



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**  
Abteilung Energiewirtschaft



Centre for Energy Policy and Economics  
Swiss Federal Institute of Technology

März 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

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

**Auftragnehmer:**

CEPE, ETH Zürich

**Autoren:**

Bernard Aebischer

Giacomo catenazzi

Diese Studie wurde im Rahmen der Energieperspektiven 2035 des Bundesamts für Energie BFE erstellt.

Für den Inhalt ist allein der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>4</b>
<b>1 Einführung .....</b>	<b>6</b>
1.1 Perspektivarbeiten des Bundesamtes für Energie (BFE) .....	6
1.2 Bearbeitung der Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft durch das CEPE.....	7
1.3 Aufbau des Berichts: Hauptteil und Anhangband .....	9
1.4 Verdankungen.....	12
<b>2 Vorgehen.....</b>	<b>13</b>
2.1 Energienachfragemodell SERVE04.....	19
2.1.1 Kurzbeschrieb von SERVE04.....	19
2.1.2 Exemplarische Darstellung von SERVE04 an einem Beispiel aus dem Dienstleistungssektor für die Szenarien I und III .....	22
2.2 Module zur Berechnung der Sensitivitäten und der energetischen Wirkung von Energie- und CO <sub>2</sub> -Abgaben .....	27
2.2.1 Modul BIP hoch.....	27
2.2.2 Modul CO <sub>2</sub> -Abgabe.....	27
2.2.3 Modul Preise hoch .....	31
2.2.4 Modul Klima wärmer .....	33
2.2.5 Modul Anlegbare Kosten.....	39
<b>3 Rahmenentwicklungen .....</b>	<b>43</b>
3.1 Hauptvariante Trend .....	43
3.2 Sensitivitätsvarianten.....	48
3.2.1 BIP hoch.....	48
3.2.2 Preise hoch.....	51
3.2.3 Klima wärmer.....	51
<b>4 Instrumente und Massnahmen - eine Übersicht. ....</b>	<b>52</b>
<b>5 Szenario I: Energienachfrage.....</b>	<b>57</b>
5.1 Szenario I: Instrumente und Massnahmen .....	60
5.2 Szenario I: Ergebnisse.....	65
5.2.1 Trend .....	68
5.2.2 BIP hoch.....	77
5.2.3 Preise hoch.....	79
5.2.4 Klima wärmer.....	81
5.2.5 Exkurs: Szenario I mit CO <sub>2</sub> -Abgabe; Trend und Sensitivitäten .....	85
<b>6 Szenario II: Energienachfrage .....</b>	<b>99</b>
6.1 Szenario II: Instrumente und Massnahmen .....	102
6.2 Szenario II: Ergebnisse .....	119
6.2.1 Trend .....	122
6.2.2 BIP hoch.....	128
6.2.3 Preise hoch.....	129
6.2.4 Klima wärmer.....	133
<b>7 Szenario III: Energienachfrage .....</b>	<b>135</b>
7.1 Szenario III: Massnahmen .....	138
7.2 Szenario III: Ergebnisse .....	147

---

7.2.1	Trend .....	149
7.2.2	BIP hoch.....	156
7.2.3	Preise hoch.....	159
7.2.4	Klima wärmer.....	159
7.3	Szenario III: Instrumente .....	161
<b>8</b>	<b>Szenario IV: Energienachfrage .....</b>	<b>164</b>
8.1	Szenario IV: Massnahmen .....	166
8.2	Szenario IV: Ergebnisse .....	176
8.2.1	Trend .....	179
8.2.2	BIP hoch.....	189
8.2.3	Preise hoch.....	195
8.2.4	Klima wärmer.....	195
8.3	Szenario IV: Instrumente .....	201
<b>9</b>	<b>Vergleich der Energienachfrage nach Szenarien .....</b>	<b>204</b>
9.1	Szenarien I bis IV: Trend.....	205
9.2	Szenarien I bis IV: BIP hoch .....	210
9.3	Szenarien I bis II: Preise hoch .....	217
9.4	Szenarien I bis IV: Klima wärmer.....	220
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....</b>	<b>226</b>
	<b>Glossar.....</b>	<b>233</b>
	<b>Literatur und Quellenangaben .....</b>	<b>234</b>
<b>Anhang 1:</b>	<b>Wirtschaftsbranchen und Untergruppen .....</b>	<b>243</b>
<b>Anhang 2:</b>	<b>Inputdaten und Annahmen in Tabellenform.....</b>	<b>245</b>
<b>Anhang 3:</b>	<b>Substitutionen zwischen Energieträgern im Szenario Ib.....</b>	<b>262</b>
<b>Anhang 4:</b>	<b>Preiselastizitäten: Kurzfristige und langfristige Wirkung. ....</b>	<b>264</b>
<b>Anhang 5:</b>	<b>Daten und Ergebnisse der Sensitivitätsrechnungen.....</b>	<b>265</b>
<b>Anhang 6:</b>	<b>Energetische Wirkung der Massnahmen .....</b>	<b>275</b>
<b>Anhang 7:</b>	<b>Informations- und Kommunikationstechnologien.....</b>	<b>276</b>
<b>Anhang 8:</b>	<b>Anlegbare Kosten .....</b>	<b>278</b>



## Abkürzungsverzeichnis

BAFU (siehe BUWAL): Bundesamt für Umwelt (offizielle Bezeichnung seit 2006)

Barrel: siehe bbl

bbl: Barrel (übliches Mass für Menge Rohöl: Fass von 159 Liter)

BFE: Bundesamt für Energie (wird hier auch für frühere Bezeichnungen, wie Bundesamt für Energiewirtschaft BEW, verwendet)

BFS: Bundesamt für Statistik

BUWAL (siehe BAFU): Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (offizielle Bezeichnung bis 2006)

BIP: Bruttoinlandprodukt

CDD: cooling degree days, Kühlgradtage

CHF: Schweizer Franken

DL: Dienstleistungssektor oder tertiärer Sektor

HGT: Heizgradtage

HH->DL: Energienachfrage, die mit dem Haushaltsmodell berechnet wird, aber aus Gründen der Konsistenz mit der Energiestatistik in den Dienstleistungssektor transferiert wird und in diesem Bericht ausgewiesen wird.

EBF: Energiebezugsfläche

El: elektrische Widerstandsheizung (ohmsche Heizung)

FW, FERN: Fernwärme

GAS, Gas: Erdgas

GT: Gradtag

HEL: Heizöl extraleicht

HH -> DL: Energieverbrauch transferiert vom Haushaltsektor in den Dienstleistungssektor

LWT: Landwirtschaftssektor oder primärer Sektor

MuKEN: Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich

seco: Staatssekretariat für Wirtschaft

SERVE: Energienachfragemodell des CEPE für den Dienstleistungssektor

SERVE04: Energienachfragemodell des CEPE für den Dienstleistungssektor, Version 2004

Sonne: Sonnenenergie, Solarwärme, Solarpanels

Sz I S Preise hoch: Szenario I Sensitivitätsvariante „hohe Energiepreise“

USD: US Dollar, \$

VZAe: Vollzeitäquivalente (Beschäftigte)

WP: elektrische Wärmepumpe

WS: Wertschöpfung

## 1 Einführung

In diesem einführenden Kapitel werden zuerst die aktuellen Energieperspektiven in den historischen Kontext früherer Arbeiten gestellt und die heutigen Fragestellungen mit denen vor zehn und zwanzig Jahren verglichen.

Darauf wird auf die seit den letzten Perspektiven in den neunziger Jahren von CEPE im Bereich der Dienstleistungen durchgeführten Arbeiten und Forschungen hingewiesen, welche die Legitimation für die Erteilung des Auftrags an CEPE zur Erarbeitung der aktuellen Perspektiven für den Dienstleistungssektor sind. Die im Laufe der aktuellen Perspektiven vorgenommenen Modell-Verbesserungen und –Ergänzungen werden aufgezählt.

In einem dritten Abschnitt wird der Aufbau des vorliegenden Berichts vorgestellt. Es handelt sich um ein kommentiertes Inhaltsverzeichnis, das dem Leser die Übersicht erleichtern und die Zusammenhänge aufzeigen soll.

Die Verdankungen im letzten Teil sind auch ein kleiner unvollständiger Hinweis auf die Komplexität des Gesamtprojekts, worin Akteure mit den unterschiedlichsten Interessen beteiligt waren. CEPE hat versucht mit wissenschaftlichen Methoden eine Wissens- und Entscheidungsbasis zu erarbeiten, die mindestens zu mehrheitlichen wenn auch nicht immer zu einstimmigen Beschlüssen führten. Das war aber nur möglich dank der Bereitschaft aller Beteiligten, sich auf diesen Prozess einzulassen.

### 1.1 Perspektivarbeiten des Bundesamtes für Energie (BFE)

In den vergangenen zwanzig Jahren hat das BFE zwei Szenarioübungen durchgeführt:

- im Jahre 1988 wurden die EGES-Szenarien (EGES, 1988) publiziert und
- in den Jahren 1994-1996 wurden die letzten umfassenden Perspektivarbeiten (Prognos, 1996) durchgeführt.

Die Fragestellung im ersten Fall war auf die Voraussetzung für und auf die Folgen eines Ausstiegs auf die Kernenergie fokussiert. Zum ersten Mal wurden im Auftrag des Bundes für die Schweiz vom CUEPE an der Universität Genf neben ökonometrischen Modellen (Spierer et al., 1988) erfolgreich technisch-ökonomische bottom-up Modelle (Aebischer et al., 1988) eingesetzt.

In den neunziger Jahren ging es um die Evaluation von konkreten energiepolitischen Massnahmen und Initiativen: Energiegesetz, CO<sub>2</sub>-Abgabegesetz, Energie- und Umweltinitiative und Solarinitiative. Eine Arbeitsgemeinschaft von Prognos, Basics, Infras und der Forschungsgruppe Energieanalysen an der ETH Zürich erarbeitete eine Vielzahl von Szenariovarianten und skizzerte ein sehr anspruchsvolles Szenario IV.

Nach 1996 wurden mehrheitlich von Prognos allein (aber wenigstens teilweise basierend auf den erwähnten Szenariorechnungen aus dem Jahre 1996) Nachfrageentwicklungen unter spezifischen Gegebenheiten untersucht, so z.B. Prognos, 2001, 2002, 2005.

---

Im Jahre 2003/4 wurden dann die aktuellen – im vorliegenden Bericht aus der Sicht des Dienstleistungssektors beschriebenen – Perspektivarbeiten initiiert. Die Fragestellungen waren weniger als bei den früheren Übungen von der Tagespolitik (Kernenergieausstieg, Gesetze und Initiativen) geprägt. Es standen eher strategische Fragestellungen im Raum, was sich auch in der ursprünglichen Absicht Szenariorechnungen bis 2050 vorzunehmen ausdrückte. Diese Absicht, möglichst Tagespolitik auszuschliessen, ist auch daraus ersichtlich, dass die Bearbeiter von der Projektleitung angehalten waren, wenn immer möglich Abstraktion von konkreten Aktivitäten, z.B. im Rahmen von EnergieSchweiz, und Planungen zu machen.

Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen standen nicht die Kyoto-Ziele im Zentrum des Interesses, sondern die Frage, wie Reduktionen um 20 bis 30 Prozent oder mehr bis 2035 erreicht werden können. Es stand auch nicht im Zentrum, ob der Stromverbrauch in den nächsten Jahren weiter steigt, sondern wie gross die Versorgungslücke mittelfristig und langfristig aussehen könnte. Beide Fragen werden im Rahmen von Szenarien abgehandelt, womit die Auswirkungen von politischen und gesellschaftlichen Veränderungen und insbesondere von energiepolitischen und energiewirtschaftlichen Entscheidungen und Massnahmen aufgezeigt werden. Es sollen Handlungsspielräume für die Politik ausgelotet werden. Ergänzend dazu wird systematisch die Abhängigkeit der Ergebnisse von drei wichtigen Rahmenvariablen: das Wirtschaftswachstum, die Energiepreise und die klimatischen Verhältnisse untersucht. Energiepreise und Wirtschaftswachstum waren immer ein Thema, dass aber die Auswirkung eines wärmeren Klimas systematisch untersucht werden soll, ist erstmalig. Eine weitere Frage, betraf die Einleitung und den Weg in Richtung des strategischen Ziels des Bundesrates, der 2000 Watt Gesellschaft.

CEPE, das Centre for Energy Policy and Economics an der ETH Zürich, wurde mit der Bearbeitung der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft beauftragt. Die Koordination, wie auch die Nachfrage im Haushaltsektor und die Produktions- respektive die Umwandlungsseite, wird von der Prognos AG wahrgenommen. Basics AG bearbeitet den Industriesektor und Infras ist für den Verkehrssektor zuständig.

## 1.2 Bearbeitung der Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft durch das CEPE

Auch nach dem Abschluss der letzten Perspektivarbeiten im Jahre 1996 hatte die Forschungsgruppe Energieanalysen und später das CEPE Gelegenheit das damals entwickelte Energienachfragemodell SERVE für punktuelle Fragestellungen des BFE und des BAFU weiter anzuwenden und für Aufträge von Dritten einzusetzen.

- Im Auftrag des BFE wurde im Rahmen der Ex-post Analyse die jährliche Veränderung des Energieverbrauchs in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft untersucht und interpretiert (Aebischer und Spreng, 1999/3). Für diese Aufgabe wurde ein zusätzliches Modell entwickelt, das aber die mittels SERVE berechneten langfristigen Entwicklungen übernimmt.
- Für die Carbura und das BFE wurde der monatliche Verbrauch von Erdöl in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft modelliert (Aebischer und Huser, 2000) und jährlich wird die Entwicklung in den vergangenen 24 Monaten und in den kommenden 24 Monaten neu quantifiziert.

- Das BAFU schliesslich beauftragte das CEPE mit der jährlichen Aktualisierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Sektor Dienstleistungen seit 1990 (Aebischer, Catenazzi und Kaufmann, 2004).

Andere Arbeiten konnten mit Unterstützung von staatlichen Forschungsprogrammen und im Auftrag der Privatwirtschaft durchgeführt werden:

- Finanziert vom Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen des BFE und unterstützt mit Beiträgen der Stadt Zürich und des Kantons Genf konnte die Frage, wie der intrasektorale Strukturwandel - ein essentieller Faktor der Beschreibung der Elektrizitätsnachfrage im Dienstleistungssektor - von der Wirtschaftsentwicklung abhängt, untersucht werden (Aebischer, 1999).
- Eine Studie zur zukünftigen Elektrizitätsnachfrage von Informations- und Kommunikationstechnologien in Deutschland (Cremer et al., 2003), zu der CEPE mit Beiträgen zum Dienstleistungssektor beitrug, wurde von Deutschen Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit finanziert.
- Im Auftrag der Gaswirtschaft ist CEPE der Frage nachgegangen, wie die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Schweiz reduziert werden können und welchen Beitrag ein verstärkter Einsatz von Erdgas dazu leisten kann (Jochem und Jakob, 2003).

Für andere Fragestellungen, wie z.B. die Entwicklung des Flächenbedarfs pro beschäftigter Person oder die Bedeutung der Informations- und Kommunikationstechnologien für den intrasektoralen Strukturwandel, zu deren Untersuchung CEPE verschiedene Projektskizzen erarbeitet hat, konnten in der Zeit zwischen den beiden letzten Perspektivarbeiten keine Finanzierung gefunden werden.

Im ersten Jahr der hier beschriebenen Perspektivarbeiten konnte das im Rahmen der Energieperspektiven in den neunziger Jahren entwickelt Simulationsmodell SERVE - eine Zusammenfassung findet sich in Aebischer (1999/2) – verbessert und benutzerfreundlicher gestaltet werden. Die wesentlichsten vorgenommenen Verbesserungen in SERVE – teilweise auch in Zusammenarbeit mit den anderen Sektorbearbeitern -, im Folgenden mit SERVE04 bezeichnet, sind:

- Übertrag von Excel-Struktur auf Python (eine „scripting“ Sprache) mit Input-/Outputmodulen auf Excel-Basis,
- Verfeinerung der Rechenschritte von Fünf- auf Einjahresbasis,
- anstelle eines vorgegebenen Sanierungsrythmus für Gebäude wird von Erneuerungsrythmen für Gebäudekomponenten ausgegangen,
- Zusatzmodule für die Sensitivitätsrechnungen (siehe Kapitel 2.2),
- weitere Module zur Simulation von Betriebsoptimierungen und zur Berechnung der anlegbaren Kosten,
- Aufbau eines neuen Auswertungstools für die Analyse der Ergebnisse und für die Berichterstattung,
- Definition/Abgrenzung erarbeitet und Konventionen festgelegt. Dazu gehören folgende für das Verständnis und für die Interpretation der quantitativen Aussagen wichtige Abmachungen:

- Übertragung des „Allgemeinstroms“ in den Mehrfamilienhäusern vom Haushalt in den Dienstleistungssektor,
- Trotzdem keine Normierung auf Energiestatistik: Die absolute Abgleichung mit der Energiestatistik wird nach Zusammenzug aller Verbrauchersektoren von der Prognos AG durchgeführt.
- Die Umweltwärme wird im Allgemeinen in den Tabellen und Figuren nicht ausgewiesen; in Ausnahmefällen wird das explizit erwähnt. Der Einsatz der WP wird den Massnahme zu einem rationelleren Energieeinsatz zugeordnet und mit einem Wirkungsgrad = JAZ von rund 3 und mehr charakterisiert. *Falls die Umweltwärme mitgezählt wird, ist der energetische Wirkungsgrad der WP implizit = 100% gesetzt!*
- WKK Anlagen, Fernwärmeszubereitung und ähnliche Installationen werden im Umwandlungssektor von Prognos behandelt.

### **1.3 Aufbau des Berichts: Hauptteil und Anhangband**

Der Aufbau des vorliegenden Berichts ist vom BFE für alle Sektorberichte vorgegeben. Damit soll die Nutzung der verschiedenen Berichte vereinfacht werden. Im Folgenden werden die einzelnen Kapitel und teilweise Unterkapitel aufgezählt und einige inhaltliche Ergänzungen oder Hinweise auf ähnliche/ verwandte Fragestellungen an anderer Stelle gegeben. Wir hoffen, dass dieses etwas ausgeweitete Inhaltsverzeichnis für den Leser von Nutzen ist. Eine inhaltliche Zusammenfassung ist diese Zusammenstellung aber nicht.

*Abkürzungsverzeichnis:* siehe auch Glossar am Schluss des Hauptteils dieses Berichts.

*Kapitel 1 Einführung:* Hinweis auf frühere Perspektivarbeiten des BFE und auf Arbeiten des CEPE im Bereich der Energienachfrage im Dienstleistungssektor.

*Kapitel 2 Vorgehen:* Festlegung der Rahmendaten und der Sensitivitätsbetrachtungen, Definition und Ausgestaltung der „Policy“-Szenarien<sup>1</sup> I bis IV. Eine detailliertere Beschreibung der Szenarien findet sich zu Beginn der entsprechenden Kapitel 5 bis 8. Auswahl des Nachfragemodells, Festlegung der Modellinputs.

- Unterkapitel 2.1 Energienachfragemodell SERVE04: Kurzbeschrieb und exemplarische Darstellung der Funktionsweise am Beispiel von Effizienzverbesserungen der Elektrizitätsnachfrage in Bürogebäuden. Ein detaillierter Modellbeschrieb findet sich im Anhangband zu diesem Bericht.
- Unterkapitel 2.2 Module zur Berechnung der Sensitivitäten und der energetischen Wirkung von Energie- und CO<sub>2</sub>-Abgaben: Hier werden die für die Sensitivitätsrechnungen und für die Bestimmung der anlegbaren Kosten entwickelten Module beschrieben. Eine umfassendere Darstellung der Methode der anlegbaren Kosten findet sich im Anhangband.

---

<sup>1</sup> Wir verwenden die Bezeichnung „Policy“-Szenario und nicht „Politik“-Szenario, um hervorzuheben, dass Voraussetzungen für Szenarien, wie „verstärkte Zusammenarbeit“ in Szenario II oder „neue Prioritäten“ in Szenario III nicht durch die Politiker allein beschlossen werden können. Es geht auch um gesellschaftliche Veränderungen.

*Kapitel 3 Rahmenentwicklungen:* Hier sind die für die Modellrechnungen im Dienstleistungssektor wesentlichen Rahmendaten dokumentiert, zuerst für die Trendvariante (Unterkapitel 3.1) und anschliessend für die Sensitivitätsvarianten (Unterkapitel 3.2).

*Kapitel 4 Instrumente und Massnahmen – eine Übersicht:* In diesem Kapitel werden Massnahmen und Instrumente aus verschiedener Sicht beispielhaft dargestellt. Jeweils im ersten Unterkapitel zu den szenariospezifischen Kapiteln 5 bis 8 werden die eingesetzten Massnahmen und Instrumente detaillierter ausgeführt.

*Kapitel 5 Szenario I Energienachfrage:* Im Hauptkapitel wird einführend die spezielle Funktion des Referenzszenarios beschrieben und die wesentlichsten Unterschiede zum Referenzszenario in den Perspektivarbeiten der neunziger Jahre dargestellt.

- *Unterkapitel 5.1 Szenario I Instrumente und Massnahmen:* Hier wird beschrieben wie die Fortsetzung der aktuellen Energiepolitik bis 2035 mittels der szenarioabhängigen Modellinputs für die Modellrechnungen operationalisiert wird. Tabellen und Figuren mit detaillierteren Informationen zu diesen Modellinputs finden sich im Anhangband.
- *Unterkapitel 5.2 Szenario I Ergebnisse:* Zuerst werden die Ergebnisse der Tendentwicklung und der drei Sensitivitätsvarianten in einer Tabellen zusammengefasst und in einer folgenden Tabelle die relativen Veränderungen der Sensitivitätsvarianten gegenüber der Tendentwicklung dargestellt. Es folgen dann ausgewählte Ergebnisse der Tendentwicklung in kurz kommentierten Tabellen und Figuren. In den nächsten Abschnitten werden interessante Ergebnisse der Sensitivitätsvarianten vorgestellt. Schliesslich werden im Rahmen eines Exkurs die Ergebnisse der Referenzentwicklung mit CO<sub>2</sub>-Abgabe präsentiert. Eine für alle Szenarien und Sensitivitätsvarianten einheitliche Darstellung der Ergebnisse findet sich im Anhangband. Im Kapitel 9 werden die Ergebnisse der verschiedenen Szenarien detailliert miteinander verglichen.

*Kapitel 6 Szenario II Energienachfrage:* Der Aufbau ist analog zum Kapitel 5. Einführend wird auf die Besonderheit dieses Szenarios, die verstärkte Zusammenarbeit aller Akteure und deren wichtigsten Beiträge, eingegangen.

- *Unterkapitel 6.1 Szenario II Instrumente und Massnahmen:* Hier wird die im Kapitel 4 dargestellte Systematisierung der Instrumente und Massnahmen am Beispiel der in Szenario II ergriffenen Massnahmen und eingesetzten Instrumente konkretisiert. Naturgemäß liegt das Schwergewicht auf Freiwilligen Massnahmen und auf dem Einsatz von Fördermitteln. Die Frage nach Doppelzählungen und Mitnahme- und Imitationseffekten wird diskutiert und deren Berücksichtigung in den Modellrechnungen festgelegt.
- *Unterkapitel 6.2 Szenario II Ergebnisse:* Der Aufbau entspricht demjenigen für 5.2 mit Ausnahme, dass der Exkurs zur CO<sub>2</sub>-Abgabe wegfällt. Die ausgewählten Ergebnisse werden da wo sinnvoll mit den Ergebnissen in Szenario I verglichen. Wie für alle anderen Szenarien sind die Ergebnisse in der vorgegebenen Form im Anhangband dokumentiert. Ein Vergleich der Ergebnisse für Szenario II mit den Ergebnissen aller anderen Szenarien ist im Kapitel 9 möglich.

*Kapitel 7 Szenario III Energienachfrage:* Zu Beginn wird das Vorgehen bei den zielorientierten Szenarien III und IV beschrieben. Es folgen die vorgegebenen Ziele und eine Vorstellung der Grundprinzipien und Rahmenbedingungen für Szenario III. Die Einführung schliesst mit einer Diskussion von „best practice“ Potentialen und der Festlegung, wie diese Potentiale im Rahmen der Szenarien III und IV definiert und operationalisiert werden.

- Unterkapitel 7.1 Szenario III Massnahmen: Hier wird die Ausschöpfung der „best practice“ Potentiale im Szenario III vorgestellt.
- Unterkapitel 7.2 Szenario III Ergebnisse: Analog zu 6.2. Die Ergebnisse werden mit denjenigen in Szenario I und/oder Szenario II und gelegentlich mit den „best practice“ Potentialen verglichen. Für die Trendvariante werden die Ergebnisse der Berechnung der anlegbaren Kosten vorgestellt. Die Methode der anlegbaren Kosten ist im Kapitel 2.2.5 beschrieben.
- Unterkapitel 7.3 Szenario III Instrumente: Hier werden die Instrumente vorgestellt, die ergriffen werden müssen, damit die für die (annähernd) Zielerreichung notwendigen Massnahmen durchgeführt werden.

*Kapitel 8 Szenario IV Energienachfrage:* Einführend werden die vorgegebenen Ziele und die Grundprinzipien und Rahmenbedingungen für Szenario IV vorgestellt.

- Unterkapitel 8.1 Szenario IV Massnahmen: Die Ausschöpfung der „best practice“ Potentiale im Szenario IV wird hier vorgestellt. Für Massnahmen, die bereits in Szenario III ergriffen wurden, werden die Annahmen für die zwei Szenarien, insbesondere die verwendeten Diffusionskurven, miteinander verglichen. Die Bedeutung von neuen Technologien, respektive die Reorientierung der Anwendung von neuen Technologien, wird dargestellt.
- Unterkapitel 8.2 Szenario IV Ergebnisse: Analog zu 7.2. Ergänzend dazu werden in den Tabellen 8-11 und 8-12 zur Illustration die Entwicklungen der Energiekennzahlen Wärme und Elektrizität in Bürogebäuden in den verschiedenen Szenarien und Szenariovarianten miteinander verglichen. Interessant sind auch die Entwicklungen der Energieintensitäten in den Figuren 8-17 und 8-18.
- Unterkapitel 8.3 Szenario IV Instrumente: Hier werden die Instrumente vorgestellt, die ergriffen werden müssen, damit die für die (annähernd) Zielerreichung notwendigen Massnahmen durchgeführt werden.

*Kapitel 9 Vergleich der Energienachfrage nach Szenarien:* Hier werden die Ergebnisse der verschiedenen Szenarien, separat für jede Sensitivitätsvariante, in einheitlichen Figuren und Tabellen zusammengefasst und miteinander verglichen. Der Vergleich der verschiedenen Sensitivitätsvarianten für ein gegebenes Szenario findet sich in den entsprechenden Kapiteln 5 (Szenario I) bis 8 (Szenario IV) und systematischer im Anhangband.

*Kapitel 10 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen:* Hier wird versucht in aller Kürze die vorliegende Arbeit kritisch zusammenzufassen. Behandelt werden das Referenzszenario, die Sensitivitätsvarianten und die „Policy“-Szenarien. Die Diskussion der wichtigsten Ergebnisse führt dann direkt zu den Empfehlungen für ergänzende Arbeiten.

*Glossar:* Wichtige aber unübliche Begriffe werden kurz erläutert. Kein vollständiges Glossar. Kein populärwissenschaftlicher Bericht. Es wird angenommen, dass der Leser mit der in diesem Themenbereich üblichen Terminologie vertraut ist. Ebenso wird vorausgesetzt, dass der Leser die Schweizer Szene, Geschichte und die politischen Fragestellungen und die energiewirtschaftlichen Besonderheiten kennt.

*Literatur und Quellenangaben:* Hier findet sich die vollständige Dokumentation zu den im Text erwähnten Verweisen.

*Anhänge:* Ein Teil der Anhänge ist diesem Hauptbericht beigelegt. Die übrigen Anhänge werden in einem Anhangband erscheinen.

#### 1.4 Verdankungen

In erster Linie möchten wir uns beim BFE und dem Projektleiter Herrn Martin Renggli herzlich dafür bedanken, dass CEPE mit der Bearbeitung der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft beauftragt wurde. Im Laufe der rund dreijährigen Dauer der Perspektivarbeiten mussten dann verschiedenste Hemmnisse überwunden und Klippen umfahren werden. Dass es dennoch zu einem Ergebnis geführt hat, zu dem die Autoren dieser Studie stehen können, ist insbesondere dem unermüdlichen Einsatz des Projektleiters Herr Renggli, seinem Stellvertreter Herr Andrist und seinen weiteren Mitarbeitern sowie der kompetenten und geschickten Koordination von Frau Kirchner zu verdanken.

Den Mitgliedern der Arbeitsgruppe Energieperspektiven sei hier für die meistens objektiv geführten Diskussionen gedankt. Das ist keine Selbstverständlichkeit, ging es doch gelegentlich um Entscheide, die den primären Interessen von einzelnen Organisationen widersprachen. Den Mitgliedern der Arbeitsgruppen „Gebäude“ und „Geräte“ ist zu danken für ihr Verständnis von modelltechnischen Gegebenheiten, die es nicht möglich machten, gewisse interessante Modellvorstellungen zu realisieren.

Die Diskussionen mit den Kollegen Sachbearbeiter der übrigen Nachfragesektoren haben bei einigen kniffligen Fragestellungen zu Entscheiden geführt, die sich nachträglich bewährt haben. Die Zusammenarbeit mit Herr Hofer und der Datentransfer vom Haushalt- in den Dienstleistungssektor waren sehr angenehm und effizient. Mit Herrn Baumgartner wurde insbesondere auf der Ebene der Szenariointerpretation und Szenarioausgestaltung zusammengearbeitet.

Die Durchführung der Arbeit in der vorliegenden Qualität war nur dank dem persönlichen Interesse und Engagement von Professor Jochem möglich. Die vom CEPE eingesetzten Eigenmittel waren beträchtlich. Schliesslich verdanken wir unseren CEPE-KollegInnen Martin Jakob, Marcel Wickart, Reinhard Madlener, Silvia Banfi-Frost und Professor Daniel Spreng Inputs und kritische Diskussionen.

## 2 Vorgehen

Die Erarbeitung von Energieperspektiven für die Öffentliche Hnd ist ein komplexer Prozess, in den viele Akteure mit ganz unterschiedlichen Interessen involviert sind. Die mathematischen Rechenmodelle sind dabei das strukturierende Element, das es ermöglicht, Inputs aus verschiedensten Welten in ein kohärentes System einzubetten.

Von Energieperspektiven wird meistens erwartet, dass sie Aussagen sowohl zur absoluten Energienachfrage in einem Referenzszenario, wie auch zu Veränderungen der Energienachfrage bei unterschiedlichen Ausgestaltungen der Energiepolitik („falls-dann“ Aussagen) macht. Die absolute Energienachfrage hängt ganz wesentlich von Annahmen zur zukünftigen Bevölkerungs-, Wirtschafts-, Energiepreis- und Klimaentwicklung ab. Diese sogenannten Rahmenentwicklungen wurden von der Projektleitung vorgegeben (Kapitel 3). Sie orientierten sich grösstenteils an den „offiziellen“ Perspektiven der Bundesverwaltung. Ausgehend von diesen „primären“ Rahmendaten modellierte Ecoplan (Müller und van Nieuwkoop, 2005) die in diesen Rahmen passenden Entwicklungen der sektoralen und aktivitätsspezifischen Beschäftigungszahlen und Wertschöpfungen und Wüst+Partner bestimmten die entsprechenden Energiebezugsflächen. Diese Vorgaben bedeuteten insbesondere, dass aus der Sicht der Energiemodelle die intersektorale strukturelle Entwicklung ebenfalls vorgegeben war. Alle diese Rahmenentwicklungen bleiben normalerweise für alle (politischen) Szenarien unverändert. Angesichts der sehr grossen qualitativen Unterschiede von Szenario IV zu den übrigen Szenarien wurden die intersektoralen strukturellen Entwicklungen für dieses Szenario IV von uns leicht angepasst (Kapitel 8.1). Die Ausgestaltung der intra-sektoralen strukturellen Veränderungen wurde weitgehend den Sektorbearbeitern überlassen.

In der Absicht eine Aussage zum Einfluss dieser Wahl von Rahmenentwicklungen auf die Energienachfrage machen zu können, wurden – im Sinne einer Sensitivitätsbetrachtung – alternative Szenariovarianten gerechnet, wobei leicht veränderte „primäre“ Rahmenentwicklungen für das BIP-Wachstum, für die Energiepreisentwicklung und für die Klimaveränderung (nicht aber für die Bevölkerungsentwicklung!) angenommen wurden (Kapitel 3.2). Der Referenzentwicklung wurden die tiefere BIP-Entwicklung, die tieferen Energiepreise und unveränderte klimatische Bedingungen (konstante durchschnittliche Temperatur) zugeordnet. Insbesondere die Annahmen zu den tiefen Energiepreisen wurden bei verschiedenen Gelegenheiten in Frage gestellt – möglicherweise zu recht, aber kaum kritisiert wurde die Annahme einer unveränderten durchschnittlichen Temperatur, obwohl schon seit einige Jahre vor dem Beginn der Perspektivarbeiten im Jahre 2003 fast jedes Jahr neue Temperaturrekorde gebrochen werden. Um so wertvoller sind die Sensitivitätsrechnungen mit den zusammenfassenden Tabellen zu Beginn der Ergebnis-Kapitel 5.2, 6.2, 7.2 und 8.2 der verschiedenen Szenarien.

Die Definition und Ausgestaltung der „Policy“-Szenarien I-IV erfolgte in einem längeren Prozess unter Einbezug aller in die Perspektivarbeiten involvierten Akteure. Ausgangspunkt waren die wichtigsten Fragestellungen des BFE:

- Wie verändern sich bei einer Fortführung der heutigen Politik (mit und ohne CO<sub>2</sub>-Abgabe) die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen, ab wann übersteigt die Stromnachfrage das Angebot und wie gross wird diese „Versorgungslücke“ bis 2035?
- Was ist mit freiwilligen Massnahmen dank verstärkter Zusammenarbeit aller Akteure möglich?

- Wie verändert sich die Energienachfrage beim systematischen Einsatz der energieeffizientesten Technologien? Welches sind die notwendigen Voraussetzungen und wieweit kann dieses Potential mithilfe von hoheitlichen Massnahmen ausgeschöpft werden?
- Welches sind die Voraussetzungen und welche Massnahmen müssen ergriffen werden, damit sich die Schweiz entsprechend der Strategie des Bundesrates in Richtung einer 2000 Watt Gesellschaft entwickelt?

Diese Vorgaben des BFE wurden von der Projektleitung und der Projektkoordinatorin weiter konkretisiert, die konkretisierten Szenariovorstellungen der Arbeitsgruppe Energieperspektiven vorgestellt, deren Reaktionen und Inputs aufgenommen, von den Sektorbearbeitern auf die verschiedenen Sektoren und Modellwelten umgesetzt, die ersten Modellrechnungen durchgeführt und wiederum der Arbeitsgruppe Energieperspektiven vorgestellt. In solchen Iterationen wurden nacheinander die vier Szenarien entwickelt und die entsprechenden Modellrechnungen durchgeführt. Eine beschränkte Anpassung der zuerst gerechneten Szenarien I und II an neue Gegebenheiten und Erkenntnisse war im Rahmen der „Konsolidierungsrechnungen“ im Sommer/Herbst 2006 möglich. Der einmal festgelegte Charakter und die grundsätzliche Ausgestaltung der Szenarien blieben jedoch unverändert.

Bevor diese vier Szenarien im Folgenden kurz vorgestellt werden – eine detaillierte Beschreibung erfolgt zu Beginn der entsprechenden Kapitel 5 bis 8 – sei noch kurz auf einige grundsätzliche Unterschiede in der Funktion der Szenarien hingewiesen.

Das Szenario I „Weiter wie bisher“, im Folgenden auch mit Referenzszenario bezeichnet, hat die primäre Funktion, eine Entwicklung der Energienachfrage zu simulieren, an der verstärkte Bemühungen für eine effizientere Energienutzung und für eine beschleunigte Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen gemessen werden können. Szenario I ist nicht ein Szenario ohne Effizienzverbesserungen („frozen efficiency“), sondern beinhaltet sowohl autonome wie auch durch hoheitliche Massnahmen induzierte Effizienzverbesserungen, die aber in der vorliegenden Studie nicht explizit ausgewiesen werden<sup>2</sup>. Szenario I hat nicht den Anspruch einer wahrscheinlichsten Prognose für die Energienachfrage in der Schweiz bis 2035. Es ist im Gegenteil - angesichts der absehbaren breiteren Zurkenntnisnahme eines real stattfindenden Klimawandels und einer schwieriger werdenden Versorgung mit fossilen Energie – sehr wahrscheinlich, dass europa- und weltweit in Zukunft „mehr getan wird“ als in einem Szenario „Business as Usual“, wie es Szenario I ist. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Schweiz mitzieht. Offen ist aber, wie die Prioritäten gesetzt werden und mit welcher Intensität diese Aktivitäten umgesetzt werden.

Die Szenarien I und II sind massnahmenorientiert. D.h. dass ausgehend von vorgegebenen Massnahmen die resultierenden Energienachfragen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen und weitere resultierende Größen simuliert und berechnet werden. Die Szenarien III und IV andererseits sind zielorientierte Szenarien. D.h. dass die Energienachfragen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen und andere Größen vorgegeben sind und die Aufgabe der Sektorbearbeiter darin besteht, mit Hilfe der Simulationsmodelle herauszufinden, welche Voraussetzungen notwendig sind und welche Massnahmen ergriffen werden müssen, damit die Ziele erreicht werden.

