnen Branchen
  - Büro + 116%
  - Läden + 53%
  - Gastgewerbe + 163%
  - Schulen + 270%
  - Gesundheitswesen + 252%
  - Übrige + 119%
- Extremfall: alle Flächen vollklimatisiert: + 330%

# Raumkühlung im DL-Sektor bei Klimaerwärmung



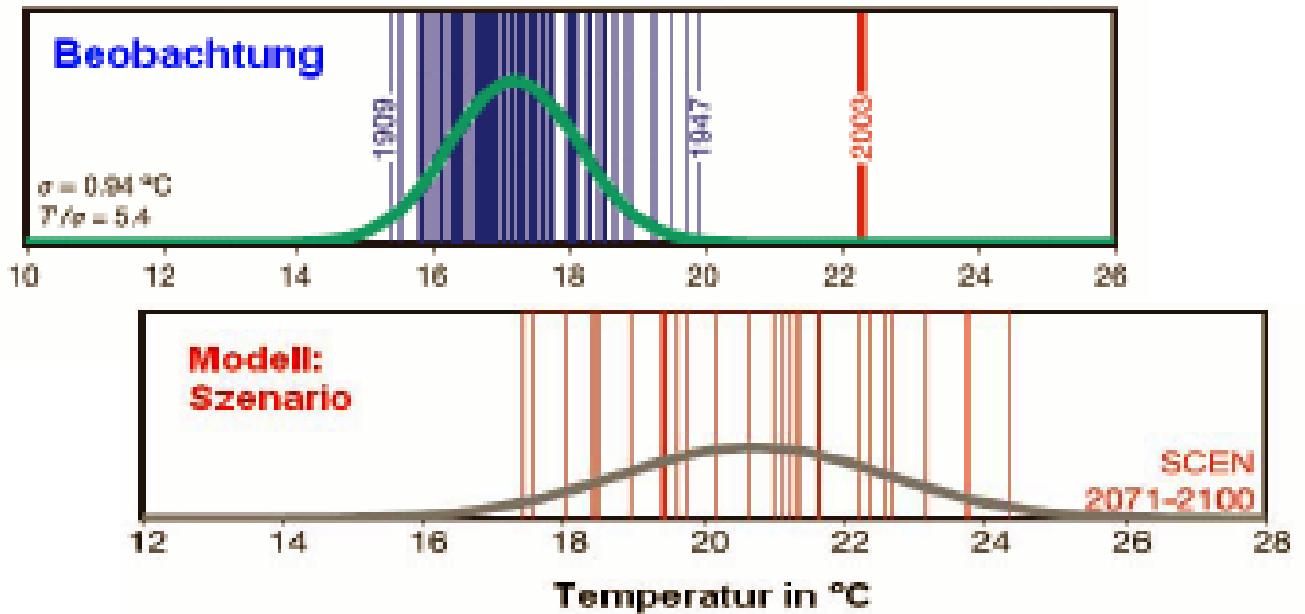
## Raumkühlung in den Sektoren HH, Industrie, Verkehr

### Zunahme Stromnachfrage in 2035

- Private Haushalte: + 7.1% (Hofer, 2005)
  - Hofer, 2005, S. 107: Der Ausstattungsgrad der Wohnungen/Haushalte mit Klimageräten steigt von heute unter 1% bis 2035 auf 50%
  - Hofer, 2005, S. 88: Klimatisierung mit überwiegender Mehrheit dezentral über Kompakt- oder Splitanlagen (mit Luft- oder Wasserkühlung)
- Industrie: + 0.5% (Baumgartner et al., 2005)
- (Verkehr: + 0.4% Treibstoffverbrauch PWs (Keller, 2005))

## Bedeutung von extremen Ereignissen (Sommer'03)

- Häufung Extremereignisse (Sommer'03) → sehr schnell flächendeckend Kühlgeräte – in Büros, Krankenhäusern, Gastgewerbe, ...
- In der zweiten Hälfte des laufenden Jahrhunderts wird ein Sommer'03 kein Extremereignis sein (Schär et al., 2004)



## Schlussfolgerungen

- Im Energiebereich haben sich Forschung, Ausbildung und Politik bezüglich der Klimaerwärmung bisher fast ausschliesslich mit „Abschwächung/Vermeidung“ (**mitigation**) beschäftigt.
- Die Anpassung (**adaptation**) an neue Rahmenbedingungen infolge Klimaerwärmung wird im Gebäudebereich wichtig.
- Wärmeschutz bleibt aber in der Schweiz weiterhin prioritär, denn die Potentiale für eine Reduktion der Energienachfrage und der CO<sub>2</sub>-Emissionen sind hier am grössten.
- In südlichen Regionen Europas (und punktuell vielleicht auch in der Schweiz) liegen die Prioritäten beim Hitzeschutz.