---

<sup>2</sup> Im Rahmen der jährlichen Ex-Post Analyse wurde in der Vergangenheit versucht, die Wirkung der kürzlich ergriffenen politischen Massnahmen und des autonomen technischen Fortschritts zu quantifizieren (Aebischer und Spreng, 1999/3). Die Basis dazu ist ein Szenario „0“, ohne (die kürzlich ergriffenen) energiepolitische Massnahmen.

### *Szenario I „Weiter wie bisher“*

Fortführung der Energiepolitik in den neunziger Jahren. Das heisst, dass weiterhin die Kantone weitgehend für den Gebäudebereich und der Bund für die Geräte und Fahrzeuge zuständig sind. Langsam übernehmen mehr und mehr Kantone weitere MuKEN-Module (EnDK, 2000; EnDK und EnFK, 2005). Die Anforderungen an den Wärmebedarf der neuen Gebäude werden langsam aber stetig verschärft. Die Umsetzung wird ebenfalls stetig verbessert. Stromsparen in den Dienstleistungsgebäuden wird ebenfalls langsam von mehr und mehr Kantonen thematisiert. Die Empfehlungen 380/4 des SIA (1995, 2005) werden in die kantonalen Gesetzgebungen aufgenommen. Der Bund weitet die energetischen Anforderungen an die neuen Geräte und die Energiedeclaration auf weitere Gerätegruppen aus und verschärft sie in etwa im Gleichschritt mit dem technischen Fortschritt.

Das auf freiwillige Zusammenarbeit bauende Programm EnergieSchweiz wird mit einem nominal konstanten Budget von CHF 45 Mio. pro Jahr weitergeführt. Auch die finanziellen Mittel der Kantone zur Förderung der Energieeffizienz in den Gebäuden und zur Förderung der erneuerbaren Energien werden weiter zur Verfügung stehen – wenn auch in etwas reduziertem Mass.

Generell wird ein autonomer technischer Fortschritt unterstellt, der den spezifischen Energieverbrauch von individuellen Technologien etwa wie in der Vergangenheit um –0.5% pro Jahr reduziert. Intensivere Nutzung, Verbreitung der Geräte, neue Energiedienstleistungen und höhere Technisierung führen aber zu einem stetigen Wachstum der Stromnachfrage.

Dieses Szenario I wird durch eine Variante Ib ergänzt, die sich dadurch unterscheidet, dass ab 2006 eine CO<sub>2</sub>-Abgabe von nominal konstanten 35 CHF/t CO<sub>2</sub> eingeführt wird.

### *Szenario II: „Verstärkte Zusammenarbeit“*

In Szenario II wird das Potential einer grösstenteils auf freiwilliger Basis beruhenden Energiepolitik ausgelotet. Es wird angenommen, dass die verschiedenen Akteure aus den Dienstleistungsbetrieben, aus der Energiewirtschaft und aus Politik und Verwaltung verstärkt zusammenarbeiten mit dem Ziel, die Energienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber der Referenzentwicklung zu senken.

Die hoheitlichen Massnahmen in Szenario I werden nur leicht beschleunigt verschärft. Wie in der Szenariovariante Ib wird von einer CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffen ab 2006, respektive von der langfristig aufrechterhaltenen Drohkulisse einer rückwirkend zu bezahlenden CO<sub>2</sub>-Abgabe für die Teilnehmer an freiwilligen Vereinbarungen, ausgegangen.

Dazu kommen ab 2008 jährliche Geldmittel von je 15 Mio. CHF aus dem Fonds „Klimarappen“ und aus einem analogen Fonds der Elektrizitätswirtschaft. Davon werden im Wärmebereich durchschnittlich rund 1/3 für Massnahmen zur Senkung der Transaktionskosten („weiche“ Massnahmen, inkl. Betriebsoptimierung) und 2/3 für Subventionsprojekte eingesetzt. Im Elektrizitätsbereich sind die Verhältnisse umgekehrt: 2/3 für weiche Massnahmen inkl. Betriebsoptimierung und 1/3 für die Subventionierung von effizienten Neubauten.

### *Szenario III „Neue Prioritäten“*

Ausgangspunkt für Szenario III sind die folgenden Zielvorgaben für die CO<sub>2</sub>-Emissionen und den Endenergieverbrauch pro Person:

- Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber den Emissionen im Jahre 2000 um -10% in 2020 und -20% in 2035,
- Reduktion der Endenergienachfrage pro Person gegenüber der Nachfrage im Jahre 2000 um -20% im Jahre 2035.

Die anvisierte Reduktion der Endenergienachfrage pro Person von -20% bis 2035 ist insbesondere aus der Sicht des Dienstleistungssektors recht ambitioniert, denn im Szenario I nimmt sie um rund +10% zu. Damit die Zielerreichung auch nur annähernd realistisch ist, müssen der Rahmen und das Umfeld, in dem sich das Szenario III abspielt, deutlich anders gesetzt werden als in den Szenarien I und II.

Es wird deshalb vorausgesetzt, dass als Reaktion auf die wachsende Evidenz von negativen Folgen der stetig steigenden Emissionen von Treibhausgasen und Umweltschadstoffen weltweit dem Klimaschutz und der Energieeffizienz eine deutlich höhere Priorität beigemessen wird. Auf internationaler Ebene werden völkerrechtlich verbindliche Ziele vorgegeben. Mittels Abgaben werden die Endenergiepreise stark erhöht. Die gesetzlichen Anforderungen für neue und zu sanierte Gebäude, für Geräte und für energietechnische Anlagen werden (auch) in der Schweiz radikal verschärft mit dem Ziel, dass „best practice“ möglichst schnell zum „Standard“ wird. Ein (kleiner) Teil der Erlöse der Energieabgabe, die in der Schweiz bei über 20 Mia. CHF pro Jahr liegen, werden zur Finanzierung von Umsetzungs- und Anschubprogrammen verwendet.

#### *Szenario IV „Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft“*

Die technische Machbarkeit der 2000-Watt-Gesellschaft wurde bereits an anderer Stelle aufgezeigt (Jochem, 2004). Im Szenario IV geht es darum einen Weg aufzuzeigen, wie diese Richtungsänderung bis 2035 eingeleitet werden kann. Dazu wurden von der Projektleitung die folgenden Ziele gesetzt, die von den Verbrauchersektoren bis 2020 und 2035 erreicht werden sollen:

- Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber den Emissionen im Jahre 2000 um -20% in 2020 und -35% in 2035,
- Reduktion der Endenergienachfrage pro Person<sup>3</sup> gegenüber der Nachfrage im Jahre 2000 um -35% im Jahre 2035.

Folgende Entwicklungen werden vorausgesetzt:

- Auf globaler Ebene rücken Klimaschutz, Energieeffizienz und die Abkehr von fossilen Energien weit nach oben auf der Prioritätenliste.
- Die industrialisierten Länder starten eine eigentliche Technologieoffensive zur beschleunigten Umsetzung von zielführenden Effizienztechnologien und
- angesichts der absehbaren Bedrohungen der Klimaänderung und der unsicheren Versorgung mit fossilen Energien verändern sich gewisse Prioritäten (Investitionskriterien, Präferenzen).

---

<sup>3</sup> Die Herleitung dieser Ziele ist im Exkurs „2000 Watt Gesellschaft“ (Gutzwiller et al., 2007) zum Syntheserichtbericht dokumentiert. Entscheidend ist, dass die ursprüngliche Idee der 2000 Watt Gesellschaft einer Reduktion der Energienachfrage pro Kopf als Ziel vorgegeben wird. Eine Reduktion der 2000 Watt Idee auf 1 Tonne CO<sub>2</sub> pro Kopf, wie von verschiedenen Autoren und Organisationen vertreten und von einigen Kantonen erwogen, ist eine Einschränkung, die nach unserem Verständnis unzulässig ist.

- Die bereits im Szenario II themisierte „verstärkte Zusammenarbeit“ aller für einen Energiewandel relevanten Akteure kommt auf globaler und nationaler Ebene voll zum Tragen.
- Die im Szenario III vorwiegend hoheitlichen Energieprogramme erfahren eine breite Akzeptanz und Unterstützung durch die Privatwirtschaft und die Zivilgesellschaft.

Die Ausschöpfung der “best practice” Potenziale wird in Szenario IV im Wesentlichen mit denselben hoheitlichen Massnahmen und Instrumenten wie in Szenario III angegangen: Energieabgabe, energetische Anforderungen an Gebäude, Geräte und elektro-technische Anlagen, sowie Umsetzungs- und Anschubprogramme. Die hoheitlichen Anforderungen werden aber insbesondere im Elektrizitätsbereich schneller und stärker verschärft. Und infolge des Wertewandels und des „Commitment“ der Wirtschaft und der Zivilgesellschaft werden diese Massnahmen beschleunigt und umfassender umgesetzt. Zusätzlich werden auf breiter Basis Betriebsoptimierungen durchgeführt, welche zusätzliche dauerhafte Effizienzverbesserungen von rund 10% bringen.

Die globale Technologieoffensive mit dem primären Ziel die natürlichen Ressourcen effizienter einzusetzen führt insbesondere durch schnelle Kostendegressionen zur beschleunigten Markteinführung von neuen Effizienztechnologien, aber - mittelfristig wichtiger – vor allem auf einen auf Energieeffizienz orientierten Einsatz der heutigen Technologien.

Erstmals werden im Szenario IV auch die in den übrigen Szenarien gültigen Rahmendaten hinterfragt. Die im Rahmen einer Delphi-Untersuchung als plausibel qualifizierte „Virtualisierung“ der Arbeitswelt wird im Dienstleistungssektor mittels einer Reduktion der durchschnittlichen Energiebezugsfäche pro vollzeitbeschäftigte Person implementiert.

### *Modellierung*

Die Hauptaufgabe der Sektorbearbeiter ist es, diese Szenarien in eine Modellwelt zu übersetzen, um damit für die Szenarien I und II quantitative Aussagen zur resultierenden Energienachfrage, zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen, zu weiteren Größen und möglichst auch zur Wirkung von einzelnen Massnahmen machen zu können. Für die Szenarien III und IV musste mittels der Modelle ein kohärenter und plausibler Massnahmenmix definiert werden, der es erlaubt, die für alle Sektoren zusammengenommen vorgegebenen langfristigen Ziele zu erreichen.

Für diese Art von Fragestellungen ist die Verwendung von technisch-ökonomischen Simulationsmodellen vom Typ „bottom-up“ unbestritten. Es stellt sich einzig die Frage des „bottoms“, respektive der technischen Ebene auf der modelliert wird. Erfolgt die Modellierung auf der Ebene von Geräten und Fahrzeugen oder auf der Ebene von (technischen) Prozessen oder auf der Ebene von Gebäuden oder auf der Ebene eines abstrakten Aggregats?

In den Perspektivarbeiten in den achtziger und neunziger Jahren und auch in der Studie für die Gaswirtschaft (Aebischer et al., 2002) wurden für die Modellierung der Elektrizitätsnachfrage im Dienstleistungssektor zwei komplementäre Modelle eingesetzt: ein Gebäudemodell und ein Gerätmodell. Das Gerätmodell wurde für die Bürogeräte eingesetzt, die zu diesen Zeitpunkten ein Schwerpunktthema der Schweizerischen Energiepolitik waren. Absolut betrachtet trugen die so modellierten Geräte aber weniger als 10% zur Gesamtstromnachfrage des Dienstleistungssektors bei. Eine Ausweitung auf weitere Geräte erwies sich schon wegen kaum existierenden Statistiken zur Anzahl der Geräte, aber noch viel mehr wegen der vielfältigen aber größtenteils unbekannten Nutzung der Geräte als wenig Erfolg versprechend (Aebischer und Spreng, 1994). Kommt dazu, dass sich die Geräte mit einem Lebenszyklus von 3 bis 15 Jahren über dreissig Jahre sehr stark

verändern und von den Nutzern anders eingesetzt werden können und dass wahrscheinlich viele Geräte, die in dreissig Jahren zur Standardausrüstung gehören, heute noch gar nicht auf dem Markt sind. Aus diesen Gründen wurde in der Vorbereitungszeit für die vorliegende Arbeit darauf verzichtet, dem BFE neben dem Gebäudemodell SERVE auch die Verwendung des Gerätemodells anzubieten. Dieser Entscheid führte dann im Laufe der Perspektivarbeiten zu intensiven Diskussionen. Im Rahmen der Arbeitsgruppe Geräte wurde die Frage, ob nachträglich doch ein Gerätemodell eingesetzt werden sollte an mehreren Sitzungen debattiert. Schlusslich wurde darauf verzichtet – nicht zuletzt aus Zeit- und Kostengründen. Wir sind weiterhin der Meinung, dass die Entscheidung, für die Langfristperspektiven das Gerätemodell nicht einzusetzen, richtig war. An dererseits kann die Verwendung eines solchen Modells für kurzfristige Betrachtungen – je nach Fragestellung – durchaus sinnvoll sein.

In den aktuellen Perspektivarbeiten wurde den Sensitivitätsrechnungen eine recht bedeutende Rolle beigemessen. Neben den Trendvarianten werden für alle Szenarien Varianten mit höherem Wirtschaftswachstum, mit höheren Energiepreisen und mit Klimaerwärmung durchgerechnet. Dazu wird SERVE04 um die Module BIP hoch (Kapitel 2.2.1), Preise hoch (Kapitel 2.2.3) und Klima wärmer (Kapitel 2.2.4) ergänzt. Insbesondere für die Variation des BIP und der Preise hatten wir uns überlegt den bottom-up Ansatz durch einen top-down Ansatz zu ergänzen. Für den Dienstleistungssektor sind jedoch die statistischen Grundlagen meistens viel zu schlecht um ökonometrische und andere statistische Methoden anwenden zu können. Dass die bottom-up Ansätze jedoch auch aus der Sicht von top-down Modellen durchaus sinnvolle Ergebnisse liefern können, ist für die Preissensitivität mit den resultierenden Elastizitäten (Figur 5-16) dokumentiert.

Bei der Modellierung der Stromproduktion ist nicht die Entwicklung des Jahresverbrauchs, sondern die Entwicklung der Nachfrage in Momenten von ersten Versorgungsgängen entscheidend. Im Laufe der Perspektivarbeiten hat CEPE die Weiterentwicklung eines Rechenmoduls angeboten, das es erlaubt hätte in Zusammenarbeit mit den anderen Sektorbearbeitern die Entwicklung des Lastverlaufs der Stromnachfrage an typischen Tagen in den vier Jahreszeiten zu quantifizieren. Die Projektkoordinatorin, die Sektorbearbeiter, das BFE und der VSE unterstützten die Idee. Wegen ungenügender Datenlage und/oder mangelnder Kooperationsbereitschaft von individuellen Elektrizitätswerken musste die Idee aufgegeben werden. In der Folge wurde ein ad-hoc Ansatz gewählt, der bereits in den neunziger Jahren eingesetzt wurde.

### *Modellinputs*

Die Modellinputs: Daten und Annahmen können eingeteilt werden in Rahmendaten, in technische und ökonomische Daten zur Beschreibung des Referenzszenarios und in Daten und Annahmen für die übrigen Szenarien, welche den Unterschied zur Referenzentwicklung beschreiben.

Die Rahmendaten (Kapitel 3) sind von der Projektleitung vorgegeben.

Für die Festlegung der Daten zur Beschreibung des Referenzszenarios gingen wir von den Inputs aus, die für die Beschreibung der Referenzentwicklung in einer Studie für die Gaswirtschaft (Jochem/Jakob, 2004) verwendet wurden. Diese orientierten sich ihrerseits am Referenzszenario der Perspektiven aus den neunziger Jahren (Aebischer et al., 1996). Neue Daten und neue Erkenntnisse wurden soweit wie möglich berücksichtigt. Erwähnt seien die Studie von Amstein+Walthert und CEPE zu den 100 Bürogebäuden (Weber, 2002; Weber et al., 1999), die Arbeiten von CEPE und econcept zu den Sanierungen und den Kosten von Effizienzverbesserungen in Wohnbauten

(Jakob et al., 2002; Jakob und Jochem, 2003; Ott et al., 2005), die ersten Erkenntnisse<sup>4</sup> aus der Studie zu den Kosten von Effizienzverbesserungen in Wirtschaftsbauten (Jakob et al., 2005), Evaluationen wie diejenige von Baumgartner et al. (2002), Iten et al. (2004 und 2005) und Schneider et al. (2005), neue Statistiken zum Holzverbrauch und zum Verkauf von Wärmepumpen in der Schweiz. Die Anforderungen an den Heizwärmebedarf und die Entwicklung der Wirkungsgrade der Heizsysteme wurden mit dem Haushaltsektor abgesprochen. Die Daten wurden der Arbeitsgruppe Energieperspektiven vorgestellt und gewisse Inputs im Rahmen der Arbeitsgruppen „Gebäude“ und „Geräte“ vertieft diskutiert. Im Allgemeinen konnte ein Konsens gefunden werden. Die wichtigsten Daten sind im Kapitel 5.1 dokumentiert.

Bei der Festlegung der Daten und Annahmen für die übrigen Szenarien muss unterschieden werden zwischen Szenario II und den Szenarien III und IV. Im ersten Fall ist das Szenario durch zusätzliche und verschärzte Massnahmen charakterisiert. Und die Inputs sind durch die quantifizierte Ausgestaltung der Wirkung dieser neuen Massnahmen bestimmt. Dazu können teilweise theoretische Hilfsmittel, wie die Grenzkostenkurven, oder empirische Beobachtungen bei überdurchschnittlich aktiven Akteuren (Städte, Kantone, Energieversorgungsunternehmen, Wirtschaftsbranchen, Firmen) beigezogen werden. In vielen Fällen mussten jedoch ad-hoc Annahmen getroffen werden, die der Arbeitsgruppe Energieperspektiven vorgestellt und gegebenenfalls überarbeitet wurden. Detaillierte Informationen zu den zusätzlichen Massnahmen in Szenario II und die angenommenen Änderungen bei den wichtigsten Inputs finden sich im Kapitel 6.1.

Für die Szenarien III und IV ist das Ziel vorgegeben. Dieses Ziel kann natürlich auf ganz unterschiedlichen Wegen erreicht werden. Eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen z.B. kann durch den Ersatz von CO<sub>2</sub>-haltigen Brennstoffen durch CO<sub>2</sub>-freie Brennstoffe oder durch solche mit einem reduzierten CO<sub>2</sub> Gehalt erreicht werden. Ein anderer Weg besteht darin, die Wärmennachfrage durch Effizienzverbesserungen soweit zu reduzieren, dass das CO<sub>2</sub> Reduktionsziel mit dem bisherigen Energieträger-Mix erreicht wird. Die Vorgabe einer sehr anspruchsvollen Reduktion der Endenergiennachfrage bedingte, dass für die Szenarien III und IV der zweite Weg gewählt wurde. In mehreren Iterationsschritten wurden dann die zur Zielerreichung notwendigen Veränderungen der Inputdaten eingegrenzt, die dazu passenden Massnahmenverschärfungen und der Instrumenten-Mix festgelegt und schliesslich die Voraussetzungen herauskristallisiert, die für diese politischen Schritte, für die wirtschaftliche Rentabilität und für die gesellschaftliche Akzeptanz als notwendig erachtet werden. Im Kapitel 7.1 sind die resultierenden Inputs für Szenario III dargestellt. Die entsprechenden Informationen für Szenario IV finden sich im Kapitel 8.1.

## 2.1 Energienachfragemodell SERVE04

### 2.1.1 Kurzbeschrieb von SERVE04

Der folgende Beschrieb des Simulationsmodells SERVE04 soll einen qualitativen Einblick geben in die Modellmechanik - ohne im Detail auf die mathematischen Algorithmen einzugehen. Eine umfassende Beschreibung von SERVE04 findet sich im Anhangband zu diesem Schlussbericht. Interessierte Leser finden einen nicht ganz aktuellen, was die Methodik betrifft aber unverändert gültigen Beschrieb in Aebischer et al. (1996, Kapitel 1.2, 4.1 und 4.2). Die Entwicklung des methodischen Ansatzes und offene Fragen werden in Aebischer (1999/2) diskutiert.

---

<sup>4</sup> Die Schlussergebnisse der Untersuchung konnten aus terminlichen und finanziellen Gründen nicht berücksichtigt werden.

SERVE04, das “bottom-up”-Modell des CEPE für die Energienachfrage im Dienstleistungssektor, ist zweigeteilt in den Bereich Wärme und in den Bereich Elektrizität. Überschneidungen und Rückkopplungen dieser beiden Modelle werden berücksichtigt.

Das Modell für die **Wärmennachfrage** (insbesondere Raumwärme) basiert auf dem Ansatz:

$$\text{Energienachfrage}_i = \text{Energiekennzahl}_i * \text{Energiebezugsfläche}_i$$

Die Berechnung erfolgt nacheinander für sechs Dienstleistungsbranchen  $i$  (Handel, Kreditwesen/Versicherung, Gastgewerbe, Unterrichtswesen, Gesundheitswesen, Übrige Dienstleistungen) und für die Landwirtschaft. Die Bezeichnung der Branchen und der Bezug zur Wirtschaftsstatistik (NOGA-Klassifikation) findet sich im Anhang 1.

Als Mengenkomponente dient die Energiebezugsfläche (EBF). Wüest und Partner (2004) berechnen die Entwicklung der EBF von Gebäudetypen wie Bürogebäude, Ladengebäude, Spitäler u. Ä. unter Berücksichtigung der von Ecoplan bestimmten sektoralen Wirtschaftsentwicklung (Müller und van Nieuwkoop, 2005). Diese Gebäudeflächen werden von CEPE mit einem auf Arbeitsplatztypen basierenden Schlüssel den Wirtschaftsbranchen zugeordnet. Diese Energiebezugsflächen der verschiedenen Branchen werden mittels eines Kohortenmodells charakterisiert durch die Bauperiode und den Status bezüglich des Lebenszyklus eines Gebäudes: neu/unsaniert, teil- und vollsaniert. Die Erneuerungsfrequenz und der Anteil der energetisch wirksamen Sanierung wurde den neuen Erkenntnissen von Jakob und Jochem (2003) angepasst.

Die Energiekennzahl ergibt sich aus dem Heizwärmebedarf (Stufe Nutzenergie ohne Umwandlungsverluste), der abhängig ist von der Bauperiode und dem Lebenszyklusstand des Gebäudes, und dem Nutzungsgrad des Heizsystems. Dieser Nutzungsgrad ist seinerseits abhängig vom Energieträger und vom Heizsystem, das seinerseits durch das Installationsjahr charakterisiert ist.

Sieben Energieträger/Heizsysteme werden berücksichtigt. Heizöl extraleicht (HEL), Erdgas (GAS), elektrische Widerstandsheizung (El), Holz, Fernwärme (FW/FERN), elektrische Wärmepumpen (WP) und Sonnenenergie (Sonne).

Der spezifische Heizenergieverbrauch (Energiekennzahl Heizen auf Ebene Endenergie) wird in den sieben Branchen unter Berücksichtigung der folgenden Entwicklungen bestimmt:

1. Veränderungen des Gebäudebestandes werden durch ein Kohortenmodell abgebildet, welches die Anzahl der jährlich neu erstellten, erneuerten und abgebrochenen Objekte festhält und nachführt.
2. Der durchschnittliche Heizwärmebedarf der in einem gegebenen Jahr neu erstellten Gebäude errechnet sich aus den vorgegebenen durchschnittlichen Anforderungen für Neubauten und den ebenfalls vorgegebenen Anteilen der Neubauten, die diese Anforderungen erreichen. Die durchschnittlichen Energieeinsparungen bei einer energetisch wirksamen Sanierung ist ebenfalls vorgegeben.
3. Aus 1. und 2. lässt sich für jede Kohorte der durchschnittliche Heizwärmebedarf bestimmen.
4. Der Bestand und die Altersverteilung der Heizsysteme wird in einem eigenen Kohortenmodell aus der Anzahl neu installierter Heizsysteme in neuen Gebäuden und in bestehenden Gebäuden, wo alte Heizsysteme ersetzt werden, berechnet.

5. Der Nutzungsgrad der neuinstallierten Heizsysteme ist als Zeitreihe vorgegeben. Mit der oben bestimmten Altersverteilung wird daraus der durchschnittliche Nutzungsgrad der verschiedenen Heizsysteme berechnet.
6. Die Anteile der Energieträger werden bestimmt durch ihre Anteile bei den Neubauten und durch die Substitution zwischen Energieträgern bei den bestehenden Bauten.
7. Zusätzlich besteht die Möglichkeit in allen Kohorten gleichermaßen wirksame Verhaltensänderungen der Betreiber und Benutzer, z.B. infolge Energiepreisänderungen oder veränderten Komfortansprüchen, zu unterstellen.

Der spezifische Energieverbrauch für andere Wärmeanwendungen – z.B. Aufbereitung von Warmwasser oder von Prozesswärme für Dienstleistungen wie Kochen, Waschen, Trocknen – wird ähnlich berechnet. Die Potenziale für Effizienzverbesserungen sind deutlich geringer als bei der Raumheizung.

Das Modul für die Berechnung der **Elektrizitätsnachfrage** basiert auf demselben Ansatz:

$$\text{Stromnachfrage}_{ij} = \text{Energiekennzahl Elektrizität}_{ij} * \text{Energiebezugsfläche}_{ij}$$

Unterschiedlich ist die zusätzliche Aufteilung nach Unterbranchen  $j$ . Für die Berechnung des Elektrizitätsnachfrage wird nicht nur - wie für den Wärmebedarf - zwischen Wirtschaftsbranchen  $i$  unterschieden, sondern diese Branchen werden weiter nach Unterbranchen  $j$  aufgeteilt und diese wiederum werden nach so genannten "homogenen Gruppe<sup>5</sup>" noch weiter aufgeteilt. Die Details zur Aufteilung und die im Folgenden verwendete Bezeichnungen finden sich im Anhang 1.

Diese homogenen Gruppen zeichnen sich dadurch aus, dass ihre durchschnittlichen Energiekennzahlen Elektrizität in den siebziger und achtziger Jahren quasi konstant geblieben sind, dass sich aber ihre relative Population verändert hat: die homogenen Gruppen mit der kleinsten Energiekennzahl nahmen generell in allen Branchen an Bedeutung ab; die Gewinner waren die stromintensiven Untergruppen (z.B. moderne Läden von Grossverteilern zu Lasten von "Tante Emma Läden", mittel/hoch technisierte Bürogebäude zu Lasten von wenig technisierten Bürogebäuden). Die Entwicklung der relativen Flächenanteile dieser homogenen Gruppen wird als *intrasektoraler Strukturwandel* bezeichnet.

Auf der dritten Ebene, d.h. für die einzelnen homogenen Gruppen, wird mit der Entwicklung der durchschnittlichen Energiekennzahlen Elektrizität die technische Komponente modelliert. Auf dieser Stufe sind die homogenen Gruppen aufgeteilt nach alten unsanierten, alten sanierten und neu erstellten Gebäuden. Energiepolitische Massnahmen treten im Wesentlichen nur bei der Entwicklung der durchschnittlichen Energiekennzahlen bei den neu erstellten und sanierten Objekten in Erscheinung.

In den Wirtschaftsbranchen, wo keine Aufteilung nach Unterbranchen und homogenen Gruppen möglich war, wird die Auswirkung des intrasektoralen Strukturwandels, der natürlich auch in die-

---

<sup>5</sup> "homogene Gruppen" sind Aggregate von Arbeitsstätten mit vergleichbaren wirtschaftlichen Leistungen und häufig ähnlichen energietechnischen Charakteristiken zur Erbringung dieser wirtschaftlichen Leistung. "Eine homogene Gruppe einer Branche ist charakterisiert durch die Dienstleistung, die sie den Kunden erbringt, und die sie von anderen Untergruppen dieser Branche unterscheidet ... Die Objekte einer solchen Untergruppe haben relativ ähnliche Energiekennzahlen Elektrizität" (Aebischer, 1999/2, S. 74). "Doch das Charakteristische der homogenen Gruppe ist die wirtschaftliche Leistung und nicht die technische Ausrüstung" (Aebischer et al., 1996, S. 8). Beispiele von homogenen Gruppen finden sich im Anhang 1.

sen Branchen stattfindet, mit einem *Koeffizienten d* berechnet. Dieser Koeffizient beschreibt die jährliche Veränderung der durchschnittlichen Energiekennzahl Elektrizität, die infolge des intra-sektoralen Strukturwandels stattfindet. In (Aebischer und Spreng, 1994) wurde der Koeffizient *d* für den DL-Sektor der Stadt Zürich in der Periode 1977-1990 auf etwa 1.5%/Jahr geschätzt.

Um der gegenüber den achtziger Jahren langsameren Wirtschaftsentwicklung Rechnung zu tragen, nehmen wir für die Perspektivrechnungen einen reduzierten internen Strukturwandel an. Die Tрендentwicklung aus den achtziger Jahren für die Flächenanteile und der Wert von 1.5% des Koeffizienten *d* wird für die verschiedenen Branchen teilweise mit dem Verhältnis der jeweils aktuellen Wirtschaftsentwicklung zur Entwicklung in den achtziger Jahren multipliziert. Für die Landwirtschaft gehen wir davon aus, dass die strukturelle Entwicklung unvermindert und unabhängig von der Entwicklung der Wertschöpfung zu einer höheren Elektrizitätsintensität führt.

In SERVE wird als Mengenindikator die Energiebezugsfläche (und nicht die Beschäftigten, die Wertschöpfungen oder andere sektorspezifische Größen für die erbrachten Dienstleistungen) verwendet. Verbraucher, insbesondere Infrastrukturanlagen wie Abwasserreinigungsanlagen oder öffentliche Beleuchtung, die damit nicht erfasst sind, werden mit speziellen Annahmen unter "Weitere" aggregiert berücksichtigt.

Die folgenden Ausführungen zeigen beispielhaft die Anwendung des Modells für die Berechnung der Entwicklung des spezifischen Stromverbrauchs bei Bürogebäuden.

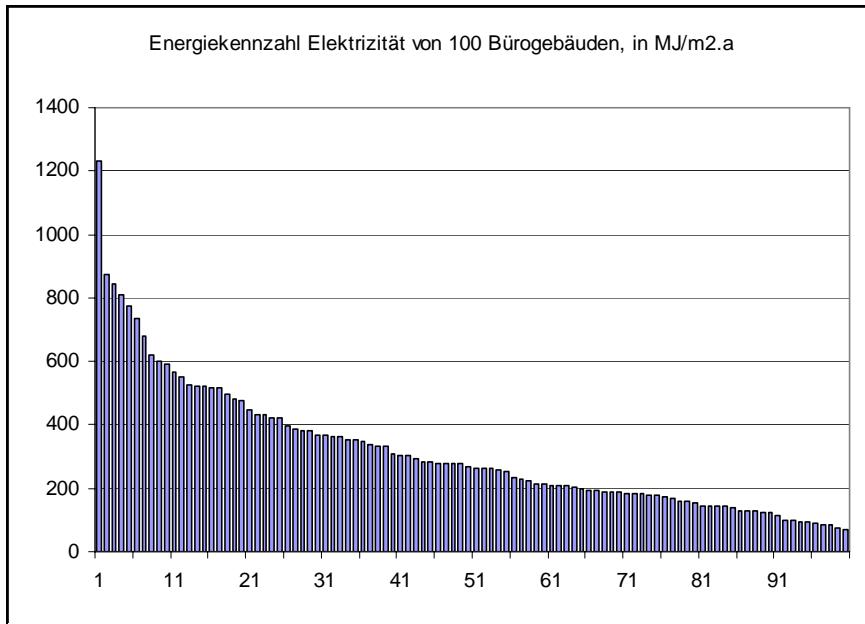
## 2.1.2 Exemplarische Darstellung von SERVE04 an einem Beispiel aus dem Dienstleistungssektor für die Szenarien I und III

### Auswahl des Beispiels

Die Energieeinsparungen im Wärmebereich sind im Dienstleistungssektor recht ähnlich den Energieeinsparungen im Haushaltsektor. Das Charakteristische der Energienachfrage im Dienstleistungssektor ist die stetig steigende Stromnachfrage – insbesondere der Haustechnik. Der Dienstleistungssektor setzt sich aus einer Vielzahl von Gebäudetypen und Aktivitäten zusammen, z.B. Hallenbäder, Migros/COOP-Läden, Spitäler, Schulen, Bürogebäude und viele mehr. Die Bürogebäuden sind mit rund 25% der Energiebezugsfläche die wichtigste Gebäudegruppe. Mit diesen zwei Argumenten wählen wir für die folgende Darstellung der Effizienzverbesserungen in den Szenarien I und III die Bürogebäude mit dem Schwerpunkt Haustechnik (Lüftung/Klima und Beleuchtung).

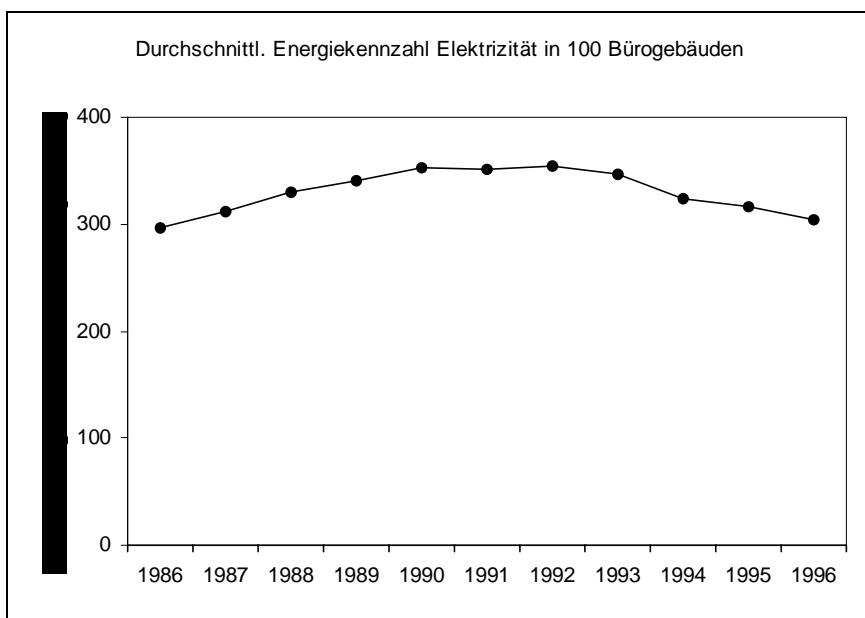
### Energiekennzahlen Elektrizität heute

Die beste Datenbasis für den spezifischen Stromverbrauch von Bürogebäuden liefert die Untersuchung von Amstein+Walther und CEPE von hundert Bürogebäuden (Weber et al., 1999 und Weber, 2002). Die Energiekennzahlen dieser 100 Bürogebäude liegen zwischen 1200 und 70 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr (Figur 2-1) und der ungewichtete Durchschnitt liegt bei 317 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr. Dieser Wert für das Jahr 1996 ist in den meisten Gebäuden über die Periode 1986 – 1996 mehr oder weniger konstant geblieben. Einzig im Banken- und Versicherungsbereich hat sich in dieser Zeit einiges getan, was mehrheitlich auf Ausbau und Outsourcing von Rechenzentren zurückzuführen ist und hier nicht zur Diskussion steht. Die zeitliche Veränderung über alle 100 Gebäude (Figur 2-2) ist im Wesentlichen auf diese Entwicklung im Finanzsektor zurückzuführen.



Quelle: CEPE, Weber, 2002; 100Gebäude\_AW\_work\_E-Gewicht=fff\_2.6.04.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2004\100 Bürogebäude

Figur 2-1 Energiekennzahlen Elektrizität von 100 Bürogebäuden (Quelle: Weber, 2002)



Quelle: CEPE, Weber, 2002, Excel\_Kap2=4=5.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2004\100 Bürogebäude

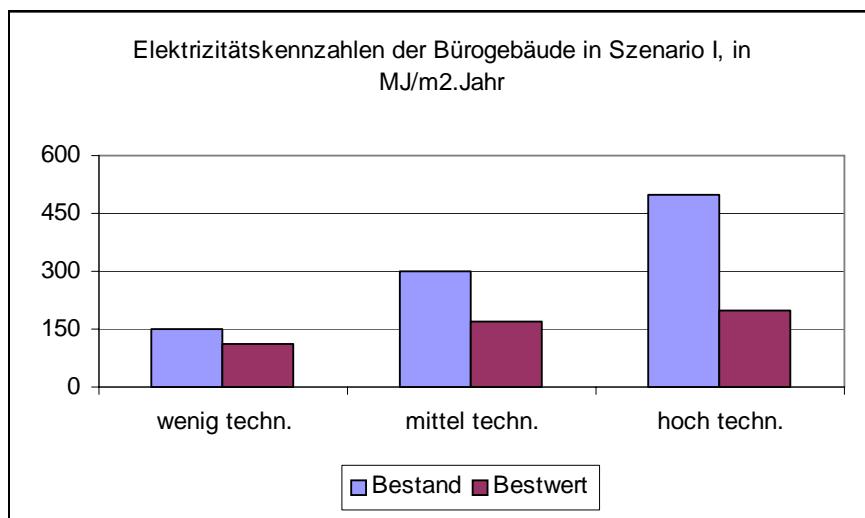
Figur 2-2 Durchschnittliche Energiekennzahl Elektrizität der 100 Bürogebäude 1986-1996, MJ/m<sup>2</sup>.a (Quelle: Weber, 2002)

In SERVE04 sind die Bürogebäude in drei Gruppen eingeteilt: wenig, mittel und hoch technisierte Gebäude. Die durchschnittlichen Energiekennzahlen Elektrizität dieser drei Gebäudetypen liegen heute bei 150, 290, und 470 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr (Figur 2-3) und über alle Objekte liegt die mit der Fläche gemittelte Energiekennzahl Elektrizität bei 260 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr. Der ungewichtete Durch-

schnittswert der 100 Bürogebäude liegt etwas höher, was auf den kleineren Anteil an wenig technisierten Gebäude an diesem Sample von 100 Gebäuden liegt.

### **Effizienzverbesserungen im Szenario I**

Bei der Berechnung der zukünftigen Energienachfrage der Bürogebäude im Szenario I gehen wir von den Bestwerten für die Energiekennzahlen der drei Gebäudetypen aus, wie sie von Amstein+Walthert im Rahmen der Energieperspektiven in den neunziger Jahren (Aebischer et al., 1996) erarbeitet wurden (Figur 2-3). Diese Bestwerte sind mehrheitlich kompatibel mit den Grenzwerten der Empfehlung 380/4 der SIA (1995). In den Berechnungen der Energienachfrage im Szenario I reduzieren sich diese Bestwerte ab dem Jahre 2000 um jährlich -0.5%.



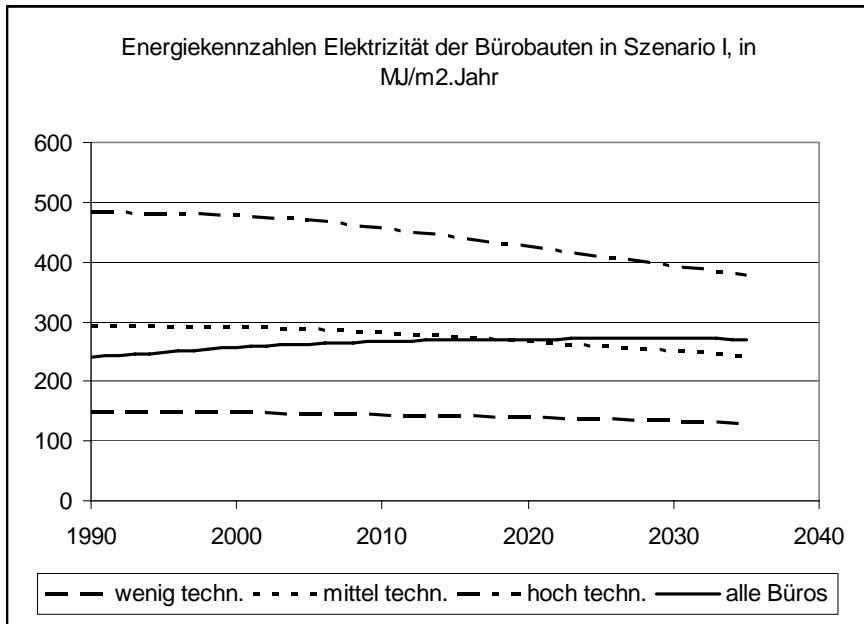
Quelle: Amstein+Walthert, CEPE; Inputs\_Wärme\_25.10.04\_korr\_5-3-06.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2004\Berichte\Dok\_3.11.04\Tabellen+Figuren

Figur 2-3 Energiekennzahl Elektrizität der wenig, mittel und hoch technisierten Bürogebäude im Jahre 1990 (Bestand) und der Grenzwerte für Neubauten im Jahre 2000 (Bestwert)

Rund ein Viertel der Neubauten erreichen im Jahre 2005 diese Bestwerte. Dieser Anteil steigt bis 2020 auf etwas über die Hälfte und erreicht laut Szenarioannahmen 80% im Jahre 2035.

Für die energetisch sanierten Gebäude wird angenommen, dass durchschnittlich die Hälfte der durchschnittlichen Reduktionen in den Neubauten erreicht wird.

Die resultierenden Energiekennzahlen Elektrizität der drei Bürogebäudetypen und aller Bürogebäude zusammengenommen sind in Figur 2-4 zusammengefasst. Trotz einer stetigen Reduktion der Energiekennzahlen der drei Bürogebäudetypen (homogene Gruppen) steigt der Durchschnittswert infolge des schnelleren Wachstums der höher technisierten Gebäude bis 2030 stetig leicht an.



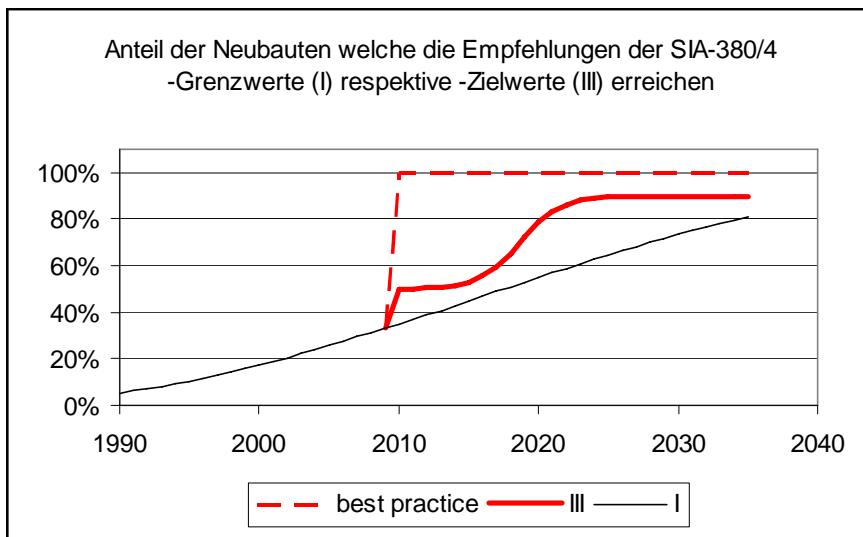
Quelle: CEPE, EKZ\_Strom\_homog-Bürogebäuden.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Berichte\Synthesebericht

Figur 2-4 Resultierende Energiekennzahlen Elektrizität der wenig, mittel und hoch technisierten Bürogebäude im Szenario I und resultierende durchschnittliche Energiekennzahl Elektrizität aller Bürogebäude im Szenario I

### Effizienzverbesserungen im Szenario III

Das Szenario III geht von „best practice“ Potentialen aus. Im Falle der Stromnachfrage von Bürogebäuden ist „best practice“ durch die Zielwerte der neuen Empfehlung 380/4 der SIA (2005) definiert. Diese Zielwerte liegen für die Anwendung „Klima/Lüftung“ um -40% und für die „Beleuchtung“ um -30% unter den Grenzwerten. Für die übrigen Anwendungen (Arbeitshilfen, zentrale Dienste, Haustechnik und Elektrowärme) werden bescheidenere Verbesserungen von -20% angenommen. Über alle Anwendungen gemittelt liegen die Zielwerte für die drei Bürogebäudetypen zwischen -27% und -30% unter den Grenzwerten in Szenario I.

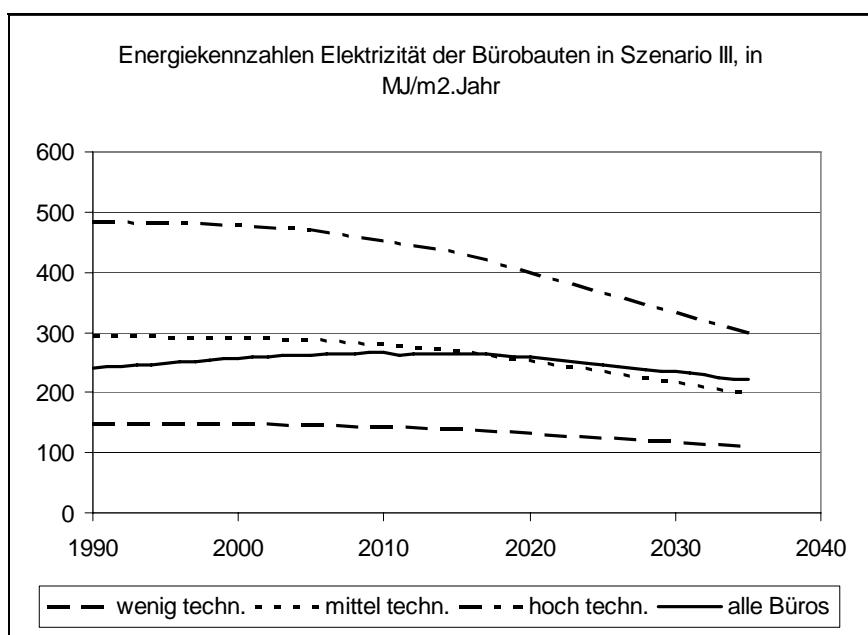
Entscheidend für die zukünftige Elektrizitätsnachfrage ist, wie schnell diese „best practice“ Bürogebäude im Markt Aufnahme finden und ihre Marktanteile steigern können. Für die Neubauten wird angenommen, dass als Ausdruck der neuen Prioritäten bei Investitionsentscheiden und unterstützt durch die Strompreiserhöhung von 50%, die teilweise zur finanziellen Förderung eingesetzt wird, und durch die staatlichen Programmen zur Senkung der Transaktionskosten rund 50% der Neubauten sehr schnell entsprechend diesen Zielwerten gebaut werden. Das ist eine sehr deutliche Verbesserung gegenüber den 30% der Neubauten, die zu diesem Zeitpunkt im Szenario I die weniger anspruchsvollen Grenzwerte erreichen (Figur 2-5). Gegen 2020 nimmt der Anteil der Neubauten, welche die Zielwerte erreichen nochmals deutlich zu und erreicht 15 Jahre nach Beginn dieser neuen Ausrichtung 90%.



Quelle: CEPE, SzIII-inputs\_GC\_31-1-06.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario III

Figur 2-5 Vergleich der Anteile der Neubauten, welche im Szenario I die Grenzwerte der SIA 380/4-Empfehlung erreichen (I) und im Szenario III die Zielwerte der SIA 380/4-Empfehlung erreichen (III)

Für die Sanierungen sind diese sehr anspruchsvollen neuen Zielwerte der SIA im Szenario III noch kaum erreichbar. Aber der Anteil der Sanierungen, welche die Energiekennzahlen der neuen Gebäude im Szenario I erreichen, nimmt nach 2015 beträchtlich von 50% in Szenario I auf 75% in Szenario III zu.



Quelle: CEPE, EKZ\_Strom\_homog-Bürogebäuden.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\Berichte\Synthesebericht

Figur 2-6 Resultierende Energiekennzahlen Elektrizität der wenig, mittel und hoch technisierten Bürogebäude im Szenario III und resultierende durchschnittliche Energiekennzahl Elektrizität aller Bürogebäude im Szenario III

Die resultierenden Energiekennzahlen in Szenario III sind in Figur 2-6 zusammengefasst. Nach 2015 nimmt die durchschnittliche Energiekennzahl aller Bürogebäude langsam aber stetig ab.

In Szenario IV wird „best practice“ noch etwas schneller vom Markt akzeptiert. Um aber die sehr anspruchsvollen Zielvorgaben für Szenario IV erreichen zu können, sind vor allem bei den Sanierungen sehr deutliche zusätzliche Effizienzverbesserungen notwendig.

## **2.2 Module zur Berechnung der Sensitivitäten und der energetischen Wirkung von Energie- und CO<sub>2</sub>-Abgaben**

### **2.2.1 Modul BIP hoch**

In SERVE04 wird die Auswirkung eines höheren BIP auf die Energienachfrage auf zwei Ebenen modelliert:

1. Mengenkomponente: das schnellere Wachstum der EBF, d.h. mehr Neubauten werden mit den entsprechenden Energiekennzahlen für Neubauten gewichtet. Da diese Energiekennzahlen sowohl für Wärme wie für Elektrizität tiefer liegen als die durchschnittlichen Energiekennzahlen nimmt die Energienachfrage weniger schnell zu als die Energiebezugsfläche.
2. Strukturkomponente: die intrasektoralen strukturellen Veränderungen erfolgen etwas schneller, aber - infolge der bei der Erarbeitung des Szenarios I angenommenen weitgehenden (zu 75%) Entkopplung des Strukturwandels von der Wirtschaftsentwicklung – unterproportional zur Zunahme des Wirtschaftswachstums. Diese leicht beschleunigten strukturellen Entwicklungen führen zu einer höheren Stromnachfrage und zu einer ganz leicht tieferen Wärmenachfrage.

### **2.2.2 Modul CO<sub>2</sub>-Abgabe**

Der verwendete Modellansatz ist der gleiche wie der in den Modellarbeiten in den neunziger Jahren (Aebischer et al., 1996; Aebischer/Schwarz, 1998). Für die Quantifizierung der Auswirkung der CO<sub>2</sub>-Abgabe werden die folgenden Reaktionen berücksichtigt:

- Höhere Investitionen in Massnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs von Neubauten und bei Sanierungen,
- Reduktion des Anteils der ölbeheizten Geschossfläche bei Neubauten und verstärkte Substitution von Heizöl extra-leicht durch wenig oder nicht belastete Energieträger sowie
- kurzfristig realisierbare verhaltensbedingte Einsparungen.

### **Höhere Investitionen bei Neubauten und Sanierungen infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe**

Die Reduktion des Wärmebedarfs bei höheren Investitionen wird mithilfe von Kostenkurven für die eingesparte Energie bestimmt. Für die vorliegenden Berechnungen orientierten wir uns an den Kostenkurven, welche von Martin Jakob (2002) für die Mehrfamilienhäuser im Haushaltsektor erarbeitet wurden. Für die Anpassung dieser Kostenkurven an die durchschnittlichen Dienstleistungsgebäude wurde in folgenden Schritten vorgegangen, wobei zwischen Neubauten und Sanierungen unterschieden werden musste.

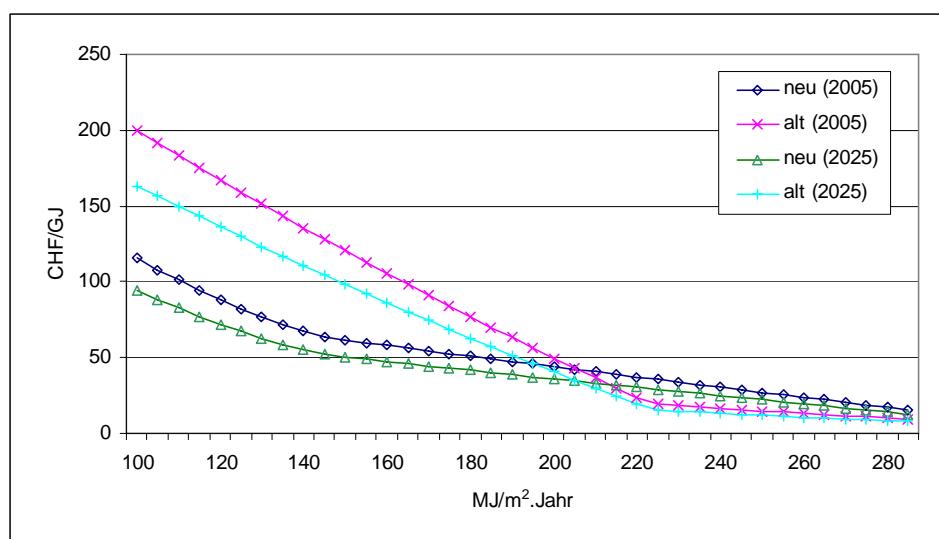
Für Neubauten:

- Angleichung (fit) der Stufenkurve (step function) durch eine glatte Kurve,
- Skalierung auf den durchschnittlichen Wärmebedarf der Neubauten im Jahre 2005,
- Reduktion der spezifischen Investitionskosten um 1% pro Jahr (technischer Fortschritt, Skaleneffekte u.ä.).

Für Sanierungen:

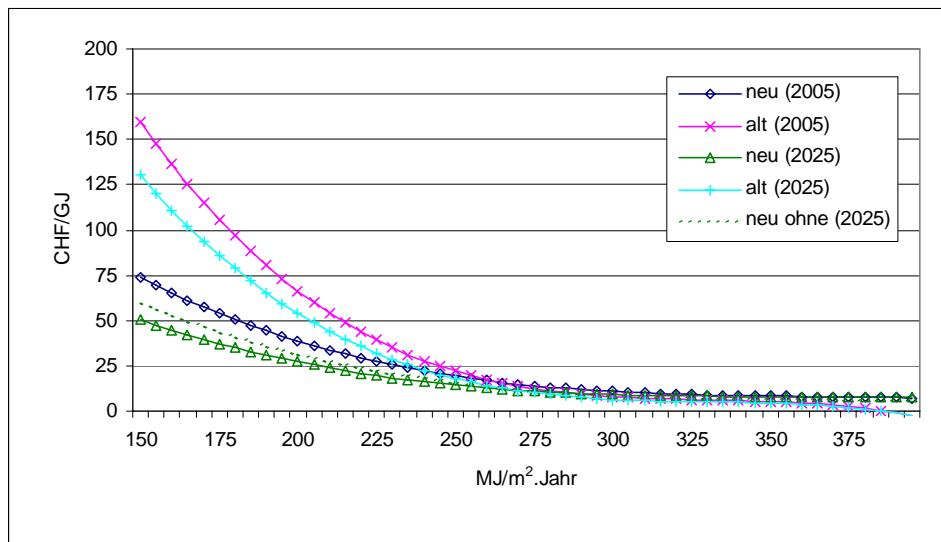
- Angleichung (fit) der Stufenkurve (step function) für die verschiedenen Bauperioden durch eine glatte Kurve,
- Reduktion der spezifischen Investitionskosten für die verschiedenen Baujahre um 1% pro Jahr (technischer Fortschritt, Skaleneffekte u.ä.),
- Gewichtung der Kurven für die verschiedenen Baujahre mit den jährlich sanierten Flächen dieser verschiedenen Bauperioden.

Die so bestimmten Kostenkurven für die durchschnittlichen Neubauten und für die durchschnittlichen Sanierungen in den Jahren 2005 und 2025 liegen für sehr effiziente Neubauten und Sanierungen deutlich unter den in früheren Perspektivarbeiten benützten Kurven (Figuren 2-1 und 2-2). Für die im Referenzzenario relevanten Bereiche ( $\geq 170 \text{ MJ/m}^2\text{Jahr}$  für Neubauten und  $\geq 225 \text{ MJ/m}^2\text{Jahr}$  für Sanierungen) sind die Unterschiede weniger gross. Für höhere Wärmeschutzstandards sind die Grenzkosten weiterhin deutlich steigend, aber im Niveau stark abgesenkt.



Quelle: CEPE, KostenKurven MJ.xls, S:\EXPost\SERVE04\Modell\Working files; Kostenkurven.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Final\_Ia,Ib\_März.05\Bericht\Ib

Figur 2-7 Vergleich der neuen durchschnittlichen Grenzkosten der eingesparten Energie (Wärmebedarf) für Neubauten in den Jahren 2005 (neu(2005)) und 2025 (neu(2025)) mit den in früheren Arbeiten benützten Kurven (alt(2005)) und (alt(2005))



Quelle: CEPE, KostenKurven MJ.xls, S:\EXPost\SERVE04\Modell\Working files; Kostenkurven.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Final\_Ia,Ib\_März.05\Bericht\Ib

Figur 2-8 Vergleich der neuen durchschnittlichen Grenzkosten der eingesparten Energie (Wärmebedarf) für Sanierungen in den Jahren 2005 (neu(2005)) und 2025 (neu(2025)) mit den in früheren Arbeiten benützten Kurven (alt(2005)) und (alt(2005)). Die gestrichelte Kurve (neu\_ohne(2005)) entspricht der Kurve (neu(2025)) vor Gewichtung mit den im Jahre 2025 durchgeführten Sanierungen.

Bei der Bestimmung der Auswirkung der CO<sub>2</sub>-Abgabe auf den durchschnittlichen Wert des Wärmebedarfs der Neubauten und Sanierungen wird nur die Steigung (die erste Ableitung) der Kostenkurve und nicht deren absolute Höhe beachtet. Der hauptsächliche Grund für diese Art der Verwendung der Kostenkurve liegt darin, dass die Kostenkurve auf Schätzungen von "Ingenieurkosten" beruht und Transaktionskosten nicht berücksichtigen. Die Transaktionskosten sind jedoch auf der Ebene aller Gebäude des Dienstleistungssektors ein wesentlicher Faktor, der die Kostenkurve signifikant verschieben kann, dessen Höhe aber unbekannt ist. Aber auch der Entscheidungsträger (Investor) dürfte in erster Linie die Veränderung des Energiepreises wahrnehmen und nicht dessen absolute Höhe.

### Beschleunigte Substitutionen zwischen Energieträgern infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe

Auch hier halten wir uns an den Modell-Ansatz der neunziger Jahre, wobei für die Wirkung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe deutlich kleinere Werte angenommen werden: bei einer Erhöhung der Preise für Erdöl um 100% (und entsprechend dem CO<sub>2</sub>-Gehalt weniger starke Erhöhungen der Preise für die anderen Energieträger) wird in der vorliegenden Arbeit eine Reduktion des Anteils von Heizöl bei den neuerstellten Gebäuden um -11 Prozentpunkte in 25 Jahren angenommen, gegenüber von -18 Prozentpunkten in den neunziger Jahren. Die Anteile von Erdgas an den beheizten Flächen der Neubauten erhöhen sich infolge dieser hypothetischen CO<sub>2</sub>-Abgabe um 8 Prozentpunkte, einen Prozentpunkt mehr als in den neunziger Jahren. Die Bilanz zwischen den Anteilsveränderungen von Heizöl und Erdgas wird den übrigen Energieträgern gutgeschrieben. Die Wirkung der für die Szenariovariante Ib und für Szenario II angenommenen CO<sub>2</sub>-Abgabe mit einer Versteuerung der Preise für Heizöl von rund 20% und Erdgas von rund 10% ist entsprechend geringer. Der Anteil von Heizöl sinkt bis 2035 um 2.5 Prozentpunkte schneller als im Referenzszenario und der Anteil von Erdgas bei den Neubauten nimmt um 1.4 Prozentpunkte zu (Tabelle 2-1).

Relativ betrachtet legen Holz, Fernwärme, Wärmepumpen und Solar mit je 4% am meisten zu (absolut betrachtet sind das aber nur wenige Zentel-Prozentpunkte).

Tabelle 2-1 Anteile der Energieträger/Heizsysteme bei den Neubauten im Referenzszenario ohne (Ia) und mit (Ib) CO<sub>2</sub>-Abgabe.

Baujahr	HEL	Gas	EI.	Holz	Kohle	FW	WP	Solar
I								
2005	38.5%	45.5%	0.5%	6.0%	0.0%	5.0%	3.6%	1.0%
2010	37.0%	45.5%	0.4%	6.3%	0.0%	5.0%	4.6%	1.2%
2015	35.5%	45.5%	0.3%	6.7%	0.0%	5.0%	5.7%	1.3%
2020	34.0%	45.5%	0.2%	7.0%	0.0%	5.0%	6.8%	1.5%
2025	32.7%	45.5%	0.0%	7.3%	0.0%	5.0%	7.9%	1.7%
2030	31.1%	45.5%	0.0%	7.7%	0.0%	5.0%	8.9%	1.8%
2035	29.5%	45.5%	0.0%	8.0%	0.0%	5.0%	10.0%	2.0%
Ib								
2005	38.5%	45.5%	0.5%	6.0%	0.0%	5.0%	3.6%	1.0%
2010	36.4%	45.8%	0.4%	6.5%	0.0%	5.1%	4.7%	1.2%
2015	34.4%	46.0%	0.3%	6.9%	0.0%	5.2%	5.9%	1.4%
2020	32.4%	46.3%	0.2%	7.3%	0.0%	5.2%	7.0%	1.6%
2025	30.7%	46.5%	0.0%	7.7%	0.0%	5.2%	8.2%	1.7%
2030	28.8%	46.7%	0.0%	8.0%	0.0%	5.2%	9.3%	1.9%
2035	27.0%	46.9%	0.0%	8.3%	0.0%	5.2%	10.4%	2.1%

Quelle: CEPE, MA\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

Infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe erfolgt die Substitution von Heizöl bei den existierenden Bauten etwas schneller und zwar - wegen der relativen Verteuerung von Gas - vermehrt durch Wärmepumpen, Holz und Fernwärme. Beim Ersatz der alten elektrischen Widerstandsheizungen kommen ebenfalls vermehrt Wärmepumpen zum Einsatz (detaillierten Inputdaten finden sich in den Tabellen A3-1 bis A3-3 im Anhang 3).

### Kurzfristig wirksame Verhaltensänderungen infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe

Kurzfristig ist es möglich, Einsparungen zu realisieren, die nicht an den Lebenszyklus des Gebäudes (und des Heizsystems oder von Baukomponenten) gekoppelt sind. Es sind in erster Linie verhaltensbedingte Einsparungen und Einsparungen durch Optimierung des Betriebs. Im Bereich der Raumwärme gibt es hier insbesondere für die Übergangszeit zu Beginn und am Ende der Heizperiode ein signifikantes Sparpotenzial. Die Faustregel -1 °C Innentemperatur = -6% Energiebedarf ist immer noch gültig. Über die heutige durchschnittliche Innentemperatur in der Schweiz und eventuelle Veränderungen als Antwort auf die kürzlich erfolgten Ölpreisseigerungen ist wenig bekannt. Eine Untersuchung von 20 nach dem Jahre 2000 in Betrieb genommenen Lüftungs- und Klimaanlagen in Bürogebäuden im Kanton Zürich ergibt für die belüfteten/klimatisierten Räume einen Mittelwert für die Raumtemperatur im Winter von 23 °C (Schadegg und Baggi, 2006).

Für die Quantifizierung der Einsparungen unterscheiden wir zwischen den Perioden mit steigender Energieabgabe und Perioden, wo die Abgabe konstant ist oder abnimmt. Bei stetig steigenden Abgaben gehen wir davon aus, dass bei einer Abgabe von 50% (100%) des Preises von

Heizöl extra-leicht Einsparungen von -3.8% (-7.5%) gemacht würden. Wenn der Preis nicht weiter steigt, fallen die Einsparungen auf die Hälfte: -1.9% (-3.8%) Einsparungen bei 50% (100%) Preiserhöhung. Bei konstanten oder sogar – relativ zu den Energiepreisen ohne Abgabe – sinkenden Abgabenhöhe, reduzieren sich die Einsparungen um 50% pro Jahr. Der Hintergrund dieser verhaltensbedingten Änderungen ist die Rückkehr zu alten Gewohnheiten, wie sie auch seit 1980 beobachtet wurden.

### 2.2.3 Modul Preise hoch

Für die Wärmenachfrage wird die energetische Auswirkung dieser höheren Preise analog zum Vorgehen für die Quantifizierung der energetischen Auswirkung der CO<sub>2</sub>-Abgabe berechnet:

- höhere Investitionen bei Neubauten und Sanierungen reduzieren den Wärmebedarf und
- die Substitution zwischen Energieträgern/Heizsystemen wird beschleunigt.

Als einzige Ausnahme zum methodischen Vorgehen bei der CO<sub>2</sub>-Abgabe wird keine kurzfristig wirksame Verhaltensänderung angenommen. Dazu fehlt die bei der CO<sub>2</sub>-Abgabe unterstellte Informations- und Motivationskampagne.

Die beschleunigte Substitution zwischen Energieträgern / Heizsystemen wird wie für die CO<sub>2</sub>-Abgabe mittels der Wirkung einer hypothetischen Verteuerung von Heizöl um 100% und von Erdgas um rund 60% berechnet. Bei den in Tabelle 2-2 gezeigten Verteuerungen der Energieträger ergeben sich die in Tabelle 2-3 gezeigten Marktanteile bei Neubauten.

Tabelle 2-2 Veränderung der Energiepreise in der Variante Preise\_hoch relativ zu den Preisen in der Variante Trend

	<b>2006</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>
<b>HEL</b>	44%	45%	45%	45%	45%	45%	35%
<b>Gas</b>	24%	28%	29%	29%	29%	29%	24%
<b>EI.</b>	0%	0%	1%	1%	2%	3%	3%
<b>Holz</b>	0%	0%	1%	1%	2%	2%	3%
<b>FW</b>	16%	17%	17%	17%	17%	17%	14%

Quelle: Prognos\_6.4.05, CEPE\_14.6.05, Energiepreise\_Preise\_hoch\_1.8.05.xls in  
H:\Cope\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Sensitivität\_1a

Tabelle 2-3 Anteile der Energieträger/Heizsysteme bei den Neubauten im Referenzszenario I und in der Variante I Preise hoch

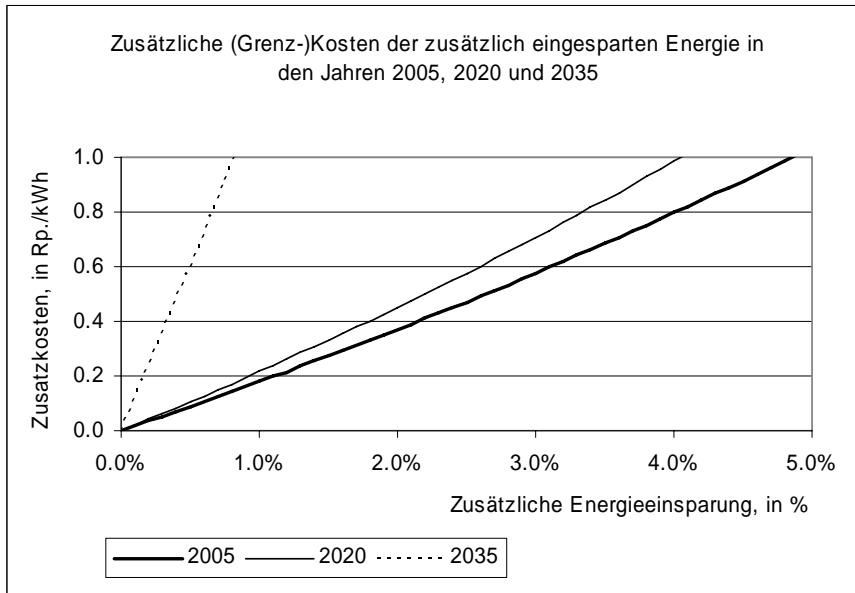
Baujahr I	HEL	Gas	EI.	Holz	Kohle	FW	WP	Solar
2005	38.5%	45.5%	0.5%	6.0%	0.0%	5.0%	3.6%	1.0%
2010	37.0%	45.5%	0.4%	6.3%	0.0%	5.0%	4.6%	1.2%
2015	35.5%	45.5%	0.3%	6.7%	0.0%	5.0%	5.7%	1.3%
2020	34.0%	45.5%	0.2%	7.0%	0.0%	5.0%	6.8%	1.5%
2025	32.7%	45.5%	0.0%	7.3%	0.0%	5.0%	7.9%	1.7%
2030	31.1%	45.5%	0.0%	7.7%	0.0%	5.0%	8.9%	1.8%
2035	29.5%	45.5%	0.0%	8.0%	0.0%	5.0%	10.0%	2.0%
<b>I_Preise_hoch</b>								
2005	38.5%	45.5%	0.5%	6.0%	0.0%	5.0%	3.6%	1.0%
2010	35.6%	45.5%	0.4%	7.0%	0.0%	5.0%	5.1%	1.3%
2015	32.8%	45.5%	0.3%	7.9%	0.0%	5.1%	6.8%	1.6%
2020	30.1%	45.5%	0.2%	8.7%	0.0%	5.1%	8.5%	1.9%
2025	27.6%	45.5%	0.0%	9.5%	0.0%	5.2%	10.1%	2.2%
2030	25.1%	45.5%	0.0%	10.1%	0.0%	5.2%	11.7%	2.4%
2035	22.8%	45.5%	0.0%	10.6%	0.0%	5.2%	13.3%	2.7%

Quelle: CEPE, MA\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

Auch bei der Festlegung der Auswirkung von höheren Preisen auf die Substitutionsbewegungen bei existierenden Bauten gehen wir analog zum Vorgehen bei der CO<sub>2</sub>-Abgabe vor. Bei den in Tabelle 2-2 gezeigten Preisveränderungen erhöht sich die pro Jahr durch andere Energieträger/Heizsysteme ersetzte Erdölbeheizte Fläche von 1.2%/Jahr auf 1.45%/Jahr. Und der Anteil von Erdgas sinkt von knapp 60% im Jahre 2005 auf 50% in 2035, d.h. um etwa 5 Prozentpunkte schneller als bei den tieferen Preisen im Referenzszenario (Tabellen A5-5 und A5-6). Dieser Rückgang von Erdgas wird durch vermehrten Einsatz von elektrischen Wärmepumpen und Holz mit je +2 Prozentpunkten und Sonnenenergie und ohmschen Elektroheizungen (je +0.5 Prozentpunkte) kompensiert. Diese kleinen absoluten Veränderungen von wenigen Prozentpunkten bedeuten bezogen auf die Nachfrage dieser Energieträger im Referenzszenario im Jahre 2035 sehr deutliche Gewinne für Holz mit +8%, für Wärmepumpen +20% und für Solarwärme +50%.

Die Wirkung der höheren Strompreise auf die Elektrizitätsnachfrage (ohne Raumheizung und Warmwasser) wird ähnlich wie bei der Wärmennachfrage mittels Kostenkurven für die eingesparte Energie bestimmt. Wir gehen von den in den neunziger Jahren zusammen mit Amstein und Walther erarbeiteten Kurven aus (Aebischer/Schwarz, 1998, Anhang 4) und passen sie bezüglich der Referenzentwicklung dem Szenario I an. Die zusätzlichen Kosten für verstärkte Einsparmassnahmen gegenüber der Entwicklung im Szenario I (respektive die erwarteten zusätzlichen Einsparungen bei höheren Elektrizitätspreisen) in den Jahren 2005, 2020 und 2035 sind aus Figur 2-9 ersichtlich. Sie sind im Jahre 2035, wo über 80% der neuen Gebäude die Bestwerte erreichen und damit durchschnittlich rund 33% effizienter als heutige durchschnittliche Gebäude sind, relativ steil<sup>6</sup> – trotz unterstellter Steigerung der Effektivität der Massnahmen um 1%/Jahr und Kostenreduktionen der eingesparten Energie um 2%/Jahr.

<sup>6</sup> Es kann erwartet werden, dass die bei Jakob et al. (2005) in Bearbeitung stehenden Grenzkostenkurven insbesondere für neue Gebäude flacher ausfallen werden



Quelle: CEPE, KostenKurvenEL\_1.8.05.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Sensitivität\_Ia und KostenKurvenEL.xls in S:\EXPost\SERVE04\Modell\SERVE04\V04,SzIa,DEF.4,hochPreis\input

Figur 2-9 Durchschnittliche Grenzkosten der zusätzlichen Elektrizitätseinsparungen bei neuen Gebäuden in den Jahren 2005, 2020 und 2035. (Siehe auch Figur A5-5 im Anhang 5)

Die aggregierten Preiselastizitäten, die sich aus diesen vielen Annahmen ergeben liegen für die Wärme- und für die Elektrizitätsnachfrage für die ganze Periode von 2015 bis 2035 zwischen -0.1 und -0.3 (Figur 5-16).

## 2.2.4 Modul Klima wärmer

Zur Berechnung der Auswirkung dieser veränderten Witterungsdaten auf die Wärmeenergiennachfrage benutzen wir die von Peter Hofer (Prognos) berechneten Korrekturfaktoren basierend auf Gradtagen<sup>7</sup> und Strahlungswerten (Hofer, 2005, 2005/2). Die verwendete Methode ist identisch mit der Korrektur auf eine durchschnittliche Witterung der in der Vergangenheit beobachteten Energienachfragen bei variablen Witterungsbedingungen (Hofer, 2004). Hofer liefert Korrekturfaktoren für 12 Gebäudetypen. Die für den Dienstleistungssektor verwendete Zuordnung dieser Gebäudetypen auf die Wirtschaftsbranchen ist aus Tabelle 2-4 ersichtlich.

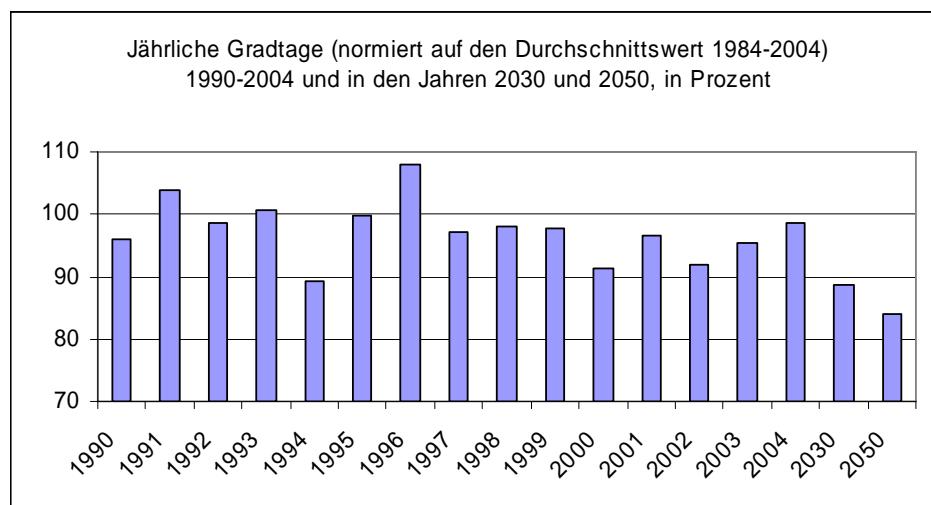
<sup>7</sup> Die Gradstage ergeben sich als Summe der Differenzen zwischen der mittleren Raumtemperatur ( $20^{\circ}\text{C}$ ) und der mittleren Außentemperatur an allen Kalendertagen (mit  $T < 20^{\circ}\text{C}$ )

Tabelle 2-4 Zuordnung der Gebäudetypen zu den Wirtschaftsbranchen des Dienstleistungssektors

Branche	MFH	EFH	Verwaltung	Schulen	Verkauf	Restaurant	Versammlungslokale	Spital	Industrie	Lager	Sport	Hallenbad
100	0%	0%	19%	0%	74%	0%	0%	0%	0%	7%	0%	0%
200	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
300	72%	0%	0%	0%	0%	28%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
400	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
500	47%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	53%	0%	0%	0%	0%
600	25%	0%	51%	0%	0%	0%	14%	0%	0%	0%	5%	5%
700	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Quelle: CEPE, Sz.Klima\_Wärme\_29.6.05.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Sensitivität\_Ia\Klimaerwärmung

Die Zunahme der durchschnittlichen Tagestemperatur um 1 °C in den Monaten September bis Mai und um 2 °C in den Monaten Juni bis August führt zu einer Reduktion der durchschnittlichen Gradtagen von rund 11%, vergleichbar mit den sehr warmen Wintermonaten im Jahre 1994 (Figur 2-10). Aus dieser Figur ist auch die Häufung der – im Vergleich zum Durchschnitt der Periode 1984-2004 - warmen Jahre seit 1990 ersichtlich.