## Relative Veränderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen infolge Klimaerwärmung für Raumheizung, Warmwasser und Raumkühlung in verschiedenen Klimaregionen in Europa in Abhängigkeit der CO<sub>2</sub>-Intensität der Stromproduktion und des Anteils Elektroheizungen

### Legende

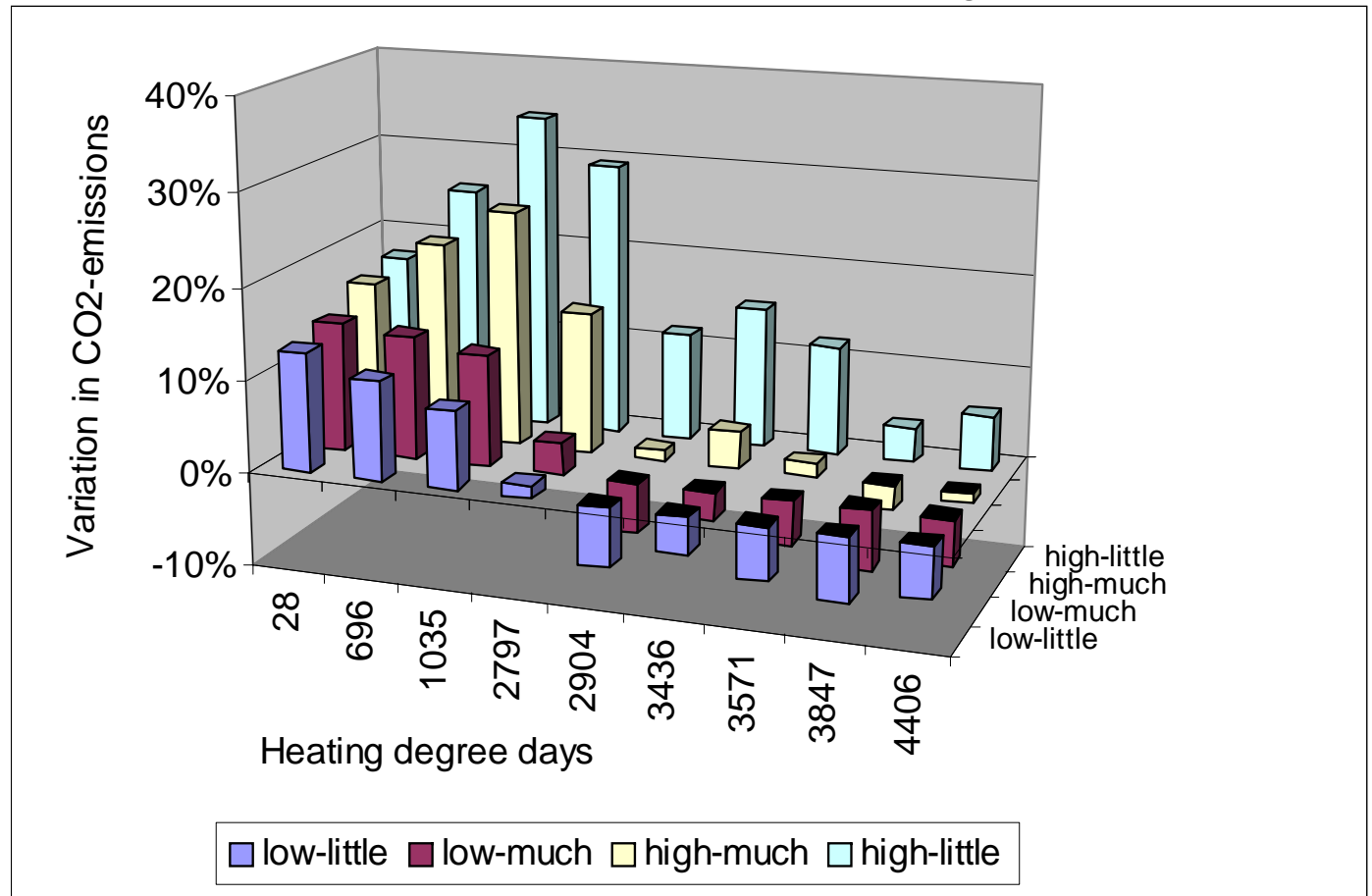
#### 1. Stromproduktion

- high = CO<sub>2</sub> intensiv
- low = 90% CO<sub>2</sub> frei

#### 2. Anteil Elektroheizung

- much = hoch
- little = niedrig

Quelle: Aebischer et al., 2006)



## Literaturhinweise

- Adnot et al., 2003. Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EECCAC). A study for the D.G. Transportation-Energy (DGTREN) of the Commission of the E.U., Paris, September
- Aebischer B. et al., 2006. Impact of climate change on energy demand in the Swiss service sector - and application to Europe. To be published in Proceedings of IE ECB'06 Conference, Frankfurt, April
- Aebischer B., G. Catenazzi, 2006. Energieverbrauch der Dienstleistungen und der Landwirtschaft. Ergebnisse der Szenarien Ia und Ib und Entwurf der Ergebnisse von Szenario II. BFE, Bern, Januar  
<http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/statistikperspektiven/34.pdf>
- Baumgartner W. et al., 2005. Energieverbrauch Industrie Ergebnisse der Szenarien Ia und Ib. BFE, Bern, Juli  
<http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/statistikperspektiven/32.pdf>
- Henderson G., 2005. Cooling degree days, communication per E-Mail, 12. Juni
- Hofer P., 2005. Der Energieverbrauch der Privaten Haushalte 1990 – 2035. BFE, Bern, Juli  
<http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/statistikperspektiven/33.pdf>
- Keller M., 2005. Energieverbrauch Sektor Verkehr. Ergebnisse der Szenarien Ia und Ib (inkl. Sensitivitäten). BFE, Bern, Juli <http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/statistikperspektiven/35.pdf>
- Schär Ch., 2004. The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. Nature Vol. 427, 22 January
- Weber L., 2002. Energie in Bürogebäuden. Verbrauch und energierelevante Entscheidungen. vdf Verlag, Zürich (ISBN 3 7281 2819 8)