Quelle: Prognos, CEPE, Copy of Bereinigungsfaktoren.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Sensitivität\_Ia\Klimaerwärmung

Figur 2-10 Jährliche Gradtagen – normiert auf den Durchschnittswert der Periode 1984-2004 – in den Jahren 1990 bis 2004 und in der Variante „Klima\_wärmer“ für die Jahre 2030 und 2050 erwartete Werte (in Prozent der durchschnittlichen Gradtagen 1984-2004)

#### *Elektrizitätsnachfrage für Raumkühlung in der Variante Klima\_wärmer*

Bevor wir der Frage nachgehen können, wie stark sich die Elektrizitätsnachfrage für die Raumkühlung bei einer Zunahme der durchschnittlichen Temperatur und der Strahlung verändert, schätzen wir in einem ersten Schritt den Stromverbrauch für die Raumkühlung in der Referenz-

entwicklung I ab. Dazu müssen Annahmen<sup>8</sup> zur gekühlten (klimatisierten) Fläche und zum spezifischen Stromverbrauch für die Kühlung im Dienstleistungssektor getroffen werden.

Für die Abschätzung der gekühlten Flächen orientieren wir uns an den homogenen Gruppen und postulieren, dass die „hochtechnisierten Flächen“ tendenziell vollklimatisiert und die „mitteltechnisierten Flächen“ tendenziell teilklimatisiert sind. Die resultierenden Anteile der teil- und vollklimatisierten Flächen von heute je rund 20% an der gesamten Energiebezugsfläche dürfte – auch im Vergleich mit Schätzungen für andere europäische Länder (Adnot, 2003) – plausibel sein. Für die Büroflächen sind die Anteile der klimatisierten Flächen deutlich kleiner als in 100 Bürogebäuden, wo um 1990 24% der Gebäude (40% der Fläche) voll klimatisiert, 28% der Gebäude (32% der EBF) teilklimatisiert und die übrigen 48% der Gebäude (28% der EBF) nicht klimatisiert waren (Aebischer, 2005). Für die gesamte Bürofläche im Dienstleistungssektor rechnen wir mit deutlich tieferen Anteilen, weil ein (unbekannter aber sicher signifikanter) Anteil der Büroarbeitsflächen nicht in Bürogebäuden liegt, sondern z.B. in Wohnbauten.

Tabelle 2-5 Anteile der Energiebezugsflächen (EBF) von verschiedenen Gebäudetypen und Wirtschaftsbranchen, die nicht, teil- und voll klimatisiert werden.

	<b>2000</b> EBF	<b>2005</b> EBF	<b>2015</b> EBF	<b>2025</b> EBF	<b>2035</b> 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>Gastgew.</b>					
nicht klim.	59%	55%	47%	39%	32%
teil-klim.	30%	34%	40%	45%	51%
voll-klim.	10%	11%	13%	15%	17%
<b>Schulen</b>					
nicht klim.	90%	89%	86%	83%	81%
teil-klim.	6%	7%	9%	11%	13%
voll-klim.	4%	4%	5%	6%	6%
<b>Gesundh.</b>					
nicht klim.	65%	64%	62%	60%	58%
teil-klim.	32%	33%	34%	35%	36%
voll-klim.	3%	3%	4%	5%	6%
<b>Übrige</b>					
nicht klim.	50%	50%	50%	50%	50%
teil-klim.	25%	25%	25%	25%	25%
voll-klim.	25%	25%	25%	25%	25%
<b>DL-Sektor</b>					
nicht klim.	61%	59%	54%	49%	44%
teil-klim.	20%	22%	25%	27%	30%
voll-klim.	19%	19%	21%	23%	25%

Quelle: CEPE/Amstein+Walthert, CEPE, EBF\_Tech\_Grad\_24.6.05.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\CLIM\15-6-05-\mit Banken

<sup>8</sup> Es gibt keine für den gesamten Dienstleistungssektor repräsentativen Daten zur klimatisierten Fläche, zur installierten Kühlleistung oder zum Stromverbrauch für die Kühlung.

Für den spezifischen Stromverbrauch für die Kühlung (inkl. Kälteproduktion, Be-/Entfeuchtung und Verteilung/Transport der Kälte) von Bürogebäuden basieren wir uns auf die erwähnten 100 Bürogebäude. Eine Spezialauswertung (Aebischer, 2005) hat die folgenden Werte ergeben:

- 23 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr (6.3 kWh/m<sup>2</sup>.Jahr) für teilklimatisierte Bürogebäude,
- 96 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr (26.7 kWh/m<sup>2</sup>.Jahr) für vollklimatisierte Bürogebäude.

Diese Werte stimmen gut mit Simulationsrechnungen (Adnot et al., 2003) für Bürogebäuden unter vergleichbaren klimatischen Bedingungen überein (Figur 2-12). Wie für die anderen Technologien gehen wir von einer „autonomen“ jährlichen Reduktion des spezifischen Stromverbrauchs von -0.5%/Jahr aus.

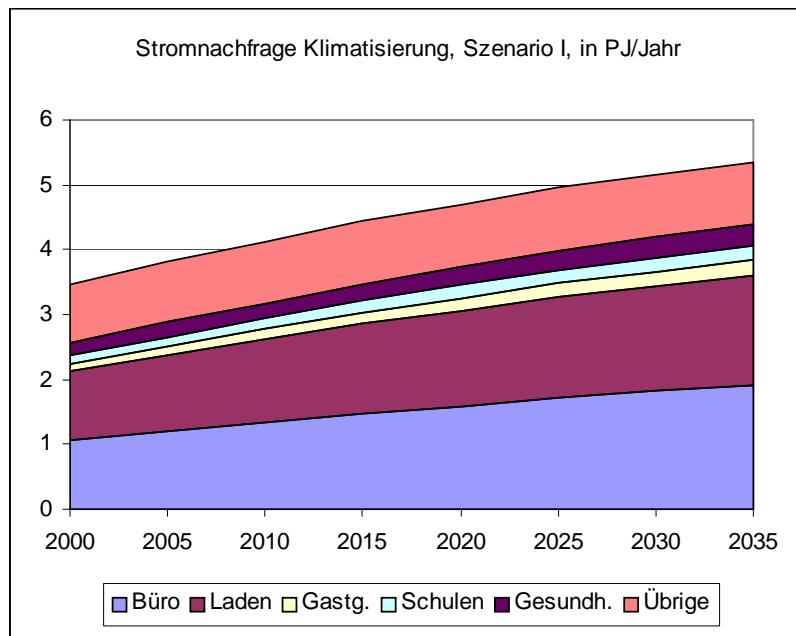
Für die Festlegung des spezifischen Stromverbrauchs in den übrigen Gebäudetypen/Wirtschaftsbranchen verwenden wir die Simulationsrechnungen von Adnot (2003), welche die folgenden relativen (zu den Bürogebäuden) Werte liefern: Handel = 129%, Gastgewerbe = 68%, Schulen = 100%, Gesundheitswesen = 116%, Übrige Branchen = 100%.

Mit diesen Annahmen ergibt sich der Stromverbrauch im Szenario I\_Trend für die Raumkühlung in Tabelle 2-6 und Figur 2-11.

Tabelle 2-6 Stromnachfrage für die Raumkühlung (Kälteproduktion, Be-/Entfeuchtung, Kälteverteilung) in den Dienstleistungsgebäuden im Szenario I\_Trend.

	TJ/Jahr	TJ/Jahr	TJ/Jahr	TJ/Jahr	TJ/Jahr
	2000	2005	2015	2025	2035
Büro	1062	1196	1465	1714	1922
Laden	1055	1173	1387	1561	1691
Gastg.	133	149	179	204	225
Schulen	116	138	181	214	238
Gesundh.	198	222	262	297	326
Übrige	900	937	963	968	953
DL+LWT	3463	3815	4437	4957	5356

Quelle: CEPE, Strom\_Klima\_Ia\_Klima\_Wärmer.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\CLIM\15-6-05\mit\_Banken\_tf=-0.5%Jahr



Quelle: CEPE, Strom\_Klima\_Refenz.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\CLIM\15-6-05-\mit\_Banken\_tf=-0.5%Jahr

Figur 2-11 Stromnachfrage für die Raumkühlung (Kälteproduktion, Be-/Entfeuchtung, Kälteverteilung) in den Dienstleistungsgebäuden im Szenario I\_Trend

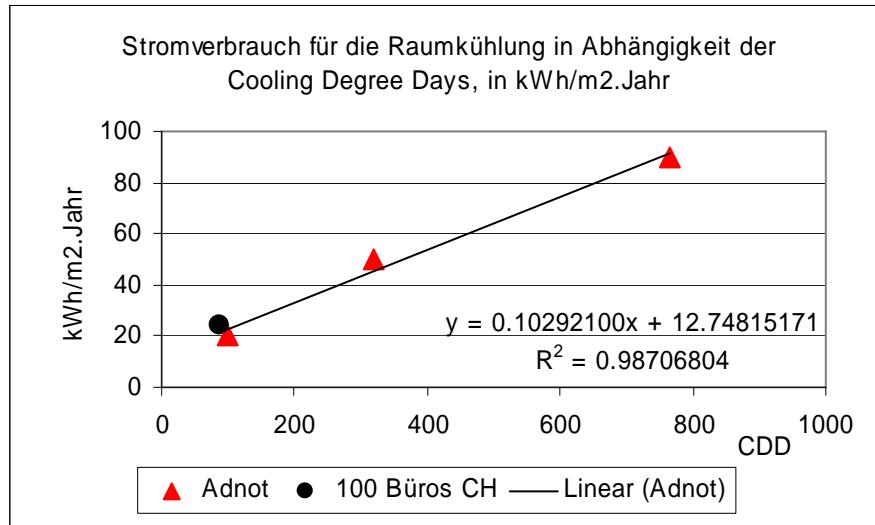
Der Anteil dieses berechneten Stromverbrauchs für die Raumkühlung am gesamten Stromverbrauch beträgt im Jahre 2000 5.9% und im Jahre 2035 6.5%. Bezogen auf den Stromverbrauch für Klima und Lüftung nach SIA 380/4 sind es 24% in 2000 und 26% in 2035.

Zur Abschätzung des Stromverbrauchs für Raumkühlung in der Variante „Klima\_wärmer“ sind zwei Faktoren zu berücksichtigen:

1. höherer spezifischer Stromverbrauch infolge der höheren durchschnittlichen Temperatur und
2. schnelleres Wachstum der teil- und vollklimatisierten Flächen.

Die Anpassung (Fit) der von Adnot (2003) simulierten spezifischen Verbrauchswerte für die Kühlung von Bürogebäuden in London, Mailand und Sevilla an die Cooling Degree Days<sup>9</sup> (CDD) - für unsere Studie von Henderson (2005) berechnet - ergibt eine sehr gute lineare Abhängigkeit: Stromverbrauch = 0.1029 \* CDD + 12.7481. Der empirische Verbrauchswert für die 100 Bürogebäude in der Schweiz liegt ebenfalls sehr nahe dieser Gerade (Figur 2-12).

<sup>9</sup> Cooling Degree Days (CDD) entsprechend der in den USA gängigen Definition mit einer Basistemperatur von 65 °F (=18.3 °C).



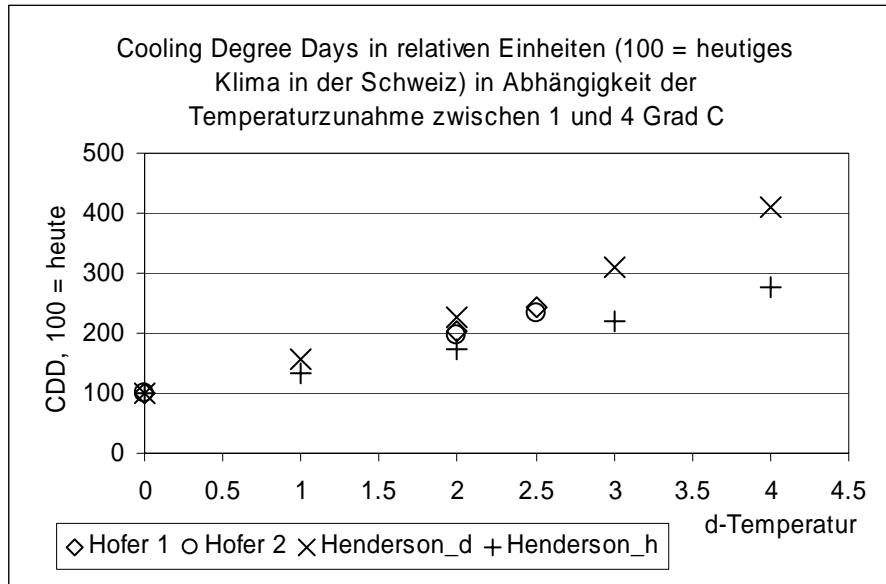
Quelle: Adnot, Henderson, CEPE, Henderson.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\CLIM\henderson

Figur 2-12 Stromverbrauch für Raumkühlung, in  $\text{kWh}/\text{m}^2\text{Jahr}$ , von Bürogebäuden in London, Mailand und Sevilla (= Adnot) in Abhängigkeit der Cooling Degree Days an diesen drei Orten. Zum Vergleich ebenfalls eingezeichnet ist der empirische Verbrauchswert für vollklimatisierte Büros in der Schweiz (100 Büros CH).

Diese lineare Abhängigkeit wenden wir an für die Bestimmung des Strommehrverbrauchs in der Variante Klima\_wärmer. Die Berechnung der Cooling Degree Days bei einer Temperaturerhöhung von  $+1^\circ\text{C}$  in den Monaten September bis Mai und  $+2^\circ\text{C}$  in den Monaten Juni bis August kann je nach Berechnungsart zu verschiedenen Resultaten führen (Figur 2-13). Wir verwenden für 2035 den Durchschnittswert der zwei von Hofer (2005/3) berechneten Werte: Zunahme der CDD zwischen heute und 2035 von 199%. Mit der obigen Formel ergibt sich eine Zunahme des spezifischen Strommehrverbrauchs infolge Temperaturerhöhung im Jahre 2035 von 46%. Die Zunahme des spezifischen Verbrauchs – relativ zur Variante I\_Trend - bestimmen wir mittels einer linearen Interpolation zwischen 0 im Jahre 2005 und 46% im Jahre 2035.

Für den zweiten Faktor, das beschleunigte Wachstum der teil- und vollklimatisierten Flächen, machen wir die ad-hoc Annahmen, dass bis 2035 die Hälfte der in der Variante I\_Trend im Jahre 2035 nicht klimatisierten Fläche teilklimatisiert und die Hälfte der nur teilklimatisierten Flächen vollklimatisiert werden<sup>10</sup>. Im Anhangband findet sich das Ergebnis einer Maximalvariante, wo die gesamte Fläche des Dienstleistungssektors klimatisiert wird. Die hier dargelegte Methodik wurde von CEPE weiterentwickelt und auf die unterschiedlichen europäischen Klimaregionen angewendet (Aebischer et al., 2006/2).

<sup>10</sup> Diese Annahme wurde in Absprache mit der Prognos AG getroffen, welche die Perspektivarbeiten koordiniert. Sie ist vertretbar unter der unterstellten Annahme, dass es sich bei der Variante „Klima\_wärmer“ um eine stetige zeitlich gleichmäßig verteilte Temperaturerhöhung handelt und dass in den nächsten Jahren kein zweiter oder sogar dritter „Sommer 2003“ eintritt. Wir sind der Meinung, dass eine Häufung von Hitzeperioden - auch wenn sie nur 1-2 Wochen dauern – sehr schnell zu einer flächendeckenden (Teil-)Klimatisierung führen würde.



Quelle: Adnot, Henderson, CEPE, CDD\_ZH\_Hofer-Henderson.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\CLIM\Witterung\_CH

Figur 2-13 Relative Veränderung der Cooling Degree Days (100 = durchschnittliche Temperaturen heute in der Schweiz) bei einer Temperaturerhöhung in den Sommermonaten Juni bis August zwischen 1 und 4 °C.

## 2.2.5 Modul Anlegbare Kosten

Eine detaillierte Kostenrechnung ist in vielen Bereichen nicht möglich, weil

- die Kosten für spezifische Effizienzverbesserungen nicht bekannt sind – respektive eine Erhebung der Kosten oder deren Herleitung aus anderen Quellen zu aufwändig ist – oder
- weil Bündel von Massnahmen ergriffen werden, wie z.B. der Übergang von SIA 380/4-Grenzwerten zu –Zielwerten, ohne dass die unterstellten Technologien spezifiziert sind, oder
- weil Zusatznutzen nicht quantifiziert werden können und damit die Kosten bei einer detaillierten Kostenrechnung viel zu hoch ausfallen würden.

Für diese Bereiche bietet sich die im Anhang 8 dargestellte Methode der anlegbaren Kosten (Jochum und Bradke, 1996) zur Schätzung der zusätzlichen durchschnittlichen Kosten für die Energieeinsparungen an.

Wir beschränken uns hier auf eine kurze Übersichtsdarstellung.

Der **generelle** Modellansatz lautet:

$$\Delta I(n, r, t) = \Delta E(n, r, t) * F(\dots), \text{ wobei}$$

$\Delta I(n, r, t)$ : **zusätzliche Investitionen** im Jahre t im Szenario n relativ zum Referenzszenario r, d. h.

$$\Delta I(n, r, t) = I(n, t) - I(r, t) \text{ mit}$$

$I(r, t)$  Investitionen im Jahre t für Effizienzverbesserungen im Referenzszenario und

$I(n, t)$  Investitionen im Jahre t für Effizienzverbesserungen im Szenario n mit verstärkten Massnahmen für eine rationellere Energienutzung.

$\Delta E(n, r, t)$ : **zusätzliche Energieeinsparungen** im Jahre t im Szenario n relativ zum Referenzszenario r, d. h.

$$\Delta E(n, r, t) = - (dE(n, t) - dE(r, t)) \text{ mit}$$

$dE(x, t) = E(x, t) - E(x, t-1)$ , Veränderung der Energienachfrage im Jahre t gegenüber Vorjahr im Szenario x

$E(r, t)$ : Energienachfrage im Jahre t im Referenzszenario r

$E(n, t)$ : Energienachfrage im Jahre t im Szenario n mit verstärkten Massnahmen für eine rationellere Energienutzung.

F ist eine vorerst unbekannte Funktion

Im Folgenden verwenden wir für F den Ansatz von Jochem und Bradke (1996):

$$F(n, r) = R(n) * P(n, t), \text{ wobei}$$

$R(n)$  Refinanzierungszeit und

$P(n, t)$  Energiepreise des Szenarios n im Jahr t.

Die Refinanzierungszeit ist kleiner oder gleich der Lebensdauer der Investitionen (Lebensdauer = Anzahl Jahre für welche die Effizienzverbesserung wirksam ist  $\approx$  Anzahl Jahre bis das Gerät oder die Anlage durch eine Neuanschaffung ersetzt wird, respektive bis das Gebäude oder der Bauteil saniert oder erneuert wird). Damit ergibt sich die folgende Formel für die Berechnung der anlegbaren Investitionskosten:

$$\Delta I(n, r, t) = P(n, t) * \Delta E(n, r, t) * R(n)$$

Die Methode der anlegbaren Investitionskosten versucht die implizit unterstellten Investitionen mittels einer einfachen, statischen Paybackmethode zu ermitteln. Dabei werden die – als wirtschaftliche betrachtete – Einsparpotentiale  $\Delta E(n, r, t)$  mit den Energiepreisen  $P(n, t)$  bewertet. Diese Einsparungen müssen sich unter der Refinanzierungszeit  $R(n)$  als rentabel erweisen. Unter diesen Annahmen lässt sich gemäss obiger Gleichung auf die implizit unterstellten, maximal möglichen Investitionen  $\Delta I(n, r, t)$  schliessen.

Der Quotient Refinanzierungszeit/Lebensdauer<sup>11</sup> (R/L) beschreibt das Investitionsverhalten der Betriebe. Dieser Quotient ist mit dem betriebsintern verwendeten Zinssatz (nicht Zinssatz der Bank!) korreliert.

Die Methode der anlegbaren Kosten ist eine sehr grobe mit vereinfachenden Annahmen über das Investitionsverhalten. In diesem Sinne sind Kostenabschätzungen, welche auf dieser Methode beruhen mit grossen Unsicherheiten behaftet. Diesen Unsicherheiten wird z.T. dadurch begegnet, dass Einsparpotentiale konservativ bewertet werden. Daneben ist jedoch auch die Abschätzung von wirtschaftlichen Einsparpotentialen mit grossen Unsicherheiten verbunden, so neben methodischen Unsicherheiten auch noch Unsicherheiten bezüglich der Grundlagendaten für die Kostenberechnung hinzukommen. Dennoch kann man die anlegbaren Kosten als obere Schranke betrachten, werden doch wichtige, kostensenkende Einflussfaktoren nicht oder nur teilweise berücksichtigt:

- Langfristige Anpassungsprozessen, welche durch markante Energiepreisseigerungen ausgelöst werden (z.B. Prozesssubstitutionen), können auf Grund fehlender empirischer Grundlagen kaum in die Modellrechnungen einbezogen werden. Dies führt zu einem Beharrungsvermögen in den Modellen, die es womöglich so in der Realität nicht gibt und kann dazu führen, dass die Kosten ab einem bestimmten Einsparniveau weniger stark ansteigen. Somit resultiert die Nichtbeachtung von möglichen, langfristigen Anpassungsprozessen tendenziell zu einer Überschätzung der Kosten von Energieeffizienzmassnahmen.
- Für neue Technologien sind bei breiter Anwendung Kostendegressionseffekte auf Grund technischer Fortschritte in höherem Masse zu erwarten als bei etablierten Technologien. Solche Effekte sind jedoch schwer zu quantifizieren. Werden diese jedoch ausgebendet, dann werden die Kosten von Energieeffizienzmassnahmen tendenziell überschätzt.

Die Aussage der anlegbaren Kosten wird durch das Herausdividieren von nicht-investiven Effizienzverbesserungen (strukturelle Veränderungen, Veränderung der Mengenkomponente, Verhaltensänderungen, beschleunigter technischer Fortschritt) ganz wesentlich verbessert. Die Berechnung der anlegbaren Kosten erfolgt deshalb auf der Ebene des spezifischen Verbrauchs (um den Einfluss von Veränderungen bei der Mengenkomponente auszuschliessen) und im Elektrizitätsbereich für die einzelnen homogenen Gruppen (um den Einfluss von intrasektoralen strukturellen Veränderungen auszuschliessen). Bei den Kostenrechnungen werden Effizienzverbesserungen, die ohne oder nur mit sehr kleinen Investitionen realisiert werden, explizit ausgeschlossen. Dabei handelt es sich um die kurzfristig wirksamen Verhaltensänderungen bei der Einführung von Abgaben und um die Massnahmen zur Betriebsoptimierung.

Die zu berechnenden Kosten sind stark abhängig von den zwei folgenden Parametern:

- Refinanzierungszeit (korreliert mit betriebsinternem Zinssatz)
- Zinssatz (Bank)

und natürlich von den Szenarioannahmen zu den Energiepreisen.

Für die Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft wird für alle Szenarien mit einem (Banken-)Zinssatz von 6% und einer Refinanzierungszeit von 12.5 Jahren gerechnet. Die 12.5 Jahre

---

<sup>11</sup> respektive Nutzungsdauer

entsprechen der halben Lebens-/Nutzungsdauer der Technologien/Massnahmen (in SERVE04 werden die Gebäudekomponenten und die elektrischen Anlagen nach 25 Jahren erneuert).

### 3 Rahmenentwicklungen

Die generellen Rahmendaten sind im Kapitel 2.1 des Syntheseberichts (BFE, 2007) dargestellt. Wir beschränken uns hier darauf, die sektorspezifischen Rahmendaten zuerst für die Variante Trend (BIP tief, Preise tief und Klima unverändert) und dann für die Sensitivitätsvarianten BIP hoch, Preise hoch und Klima wärmer vorzustellen. Es sind dies die folgenden Größen:

1. Wertschöpfungen in den verschiedenen Wirtschaftsbranchen,
2. Erwerbstätige in den verschiedenen Wirtschaftsbranchen,
3. Energiebezugsflächen in den verschiedenen Wirtschaftsbranchen,
4. Intrasektoraler Strukturwandel,
5. Energiepreise.

Die Erwerbstätigen, die Energiebezugsflächen aber auch die Wertschöpfungen sind an die Bevölkerungsentwicklung gekoppelt. Die für die vorliegende Arbeit zugrunde gelegte Bevölkerungsentwicklung datiert aus dem Jahre 2000. Kürzlich wurde diese Bevölkerungsentwicklung aufdatiert (BFS, 2006) mit dem Ergebnis, dass neu für die nächsten fünfzig Jahre tendenziell mit einer etwas höheren Bevölkerung gerechnet wird. Diese neuesten Szenarien sind in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt.

Die Rahmendaten für den Dienstleistungssektor werden im Folgenden zuerst für die Trendvariante mit tiefem Wirtschaftswachstum BIP\_tief, tiefen Energiepreisen Preise\_tief (internationaler Rohölpreis von 30 USD/bbl) und keiner Klimaerwärmung und dann für die Sensitivitätsvarianten (Kapiteln 3.2) vorgestellt.

#### 3.1 Hauptvariante Trend

*1. Wertschöpfung:* Ausgehend von den Vorgaben des seco (2004) zur Entwicklung des BIP entwickelte Ecoplan sektoren- und branchenspezifische Wertschöpfungen (Müller und van Nieuwkoop, 2005), die von CEPE den in SERVE benutzten Branchengruppierungen zugeordnet wurden (Tabelle 3-1).

Tabelle 3-1 Bruttowertschöpfung (real) in den Wirtschaftsbranchen des Dienstleistungssektors und in der Landwirtschaft (in Mia. CHF)

Nr.	Bezeichnung	2001	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
100	Handel	55	55	57	60	63	65	66	66	67
200	Banken/ Versich.	55	56	59	65	70	74	77	79	82
300	Gastgewerbe	12	12	13	14	16	17	18	18	19
400	Unterricht	1	1	1	1	1	1	1	2	2
500	Gesundheitswesen	24	24	25	27	30	33	36	40	45
600	übrige Dienstleist.	157	159	166	180	192	201	207	211	217
700	Landwirtschaft	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Total	DL+LWT	309	311	326	353	376	395	409	420	437

Quelle: Ecoplan, CEPE, Tabelle\_WS\_VZAE\_Schlussbericht\_28-1-07.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\Rahmendaten

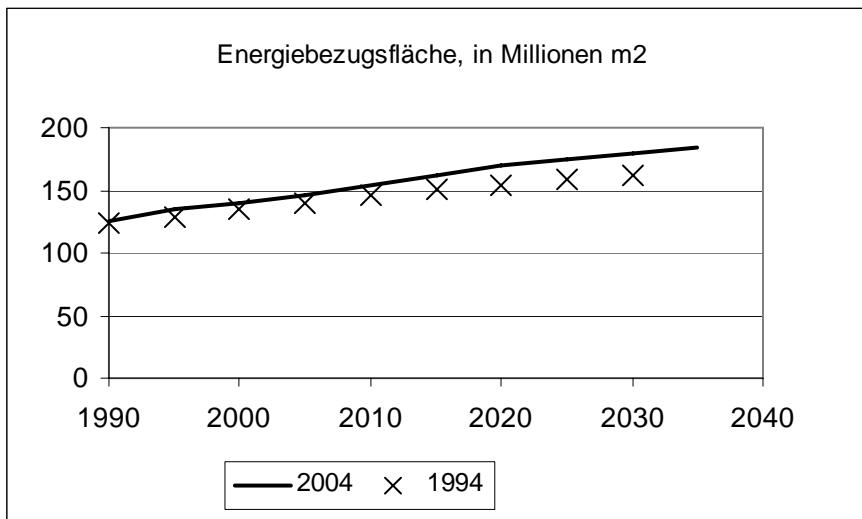
2. *Erwerbstätige:* Ecoplan berechnete basierend auf der Bevölkerungsentwicklung ebenfalls die Entwicklung der Beschäftigten (Müller und van Nieuwkoop, 2005). Um den bereits in den letzten Dezenen beobachteten Trend hin zu immer mehr Teilzeitbeschäftigen korrekt einzufangen, wird die Grösse „Vollzeitäquivalent“ benutzt. CEPE überträgt diese Entwicklungen auf die in SERVE benutzten Branchengruppen (Tabelle 3-2).

Tabelle 3-2 Vollzeitäquivalente Beschäftigte in den Wirtschaftsbranchen des Dienstleistungssektors und in der Landwirtschaft (in Tausend)

Nr.	Bezeichnung	2001	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
100	Handel	501	493	502	509	507	498	482	463	445
200	Banken/ Versich.	190	189	196	207	213	215	212	208	205
300	Gastgewerbe	190	190	200	215	226	231	231	227	227
400	Unterricht	160	159	163	169	172	172	168	163	160
500	Gesundheitswesen	298	296	305	322	336	351	366	386	419
600	übrige Dienstleist.	822	813	836	865	877	873	855	829	809
700	Landwirtschaft	179	174	172	164	154	143	133	122	110
Total	DL+LWT	2342	2314	2374	2450	2484	2483	2447	2397	2375

Quelle: Ecoplan, CEPE, Tabelle\_WS\_VZAe\_Schlussbericht\_28-1-07.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\Rahmendaten

3. *Energiebezugsflächen:* Abgestützt auf die Wirtschaftsentwicklungen von Ecoplan schätzen Wüst und Partner (2004) für typische Gebäudenutzungen (Büro, Schulen, Gastgewerbe, Spitäler und weitere) die Energiebezugsflächen 1990 bis 2035. CEPE ordnet diese Flächen – insbesondere unter Zuhilfenahme der von Ecoplan erarbeiteten Entwicklung der Vollzeitäquivalente (an Beschäftigten) - den Wirtschaftsbranchen und Unterbranchen zu. Die angenommene Entwicklung der Energiebezugsflächen liegt – insbesondere für die Periode nach 2010 – deutlich über den Werten in früheren Perspektivarbeiten (Figur 3-1). Insgesamt nimmt die Energiebezugsfläche zwischen 2005 und 2035 um 37 Mio. m<sup>2</sup> oder 26% zu (1.2 Mio. m<sup>2</sup> pro Jahr oder durchschnittlich 0.7% pro Jahr). Der grösste Zuwachs wird in den Branchen Gesundheitswesen und Übrige Dienstleistungen (31%) sowie Handel (24%) und der geringste im Kredit- und Versicherungswesen (5.6%) und in der Landwirtschaft (7.8%) erwartet (Tabelle 3-3).



Quelle : Wüest+Partner, CEPE: EBF\_94\_vs\_EBF\_04\_17.8.04.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2004\Inputdaten\EBF\W+P\_SERVE04

Figur 3-1 Energiebezugsfläche 1990-2035 in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in Millionen m<sup>2</sup>, in der vorliegenden Arbeit (2004) und in den Perspektivarbeiten des BFE in den neunziger Jahren (1994).

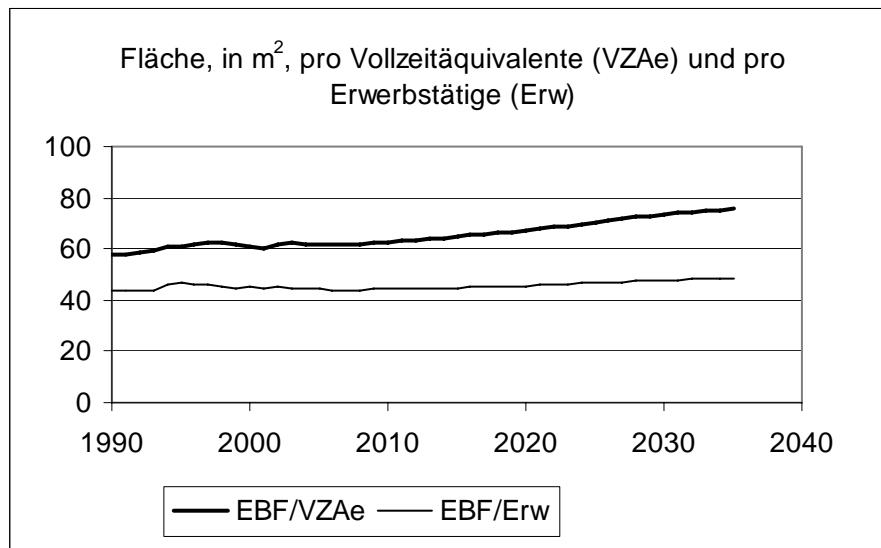
Tabelle 3-3 Entwicklung der Energiebezugsflächen in den Wirtschaftsbranchen des Dienstleistungssektors und im Landwirtschaftssektor.

	Handel	Kreditw./ Versich.	Gastgew.	Unterrichts- wesen	Geundheits- wesen	Übrige DL	Landwirt- schaft	DL+LWT
	Mio. m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>
1990	18.3	6.7	11.4	22.6	14.8	45.2	6.1	125.2
1995	19.9	7.3	11.6	23.3	15.6	50.1	6.3	134.2
2000	21.0	7.3	11.6	24.1	16.5	53.0	6.4	140.0
2005	22.1	7.2	11.8	25.0	17.7	56.5	6.4	146.7
2010	23.3	7.3	12.1	26.3	18.9	60.1	6.5	154.5
2015	24.5	7.5	12.5	27.5	20.0	63.8	6.6	162.4
2020	25.5	7.6	12.9	28.5	21.0	67.0	6.7	169.3
2025	26.3	7.6	13.2	29.3	21.8	69.7	6.8	174.9
2030	26.9	7.7	13.5	30.0	22.5	72.0	6.9	179.3
2035	27.4	7.6	13.7	30.6	23.1	74.1	6.9	183.4

Quelle: Wüest+Partner, CEPE, Input\_SzIa,4+WS25\_EBF\_24.10.04\_akt28-3-07.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2004\Berichte\Dok\_3.11.04\Tabellen+Figuren

Das Wachstum der Energiebezugsfläche der beiden Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft insgesamt<sup>12</sup> ist grösstenteils bedingt durch die Zunahme der Energiebezugsfläche pro Vollzeitäquivalenten. Diese steigt zwischen 2005 und 2035 um 23% (Figur 3-2). Unter der Annahme, dass sich das Verhältnis von Erwerbstägigen zu Vollzeitäquivalenten wie in den Jahren 1991 bis 2003 weiterentwickelt, kann der Flächenbedarf pro Erwerbstägige bestimmt werden. Das Wachstum 2005-2035 beträgt für diese Grösse nur mehr knapp 9% (Figur 3-2).

<sup>12</sup> Der Flächenbedarf pro Vollzeitäquivalent (oder pro Erwerbstägigen) entwickelt sich in der verschiedenen Branchen sehr unterschiedlich. Im Banken- und Versicherungsgewerbe und im Gastgewerbe z. B. ist er laut unseren Rechnungen sogar rückläufig.



Quelle: ecoplan, Wüest+Partner; CEPE: Kopie\_Refenz\_Wärme\_Interpretation\_23.8.04.xls, in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\1.05\Final\_1a,1b\_April.05\Bericht

Figur 3-2 Energiebezugsfläche pro Vollzeitäquivalent Beschäftigte (EBF/VZAe) und pro Erwerbstätige (EBF/Erw) 1990-2035 in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft.

**4. Intrasektoraler Strukturwandel:** Diese Entwicklung wird üblicherweise nicht unter „Rahmenentwicklung“ aufgeführt. Da es sich jedoch um eine Veränderung handelt, die für alle „Policy“-Szenarien I-IV - nicht aber für die Sensitivitätsrechnung BIP hoch - gleich bleibt, führen wir sie hier auf. Wie im Beschrieb des Nachfragemodells SERVE04 im Kapitel 2.2.1 dargelegt, wird der intrasektorale Strukturwandel je nach Differenzierung durch die Veränderung der Anteile der homogenen Gruppen an der Energiebezugsfläche einer Branche oder durch den „Koeffizienten d“ beschrieben:

- *Anteile der homogenen Gruppen an der Energiebezugsfläche einer Branche oder Unterbranche (Annahme Tendenziale Entwicklung bei Wirtschaftswachstum wie in den achtziger Jahren):* Die Anteile in den Jahren 1980 und 1990 sind eigene "best guesses", ebenso die Flächenanteile im Jahre 2010 (Tabelle A2-17 im Anhang 2). Die für 2010 angenommenen Werte würden nach unserer Einschätzung zu diesem Zeitpunkt erreicht, falls die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung unvermindert dem Trend der achtziger Jahre folgen würde. Für die Zeit nach 2010 wird die Entwicklung 1990-2010 bis 2035 linear weitergeführt.
- *Koeffizient d:* Für die Branchen und Unterbranchen, für welche keine homogenen Gruppen definiert werden konnten, wird für den Fall eines Wirtschaftswachstums wie in den achtziger Jahren ein jährliches Wachstum des Energieverbrauchs infolge intrasektoralen strukturellen Veränderungen von 1.5% pro Jahr angenommen. Eine Ausnahme liegt für die Untergruppe "hochtechnisierte Gebäude mit Rechenzentren" im Kredit- und Versicherungsgewerbe vor, wo die stromnachfragetreibende Bedeutung der Rechenzentren infolge technologischen Quantensprünge und "Outsourcing" von IKT-Dienstleistungen<sup>13</sup> min-

<sup>13</sup> Das Outsourcing von IKT-Dienstleistungen war laut Weber (2002) in den neunziger Jahren der wichtigste Faktor zur Reduktion des Stromverbrauchs in Bürogebäuden.

destens vorläufig<sup>14</sup> abgeschlossen scheint. Wie die im obigen Abschnitt diskutierte Entwicklung der Anteile der homogenen Gruppen ist dieser Wert für den Koeffizienten  $\alpha$  unverändert aus den Perspektivarbeiten in den neunziger Jahren übernommen worden. Nach unserer Beobachtung und Einschätzung gibt es keinen klaren Hinweis dafür, dass bei unverändertem Wirtschaftswachstum eine andere wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungsrichtung eingeschlagen wird als in den neunziger Jahren absehbar.

- *Abhängigkeit des intrasektoralen Strukturwandels vom Wirtschaftswachstum:* Die in früheren Perspektiven angenommene 50%-Kopplung des intrasektoralen Strukturwandels an die Entwicklung der Wertschöpfung – eine empirische Untersuchung zur Entwicklung der Energiekennzahlen im Dienstleistungssektor in der Stadt Zürich und im Kanton Genf (Aebischer, 1999) ist kompatibel mit dieser Annahme - wurde angesichts des in der Gesamtenergiestatistik ausgewiesenen schnellen Wachstums des Elektrizitätsnachfrage im Dienstleistungssektor in den Jahren 1998-2003 um die Hälfte abgeschwächt<sup>15</sup>. Der nicht an die Wirtschaftsentwicklung gekoppelte Anteil wird für die neuen Energieperspektiven von 50% auf 75% erhöht.

Eine detaillierte Tabelle der Entwicklung der Flächenanteile der homogenen Gruppen in der laufenden Perspektivarbeit des BFE findet sich im Anhang 2 (Tabelle A2-18). An derselben Stelle wird die Entwicklung bei den Bürogebäuden diskutiert.

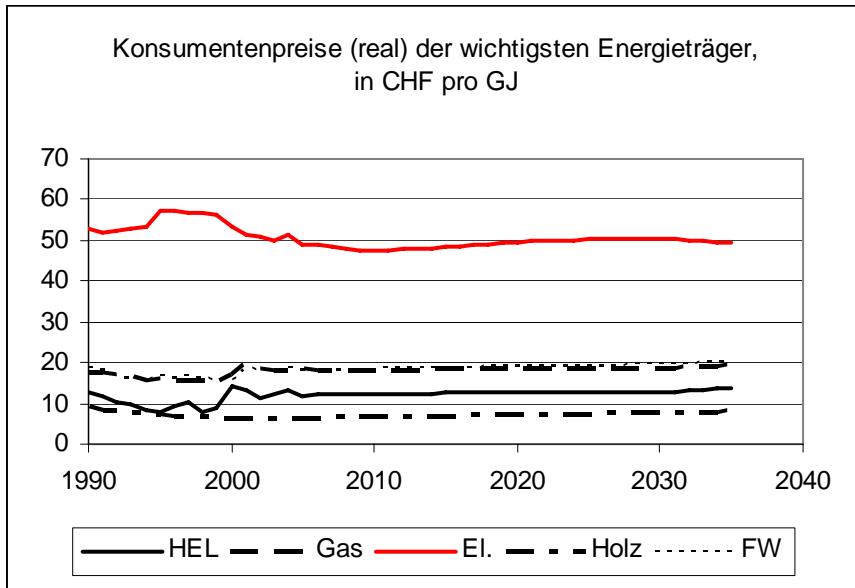
**5. Energiepreise:** Für die Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft verwenden wir wie für den Haushaltsektor die Energiepreise für Kleinverbraucher. Das entspricht nicht ganz der Realität, denn gewisse Betrieb sind durchaus Grossverbraucher und beziehen die Energie zu den günstigeren Bedingungen der Grossverbraucher in der Industrie. Die für die verschiedenen Szenarien und Varianten angenommenen zukünftigen relativen Veränderungen der Energiepreise unterscheiden sich für Klein- und Grossverbraucher aber nur unwesentlich. Und da in den Modellrechnungen die Veränderung der Preise und nicht die absolute Höhe der Preise einfließen, ist die vereinfachende Annahme, dass die Dienstleistungsbetriebe die Kleinverbraucherpreise bezahlen, vertretbar. Die in den Trendvarianten<sup>16</sup> (Preise\_tief) unterstellten Energiepreise (ohne die CO<sub>2</sub>-Abgabe in Szenario II oder die Energieabgaben in den Szenarien III und IV) werden in der nächsten Figur in der unüblichen aber zweckmässigen, da einheitlichen Dimension von Franken pro GJ miteinander verglichen. Eine differenzierte Darstellung findet sich in Hofer (2006, Tabelle 3.4).

---

<sup>14</sup> Die vor wenigen Jahren als nicht unwahrscheinlich angesehene Bedeutung der "Data Centres" ist (noch) nicht – respektive nur sehr lokal – eingetroffen (Cremer et al., 2003)

<sup>15</sup> Die Anpassung an die Elektrizitätsstatistik hätte im Prinzip auch mit einem erhöhten Wachstum der Energiebezugsfläche oder mit einer reduzierten Effizienzverbesserung erfolgen können. Wir haben uns für eine Anpassung der Kopplung des intrasektoralen Strukturwandels an das Wirtschaftswachstum entschieden, weil dieser Parameter mit der grössten Unsicherheit behaftet ist.

<sup>16</sup> In der Trendvariante zu Szenario IV wird die Variante Preise\_hoch angenommen



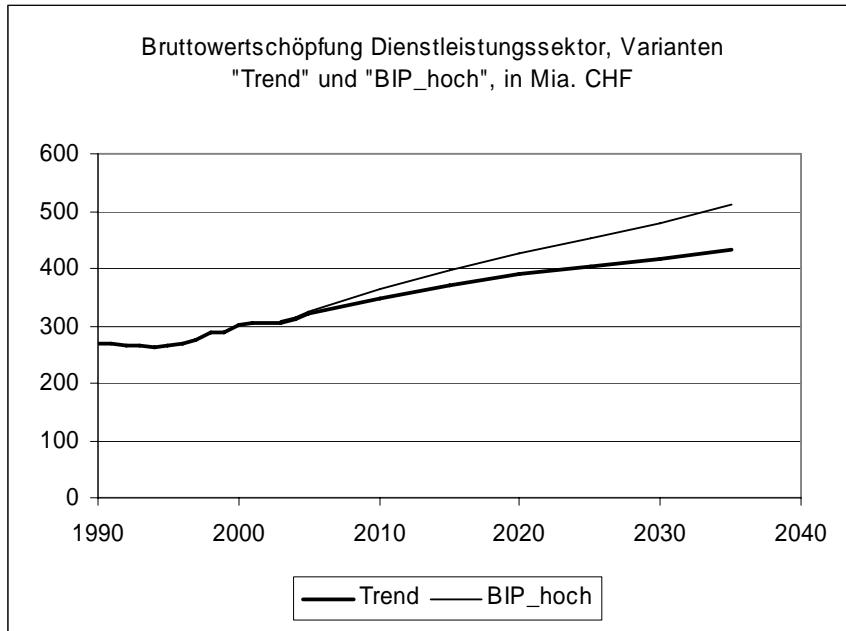
Quelle: Prognos, CEPE, Energiepreise\_28-1-07.xls, in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\Rahmendaten

Figur 3-3 Entwicklung der Energiepreise für die Endverbraucher, in CHF/GJ, zu realen Preisen 2003.

### 3.2 Sensitivitätsvarianten

#### 3.2.1 BIP hoch

Mit der Variante „BIP\_hoch“ wird untersucht, wie sich die Energienachfrage bei einem höheren Wirtschaftswachstum als für die Referenzvariante „Trend“ angenommen wurde entwickelt. Das BIP-Wachstum liegt in der Variante „BIP\_hoch“ 0.5 Prozent-Punkte über der jährlichen BIP-Erhöhung in der Variante „Trend“. Die von Ecoplan (Müller und van Nieuwkoop, 2005) vorgegebenen Wertschöpfungswachstumsraten in den Branchen des Dienstleistungssektors und in der Landwirtschaft liegen ebenfalls um 0.5%/Jahr höher als in der Variante „Trend“, d.h. die Wertschöpfungen im Jahre 2035 sind um rund 18% höher. Die detaillierten Werte finden sich im Anhang 5.



Quelle: Ecoplan\_14.2.05, CEPE, EBF+VZAE+WS\_CEPE\_1990-35.xls, in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\Rahmendaten

Figur 3-4 Bruttowertschöpfungen des Dienstleistungssektors in den Varianten „Trend“ und „BIP\_hoch“, in Mrd. CHF

Diese höhere Wirtschaftsentwicklung wird von Ecoplan mit einer schnelleren Produktivitätssteigerung bei etwa gleicher Anzahl Vollzeitäquivalente Beschäftigte (VZAE) wie in der Variante „Trend“ erklärt. Die von Wüst und Partner darauf aufbauend geschätzte Entwicklung der Energiebezugsflächen unterscheidet sich denn auch wenig von der Variante „Trend“. Im Jahre 2035 liegen sie für den Dienstleistungssektor 3% höher, wobei das Gesundheitswesen und die Banken überproportional und das Gastgewerbe und die Landwirtschaft unterdurchschnittlich zulegen (Tabelle 3-6). Im Energienachfragemodell SERVE04 ist die Energiebezugsfläche die wichtigste Mengenkomponente und eine Wachstumsrate dieser Fläche von knapp 0.1%/Jahr führt selbst über eine Periode von 30 Jahren nur zu einer kleinen Steigerung der Energienachfrage.

Tabelle 3-4 Vergleich der Branchen-Wertschöpfungen in der Variante BIP-hoch relativ zur Variante Trend (vor Abstimmung der kleinen Differenzen im Ausgangsjahr 2005)

Nr.	Bezeichnung	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
100	Handel	1.5%	4.1%	6.8%	9.5%	12.3%	15.2%	18.1%
200	Banken/ Versich.	1.5%	4.1%	6.8%	9.5%	12.3%	15.1%	18.1%
300	Gastgew.	1.5%	4.0%	6.5%	9.2%	11.9%	14.6%	17.5%
400	Unterricht	1.5%	4.1%	6.7%	9.4%	12.2%	15.0%	17.9%
500	Gesundh.	1.4%	3.9%	6.4%	9.0%	11.6%	14.3%	17.0%
600	übrige DL	1.5%	4.1%	6.8%	9.5%	12.3%	15.2%	18.2%
700	Landwirtschaft	1.6%	4.3%	7.2%	10.1%	13.1%	16.2%	19.4%

Quelle: Ecoplan, CEPE; WS\_hoch-tief.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Sensitivität\_1a\BIP\_hoch

Tabelle 3-5 Vergleich der Vollzeitäquivalente Beschäftigte in den einzelnen Branchen in der Variante BIP-hoch relativ zur Variante Trend (vor Abstimmung der kleinen Differenzen im Ausgangsjahr 2005)

Nr.	Bezeichnung	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
100	Handel	-0.4%	-0.2%	-0.1%	0.1%	0.2%	0.4%	0.5%
200	Banken/ Versich.	-0.4%	-0.2%	-0.1%	0.0%	0.2%	0.3%	0.4%
300	Gastgew.	-0.4%	-0.4%	-0.3%	-0.2%	-0.1%	-0.1%	0.0%
400	Unterricht	-0.4%	-0.3%	-0.1%	0.0%	0.1%	0.3%	0.4%
500	Gesundh.	-0.5%	-0.4%	-0.4%	-0.3%	-0.3%	-0.3%	-0.3%
600	übrige DL	-0.3%	-0.2%	0.0%	0.2%	0.4%	0.6%	0.7%
700	Landwirtschaft	-0.3%	0.0%	0.3%	0.6%	1.0%	1.3%	1.7%

Quelle: Ecoplan, CEPE; VZAe\_hoch-tief.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Sensitivität\_la\BIP\_hoch

Tabelle 3-6 Vergleich der Energiebezugsflächen in den einzelnen Branchen in der Variante BIP-hoch relativ zur Variante Trend

Nr.	Bezeichnung	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
100	Handel	0.0%	0.3%	0.7%	1.1%	1.7%	2.4%	3.2%
200	Banken/ Versich.	0.0%	0.4%	0.8%	1.3%	2.1%	2.9%	3.9%
300	Gastgew.	0.0%	0.1%	0.3%	0.6%	0.9%	1.3%	1.9%
400	Unterricht	0.0%	0.2%	0.5%	1.0%	1.5%	2.1%	2.9%
500	Gesundh.	0.0%	0.3%	0.7%	1.2%	1.9%	2.8%	3.9%
600	übrige DL	0.0%	0.2%	0.5%	0.9%	1.4%	2.0%	2.7%
700	Landwirtschaft	0.0%	0.1%	0.2%	0.4%	0.5%	0.7%	1.0%

Quelle: Wüst+Partner, CEPE; EBF\_hoch-tief.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Sensitivität\_la\BIP\_hoch

Neben der Energiebezugsfläche verändert sich auch der intrasektorale Strukturwandel. Die Änderungen sind jedoch, wie in Kapitel 2.2.1 erläutert, klein.

Im Rahmen des Szenario IV wird neben der oben beschriebenen Interpretation der Variante BIP hoch eine innovative Interpretation, bezeichnet mit „BIP hoch 2“ durchgerechnet.

Betrachtet man Szenario IV als eine „neue Welt“, wo insbesondere die Energieeffizienz einen ganz anderen Stellenwert hat als in der Referenzentwicklung, dann kann auch hinterfragt werden, wie dieses höhere Wirtschaftswachstum erwirtschaftet wird, welches die „Driver“ sind, ob insbesondere die neuen Technologien zu substantiellen strukturellen Veränderungen führen und konkreter ob die Zusammenhänge von Wertschöpfung, Beschäftigung und Flächenbedarf noch denjenigen in der Referenzentwicklung entsprechen. Im Sinne einer erweiterten Sensitivitätsbetrachtung haben wir deshalb für Szenario IV in einer 2. Variante angenommen, dass dieses höhere Wirtschaftswachstum auch (teilweise) die Folge einer beschleunigten Entwicklung und Diffusion von neuen Technologien (insbesondere IKT und Nanotechnologie) ist und dass diese Technologien wie in der Variante IV\_Trend zu einer Flächenreduktion und zu Substitutionen von Flächen zwischen verschiedenen Branchen führen. Eine Büroflächenreduktion von fast -30% (-18% Variante IV\_Trend) als Ausdruck der Flexibilisierung der Arbeitswelt, eine Reduktion der Laden- und Lagerflächen um 20% (Stichwort e-commerce), eine Reduktion des Flächenbedarfs der höheren Schulen (Stichwort e-learning) und eine Verschiebung von 30% der Spitalfläche in die Unterbranche „Heime“ (Tabelle 3-7) werden angenommen.

Tabelle 3-7 Vergleich der Veränderung, relativ zu den Szenarien I-III, der Energiebezugsflächen in einzelnen Branchen und Unterbranchen im Jahre 2035 im Szenario IV\_Trend und in den zwei Varianten IV\_BIP\_hoch\_1 und IV\_BIP\_hoch\_2

	IV	IV_BIP_hoch_1	IV_BIP_hoch_2
Büros	-18%	-18%	-27%
Läden	-	-	-20%
Höhere Schulen	-	-	-20%
Spitäler	-20%	-20%	-30%
Heime	14%	14%	21%

Quelle: CEPE delta\_EBF\_korr\_BIP\_hoch\_2\_21-3-06.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario IV\Sensitivitäten

### 3.2.2 Preise hoch

Mit der Variante „Preise\_hoch“ wird untersucht, wie sich die Energienachfrage entwickelt, falls die fossilen Energieträger ab 2006 auf einem Niveau bleiben, das in der Variante „Trend“ erst nach 2035 erreicht wird. Die angenommenen Preise von Heizöl extraleicht liegen fast 50% über den Preisen in der Variante Trend (Tabelle 3-8). Beim Erdgas beträgt die Preiserhöhung noch fast 30%. Die Preiserhöhungen von Elektrizität, Holz und Fernwärme sind eine direkte Folge der Preiserhöhungen der fossilen Brennstoffe.

Tabelle 3-8 Veränderung der Energiepreise in der Variante Preise\_hoch relativ zu den Preisen in der Variante Trend

	2006	2010	2015	2020	2025	2030	2035
<b>HEL</b>	44%	45%	45%	45%	45%	45%	35%
<b>Gas</b>	24%	28%	29%	29%	29%	29%	24%
<b>EI.</b>	0%	0%	1%	1%	2%	3%	3%
<b>Holz</b>	0%	0%	1%	1%	2%	2%	3%
<b>FW</b>	16%	17%	17%	17%	17%	17%	14%

Quelle: Prognos\_6.4.05, CEPE\_14.6.05, Energiepreise\_Preise\_hoch\_1.8.05.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Sensitivität\_1a

### 3.2.3 Klima wärmer

Die Witterung bei stetiger Klimaerwärmung wird durch die Temperatur und die Strahlung beschrieben. Für das Jahr 2030 werden folgende Anstiege der durchschnittlichen Tagestemperatur und der Strahlung angenommen:

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

Für die Jahre 2005-2035 verwenden wir eine lineare Inter-/Extrapolation.

## 4 Instrumente und Massnahmen - eine Übersicht.

Die Szenarien I bis IV sind entweder massnahmenorientiert oder zielorientiert. Um das vorgegebene Ziel zu erreichen sind Massnahmen zur Reduktion der Energienachfrage oder der Emissionen notwendig. In beiden Fällen spielen also Massnahmen eine zentrale Rolle und damit diese Massnahmen realisiert werden, werden von (politischen) Akteuren Instrumente eingesetzt, welche die für die Energienachfrage relevanten Akteure – z.B. die Bauherren oder der Planer oder der Einkäufer oder der Betreiber – zum Handeln anhalten.

Massnahmen und Instrumente können aus ganz unterschiedlicher Sicht in verschiedenen Dimensionen und mit dem Vokabular verschiedener Disziplinen strukturiert und diskutiert werden. In diesem Kapitel zeigen wir einige Elemente aus dieser Vielfalt. Der theoretisch interessierte Leser kann auf die Arbeit von Varone (1998) verwiesen werden. In den Kapiteln 5 bis 8 werden für das jeweilige Szenario die ergriffenen Massnahmen und die eingesetzten Instrumente dokumentiert. Zusätzlich wird gezeigt, wie diese Massnahmen in die Modellrechnung einfließen.

Die Vielzahl der eingesetzten Instrumente lassen sich in die folgenden drei Gruppen einteilen, die jeweils mit einer konkreten Massnahme aus dem Wärme- und dem Elektrizitätsbereich illustriert werden:

1. Hoheitliche Instrumente, wie Gesetze, Vorschriften, Normen, Mindestanforderungen (oft mit „Standards“ bezeichnet) oder auch Empfehlungen
  - Wärmebereich: Gesetzliche Auflagen zur Reduktion des Heizwärmeverbrauchs von Neubauten
  - Elektrizitätsbereich: Bewilligungspflicht für Klimaanlagen mit dem Ziel die Stromnachfrage nicht unnötig anwachsen zu lassen
2. Freiwillige Vereinbarungen
  - Wärmebereich: im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Gesetzes vorgesehene Zielvereinbarungen zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen und Erlass der CO<sub>2</sub>-Abgabe bei Zielerreichung
  - Elektrizitätsbereich: Code of Conduct für Wasserdispenser zur Reduktion der Stromnachfrage von Wasserdispensern
3. Finanzielle Förderung von investiven Massnahmen, insbesondere (klassische) Subventionen
  - Wärmebereich: Subventionierung von energetisch sehr wirksamen Sanierungen (heute Minergiesanierungen) zur Reduktion der Wärmenachfrage bei Altbauten
  - Elektrizitätsbereich: Spezielle Tarife für elektrische Wärmepumpen um die Marktdiffusion zu steigern
4. Nicht-finanzielle Förderung von Effizienzverbesserungen, insbesondere durch die Reduktion von Transaktionskosten oder Anreizen
  - Wärmebereich: Ausbildung zur Realisierung von sehr effizienten Neubauten und Sanierungen

- Elektrizitätsbereich: Energieetikette zur Steigerung des Marktanteils von energieeffizienten Lampen/Leuchtmitteln

Viele Instrumente sind in ganz unterschiedlichen Massnahmenbereichen einsetzbar. Die Erfahrungen haben aber gezeigt, dass es meistens vorteilhaft und häufig notwendig ist, für einen Massnahmenbereich nicht nur ein Instrument sondern ein ganzes Instrumentenbündel einzusetzen (Tabelle 4.1)

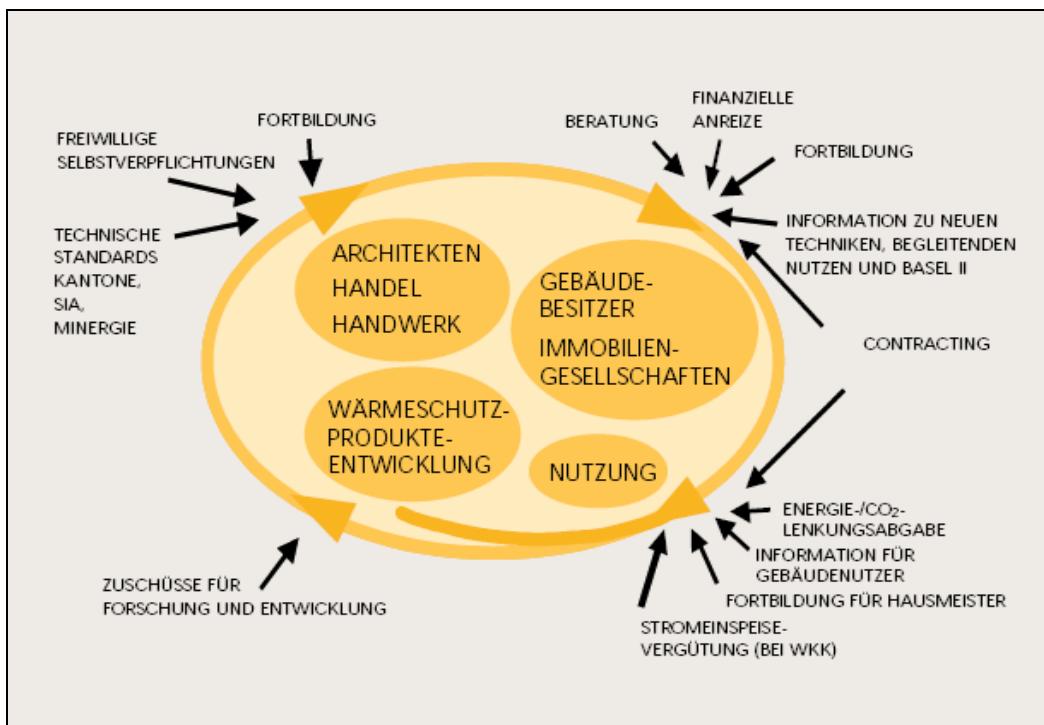
Tabelle 4-1 Massnahmenbereiche und Instrumente, die in den Szenarien III und IV in den verschiedenen Bereichen eingesetzt werden um das „best practice“ Potential möglichst breit auszuschöpfen. Die bereits in den Szenarien I und II eingesetzten Instrumente sind mittels einem grossen Zeichen „X“ hervorgehoben.

	Wärmenachfrage					Wärme- und Stromnachfrage	Stromnachfrage		
	Neubauten	Sanierungen	Nutzungsgrad Heizsysteme	Anteile Energieträger Neubauten	Substitution Energieträger		Neubauten	Sanierungen	Geräte
Energieabgabe	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Technologieförderung	X	X					x	x	x
Anschubprogramme	X	X					X	X	X
Gesetzliche Anforderungen (GA) für Wärmebedarf Neubauten und Sanierungen	X	x							
GA Nutzungsgrade Heizsysteme			x						
GA Elektrizitätsbedarf Neubauten und Sanierungen							x	x	x
GA Geräte, Motoren, Beleuchtung, Anlagen									x
Informations-/Motivationskampagnen	X	X	x	X	x	x	x	x	X
Aus-, Weiterbildungsprogramme	X	x	x	x	x	x	x	x	x
Energieetikette			x						x
Dynamischer Miegelabel	x	x	x	x	x		x	x	x
Energieausweis	x	x					x	x	
günstige Zinse/darlehen	x	x	x				x	x	x
innov. Finanzierungsmodelle	x	x	x				x	x	x
Contracting	x	x	X	X	X		x	x	x
F+E	X	X	X				x	x	x
Demoprojekte	X	X	X				x	x	x
Anpassungen in Miet-, Steuer-, Bau- und Energierecht (Hemmnisabbau)	x	x	x				x	x	

Quelle: CEPE, Kreuztabelle\_Massnahmen-Instrumente+I-II\_27-1-07.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Berichte\SzenarienIII+IV

Am Beispiel des Wärmeschutzes, einer Teilmenge des Massnahmenbereichs „Wärmenachfrage“ in Tabelle 4-1, illustriert die Figur 4-1 das Zusammenspiel von Instrumenten und Akteuren. Es

sind nur diejenigen Akteure gezeigt, die direkt in die Planung, den Bau, den Betrieb und in die Nutzung der Gebäude involviert sind oder die Komponenten, Materialien, Einrichtungen und Geräte herstellen, vertreiben, installieren und betreiben. Nicht gezeigt sind die Akteure aus Politik, Verwaltung, Verbänden, welche Einfluss nehmen auf die politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen oder diese z.B. in Form eines Gesetzes oder einer Verordnung festlegen, und auch nicht gezeigt sind die Vertreter der Energiewirtschaft, die z.B. über tarifliche Massnahmen Anreize für eine effiziente Energienutzung setzen können.



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

Figur 4-1 Akteure und vorgeschlagene Förderinstrumente für Wärmeschutz-Investitionen bei Wohngebäuden

Ein anderen Überblick über mögliche Instrumentenklassen gibt Prognos (2004) in Tabelle 4-2.

Tabelle 4-2 Instrumentenklassen im gesellschaftlichen und politischen Rahmen (Quelle: Prognos, 2004)

Instrumenten-klasse	Gesellschaftliche Voraussetzungen	Zielerreichung / Wirkungsweise	Administrative / organisatorische Bedingungen / Herausforderungen	Sonstiges
Ordnungsrecht / Vorschriften	Es besteht gesellschaftlicher Konsens über die Notwendigkeit von Klimaschutz und verstärkten Anstrengungen; der Staat hat die Aufgabe, für gerechte Verteilung der Lasten zu sorgen	Es kann der derzeit und unter den vorhandenen Rahmenbedingungen (Energiepreise, Mietrecht) wirtschaftliche Stand der Technik umgesetzt werden. Die Vorschriften geben energetische Mindest-Standards vor. Beispiele: Gebäudesektor / Neubau	Beruht auf abgesicherten technischen Normen; Gesetz ist nur so wirksam wie sein Vollzug; die Standards müssen laufend dem Stand der Technik angepasst werden; Schlupflöcher und Ausnahmeregelungen sind wahrscheinlich; wenn guter Vollzug, dann Breitenwirkung	Der Stand der Technik muss mit zusätzlichen Massnahmen weiterentwickelt werden; flankierend ist Qualifizierung der Akteure notwendig (Baugewerbe, Handel); Weiterentwicklung von neuen Technologien (z.B. Regenerative) muss über andere Instrumente erfolgen
Freiwillige Massnahmen	Klimaschutz ist zwar notwendig, aber nicht ganz oben auf der Liste der gesellschaftlichen Prioritäten; zunächst sollen Schlüsselakteure freiwillig als Vorbilder agieren; hauptsächlich wird Ressourceneffizienz mit betrieblicher Effizienz verknüpft. Erforderlich sind eine formelle Verpflichtung der Akteure, subsidiäre Eingriffsmöglichkeiten des Staates und die laufende Kontrolle der Ergebnisse.	Es werden hauptsächlich Massnahmen umgesetzt, die „ohnehin wirtschaftlich“ sind; ggf. werden Investitionen vorgezogen; gut geeignet für grosse homogene Schlüsselakteure (Branchen, Verbände, einzelne grosse Unternehmen); die Bildung von privatwirtschaftlichen Förderfonds ist denkbar.	Transparentes Anerkennungsverfahren, Definition des Zielbeitrags – was ist die „baseline“, an der gemessen wird? Funktioniert nur bei wirksamer „Drohkulisse“	Weiterentwicklung des Standes der Technik muss ausserhalb dieser Massnahme erfolgen; flankierend muss es zumindest kommunikative Anreize (Image-verstärkung) geben.  Wenn das Instrument funktioniert, ist es sehr flexibel bezüglich der Zielerreichung; es werden unter der Voraussetzung eines funktionsierenden Informationsflusses automatisch die wirtschaftlichsten Massnahmen umgesetzt.  Das Instrument ist nicht für die Beschleunigung der Entwicklung des Standes der Technik geeignet.

<b>Instrumenten-klasse</b>	<b>Gesellschaftliche Voraussetzungen</b>	<b>Zielerreichung / Wirkungsweise</b>	<b>Administrative / organisatorische Bedingungen / Herausforderungen</b>	<b>Sonstiges</b>
Ökonomische Anreize	Gesellschaftlicher Stellenwert von Klimaschutz ist hoch; die Akteure werden als verantwortliche ökonomische Akteure behandelt; es besteht ein gesellschaftlicher Konsens, dass über Preisinstrumente die Lastenverteilung effizient erfolgt und ausserdem Wettbewerb um CO <sub>2</sub> -Effizienz entstehen kann	Abgabe / Steuer auf Energie oder CO <sub>2</sub> ; Erhöht die Wirtschaftlichkeit von Einsparmassnahmen (theoretisch); Aushandlungsprozess bzgl. der Höhe ist kritisch;	Die Wirtschaft (inkl. Energiewirtschaft) ist entschieden gegen „neue Steuern“; Wirkung schwer messbar, nur über Elastizitäten prognostizierbar; Stufen- und Spezialklinkeneffekte; Härtefallregelungen notwendig; Administration einfach, über Zoll- und Finanzämter; Aufkommensverwendung: z.B. gleichmässige Rückersstattung, Entlastung der Sozialsysteme, Förderfonds ?	Es können sich „Effizienzmärkte“ bilden; der Stand der Technik entwickelt sich durch Eigendynamik weiter; Qualifizierung und Beratung bilden möglicherweise eigene Märkte aus; flankierende Kommunikation über Einsparmöglichkeiten und gewissen Vorschriften (techn. Standards) bleiben notwendig;
Mischinstrument zwischen Freiwillig / Förderung / Ordnungsrecht	Förderwürdigkeit des Taribusstands (erneuerbare oder z.B. WKK) ist gesellschaftlich breit abgestützt	Obligatorische Lieferquote mit Zertifikatshandel (Menge wird festgesetzt, Preis bildet sich frei) oder Einspeisevergütung mit Umlagesystem für Elektrizität aus neuen Erneuerbaren und / oder WKK (Preis wird festgesetzt, Menge ergibt sich daraus)	Das Verfahren muss definiert werden; weiterhin wirtschaftliche Anreize für Technologieentwicklung und Kostendegression (z.B. degressive Fördersätze, steigende Mengen)	Sorgfältiges Monitoring erforderlich; flankierende Kommunikation und FuE-Förderung bleiben notwendig
Förder- massnahmen	Gesellschaftliche Übereinkunft, dass die Belastungen aus dem Strukturwandel eine Gemeinschaftsaufgabe sind und daher vom Steuerzahler (natürliche und juristische Personen) finanziert werden. Entsprechend werden REG- und REN-Technologien bis zur Konkurrenzfähigkeit gefördert	Förderung auf den Ebenen FuE, P&D, Markteinführung	Wirkung sowohl ökologisch als auch ökonomisch durch Fallzahlen messbar; wegen Subventionsansatzes unter bestimmten Bedingungen nicht kompatibel mit internationalem Recht; Problem der Mittäufereffekte, Risiko der Fehlallokation der privaten und staatlichen Mittel.	

Quelle: Prognos, 2004

Fortsetzung:

## 5 Szenario I: Energienachfrage

Das Szenario I „Weiter wie bisher“, im Folgenden auch mit Referenzszenario bezeichnet, hat die primäre Funktion eine Entwicklung der Energienachfrage zu simulieren, an der verstärkte Bemühungen für eine effizientere Energienutzung und für eine beschleunigte Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen gemessen werden können. Szenario I ist nicht ein Szenario ohne Effizienzverbesserungen („frozen efficiency“), sondern beinhaltet sowohl autonome wie auch durch hoheitliche Massnahmen induzierte Effizienzverbesserungen, die aber in der vorliegenden Studie nicht explizit ausgewiesen werden<sup>17</sup>.

Szenario I hat nicht den Anspruch einer wahrscheinlichsten Prognose für die Energienachfrage in der Schweiz bis 2035. Es ist im Gegenteil - angesichts der absehbaren breiteren Zurkenntnisnahme eines real stattfindenden Klimawandels und einer schwieriger werdenden Versorgung mit fossilen Energie – sehr wahrscheinlich, dass europa- und weltweit in Zukunft „mehr getan wird“ als in einem Szenario „Business as Usual“, wie es Szenario I ist. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Schweiz mitzieht. Offen ist aber, in welche Richtung und mit welcher Schärfe diese Bemühungen gehen werden.

Das Szenario I ist wie das Szenario II massnahmenorientiert. D.h. dass ausgehend von vorgegebenen Massnahmen die resultierenden Energienachfragen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen und weitere resultierende Größen simuliert und berechnet werden.

Szenario I beschreibt die Energienachfrage für den Fall, dass die aktuelle in den neunziger Jahren eingeleitete Energiepolitik bis 2035 weitergeführt wird. Das heisst z.B., dass weiterhin die Kantone weitgehend für den Gebäudebereich und der Bund für die Geräte und die Fahrzeuge zuständig sind. Das heisst auch, dass im Wesentlichen keine neuen Massnahmen ergriffen werden und keine neuen Instrumente eingesetzt werden. Es heisst aber nicht, dass keine Verschärfung der Massnahmen erfolgt. Langsam übernehmen mehr und mehr Kantone weitere MuKEN-Module (EnDK, 2000; EnDK und EnFK, 2005). Die Anforderungen an den Wärmebedarf der neuen Gebäude werden langsam aber stetig verschärft. Die Umsetzung wird ebenfalls stetig verbessert. Stromsparen in den Dienstleistungsgebäuden wird langsam von mehr und mehr Kantonen thematisiert. Die Empfehlungen 380/4 des SIA (1995, 2005) werden in die kantonalen Gesetzgebungen aufgenommen. Der Bund weitet die energetischen Anforderungen an die neuen Geräte und die Energiedeklaration auf weitere Gerätegruppen aus und verschärft sie in etwa im Gleichschritt mit dem technischen Fortschritt.

Das auf freiwillige Zusammenarbeit bauende Programm EnergieSchweiz wird mit einem nominal konstanten Budget von CHF 45 Mio. pro Jahr weitergeführt. Auch die finanziellen Mittel der Kantone zur Förderung der Energieeffizienz in den Gebäuden und zur Förderung der erneuerbaren Energien werden weiter zur Verfügung stehen – wenn auch in etwas reduziertem Mass.

Generell wird ein autonomer technischer Fortschritt unterstellt, der den spezifischen Energieverbrauch von individuellen Technologien etwa wie in der Vergangenheit um –0.5% pro Jahr re-

---

<sup>17</sup> Im Rahmen der jährlichen Ex-Post Analyse wurde in der Vergangenheit versucht, die Wirkung der kürzlich ergriffenen politischen Massnahmen und des autonomen technischen Fortschritts zu quantifizieren (Aebischer und Spreng, 1999/3). Die Basis dazu ist ein Szenario „0“, ohne (die kürzlich ergriffenen) energiepolitische Massnahmen.

duzier. Intensivere Nutzung, Verbreitung der Geräte, neue Energiedienstleistungen und höhere Technisierung führen aber zu einem stetigen Wachstum der Stromnachfrage.

Dieses Szenario I wird durch eine Variante Ib ergänzt, die sich dadurch unterscheidet, dass ab 2006 eine CO<sub>2</sub>-Abgabe von nominal konstanten 35 CHF/t CO<sub>2</sub> eingeführt wird. Diese Variante ist im Kapitel 5.2.5 beschrieben.

Ausgangspunkt für die Ausgestaltung von Szenario I ist die Variante IIa (Beabsichtigte Massnahmen: Energiegesetz, keine CO<sub>2</sub>-Abgabe) in den Perspektivarbeiten, die im Auftrag des BFE in den neunziger Jahren durchgeführt wurden (Aebischer et al., 1996). Die damaligen Annahmen wurden jedoch seither im Laufe der jährlichen Ex-Post-Analysen, im Rahmen einer Untersuchung für die Gaswirtschaft (Jochem und Jakob, 2004) und im Rahmen dieser Perspektivarbeiten teilweise aktualisiert – auch um die Entwicklung der Energienachfrage von 1990 bis 2005 nachvollziehen zu können.

Die für den Dienstleistungssektor wichtigsten energiepolitischen Änderungen im aktuellen Szenario I im Vergleich mit dem Referenzszenario aus den neunziger Jahren sind:

- Der Übergang vom Energienutzungsbeschluss und von der Energienutzungsverordnung zum Energiegesetz und zur Energieverordnung im Jahre 1999. Eine wichtige Folge dieser Änderung ist die Stärkung der Rolle der Kantone in der Energiepolitik. Der Gebäudebereich wird neu im Rahmen von 26 kantonalen Energiegesetzgebungen reglementiert. Allerdings gibt es ein enge Zusammenarbeit der Energiedirektoren und die kantonalen Politiken orientieren sich am gemeinsam erarbeiteten MuKEN (Musterverordnung), siehe z. B. das aktuelle Strategepapier (EnDK/EnFK, 2005). Im Gegensatz zu einer bundesweiten Reglementierung können jetzt „fortschrittliche“ Kantone schneller anspruchsvolle Anforderungen einführen; andererseits steht es anderen Kantonen frei weniger schnell vorwärts zu gehen. Insgesamt dürfte diese neue Kompetenzordnung eher zu einer beschleunigten Effizienzverbesserung – zumindest bei den Neubauten (Figur 5-1) – führen. Andererseits fallen mit dem Energiegesetz das Verbot von ohmschen Elektroheizungen und das seit langem umstrittene Obligatorium für eine verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung weg. In beiden Fällen handelt es sich aber um Massnahmen die vorwiegend im Wohnbereich wichtig sind und für die Dienstleistungsgebäude keine wesentliche Änderung bringen.
- Das im Jahre 2000 eingeführte CO<sub>2</sub>-Gesetz ist für Szenario I von einer gewissen Bedeutung, auch wenn die Einführung der Abgabe nur für die Variante Ib angenommen wird. Betriebe und Firmen schliessen mit dem Bund freiwillige Vereinbarungen zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen und im Gegenzug werden sie für von einer potentiellen CO<sub>2</sub>-Abgabe befreit. Diese „Drohkulisse“ wird im Szenario I bis 2035 aufrecht erhalten. Die energetische Auswirkung dieser Vereinbarungen ist im Dienstleistungssektor im Szenario I aber sehr beschränkt, einmal weil die meisten Dienstleistungsbetriebe zu den potentiellen Gewinnern der CO<sub>2</sub>-Abgabe gehören und andererseits weil die angenommene Abgabehöhe von 35 CHF/t CO<sub>2</sub> relativ tief – z.B. nur rund halb so hoch wie in den Perspektiven der neunziger Jahre und zusätzlich real abnehmend – liegt.
- Das Programm *Energie 2000* der neunziger Jahren ist nach 2000 in das Programm *EnergieSchweiz* übergegangen. Trotz grossen organisatorischen und inhaltlichen Unterschieden sehen wir keinen Anlass, deswegen irgendeine Entwicklung im Dienstleistungssektor zu ändern. Erst unter den Annahmen einer „verstärkte Zusammenarbeit“ in Szenario II

zeigen die freiwilligen Massnahmen – unterstützt durch merklich höhere finanzielle Möglichkeiten - eine deutliche Wirkung.

Nicht berücksichtigt wird im aktuellen Szenario I der Klimarappen, der im Jahre 2006 beschlossen wurde. Der Klimarappen wird im Rahmen des Szenario II „verstärkte Zusammenarbeit“ behandelt.

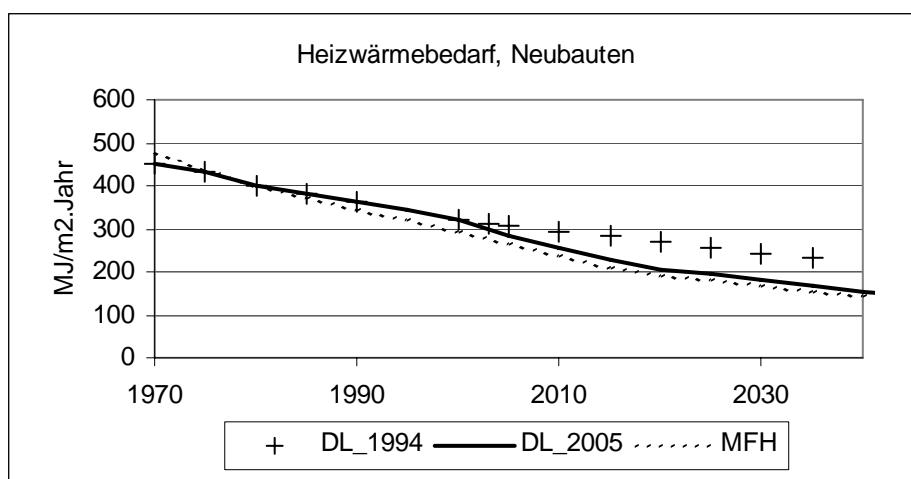
Neben diesen energiepolitisch bedingten Änderungen gibt es einige weitere Entwicklungen, die aus verschiedenen Gründen anders als in den neunziger Jahren eingeschätzt und modelliert werden:

- Die Untersuchungen von Jakob und Jochem (2003) führen zu einer deutlich anders eingeschätzten Sanierungstätigkeit im Wärmebereich: energetisch wirksame Sanierungen sind deutlich seltener als in den Rechnungen der neunziger Jahre angenommen wurde. Andererseits liegen die bei diesen energetisch wirksamen Sanierungen beobachteten Effizienzverbesserungen deutlich höher (siehe Text zu den Figuren 5-2 und 5-3).
- Der Anteil von sehr wärmeenergieeffizienten Naubauten (Tabelle A2-4) steigt deutlich schneller als in den neunziger Jahren angenommen wurde. Diese Annahme wird gestützt durch die letzten Zahlen zu den Minnergiebauten, die in 2005 mit rund 30% (EnergieSchweiz, 2006, S. 11) zu den Neubauten im Dienstleistungssektor beitragen.
- Die positive Wirkung der Luftreinhalteverordnung (LRV) auf den vorgezogenen Ersatz der alten Heizkessel geht früher als in den neunziger Jahren angenommen zu Ende (Baumgartner et al., 2002)..
- Für die Diffusion der elektrischen Wärmepumpen und für die neuen erneuerbaren Energien Holz und Solarwärme werden u.A. gestützt auf neueste Statistiken (Kaufmann, 2006; FWS, 2006) etwas optimistischere Entwicklungen als in den neunziger Jahren angenommen.
- Die Energiekennzahlen Elektrizität der neuen Gebäude und der Gebäude nach Sanierungen orientieren sich an den Grenzwerten der SIA 380/4 Empfehlungen aus dem Jahre 1995. Der Anteil der neuen Gebäude, die diesen Grenzwert erreichen, wird jedoch kurzfristig deutlich tiefer und langfristig etwas höher angenommen als in den neunziger Jahren. Andererseits liegen die durchschnittlichen Elektrizitätseinsparungen nach einer Sanierung nur bei der Hälfte der Einsparungen in einem guten Neubau. In den neunziger Jahren sind wir davon ausgegangen, dass bei einer umfassenden Sanierung die Elektrizitätseffizienz von Neubauten erreicht wird.
- Um mit dem Simulationsmodell SERVE04 das starke Wachstum der Elektrizitätsnachfrage im Dienstleistungssektor in den letzten Paar Jahren nachvollziehen zu können wurde der intrasectorale Strukturwandel weitgehend vom Wirtschaftswachstum entkoppelt. In den neunziger Jahren gingen wir davon aus, dass die Koppelung bei 50 Prozent liegt. In den aktuellen Perspektiven rechnen wir mit einer reduzierten Koppelung von 25 Prozent (siehe Kapitel 3.2.1). Diese Änderung bewirkt ein generell stärkeres Wachstum der Elektrizitätsnachfrage und eine Entkopplung der Elektrizitätsnachfrage vom Wirtschaftswachstum.

## 5.1 Szenario I: Instrumente und Massnahmen

Die bis 2003 ergriffenen Massnahmen und die zur Realisierung eingesetzten Instrumente werden bis 2035 weiter geführt und langsam stetig verschärft und optimiert. Es werden aber keine grundsätzlich neuen Massnahmen ergriffen und auch keine neuen Instrumente eingesetzt. Die in Szenario I wichtigsten Massnahmen und Instrumente werden im Folgenden zuerst für den Wärmebereich und dann für den Strombereich mittels der beschreibenden Modellinputannahmen dargestellt. Detailliertere Informationen zu diesen Modellinputs finden sich in den Tabellen und Figuren im Anhang 2.

*1. Heizwärmebedarf in Neubauten:* Der Verlauf des durchschnittlichen Wärmebedarfs in den typischen neuen Dienstleistungsbauten wurde an die Entwicklung bei den Mehrfamilienhäusern (Hofer, 2005) angepasst. Die durchschnittliche jährliche Reduktion zwischen 2005 und 2035 von – 1.8% ist deutlich höher als in den Perspektivarbeiten in den neunziger Jahren (-1%/Jahr). Diese beschleunigte Verbesserung beruht insbesondere auf der aktiveren Rolle der Kantone (Musterverordnung der Kantone im Energiebereich), einer optimistischeren Einschätzung des Vollzugs und dem vor 10 Jahren nicht absehbaren Anteil von sehr effizienten Neubauten (inklusive den weniger anspruchsvollen Miniergebäuden). Der Anteil von sehr effizienten Neubauten mit 58 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr Heizwärmebedarf kann bei der angenommenen Entwicklung des durchschnittlichen Wärmebedarfs im Jahre 2035 in der Größenordnung von 25% liegen (Tabelle A.2-4 im Anhang 2).



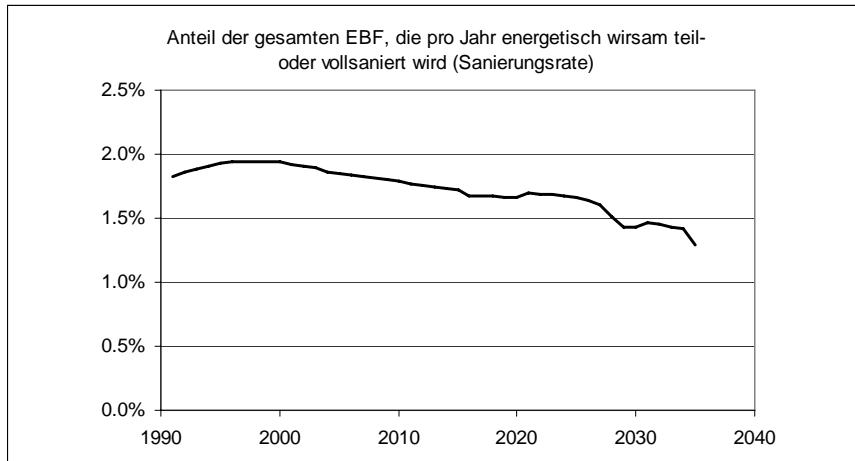
Quelle: Prognos; CEPE: Kopie\_Neue\_Inputs\_21.9.04.xls, in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2004\Inputdaten\HH\_Hofer\_AG-Gebäude

Figur 5-1 Durchschnittlicher Heizwärmebedarf in den neuen Dienstleistungsgebäuden (DL\_2005), in MJ/m<sup>2</sup>.Jahr, verglichen mit den Mehrfamilienhäusern (MFH) und den neuen Dienstleistungsgebäuden in früheren Perspektivarbeiten (DL\_1994)

## 2. Energierelevante Sanierungen

- *Voll- und Teilsanierungsraten (Wärmebedarf):* Für die energetische Simulation der Altbauten wurde angenommen, dass energetisch wirksame Sanierungen ab 1980, d.h. unmittelbar zum Zeitpunkt der zweiten Ölpreisseigerung auf 34 \$ pro Barrel, stattfinden. Ein zweiter Sanierungszyklus von Teil- und Vollsaniertungen startet 25 Jahre (für Teilsanierung), respektive 50 Jahre (für Vollsanierung) nach Beginn des ersten Zyklus. Die so berechnete

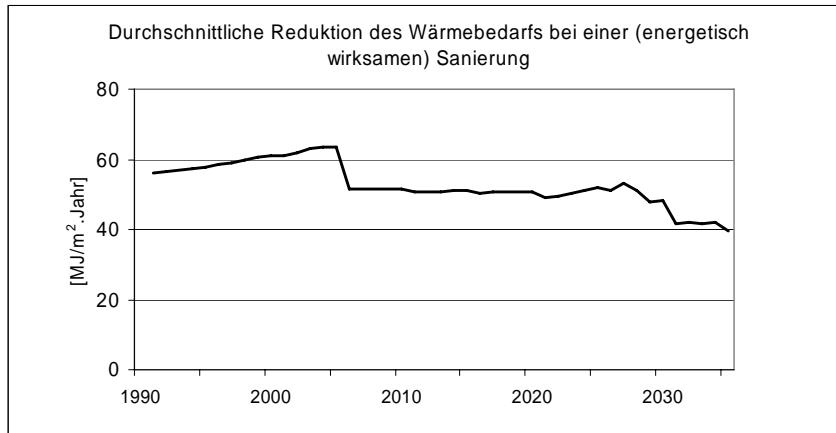
Summe der jährlichen Teil- und Vollsaniierungen pro Jahr beträgt in den späten neunziger Jahren 1.9% der gesamten Energiebezugsfläche oder 2.7 Mio. m<sup>2</sup> und reduziert sich langsam bis auf 1.3% oder 2.4 Mio. m<sup>2</sup> im Jahre 2035 (Figur 5-2). Zu diesem Zeitpunkt (2035) sind seit 1980 72% der Energiebezugsfläche mindesten einmal energetisch wirksam teil- oder vollsaniert worden. Detaillierte Aufteilungen finden sich in den Tabellen A.2-6 bis A.2-9 im Anhang 2.



Quelle: CEPE, Sanierungsdaten.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Final\_Ia,Ib\_April.05\Bericht

Figur 5-2 Energetisch wirksame Sanierungsdaten (Teil- oder Vollsaniierungen) pro Jahr bezogen auf die jeweilige gesamte Energiebezugsfläche.

- Die durchschnittliche Reduktion des Wärmebedarfs bei energetischer Sanierung wurde wie folgt angenommen: zwischen 18% und 5% bei Vollsaniierungen und 10% bis 2.5% bei Teilsaniierungen (Tabelle A2-10). Diese Sanierungseffizienzen gelten für die ersten 25 Jahre nach dem Baujahr. Anschliessend verbessern sich diese Effizienzen um 0.5%/Jahr (autonomer technischer Fortschritt). Für die Gebäude mit Baujahr vor 1970 setzt die technische Verbesserung ab 1990 ein. Bei einer zweiten energetisch wirksamen Sanierung betragen die Einsparungen gegenüber dem ursprünglichen Ausgangswert zwischen 26% und 9% (2. Vollsaniierung) und 15% und 5% (2. Teilsaniierung). Im Durchschnitt werden pro Sanierung 50 MJ/m<sup>2</sup>/Jahr eingespart (Figur 5-3).

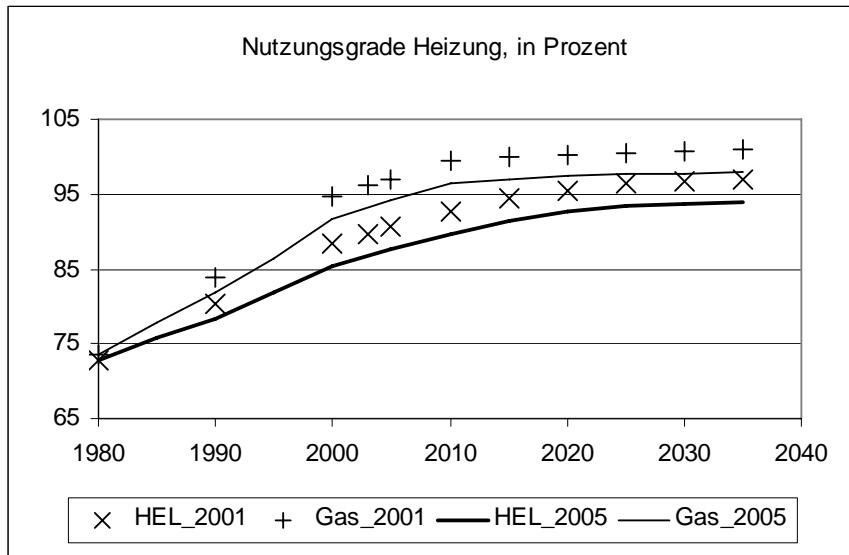


Quelle: CEPE, Sanierungsdaten.xls  
 S:\EXPost\SERVEo4\Modell\SERVEo4\V04,Szla,DEF.4\Zusammenfassungen und Sanierungsdaten\_nachKorr\_30.7.05.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-Final\_Ia,lb\_August.05\Bericht

Figur 5-3 Durchschnittliche Reduktion des Heizwärmebedarfs pro Sanierung in den Gebäuden, die zwischen 1947 und 1960 (1947-60) respektive im Jahre 1980 (1980) erstellt wurden, in MJ/m<sup>2</sup>·Jahr.

### 3. Heizsysteme

- *Nutzungsgrade* (inkl. Verteilverluste): Die mit HEL\_2001 und Gas\_2001 bezeichneten Werte wurden im Rahmen der Studie Jochem/Jakob (2004) in Zusammenarbeit mit Vertretern der Öl- und Gaswirtschaft erarbeitet.



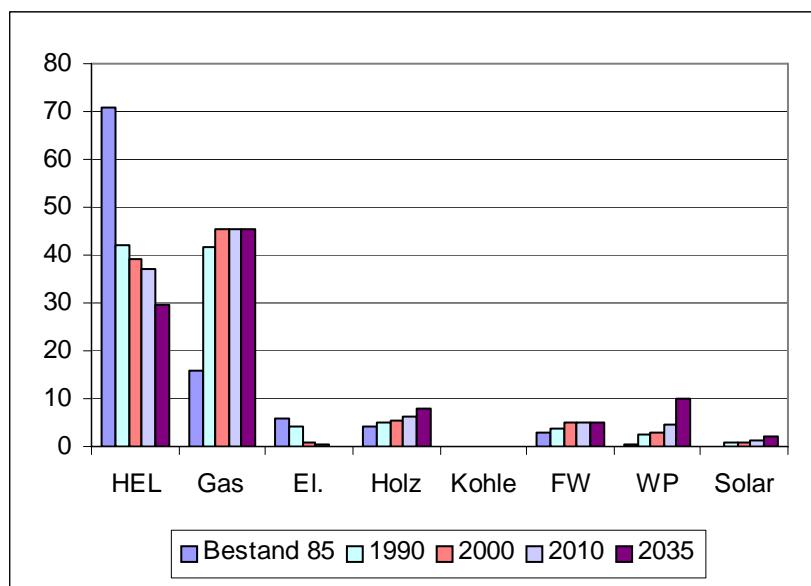
Quelle: CEPE: Kopie\_Neue\_Inputs\_21.9.04.xls in  
 H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2004\Inputdaten\HH\_Hofer\_AG-Gebäude

Figur 5-4 Nutzungsgrade (inkl. Verteilverluste), in Prozent, von neuinstallierten Öl- (HEL-2005) und Gasheizungen (Gas\_2005). Ebenfalls gezeigt sind die in einer früheren Studie (Jochem und Jakob, 2004) verwendeten Entwicklungen (HEL\_2001) und (Gas\_2001).

- Überlebenswahrscheinlichkeit der Heizkessel: In früheren Perspektivrechnungen für das BFE (Aebischer et al., 1996) und für die Gaswirtschaft (Jochem/Jakob, 2004) wurde davon ausgegangen, dass die alten Heizkessel infolge der Luftreinhalteverordnung bis 2010 beschleunigt ersetzt würden. Die Studie von Basics (Baumgartner et al., 2002) zeigt, dass dies kaum der Fall sein wird. In den neuen Rechnungen übernehmen wir diese Einschätzung und limitieren die Beschleunigung des Ersatzes auf die Periode bis 1995.

#### 4. Anteile der Energieträger / Heizsysteme an EBF

- Neubauten: Im Jahre 1985 wurde rund 70% der gesamten Energiebezugsfläche in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft mit Öl beheizt. Bei den neu erstellten Gebäuden betrug dieser Anteil bereits im Jahre 1990 nur mehr rund 40% - etwa gleich viel wie der Anteil von Gas. Bis 2035 nimmt dieser Anteil der ölbeheizten neuen Gebäude stetig aber nur langsam auf rund 30% ab. Erdgas und Fernwärme behalten ihre heutigen Anteile bis 2035. Alle anderen Energieträger/Heizsysteme – mit Ausnahme der elektrischen Widerstandsheizungen – legen zu, wobei relativ betrachtet insbesondere die Wärmepumpen mit fast einer Verdreifachung der Anteile zwischen 2005 und 2035. Die Entwicklungen bis 2010 orientieren sich an den Annahmen für das Referenzszenario in Jochem/Jakob (2003), aber für die Wärmepumpen und für die neuen erneuerbaren Energien Holz und Solarwärme wurden gestützt auf最新的 Statistiken (Kaufmann, 2006; FWS, 2006) etwas optimistischere Entwicklungen angenommen. In Tabelle A2-13 im Anhang 2 finden sich die entsprechenden Zahlenwerte.



Quelle: CEPE: MA\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

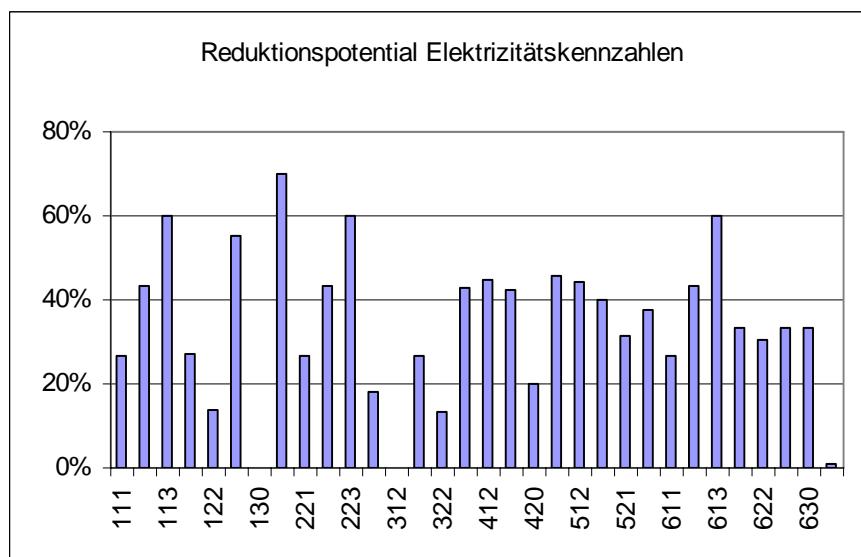
Figur 5-5 Anteile (in Prozent) der verschiedenen Energieträger und Heizsysteme im Bestand der Dienstleistungsgebäude im Jahre 1985 (Bestand 85) und in den Neubauten in den Jahren 1990, 2000, 2010 und 2035.

*Substitutionen zwischen Energieträgern/Heizsystemen:* Pro Jahr werden etwas über 1% der ölbeheizten und der mit elektrischer Widerstandsheizung beheizten Flächen durch andere Energieträger/Heizsysteme ersetzt. Heizöl wird vor allem durch Erdgas und Holz ersetzt; die elektrischen

Wärmepumpen werden stetig wichtiger. Die elektrischen Widerstandsheizungen werden vorwiegend durch Erdgas- und Wärmepumpenheizungen ersetzt. Die detaillierten Zahlen finden sich in Tabelle A2-14 bis A2-16. Im Vergleich zur Studie von Jochem/Jakob (2003) liegen die Anteile von Erdgas etwas höher und diejenigen von Holz etwas tiefer.

### 5. Energiekennzahlen Elektrizität

- *Neubauten:* Die Zielwerte für die Energiekennzahlen Elektrizität der Neubauten liegen grösstenteils zwischen 20% und 40% unter den durchschnittlichen Energiekennzahlen Elektrizität der bestehenden Gebäude vergleichbarer Funktionalität (Figur 5-6). Ab dem Jahre 2000 reduzieren sich diese Zielwerte um jährlich -0.5%. Im Jahre 2000 wurde von diesen möglichen Einsparungen durchschnittlich knapp ein Fünftel realisiert. Dieser Ausschöpfungsgrad steigt auf 35% im Jahre 2010 und auf 80% im Jahre 2035. Die vollständigen Zahlenwerte finden sich in den Tabellen A2-19 und A2-20. Ergänzend dazu zeigt Tabelle A2-26 für alle homogenen Gruppen die Aufteilung der Stromnachfrage nach Anwendungskategorien laut SIA 380/4.
- *Sanierungen:* Für die Sanierungen wird angenommen, dass durchschnittlich die Hälfte der durchschnittlichen Reduktionen in den Neubauten erreicht wird.



Quelle: CEPE: Inputs\_Wärme\_25.10.04.xls in  
H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2004\Berichte\Dok\_3.11.04\Tabellen+Figuren

Figur 5-6 Reduktionspotenzial für die Energiekennzahlen Elektrizität der neuen und sanierten Dienstleistungsgebäuden in den verschiedenen homogenen Gebäudegruppen (die Bezeichnungen der homogenen Gebäudegruppen sind im Anhang 1 Tabelle A1-2 erläutert)

- *Sanierungsraten:* In früheren Arbeiten wurde von Sanierungsraten ausgegangen, die mit den Gebäudeerneuerungsraten übereinstimmten. In der vorliegenden Arbeit werden nun aber im Wärmebereich nur energetisch wirksame Sanierungen berücksichtigt. Die entsprechenden durchschnittlichen Sanierungsraten von etwas unter 2% pro Jahr sind zu klein um die Ersatzzyklen der elektrotechnischen Anlagen von ca. 25 Jahren wiederzugeben.

Wir rechnen deshalb bei Elektrizitätsanwendungen mit durchschnittlich doppelt so hohen Erneuerungsralten als im Wärmebereich. Details dazu finden sich in den Tabellen A2-21 bis A2-25.

Die hier für Szenario I beschriebenen Instrumente und Massnahmen, konkretisiert mittels den detaillierten Modell-Inputs, gelten im wesentlich auch für die Sensitivitätsbetrachtungen. Was sich bei den Sensitivitätsbetrachtungen ändert sind die Rahmendaten, die im Kapiteln 3.2.2 beschrieben sind. Wie die Auswirkungen dieser veränderten Rahmendaten auf die Energienachfrage modelliert wird, wurde in den Kapiteln 2.2.2 bis 2.2.4 aufgezeigt. Dort werden auch Modellinputs gezeigt, die sich von denen im Referenzszenario unterscheiden.

Die Modellinputs, die für die Variante Ib „Szenario I mit CO<sub>2</sub>-Abgabe“ unterschiedlich sind, finden sich im Kapitel 2.2.5.

## 5.2 Szenario I: Ergebnisse

Die Ergebnisse der Modellrechnungen für die Energienachfrage im Szenario I Trend und in den drei Sensitivitätsvarianten sind in den folgenden zwei Tabellen zusammengefasst. Solche zusammenfassende Tabellen wie die folgenden finden sich für die anderen Szenarien zu Beginn der Kapitel 6.2 bis 8.2. In Ergänzung zu diesen Zusammenstellungen werden im Kapitel 9 die Szenarien miteinander verglichen.

In der Energienachfrage sind die vom Haushaltsektor in den Dienstleistungssektor transferierten Nachfragesegmente enthalten. Die Ergebnisse sind aber nicht auf die Energiestatistik kalibriert.

Die Umweltwärme wird in dieser zusammenfassenden Tabelle ausgewiesen. Im Allgemeinen wird aber die Umweltwärme in den Tabellen und Figuren nicht ausgewiesen; in Ausnahmefällen wird das explizit erwähnt. Der Einsatz der WP wird den Massnahme zu einem rationelleren Energieeinsatz zugeordnet und mit einem Wirkungsgrad = JAZ von rund 3 und mehr charakterisiert. Falls wie hier die Umweltwärme mitgezählt wird, ist der energetische Wirkungsgrad der WP implizit = 100% gesetzt!

Die Entwicklungen in den einzelnen Varianten und die Unterschiede zur Trendentwicklung werden in den entsprechenden Unterkapiteln 5.2.1 bis 5.2.4 diskutiert. Im Kapitel 5.2.5 folgt dann die Variante Ib, die Referenzentwicklung mit CO<sub>2</sub>-Abgabe, mit den üblichen Sensitivitätsbetrachtungen zum Wirtschaftswachstum, zu den Energiepreisen und zur Klimaerwärmung. Dort (Tabelle 5-15) findet sich auch ein Vergleich der relativen Entwicklungen der Wärmenachfrage, der Stromnachfrage und der CO<sub>2</sub>-Emissionen in allen Szenariovarianten mit und ohne CO<sub>2</sub>-Abgabe.

In den Kapiteln 5.2.1 bis 5.2.5 werden wichtige und interessante Ergebnisse vorgestellt. Es werden aber nicht in allen Kapiteln dieselben Größen im gleichen Detaillierungsgrad dargestellt. Eine solche systematische Darstellung findet sich im Anhangband.

Tabelle 5-1 Energienachfrage im Szenario I\_Trend und in den Sensitivitätsvarianten I\_BIP\_hoch, I\_Preise\_hoch und I\_Klima\_wärmer, in PJ/Jahr. In „nicht\_El“ ist die Nachfrage aller Energieträger ausser Elektrizität zusammengefasst.

I Trend		ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
		PJ/Jahr									
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6	
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2	
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6	
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3	
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0	
2010	66.5	43.2	24.2	7.7	3.5	0.2	0.0	1.3	147	80.0	
2015	70.6	39.7	25.8	8.1	3.8	0.2	0.0	1.7	150	79.4	
2020	74.3	36.9	27.1	8.6	4.1	0.3	0.0	2.2	154	79.3	
2025	77.3	34.4	28.3	9.0	4.3	0.3	0.0	2.7	156	79.0	
2030	80.1	31.9	29.3	9.4	4.4	0.3	0.0	3.2	159	78.6	
2035	82.3	29.8	30.3	9.8	4.6	0.4	0.0	3.8	161	78.7	
<hr/>											
I BIP hoch		ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
		PJ/Jahr									
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6	
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2	
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6	
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3	
2005	62.1	47.1	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0	
2010	66.8	43.2	24.2	7.7	3.5	0.2	0.0	1.3	147	80.1	
2015	71.3	39.7	25.9	8.2	3.8	0.2	0.0	1.8	151	79.6	
2020	75.5	37.0	27.4	8.7	4.1	0.3	0.0	2.3	155	79.7	
2025	79.1	34.4	28.7	9.1	4.3	0.3	0.0	2.8	159	79.7	
2030	82.3	32.2	29.9	9.6	4.5	0.4	0.0	3.4	162	80.0	
2035	85.1	30.2	31.1	10.1	4.7	0.4	0.0	4.0	166	80.5	
<hr/>											
I Preise hoch		ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
		PJ/Jahr									
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6	
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2	
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6	
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3	
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0	
2010	66.6	41.8	23.9	7.7	3.5	0.2	0.0	1.4	145	78.5	
2015	70.7	37.2	25.0	8.3	3.8	0.3	0.0	1.9	147	76.4	
2020	74.4	33.3	25.9	8.8	4.0	0.3	0.0	2.5	149	74.9	
2025	77.4	29.9	26.5	9.2	4.1	0.4	0.0	3.1	151	73.3	
2030	80.2	26.9	27.1	9.6	4.3	0.4	0.0	3.7	152	71.9	
2035	82.4	24.4	27.7	10.0	4.4	0.5	0.0	4.4	154	71.3	
<hr/>											
I Klima wärmer		ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
		PJ/Jahr									
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6	
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2	
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6	
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3	
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0	
2010	67.2	42.2	23.6	7.5	3.5	0.2	0.0	1.3	146	78.4	
2015	71.9	38.0	24.6	7.8	3.6	0.2	0.0	1.7	148	76.1	
2020	76.5	34.6	25.4	8.2	3.8	0.3	0.0	2.2	151	74.4	
2025	80.4	31.5	25.8	8.4	3.9	0.3	0.0	2.7	153	72.6	
2030	84.3	28.5	26.1	8.6	3.9	0.3	0.0	3.2	155	70.7	
2035	87.5	26.1	26.4	8.8	4.0	0.3	0.0	3.7	157	69.2	

Quelle: CEPE, Zusammenfassung\_Szenario\_I.xls in  
H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ia

Tabelle 5-2 Energienachfrage in den Sensitivitätsvarianten I\_BIP\_hoch, I\_Preise\_hoch und I\_Klima\_wärmer, relativ zur Nachfrage in Szenario I\_Trend, in Prozent der Nachfrage I\_Trend. In „nicht El“ ist die Nachfrage aller Energieträger ausser Elektrizität zusammengefasst.

<b>I BIP hoch rel. I Trend</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	Uwärme	Summe	nicht_El
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	100	100	100	100	100	101	100	101	100	100
2015	101	100	101	100	100	102	100	101	101	100
2020	102	100	101	101	101	103	100	102	101	101
2025	102	100	101	101	101	104	99	103	102	101
2030	103	101	102	102	102	105	104	105	102	102
2035	103	101	103	103	102	107	106	106	103	102
<b>I Preise hoch rel. I Trend</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	Uwärme	Summe	nicht_El
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	100	97	99	101	100	108	100	107	99	98
2015	100	94	97	102	99	114	99	111	98	96
2020	100	90	95	102	98	117	99	113	97	94
2025	100	87	94	102	97	119	98	114	96	93
2030	100	84	92	102	96	120	97	115	96	91
2035	100	82	92	102	96	120	97	116	95	91
<b>I Klima wärmer rel. I Trend</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	Uwärme	Summe	nicht_El
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	101	98	98	98	98	98	99	100	99	98
2015	102	96	96	96	96	96	97	99	99	96
2020	103	94	93	95	93	93	96	99	98	94
2025	104	91	91	93	91	91	95	99	98	92
2030	105	89	89	91	89	89	94	98	98	90
2035	106	87	87	89	87	87	93	98	97	88

Quelle: CEPE, Zusammenfassung\_Szenario\_I.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ia

### 5.2.1 Trend

Die Ergebnisse der Modellrechnungen (ohne Normierung auf die Werte der Energiestatistik<sup>18</sup>) sind in diesem Kapitel graphisch und tabellarisch zusammengefasst. Am Schluss des vorliegenden Kapitels 5.2.1 werden die wesentlichsten Entwicklungen in einer Zusammenfassung kurz kommentiert.

Die Entwicklung des Energienachfrage in den beheizten Gebäuden der Wirtschaftssektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft ist in den Tabellen 5-3 bis 5-5 für die Jahre 1990, 2005 und 2035 auf der Ebene der Branchen (Wärme) und der Unterbranchen und homogenen Gruppen (Elektrizität) dokumentiert. Im Anhangband findet sich zusätzlich die Aufteilung der Wärmennachfrage nach Raumheizung und Warmwasser/Prozesswärme und die Aufteilung der Elektrizitätsnachfrage nach den SIA 380/4 Anwendungen. Die Zahlenwerte in diesen detaillierten Tabellen 5.3 bis 5.5 stimmen nicht genau mit den Werten in den weiteren Tabellen und Figuren (nach Tabelle 5-5) überein, denn die Energienachfrage ausserhalb der Gebäude ist nicht enthalten, ebenso wenig wie der von Peter Hofer (Prognos AG) berechnete "Allgemeinstrom in Mehrfamilienhäusern" und weitere dem Dienstleistungssektor zugeordnete Verbraucher. Die Energienachfrage aus dem Haushaltmodell bezeichnen wir in den Tabellen und Figuren mit "HH->DL".

Der Anteil der vom Haushaltsektor in den Dienstleistungssektor transferierten Energienachfrage ist beträchtlich: 11 Prozent der gesamten Endenergienachfrage; bei der Wärmennachfrage liegt der Anteil bei 10 Prozent und bei der Elektrizitätsnachfrage bei 13 Prozent. Der Anteil der Energienachfrage, die ausserhalb der beheizten Gebäudeflächen erfolgt, liegt bei 6 Prozent. Dabei handelt es sich ausschliesslich um Elektrizitätsverbraucher, wie z.B. öffentliche Beleuchtung, Kläranlagen, Viehställe, Belüftung und Beleuchtung von Strassentunnels.

---

<sup>18</sup> Die absolute Abgleichung mit der Energiestatistik wird nach Zusammenzug aller Verbrauchersektoren von der Prognos AG durchgeführt.

Tabelle 5-3 Energiebezugsflächen, Energiekennzahlen und Energienachfrage im Jahre 1990;  
Szenario I (nur EBF-bezogene Energie berücksichtigt)

Nr.	Branche Unter-Br.	Homogene Gruppe	Energiebezugsflächen			Energiekennzahlen		Energienachfrage	
			Anteile CEPE, A+W	W&P und CEPE, A+W	CEPE berechnet	Strom inkl. Elektro- wärme	Wärme	Strom inkl. Elektro- wärme	Wärme
			[%]	[1000 m <sup>2</sup> ]	[1000 m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> a]	[MJ/m <sup>2</sup> a]	[TJ/a]	[TJ/a]
100	<b>Handel</b>			<b>18331</b>	<b>18331</b>	<b>552</b>	<b>613</b>	<b>10125</b>	<b>11237</b>
110	<b>Büro</b>			3420	3420	215		735	
111	Bürogebäude wenig technisiert	70%			2394	150		359	
112	Bürogebäude mittel technisiert	20%			684	300		205	
113	Bürogebäude hoch technisiert	10%			342	500		171	
120	<b>Laden/Detailhandel</b>			<b>13077</b>	<b>13077</b>	<b>690</b>		<b>9023</b>	
121	Warenhaus	10%			1308	900		1177	
122	Laden mit Nebenräumen hoch techn.	40%			5231	1000		5231	
123	Laden wenig technisiert	50%			6539	400		2615	
130	<b>Lager/Grosshandel</b>			<b>1834</b>	<b>1834</b>	<b>200</b>		<b>367</b>	
200	<b>Banken/Versich.</b>			<b>6689</b>	<b>6689</b>	<b>490</b>	<b>499</b>	<b>3279</b>	<b>3338</b>
210	<b>Hochtech. Geb. mit RZ</b>	15%			1003	1200		1204	
220	<b>Büro</b>	85%			5686	365		2075	
221	Bürogebäude wenig technisiert	10%			569	150		85	
222	Bürogebäude mittel technisiert	50%			2843	300		853	
223	Bürogebäude hoch technisiert	40%			2274	500		1137	
300	<b>Gastgewerbe</b>			<b>11445</b>	<b>11445</b>	<b>525</b>	<b>907</b>	<b>6006</b>	<b>10380</b>
310	<b>Hotel</b>	67%			7668	340		2607	
311	Hotel techn., Freizeitmöglichkeiten	40%			3067	550		1687	
312	Hotel einfach, nur Beherbergung	60%			4601	200		920	
320	<b>Restaurant</b>	33%			3777	900		3399	
321	Restaurant, techn., intens. Küche	20%			755	1500		1133	
322	Restaurant einfach, Gasthof	80%			3021	750		2266	
400	<b>Schulen</b>			<b>22617</b>	<b>22617</b>	<b>107</b>	<b>490</b>	<b>2411</b>	<b>11082</b>
410	<b>Höhere Schule</b>	20%			4523	333		1506	
411	Höhere Schule, techn. mit Labor	30%			1357	700		950	
412	Höhere Schule, techn. ohne Labor	20%			905	290		262	
413	Höhere Schule wenig technisiert	50%			2262	130		294	
420	<b>Volksschule/Kindergarten</b>	80%			18093	50		905	
500	<b>Gesundheit</b>			<b>14768</b>	<b>14768</b>	<b>183</b>	<b>830</b>	<b>2701</b>	<b>12257</b>
510	<b>Spital</b>	43%			6350	257		1632	
511	Spital hoch technisiert	10%			635	350		222	
512	Spital mittel technisiert	60%			3810	270		1029	
513	Spital wenig technisiert	30%			1905	200		381	
520	<b>Heim</b>	57%			8418	127		1069	
521	Krankenheime	10%			842	190		160	
522	andere Heime	90%			7576	120		909	
600	<b>Uebrige DL</b>			<b>45193</b>	<b>45193</b>	<b>233</b>	<b>643</b>	<b>10522</b>	<b>29059</b>
610	<b>Büro</b>			18238	18238	215		3921	
611	Bürogebäude wenig technisiert	70%			12767	150		1915	
612	Bürogebäude mittel technisiert	20%			3648	300		1094	
613	Bürogebäude hoch technisiert	10%			1824	500		912	
620	<b>Verschiedene Gebäude</b>			21085	21085	238		5016	
621	Kultur/Sport/Kirchen	41%			8645	180		1556	
622	Gewerbliche Gebäude	36%			7591	360		2733	
623	Diverse Gebäude	23%			4850	150		727	
630	<b>Verkehrsgebäude</b>			5870	5870	270		1585	
700	<b>Landwirtschaft</b>			6143	6143	200	180	1229	1106
<b>Total EBF-bezogen</b>				<b>125185</b>	<b>125185</b>	<b>290</b>	<b>627</b>	<b>36273</b>	<b>78459</b>

Quelle: Wuest&Partner, Amstein+Walterm, CEPE, Tab\_2.2.2\_31.4.05\_1990.xls in  
H:\Cep\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Final\_Ia,Ib\_April.05\Bericht

Tabelle 5-4 Energiebezugsflächen, Energiekennzahlen und Energienachfrage im Jahre 2005; Szenario I (nur EBF-bezogene Energie berücksichtigt)

Nr.	Branche Unter-Br.	Homogene Gruppe	Energiebezugsflächen			Energiekennzahlen		Energienachfrage	
			Anteile CEPE, A+W	W&P und CEPE, A+W	CEPE berechnet	Strom inkl. Elektro- wärme	Wärme	Strom inkl. Elektro- wärme	Wärme
			[%]	[1000 m <sup>2</sup> ]	[1000 m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> a]	[MJ/m <sup>2</sup> a]	[TJ/a]	[TJ/a]
100	<b>Handel</b>			<b>22100</b>	<b>22100</b>	<b>590</b>	<b>487</b>	<b>13049</b>	<b>10764</b>
110	<b>Büro</b>			4240	4240	247		1046	
111	Bürogebäude wenig technisiert	51%		2143	146		313		
112	Bürogebäude mittel technisiert	33%		1398	288		402		
113	Bürogebäude hoch technisiert	16%		699	472		330		
120	<b>Laden/Detailhandel</b>			<b>15844</b>	<b>15844</b>	<b>727</b>		<b>11521</b>	
121	Warenhaus	13%		2098	876		1839		
122	Laden mit Nebenräumen hoch techn.	46%		7365	986		7263		
123	Laden wenig technisiert	40%		6380	379		2419		
130	<b>Lager/Grosshandel</b>			<b>2017</b>	<b>2017</b>	<b>239</b>		<b>483</b>	
200	<b>Banken/Versich.</b>			<b>7234</b>	<b>7234</b>	<b>464</b>	<b>398</b>	<b>3353</b>	<b>2878</b>
210	<b>Hochtech. Geb. mit RZ</b>	15%		1085	1122		1217		
220	<b>Büro</b>	85%		6149	347		2136		
221	Bürogebäude wenig technisiert	10%		615	146		90		
222	Bürogebäude mittel technisiert	50%		3074	288		885		
223	Bürogebäude hoch technisiert	40%		2460	472		1161		
300	<b>Gastgewerbe</b>			<b>11782</b>	<b>11782</b>	<b>577</b>	<b>787</b>	<b>6804</b>	<b>9272</b>
310	<b>Hotel</b>	66%		7772	381		2961		
311	Hotel techn., Freizeitmöglichkeiten	53%		4097	543		2226		
312	Hotel einfach, nur Beherbergung	47%		3674	200		735		
320	<b>Restaurant</b>	34%		4011	958		3843		
321	Restaurant, techn., intens. Küche	30%		1185	1472		1744		
322	Restaurant einfach, Gasthof	70%		2826	743		2099		
400	<b>Schulen</b>			<b>25010</b>	<b>25010</b>	<b>128</b>	<b>393</b>	<b>3209</b>	<b>9839</b>
410	<b>Höhere Schule</b>	24%		6054	348		2105		
411	Höhere Schule, techn. mit Labor	33%		2007	674		1353		
412	Höhere Schule, techn. ohne Labor	26%		1592	279		444		
413	Höhere Schule wenig technisiert	41%		2455	125		308		
420	<b>Volksschule/Kindergarten</b>	76%		18956	58		1104		
500	<b>Gesundheit</b>			<b>17714</b>	<b>17714</b>	<b>180</b>	<b>682</b>	<b>3196</b>	<b>12078</b>
510	<b>Spital</b>	42%		7438	257		1909		
511	Spital hoch technisiert	17%		1235	336		415		
512	Spital mittel technisiert	60%		4463	260		1158		
513	Spital wenig technisiert	23%		1740	193		336		
520	<b>Heim</b>	58%		10277	125		1287		
521	Krankenheime	13%		1367	185		253		
522	andere Heime	87%		8910	116		1034		
600	<b>Uebrige DL</b>			<b>56496</b>	<b>56496</b>	<b>267</b>	<b>515</b>	<b>15092</b>	<b>29081</b>
610	<b>Büro</b>			25059	25059	245		6150	
611	Bürogebäude wenig technisiert	51%		12807	146		1872		
612	Bürogebäude mittel technisiert	33%		8168	288		2351		
613	Bürogebäude hoch technisiert	16%		4084	472		1927		
620	<b>Verschiedene Gebäude</b>			24365	24365	276		6736	
621	Kultur/Sport/Kirchen	41%		9990	209		2087		
622	Gewerbliche Gebäude	36%		8771	419		3673		
623	Diverse Gebäude	23%		5604	174		976		
630	<b>Verkehrsgebäude</b>			7072	7072	312		2207	
700	<b>Landwirtschaft</b>			<b>6410</b>	<b>6410</b>	<b>246</b>	<b>149</b>	<b>1577</b>	<b>958</b>
<b>Total EBF-bezogen</b>				<b>146746</b>	<b>146746</b>	<b>315</b>	<b>510</b>	<b>46280</b>	<b>74871</b>

Quelle: Wuest&Partner, Amstein+Waltert, CEPE, Tab\_2.2.2\_31.4.05\_.2005.xls in  
H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Final\_Ia,Ib\_April.05\Bericht

Tabelle 5-5 Energiebezugsflächen, Energiekennzahlen und Energienachfrage im Jahre 2035; Szenario I (nur EBF-bezogene Energie berücksichtigt)

Nr.	Branche Unter-Br.	Homogene Gruppe	Energiebezugsflächen			Energiekennzahlen		Energienachfrage	
			Anteile CEPE, A+W	W&P und CEPE, A+W	CEPE berechnet	Strom inkl. Elektro- wärme	Wärme	Strom inkl. Elektro- wärme	Wärme
			[%]	[1000 m <sup>2</sup> ]	[1000 m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> a]	[MJ/m <sup>2</sup> a]	[TJ/a]	[TJ/a]
100	<b>Handel</b>			<b>27374</b>	<b>27374</b>	<b>628</b>	<b>344</b>	<b>17203</b>	<b>9407</b>
110	<b>Büro</b>			4783	4783	258		1234	
111	Bürogebäude wenig technisiert		13%		631	128		81	
112	Bürogebäude mittel technisiert		58%		2768	236		654	
113	Bürogebäude hoch technisiert		29%		1384	361		499	
120	<b>Laden/Detailhandel</b>			<b>20231</b>	<b>20231</b>	<b>752</b>		<b>15207</b>	
121	Warenhaus		19%		3939	773		3045	
122	Laden mit Nebenräumen hoch techn.		59%		11923	909		10843	
123	Laden wenig technisiert		22%		4369	302		1318	
130	<b>Lager/Grosshandel</b>			<b>2359</b>	<b>2359</b>	<b>323</b>		<b>762</b>	
200	<b>Banken/Versich.</b>			<b>7628</b>	<b>7628</b>	<b>356</b>	<b>279</b>	<b>2716</b>	<b>2127</b>
210	<b>Hochtech. Geb. mit RZ</b>		15%		1144	816		934	
220	<b>Büro</b>		85%		6484	275		1782	
221	Bürogebäude wenig technisiert		10%		648	128		83	
222	Bürogebäude mittel technisiert		50%		3242	236		765	
223	Bürogebäude hoch technisiert		40%		2594	360		934	
300	<b>Gastgewerbe</b>			<b>13742</b>	<b>13742</b>	<b>664</b>	<b>634</b>	<b>9126</b>	<b>8707</b>
310	<b>Hotel</b>		60%		8253	436		3600	
311	Hotel techn., Freizeitmöglichkeiten		80%		6575	498		3275	
312	Hotel einfach, nur Beherbergung		20%		1679	193		324	
320	<b>Restaurant</b>		40%		5489	1007		5526	
321	Restaurant, techn., intens. Küche		50%		2731	1323		3612	
322	Restaurant einfach, Gasthof		50%		2759	694		1914	
400	<b>Schulen</b>			<b>30593</b>	<b>30593</b>	<b>163</b>	<b>281</b>	<b>4974</b>	<b>8594</b>
410	<b>Höhere Schule</b>		33%		9955	346		3443	
411	Höhere Schule, techn. mit Labor		39%		3906	584		2282	
412	Höhere Schule, techn. ohne Labor		38%		3829	240		920	
413	Höhere Schule wenig technisiert		22%		2220	109		241	
420	<b>Volksschule/Kindergarten</b>		67%		20638	74		1531	
500	<b>Gesundheit</b>			<b>23140</b>	<b>23140</b>	<b>158</b>	<b>496</b>	<b>3646</b>	<b>11475</b>
510	<b>Spital</b>		41%		9421	226		2131	
511	Spital hoch technisiert		30%		2786	275		766	
512	Spital mittel technisiert		60%		5652	213		1206	
513	Spital wenig technisiert		10%		983	162		159	
520	<b>Heim</b>		59%		13719	110		1515	
521	Krankenheime		20%		2714	160		434	
522	andere Heime		80%		11005	98		1081	
600	<b>Uebrige DL</b>			<b>74057</b>	<b>74057</b>	<b>302</b>	<b>364</b>	<b>22349</b>	<b>26951</b>
610	<b>Büro</b>			<b>36891</b>	<b>36891</b>	<b>258</b>		<b>9513</b>	
611	Bürogebäude wenig technisiert		15%		5387	129		693	
612	Bürogebäude mittel technisiert		57%		21003	238		4996	
613	Bürogebäude hoch technisiert		28%		10501	364		3824	
620	<b>Verschiedene Gebäude</b>			<b>28651</b>	<b>28651</b>	<b>338</b>		<b>9681</b>	
621	Kultur/Sport/Kirchen		41%		11747	254		2984	
622	Gewerbliche Gebäude		36%		10314	514		5301	
623	Diverse Gebäude		23%		6590	212		1395	
630	<b>Verkehrsgebäude</b>			<b>8516</b>	<b>8516</b>	<b>371</b>		<b>3155</b>	
700	<b>Landwirtschaft</b>			<b>6908</b>	<b>6908</b>	<b>365</b>	<b>112</b>	<b>2523</b>	<b>771</b>
<b>Total EBF-bezogen</b>				<b>183442</b>	<b>183442</b>	<b>341</b>	<b>371</b>	<b>62537</b>	<b>68032</b>

Quelle: Wuest&Partner, CEPE, Tab\_2.2.2\_31.4.05\_-2035.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Final\_Ia,Ib\_April.05\Bericht

Im Referenzszenario I nimmt die Nachfrage nach allen Energieträgern – mit Ausnahme des zu Beginn der neunziger Jahre wichtigsten Energieträgers, Heizöl extraleicht (HEL) – über den gesamten Prognosezeitraum von 2005 bis 2035 mehr oder weniger stetig zu (Tabelle 5-6, Figur 5-7). Das bei weitem grösste Wachstum weist die Solarwärme mit 3.4 Prozent pro Jahr auf. Das Wachstum der übrigen Energieträger liegt bei 1 Prozent pro Jahr. Heizöl nimmt um durchschnittlich -1.5 Prozent pro Jahr ab. Insgesamt nimmt die Energienachfrage nur um 0.3 Prozent pro Jahr zu.

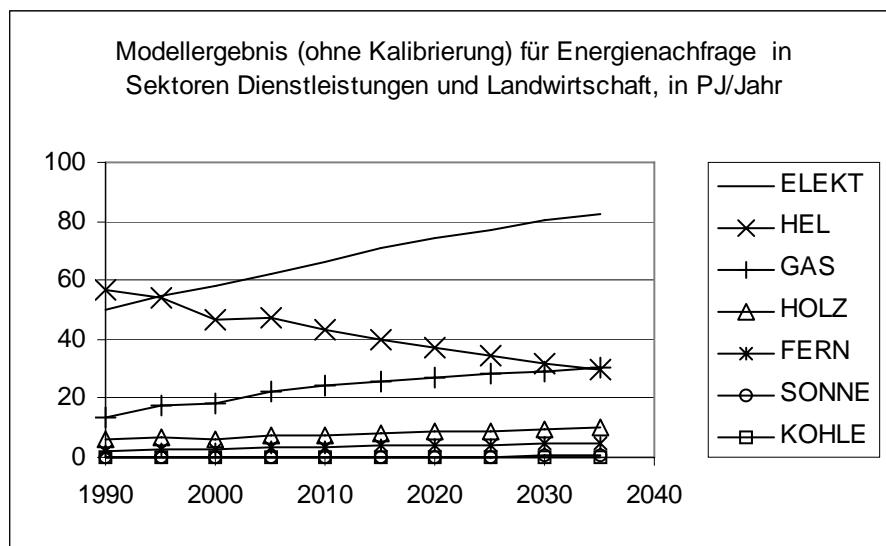
Werden die Energieanwendungen betrachtet, so zeigt sich, dass die Nachfrage nach Wärme zum Heizen, für Warmwasser und für Prozesswärme stetig sinkt (Figur 5-9). Was stetig zunimmt sind elektrizitätsspezifische Anwendungen, wie Gebäudetechnik, Beleuchtung und alle Arten von Anlagen und Geräten. Diese unterschiedliche Entwicklung der Wärme- und der Elektrizitätsnachfrage ist z.B. aus Figur 5-21 ersichtlich. Dieser Rückgang der Wärmenachfrage und der Ersatz von Heizöl durch Energieträger mit weniger oder null spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen erklärt den Rückgang der witterungskorrigierten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahre 2035 verglichen mit 1990 um 30 Prozent (Figur 5-10).

Die Landwirtschaft (primärer Sektor) weist überraschenderweise von allen Wirtschaftsbranchen mit über 1 Prozent pro Jahr die höchste Wachstumsrate auf (Tabelle 5-7). Der Strukturwandel innerhalb des Landwirtschaftssektors mit einer kontinuierlichen Technisierung und Automatisierung ist dafür verantwortlich. Einzig im Finanzsektor (Kredit- und Versicherungswesen) nimmt die Energienachfrage stetig ab. Hier ist der intrasektorale Strukturwandel schon weitgehend abgeschlossen und die Effizienzverbesserungen überwiegen im Gegensatz zu den anderen Branchen die Wachstumskomponenten. Dieser Unterschied zeigt sich z.B. im Vergleich der durchschnittlichen Energiekennzahlen Elektrizität in den verschiedenen Branchen (Figur 5-12).

Tabelle 5-6 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2035, in Prozent pro Jahr; Szenario I

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
Jahr	PJ/Jahr							
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	128.1
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	135.7
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	132.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	142.2
2010	66.5	43.2	24.2	7.7	3.5	0.2	0.0	145.3
2015	70.6	39.7	25.8	8.1	3.8	0.2	0.0	148.3
2020	74.3	36.9	27.1	8.6	4.1	0.3	0.0	151.4
2025	77.3	34.4	28.3	9.0	4.3	0.3	0.0	153.6
2030	80.1	31.9	29.3	9.4	4.4	0.3	0.0	155.5
2035	82.3	29.8	30.3	9.8	4.6	0.4	0.0	157.2
	%/Jahr							
2005/35	0.9%	-1.5%	1.0%	1.0%	1.2%	3.4%	0.7%	0.3%

Quelle: CEPE, Tab\_Fig\_SzIa\_EnergiemitHH-DL.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ia\SzIa\_16-8-06



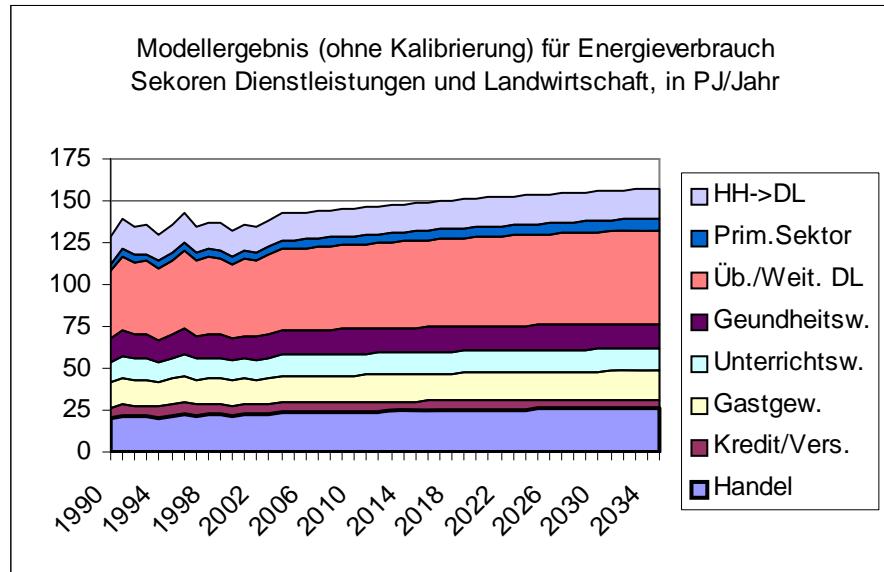
Quelle: CEPE, Tab\_Fig\_SzIa\_EnergiemithHH-DL.xls, in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ia\SzIa\_16-8-06

Figur 5-7 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr; Szenario I

Tabelle 5-7 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 in den Wirtschaftsbranchen des Dienstleistungssektors und in der Landwirtschaft insgesamt, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2025, in Prozent pro Jahr; Szenario I

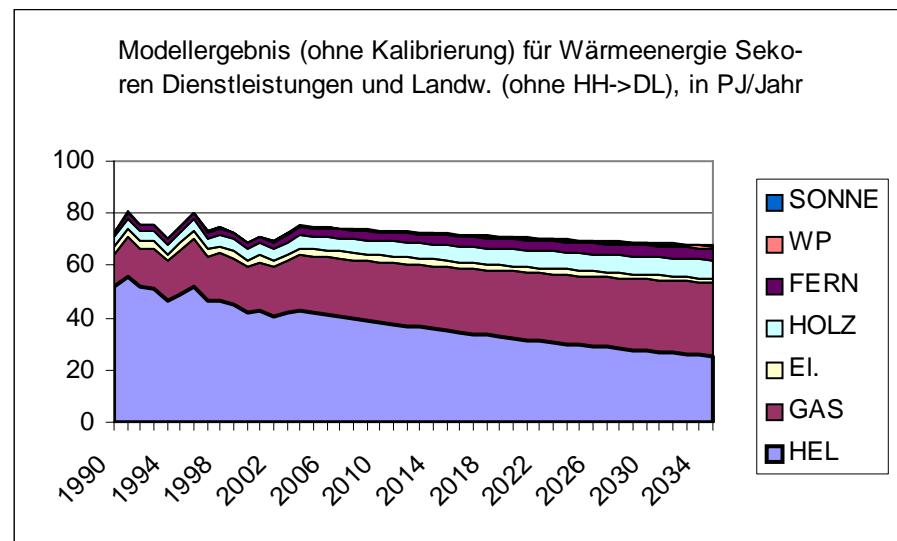
	Handel	Kredit/ Vers.	Gastgew.	Unter- richtsw.	Geund- heitsw.	Üb./Weit. DL	Prim. Sektor	HH->DL	Total
	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr
1990	20.0	6.1	15.1	12.2	13.5	40.7	4.2	15.6	127.4
1995	21.5	6.6	15.3	12.3	14.0	44.4	4.5	16.3	135.0
2000	21.7	6.1	14.7	11.7	13.4	44.2	4.6	15.1	131.4
2005	23.4	6.1	15.6	12.6	14.7	48.4	4.8	16.5	142.2
2010	24.1	5.9	15.9	12.7	14.8	50.0	5.1	16.7	145.3
2015	24.8	5.7	16.2	12.9	14.9	51.5	5.4	16.8	148.3
2020	25.4	5.5	16.6	13.0	14.9	52.8	5.7	17.3	151.4
2025	25.9	5.3	16.9	13.1	14.9	54.0	6.1	17.5	153.6
2030	26.2	5.1	17.2	13.2	14.8	55.2	6.4	17.3	155.5
2035	26.5	4.9	17.4	13.2	14.7	56.0	6.8	17.6	157.2
	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr
2005/35	0.4%	-0.7%	0.4%	0.2%	0.0%	0.5%	1.2%	0.2%	0.3%

Quelle: CEPE, Ergebnisse\_SzIa\_BRANCHEN.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ia\SzIa\_16-8-06



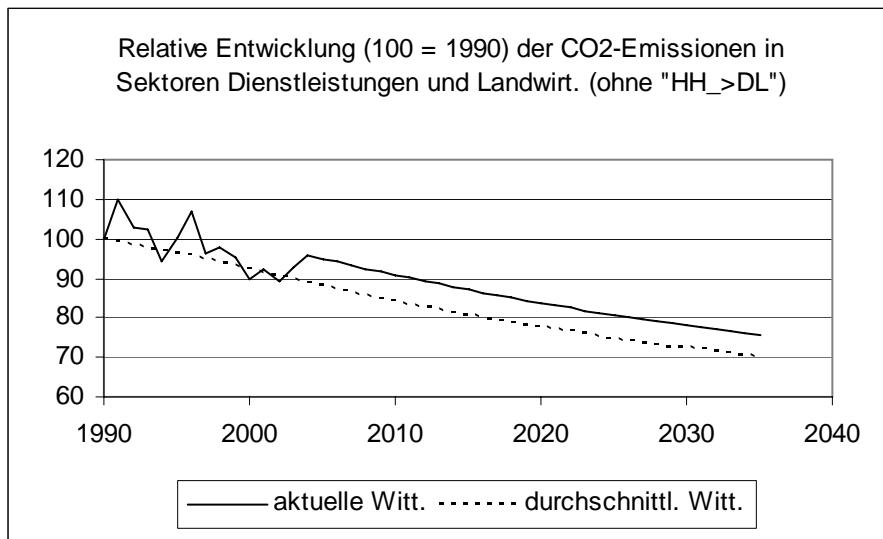
Quelle: CEPE, Ergebnisse\_SzIa\_BRANCHEN.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Final\_Ia,Ib\_März.05\SzIa,DEF

Figur 5-8 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 in den Wirtschaftsbranchen des Dienstleistungssektors und in der Landwirtschaft insgesamt, in PJ/Jahr; Szenario I



Quelle: CEPE, Ergebnisse\_SzIa\_WÄRMEohneHH-DL.xls, in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ia\SzIa\_16-8-06

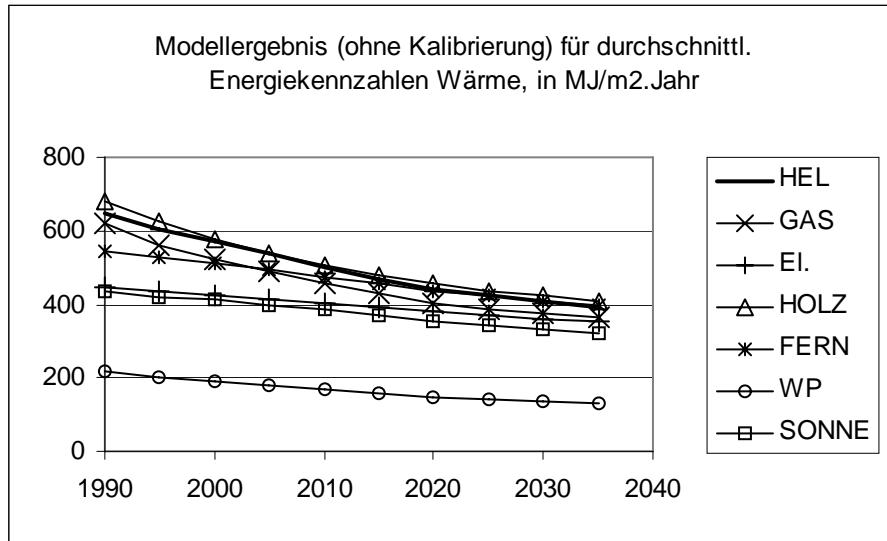
Figur 5-9 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Wärmeenergienachfrage 1990-2035 in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (ohne "HH->DL"): summierte Wärmeenergienachfrage in PJ/Jahr; Szenario I



Quelle: CEPE, Ergebnisse\_SzIa\_CO2ohneHH-DL.xls, in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ia\SzIa\_16-8-06

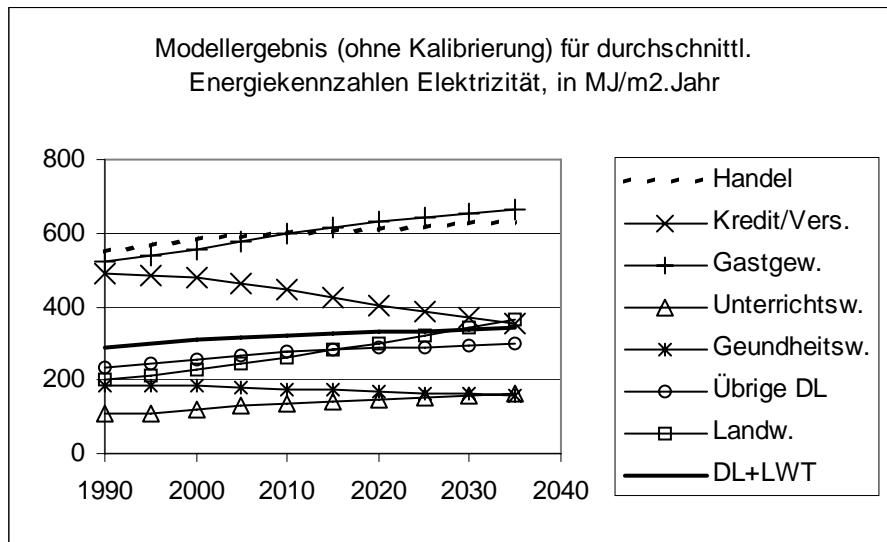
Figur 5-10 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die relative Entwicklung (100 = 1990) der brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990-2035 in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft; Szenario I. Die gleichzeitige Normierung der witterungskorrigierten und der nicht korrigierten Emissionen im Jahre 1990 auf 100 bewirkt, dass die beiden zukünftigen Emissionen (aktuelle Witterung und durchschnittliche Witterung) in dieser Figur nicht übereinstimmen.

Die Entwicklungen der Energiekennzahlen Wärme für die verschiedenen Energieträger/Heizsysteme und der Energiekennzahlen Elektrizität (Elektrowärme inbegriffen) zeigen eine gegenläufige Tendenz: während die Energiekennzahlen Wärme im Zeitraum 1990 bis 2035 um 30% bis 40% abnehmen (Figur 5-11), haben die meisten Branchen - trotz deutlichen Reduktionen des spezifischen Stromverbrauchs auf der Ebene der homogenen Gruppen (Figur 5-13) - infolge strukturellen Änderungen eine deutliche Zunahme der Energiekennzahl Elektrizität (Figur 5-12).



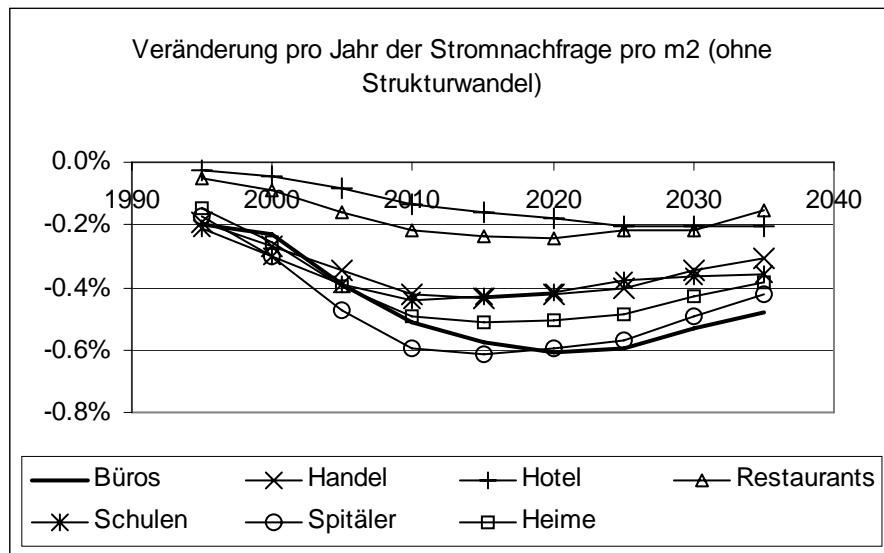
Quelle: CEPE, Ergebnisse\_SzIa\_EK-WÄRMEohneHH-DL.xls, in  
[H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2005\1.05\Final\\_Ia,Ib\\_März.05\SzIa,DEF](H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2005\1.05\Final_Ia,Ib_März.05\SzIa,DEF)

Figur 5-11 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung 1990-2035 der Energiekennzahlen Wärme für die verschiedenen Energieträger und Heizsysteme, in MJ/m<sup>2</sup>.Jahr; Szenario I



Quelle: CEPE, Ergebnisse\_SzIa\_EK-Elektr.xls, in H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Final\_Ia,Ib\_März.05\SzIa,DEF

Figur 5-12 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung 1990-2035 der Energiekennzahlen Elektrizität in den verschiedenen Wirtschaftsbranchen, in MJ/m<sup>2</sup>.Jahr; Szenario I



Quelle: CEPE, d-EKE1\_homog\_gewichtet.xls, in H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-Final\_Ia,Ib\_April.05\Bericht

Figur 5-13 Durchschnittliche jährliche Veränderung der Energiekennzahl Elektrizität in den homogenen Gruppen der Unterbranchen Büros, Läden, Hotel, Restaurants, höhere Schulen, Spitäler, Heime, in Prozent pro Jahr; Szenario I

## Zusammenfassung

In den nächsten 30 Jahren wird – im vorliegenden Referenzszenario – die Wärmenachfrage der Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft stetig sinken, aber der Elektrizitätsnachfrage wird ebenso stetig wachsen und zwar von 2005 bis 2035 um rund 30% oder durchschnittlich 0.9%/Jahr (zu vergleichen mit 1.4%/Jahr von 1990-2003). Die Wärmenachfrage nimmt insbesondere bis 2010 etwas weniger stark ab, als in früheren Arbeiten erwartet wurde. Die witterungskorrigierten (!) CO<sub>2</sub>-Emissionen (inkl. den vom Haushaltsektor in den Dienstleistungssektor transferierten Verbraucher) nehmen trotzdem von 1990 bis 2010 um rund 15% (-0.7%/Jahr) und zwischen 2010 und 2035 um weitere 13% (-0.5%/Jahr) ab.

### 5.2.2 BIP hoch

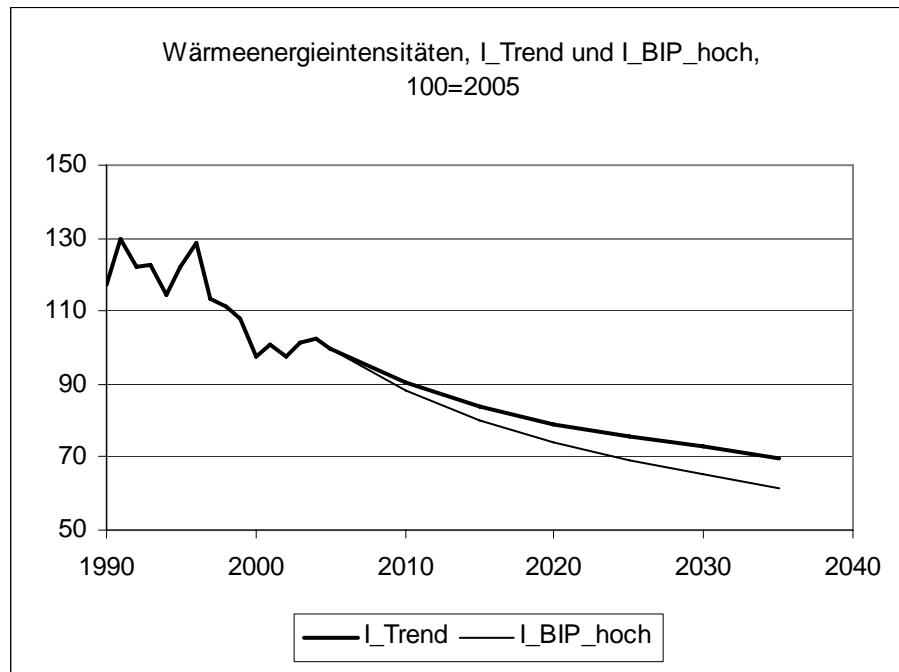
Die Rechnungen ergeben für die Variante „BIP\_hoch“ eine Wärmenachfrage im Jahre 2035, die um 2.2% über der Nachfrage in der Variante „Trend“ liegt. Die Elektrizitätsnachfrage steigt um 3.5% schneller an.

Tabelle 5-8 Relative Veränderung der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. HH->DL) im Szenario I\_BIP\_hoch gegenüber Szenario I\_Trend

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL	Wärme
2005	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
2010	0.5%	0.0%	0.2%	0.1%	0.2%	0.8%	0.0%	0.3%	0.1%
2015	1.0%	0.0%	0.6%	0.3%	0.5%	1.6%	-0.2%	0.6%	0.3%
2020	1.6%	0.0%	1.0%	0.6%	0.8%	2.6%	-0.3%	1.0%	0.5%
2025	2.2%	0.1%	1.4%	0.9%	1.2%	3.7%	-0.5%	1.5%	0.8%
2030	2.8%	0.8%	2.1%	1.9%	1.8%	5.4%	3.8%	2.2%	1.5%
2035	3.5%	1.3%	2.8%	2.7%	2.4%	7.0%	5.7%	2.9%	2.2%

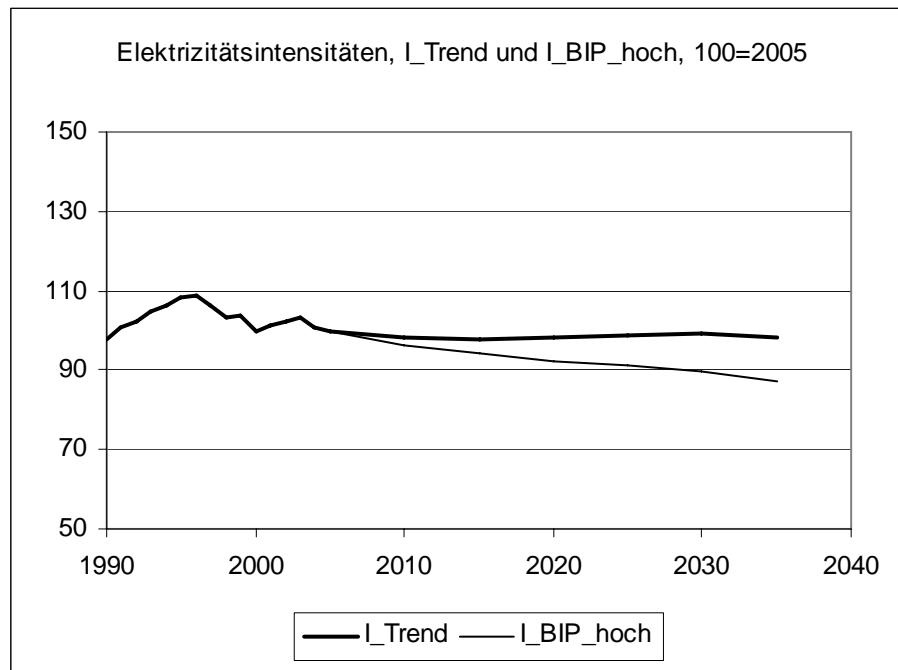
Quelle: CEPE, Energie\_Ia\_DEF\_und\_Ia\_BIP\_hoch.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_o6\Szenario\_Ia\Sensitivität\_Ia\BIP\_hoch\Ergebnisse\_BIP\_hoch

Dieses deutlich geringere Wachstum der Energienachfrage als das vorgegebene Wachstum der Wertschöpfung von 18% bis 2035 widerspiegelt sich natürlich in einem (stärkeren) Rückgang der Energieintensitäten Wärmenachfrage pro Wertschöpfungseinheit und Elektrizitätsnachfrage pro Wertschöpfung (Figuren 6-2 und 6.3). Die Entwicklungen der Energienachfrage pro Vollzeitäquivalent Beschäftigte und pro Energiebezugsfläche sind andererseits in den beiden Varianten sehr ähnlich (Anhang 5). Eine Entkopplung der Elektrizitätsnachfrage vom Wirtschaftswachstum ist im Dienstleistungssektor für ein Szenario, wo die Produktivitätssteigerung mit nur sehr geringem Flächenwachstum der treibende Wachstumsfaktor ist, keine Überraschung, denn der Grossteil des heutigen Stromverbrauchs und der zukünftigen Stromverbrauchszunahme fällt bei der Gebäudeinfrastruktur und nicht bei den Produktionsmitteln (im engeren Sinn) an.



Quelle: CEPE, Energienintensitäten\_Ia\_BIP\_hoch\_Ia\_Trend.xls, in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Sensitivität\_Ia\BIP\_hoch\Ergebnisse\_BIP\_hoch\SzIa,BIP\_hoch

Figur 5-14 Relative Entwicklung (100 = 2005) der Wärmeenergiennachfrage pro Wertschöpfungseinheit im Dienstleistungssektor in den Szenarien I\_Trend und I\_BIP\_hoch



Quelle: CEPE, Energieintensitäten\_Ia\_BIP\_hoch\_Ia\_Trend.xls, in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Sensitivität\_Ia\BIP\_hoch\Ergebnisse\_BIP\_hoch\SzIa,BIP\_hoch

Figur 5-15 Relative Entwicklung (100 = 2005) der Elektrizitätsnachfrage pro Wertschöpfungseinheit im Dienstleistungssektor in den Szenarien I\_Trend und I\_BIP\_hoch

### 5.2.3 Preise hoch

Die Veränderung der Energienachfrage relativ zur Nachfrage im Szenario I\_Trend (Tabelle 5-9) liegt im Jahre 2010 bei -1%, im Jahre 2020 bei -3% und 2035 bei -5%. Am stärksten reduziert sich mit -18% die Nachfrage nach Heizöl extraleicht. Die Nachfrage nach Wärmeenergie insgesamt reduziert sich noch um -11%. Bei der Nachfrage nach Elektrizität werden die kleinen Effizienzverbesserungen durch die vermehrte Substitution von fossilen Energieträgern leicht überkompensiert.

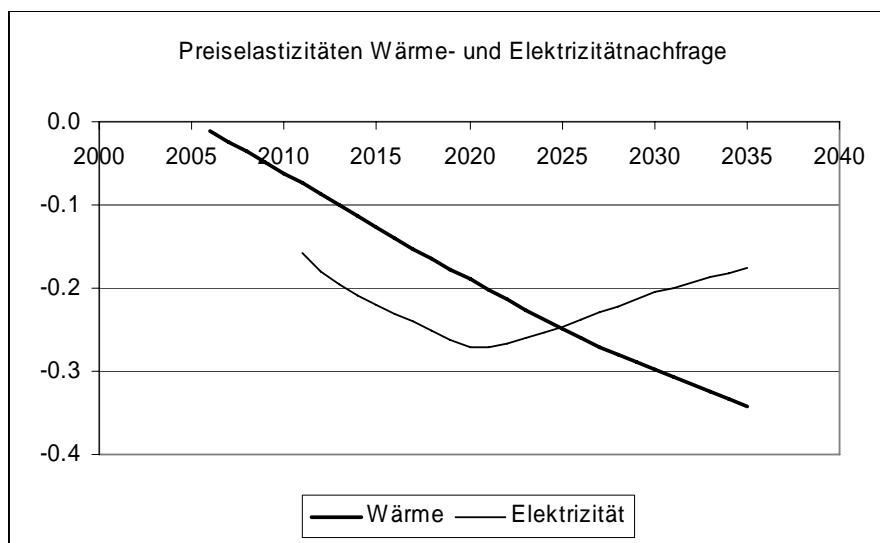
Die resultierenden (direkten) Preiselastizitäten<sup>19</sup> für Wärmeenergie und Elektrizität (Figur 5-16) liegen in einer plausiblen Größenordnung. Der Rückgang der Elektrizitätspreiselastizität nach 2020 erklärt sich mit den stark steigenden Grenzkosten nach 2020.

<sup>19</sup> Zur Berechnung der Preiselastizitäten werden die kumulierten Energieeinsparungen einer gegebenen Periode den durchschnittlichen Energiepreisänderungen in dieser Periode gegenübergestellt. Die Elastizitäten sind abhängig von der Höhe der Preisänderungen. Für kleine Preisänderungen sind die Elastizitäten höher, da die Grenzkostenkurven flacher sind.

Tabelle 5-9 Relative Veränderung der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH->DL) im Szenario I\_Preise\_hoch gegenüber Szenario I\_Trend

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL	Wärme
2005	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0%	0.0%	0.0%	0.0%
2010	0.0%	-3.1%	-1.3%	1.1%	-0.2%	8%	-0.3%	-1.1%	-2.0%
2015	0.1%	-6.5%	-2.9%	1.6%	-0.9%	14%	-0.8%	-2.1%	-4.1%
2020	0.1%	-9.8%	-4.6%	1.8%	-1.8%	17%	-1.3%	-3.1%	-6.1%
2025	0.1%	-12.9%	-6.2%	1.8%	-2.8%	19%	-1.9%	-3.9%	-8.0%
2030	0.1%	-15.8%	-7.6%	1.6%	-3.6%	20%	-2.6%	-4.6%	-9.6%
2035	0.2%	-18.3%	-8.5%	1.7%	-4.0%	20%	-3.4%	-5.0%	-10.7%

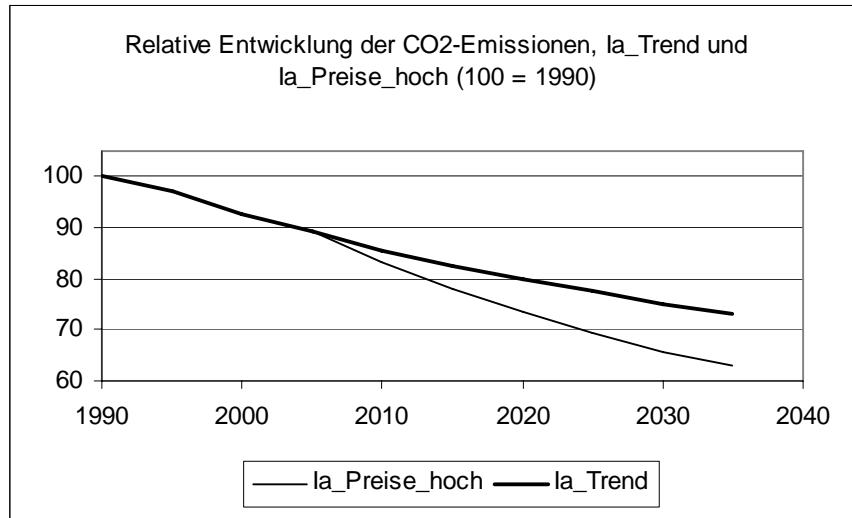
Quelle: CEPE, Energie\_Ia\_DEF\_und\_Ia\_Preise\_hoch.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ia\Sensitivität\_Ia\Priese\_hoch\  
Ergebnisse\_Priese\_hoch



Quelle: CEPE, Elastizitäten\_1.8.05.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Sensitivität\_Ia  
und elastiz Def.4-confr DL - HH.xls in S:\EXPost\SERVE04\Modell\Working files

Figur 5-16 Preiselastizitäten für Wärme- und Elektrizitätsnachfrage berechnet aus den für Szenario I\_Preise\_hoch vorgegebenen Preiserhöhungen und den mit dem Energienachfragemodell SERVE04 berechneten Energieeinsparungen

Da in der Variante Preise\_hoch die Preise der CO<sub>2</sub>-reichen Energieträger stärker zunehmen als die CO<sub>2</sub>-ärmeren und CO<sub>2</sub>-freien/neutralen Energieträger reduzieren sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich schneller als die Wärmenachfrage. Zu den im Szenario I\_Preise\_hoch im Jahre 2035 um 14% tieferen CO<sub>2</sub>-Emissionen als im Szenario I\_Trend (Figur 5-17) tragen die Substitutionsbewegungen mit rund einem Viertel bei.

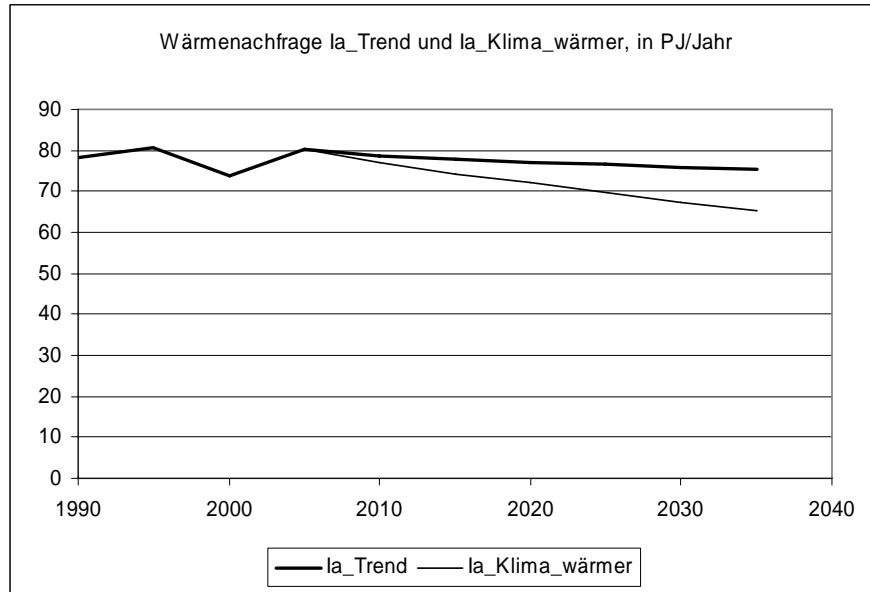


Quelle: CEPE, Ergebnisse\_SzIa\_CO2ohneHH-DL\_OhneWitt.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ia\Sensitivität\_Ia\Priese\_hoch\Ergebnisse\_Priese\_hoch\SzIa,Priese\_hoch

Figur 5-17 Relative Entwicklung (100 = 1990) der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Szenarien I\_Trend und I\_Preise\_hoch

#### 5.2.4 Klima wärmer

Die Wärmenachfrage reduziert sich gegenüber dem Szenario I\_Trend stetig und liegt im Jahre 2035 um 13% tiefer (Figur 5-18). Entsprechend reduzieren sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Bei diesen Berechnungen bleibt der Gebäudebestand unverändert gegenüber der Tendentwicklung.



Quelle: CEPE, Sz.Klima\_Wärme\_29.6.05.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05\Sensitivität\_Ia\Klimaerwärmung

Figur 5-18 Wärmenachfrage im Szenario I\_Trend mit konstanter durchschnittlicher Temperatur und in der Variante „Klima\_wärmer“ mit stetig steigenden durchschnittlicher Temperatur und Strahlung (ohne Veränderungen infolge Klimaerwärmung in HH-> DL)

Nach der Festlegung der zwei Faktoren

1. höherer spezifischer Stromverbrauch infolge der höheren durchschnittlichen Temperatur und
2. schnelleres Wachstum der teil- und vollklimatisierten Flächen

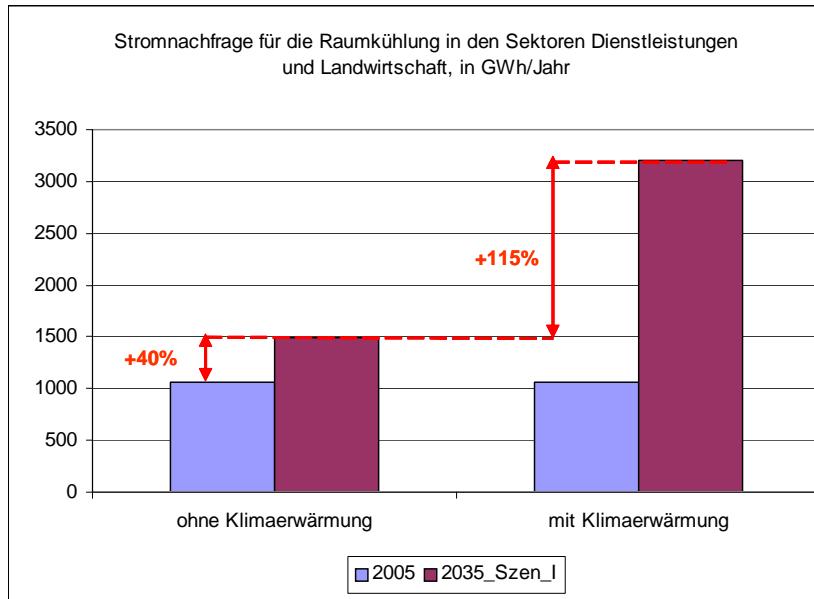
(Kapitel 2.2.4) kann jetzt die Stromnachfrage für die Raumkühlung in der Variante I\_Trend\_Klima\_wärmer bestimmt werden. Gegenüber der Variante I\_Trend ergibt sich ein Mehrverbrauch von 115% (Tabelle 5-10). Rund 40% dieser Zunahme ist auf den höheren spezifischen Verbrauch in den bereits in der Variante I\_Trend gekühlten Flächen zurückzuführen. 20% respektive 40% ergeben sich aus der Zunahme der teilklimatisierten, respektive vollklimatisierten Flächen und dem – gegenüber der Trendvariante – erhöhten spezifischen Verbrauch zur Kühlung dieser Flächen (Figur 5-19). Die Gesamtstromnachfrage (mit HH->DL wie in Variante I\_Trend<sup>20</sup>) liegt damit im Jahre 2035 um 7.5% höher (Figur 5-20). Der Anteil des Stromverbrauchs zur Raumkühlung an der Gesamtstromnachfrage des Dienstleistungssektors erhöht sich im Jahre 2035 von 6.5% in I\_Trend auf 13.1% in I\_Klima\_wärmer. Bezogen auf den Stromverbrauch Klima/Lüftung nach SIA 380/4 erhöht sich der Anteil von 26% in I\_Trend auf 44% in I\_Klima\_wärmer.

Tabelle 5-10 Stromnachfrage für die Raumkühlung (Kälteproduktion, Be-/Entfeuchtung, Kälteverteilung) in den Dienstleistungsgebäuden im Szenario I\_Klima\_wärmer und Vergleich mit der Stromnachfrage im Jahre 2035 im Szenario I\_Trend

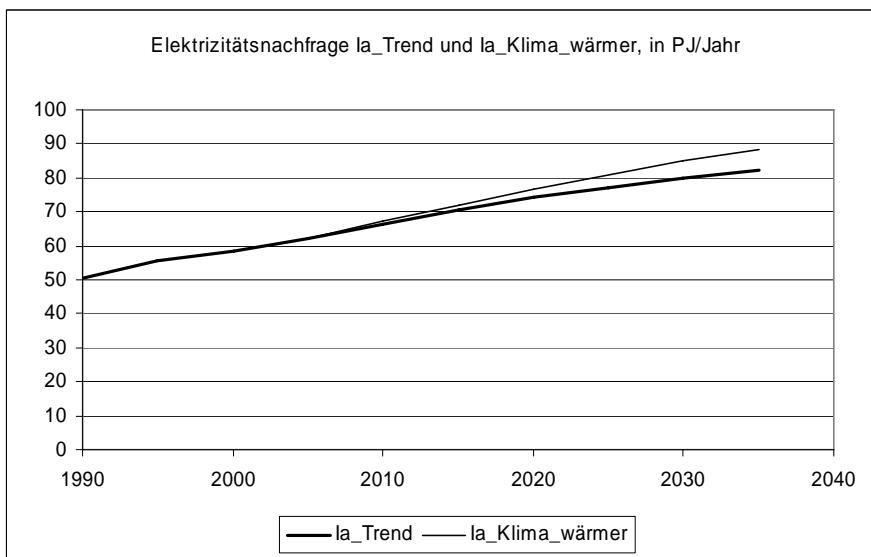
	TJ/Jahr	TJ/Jahr	TJ/Jahr	TJ/Jahr	TJ/Jahr	Veränderung "Klima_wärmer" 2035
	2000	2005	2015	2025	2035	
Büro	1062	1196	1977	2972	4144	116%
Laden	1055	1173	1642	2126	2591	53%
Gastg.	133	149	268	416	592	163%
Schulen	116	138	341	591	881	270%
Gesundh.	198	222	466	779	1149	252%
Übrige	900	937	1294	1683	2085	119%
LWT	0	0	28	61	99	--
DL+LWT	3463	3816	6018	8628	11540	115%

Quelle: CEPE, Strom\_Klima\_Ia\_Klima\_Wärmer.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\CLIM\15-6-05-\mit\_Banken\_tf=-0.5%Jahr

<sup>20</sup> Die Änderungen in HH->DL in Variante Ia\_Klima\_wärmer sind in Tabelle 5-11 berücksichtigt.



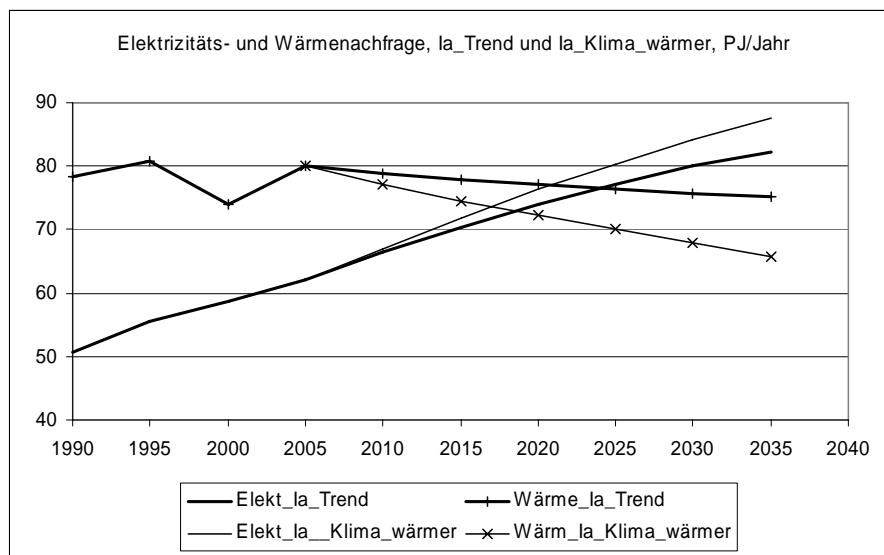
Figur 5-19 Elektrizitätsnachfrage für die Raumkühlung (Kälteproduktion, Be-/Entfeuchtung, Kälteverteilung) in den Sektoren Dienstleistung und Landwirtschaft in den Jahren 2005 und 2035 ohne und mit Klimaerwärmung



Figur 5-20 Stromnachfrage im Szenario I\_Trend mit konstanter durchschnittlicher Temperatur und in der Variante „Klima\_wärmer“ mit stetig steigenden durchschnittlicher Temperatur und Strahlung (ohne Veränderungen infolge Klimaerwärmung in HH-> DL)

## Energienachfrage (inkl. Veränderungen im Nachfragesegment HH->DL) und CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Variante Klima\_wärmer

Nach Integration der vom Haushaltsektor in den Dienstleistungssektor transferierten Stromnachfrage (insbesondere für Allgemeinstrom in den Mehrfamilienhäusern und für Ferienhäuser) ergeben sich die Energienachfragen für Wärme (ohne Elektrizität) und Elektrizität, die in Figur 5-21 mit der Entwicklung in Szenario I\_Trend verglichen werden. Die Elektrizitätsnachfrage im Jahre 2035 liegt um 6.5% über der Nachfrage im Szenario I\_Trend; die Wärmenachfrage (ohne Elektrowärme) reduziert sich infolge des wärmeren Klimas um -12.5% (Tabelle 5-11).



Quelle: CEPE, Energie\_la\_DEF\_und\_la\_Klima\_wärmer.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Sensitivität\_la\Klimaerwärmung

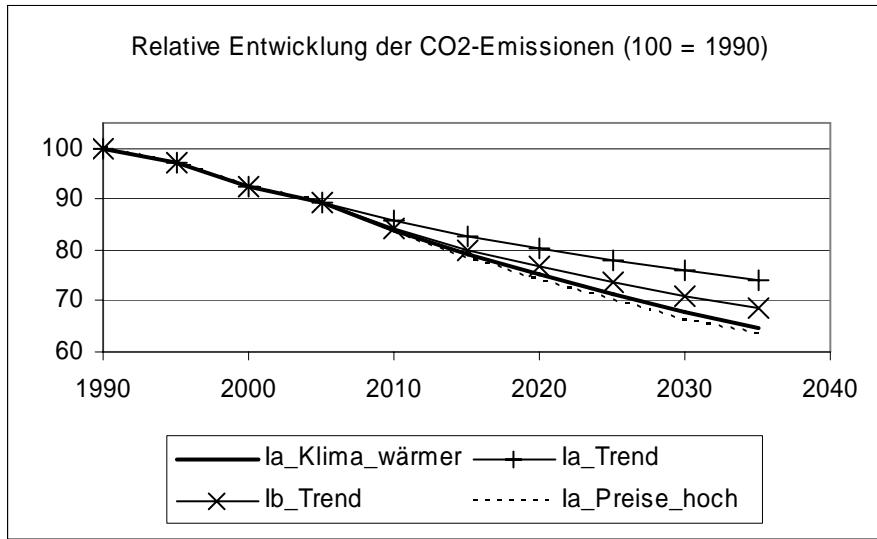
Figur 5-21 Wärmeenergie- und Elektrizitätsnachfrage im Szenario I\_Trend mit konstanter durchschnittlicher Temperatur und in der Variante „Klima\_wärmer“ mit stetig steigenden durchschnittlicher Temperatur und Strahlung, in PJ/Jahr

Tabelle 5-11 Relative Veränderung der Energienachfrage im Szenario I\_Klima\_wärmer gegenüber dem Szenario I\_Trend

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL	Wärme
2005	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2010	1.0%	-2.1%	-2.2%	-1.7%	-2.2%	-2.2%	-1.3%	-0.7%	-2.1%
2015	1.9%	-4.3%	-4.3%	-3.5%	-4.3%	-4.3%	-2.6%	-1.3%	-4.2%
2020	3.0%	-6.4%	-6.5%	-5.3%	-6.5%	-6.5%	-3.8%	-1.8%	-6.3%
2025	4.0%	-8.5%	-8.7%	-7.1%	-8.7%	-8.7%	-5.1%	-2.2%	-8.4%
2030	5.2%	-10.6%	-10.8%	-8.9%	-10.8%	-10.8%	-6.3%	-2.4%	-10.5%
2035	6.4%	-12.7%	-13.0%	-10.7%	-13.0%	-12.9%	-7.5%	-2.6%	-12.6%

Quelle: CEPE, Energie\_la\_DEF\_und\_la\_Klima\_wärmer.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_la\Sensitivität\_la\Klimaerwärmung

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sinken deutlich schneller als im Szenario Ib\_Trend mit einer CO<sub>2</sub>-Abgabe, aber nicht ganz so schnell wie in der Variante I\_Preise\_hoch (Figur 5-22).



Quelle: CEPE, Ergebnisse\_SzIa\_Klima\_Wärmer\_CO2ohneHH-DL\_OhneWitt.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Sensitivität\_Ia\Klimaerwärmung

Figur 5-22 Relative Entwicklung (100 = 1990 witterungskorrigiert) der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Szenarien I\_Klima\_wärmer, I\_Trend, Ib\_Trend und I\_Preise\_hoch

### 5.2.5 Exkurs: Szenario I mit CO<sub>2</sub>-Abgabe; Trend und Sensitivitäten

Das Szenario Ib unterscheidet sich vom Szenario I (im Folgenden zur besseren Unterscheidung auch mit Ia bezeichnet) durch die Einführung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe ab 2006. Die CO<sub>2</sub>-Abgabe wird eingeführt um den angestrebten CO<sub>2</sub>-Reduktionspfad von -10% (15% für Brennstoffe) bis 2010 gegenüber 1990 zu erreichen. Die Abgabe wird ab dem Jahre 2006 mit einem Ansatz von 35 CHF/t CO<sub>2</sub> erhoben. Die Abgabe bleibt nominal zeitlich unbeschränkt auf diesem Niveau. Real nimmt die Verteuerung der Energie durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe stetig ab (Tabelle 5-12).

Tabelle 5-12 Relative Verteuerung von Heizöl extra-leicht (HEL) und von Erdgas (Gas) durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe ; Szenario Ib

	HEL	Gas		HEL	Gas
	%	%		%	%
2005	0.0%	0.0%		2020	18.3%
2006	22.6%	11.3%		2025	17.1%
2010	21.3%	10.7%		2030	15.9%
2015	19.7%	10.0%		2035	13.7%
					7.2%

Quelle: Prognos, CEPE, CO2-Abgabe.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Final\_Ia,Ib\_März.05\Bericht\Ib; input-Abgabe.xls in S:\EXPost\SERVE04\Modell\SERVE04\V04,SzIb,DEF\Zusammenfassungen

Die infolge höherer Investitionen bei Neubauten und Sanierungen resultierende Reduktion der Energienachfrage für Raum- und Prozesswärme liegt im Jahre 2010 bei 1% und im Jahre 2030 bei 4.7%. Die Neubauten tragen durchschnittlich 8% zu diesen Reduktionen bei; 92% können den Sanierungen gutgeschrieben werden.

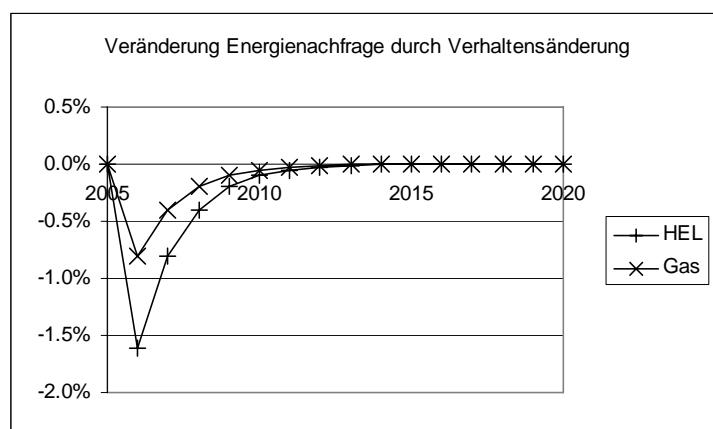
Die Energieeinsparungen und CO<sub>2</sub>-Reduktionen infolge dieser investiven Massnahmen sind deutlich geringer als in den Rechnungen in den neunziger Jahren. Dafür gibt es verschiedene Gründe. Im vorliegenden Szenario

- ist die Abgabe tiefer,
- haben die Neubauten im Referenzszenario (ohne CO<sub>2</sub>-Abgabe) durchschnittlich eine tiefere Energiekennzahl,
- ist im Referenzszenario die Sanierungseffizienz durchschnittlich höher und die Sanierungsrate tiefer als im entsprechenden Szenario aus den Perspektivarbeiten in den neunziger Jahren.

Die im Referenzszenario I ausgewiesenen Energieeinsparungen dank Sanierung von Altbauten könnten auch durch höhere Sanierungsrationen mit durchschnittlich kleineren Einsparungen realisiert werden. Die Wirkung der CO<sub>2</sub>-Abgabe wäre in diesem Fall deutlich höher. Wir berechneten, dass die investiven Einsparungen um ca. 27% höher liegen, falls die Sanierungsrate um 25% zunimmt und gleichzeitig die durchschnittliche Einsparung pro Sanierung (ohne CO<sub>2</sub>-Abgabe) um 25% abnimmt.

Infolge der beschleunigten Substitution zwischen Energieträgern reduziert sich im Jahre 2010 der Verbrauch von Heizöl um -0.9%; Erdgas steigt um +0.3%, Holz und Fernwärme um +1.6% und Elektrizität um +0.9%. Die grossen relativen Gewinner sind die Wärmepumpen mit +5.5%. Im Jahre 2030 ergeben sich folgende Veränderungen: Heizöl -4.2%, Erdgas +1%, Holz +4.7%, Wärmepumpe +13.2%, elektrische Widerstandsheizungen +3.3% und Fernwärme +4.9%. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzieren sich durch diese beschleunigte Substitution um -0.5% im Jahre 2010 und -2% im Jahre 2030.

Die infolge kurzfristiger Verhaltensänderungen berechneten kurzfristigen Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen betragen im ersten Jahr -1.6% bei Heizöl extraleicht und -0.8% bei Erdgas. Weil nach diesem sprunghaften Preisanstieg im Jahre 2006 kein weiteres Preissignal erfolgt (real nimmt der Preisanstieg sogar ab), nehmen diese verhaltensbedingten Einsparungen danach sehr schnell ab (Figur 5-23).



Quelle: CEPE, Kurzfristig\_Verhalten\_Ib\_korr\_korr\_16-8-06.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ib\SzIb\_16-8-06

Figur 5-23 Verhaltensbedingte Einsparungen von Heizöl extraleicht (HEL) und Erdgas (Gas) als Reaktion auf die Einführung der CO<sub>2</sub>-Abgabe auf einem nominal zeitlich konstanten Niveau.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen für die Energienachfrage im Szenario Ib Trend und in den drei Sensitivitätsvarianten sind in der nächsten Tabelle zusammengefasst. Darauf folgt eine weitere zusammenfassende Tabelle mit einem Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen, der Wärme- und der Elektrizitätsnachfragen in den verschiedenen Varianten der Szenarien I und Ib. In der Energienachfrage und in den CO<sub>2</sub>-Emissionen sind die vom Haushaltsektor in den Dienstleistungssektor transferierten Nachfragesegmente enthalten. Die Ergebnisse sind aber nicht auf die Energiestatistik kalibriert.

Tabelle 5-13 Energienachfrage im Szenario Ib\_Trend und in den Sensitivitätsvarianten Ib\_BIP\_hoch, Ib\_Preise\_hoch und Ib\_Klima\_wärmer, in PJ/Jahr. In „nicht\_El“ ist die Nachfrage aller Energieträger ausser Elektrizität zusammengefasst.

<b>Ib Trend</b>		ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6	
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2	
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6	
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3	
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0	
2010	66.6	42.3	24.0	7.7	3.6	0.2	0.0	1.4	146	79.2	
2015	70.7	38.2	25.4	8.2	3.8	0.2	0.0	1.9	148	77.7	
2020	74.4	34.9	26.5	8.7	4.1	0.3	0.0	2.4	151	76.8	
2025	77.4	31.9	27.4	9.0	4.3	0.3	0.0	2.9	153	75.9	
2030	80.1	29.3	28.2	9.4	4.4	0.3	0.0	3.5	155	75.1	
2035	82.3	27.1	29.1	9.8	4.6	0.4	0.0	4.0	157	74.9	
<b>Ib BIP hoch</b>											
PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6	
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2	
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6	
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3	
2005	62.1	47.1	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0	
2010	66.9	42.3	24.1	7.7	3.6	0.2	0.0	1.4	146	79.2	
2015	71.4	38.2	25.5	8.2	3.9	0.2	0.0	1.9	149	78.0	
2020	75.6	34.9	26.8	8.7	4.1	0.3	0.0	2.5	153	77.2	
2025	79.1	32.0	27.8	9.1	4.3	0.3	0.0	3.0	156	76.5	
2030	82.4	29.3	28.8	9.5	4.5	0.4	0.0	3.6	158	76.0	
2035	85.1	27.1	29.7	9.9	4.7	0.4	0.0	4.2	161	76.1	
<b>Ib Preise hoch</b>											
PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6	
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2	
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6	
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3	
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0	
2010	66.6	41.3	23.8	7.8	3.5	0.2	0.0	1.5	145	78.1	
2015	70.7	36.3	24.8	8.4	3.8	0.3	0.0	2.0	146	75.7	
2020	74.4	32.3	25.6	9.0	4.0	0.3	0.0	2.7	148	73.9	
2025	77.5	28.7	26.2	9.4	4.1	0.4	0.0	3.3	150	72.1	
2030	80.3	25.5	26.6	9.7	4.3	0.5	0.0	3.9	151	70.6	
2035	82.5	23.0	27.2	10.2	4.4	0.5	0.0	4.6	152	69.9	
<b>Ib Klima wärmer</b>											
PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6	
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2	
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6	
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3	
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0	
2010	67.2	41.4	23.5	7.6	3.5	0.2	0.0	1.4	145	77.5	
2015	71.9	36.6	24.3	7.9	3.7	0.2	0.0	1.9	146	74.5	
2020	76.5	32.7	24.8	8.2	3.8	0.3	0.0	2.4	149	72.1	
2025	80.5	29.2	25.0	8.4	3.9	0.3	0.0	2.9	150	69.8	
2030	84.3	26.2	25.2	8.5	3.9	0.3	0.0	3.4	152	67.5	
2035	87.6	23.6	25.3	8.7	4.0	0.3	0.0	4.0	153	65.9	

Quelle: CEPE, Zusammenfassung\_Szenario\_Ib.xls in  
 H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ib

Tabelle 5-14 Energienachfrage in den Sensitivitätsvarianten Ib\_BIP\_hoch, Ib\_Preise\_hoch und Ib\_Klima\_wärmer, relativ zur Nachfrage in Szenario Ib\_Trend, in Prozent der Nachfrage Ib\_Trend. In „nicht El“ ist die Nachfrage aller Energieträger ausser Elektrizität zusammengefasst.

<b>Ib BIP hoch rel. Ib Trend</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	100	100	100	100	100	101	100	101	100	100
2015	101	100	101	100	100	102	100	101	101	100
2020	102	100	101	101	101	103	100	102	101	101
2025	102	100	101	101	101	104	99	103	102	101
2030	103	100	102	101	102	105	99	104	102	101
2035	103	100	102	102	102	106	99	104	103	102
<b>Ib Preise hoch rel. Ib Trend</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	100	98	99	101	99	114	100	106	99	99
2015	100	95	98	102	99	122	99	110	99	97
2020	100	92	97	103	98	127	99	112	98	96
2025	100	90	95	104	97	130	98	113	98	95
2030	100	87	94	104	96	131	98	114	97	94
2035	100	85	94	104	96	131	97	115	97	93
<b>Ib Klima wärmer rel. Ib Trend</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	101	98	98	98	98	98	99	100	99	98
2015	102	96	96	96	96	96	97	99	99	96
2020	103	94	93	95	93	93	96	99	98	94
2025	104	92	91	93	91	91	95	99	98	92
2030	105	89	89	91	89	89	94	98	98	90
2035	106	87	87	89	87	87	93	98	98	88

Quelle: CEPE, Zusammenfassung\_Szenario\_Ib.xls in  
 H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ib

Tabelle 5-15 Relative Entwicklung (100 = 1990) der CO<sub>2</sub>-Emissionen, der Wärmennachfrage und der Elektrizitätsnachfragen in den verschiedenen Varianten. In „Wärme“ ist die Nachfrage aller Energieträger ausser Elektrizität zusammengefasst.

<b>CO2-Emissionen, durchschnittliche Witterung 1990-2004</b>								
	la_Trend	la_BIP_hoch	la_Preise_hoch	la_Klima_wärmer	Ib_Trend	Ib_BIP_hoch	Ib_Preise_hoch	Ib_Klima_wärmer
1990	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	97.0	97.0	97.0	97.1	97.0	97.0	97.0	97.1
2000	92.5	92.4	92.5	92.4	92.5	92.4	92.5	92.4
2005	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2
2010	85.5	85.6	83.3	83.7	84.2	84.2	82.5	82.4
2015	82.4	82.5	78.0	78.8	79.9	80.0	76.6	76.5
2020	79.9	80.2	73.5	74.7	76.4	76.6	71.8	71.5
2025	77.5	78.0	69.5	70.9	73.2	73.6	67.4	66.9
2030	75.2	76.2	65.8	67.1	70.3	70.9	63.4	62.8
2035	73.3	74.7	62.9	63.9	68.1	68.9	60.4	59.4

<b>Wärmennachfrage (ohne Elektrowärme), beobachtete Witterung 1990-2004</b>								
	la_Trend	la_BIP_hoch	la_Preise_hoch	la_Klima_wärmer	Ib_Trend	Ib_BIP_hoch	Ib_Preise_hoch	Ib_Klima_wärmer
1990	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	103	103	103	103	103	103	103	103
2000	94	94	94	94	94	94	94	94
2005	102	102	102	102	102	102	102	102
2010	101	101	99	98	99	99	98	97
2015	99	99	95	95	97	97	94	93
2020	98	99	92	92	95	95	91	89
2025	97	98	90	89	93	94	88	85
2030	96	98	87	86	91	92	85	82
2035	96	98	85	84	90	92	83	79

<b>Elektrizität, beobachtete Witterung 1990-2004</b>								
	la_Trend	la_BIP_hoch	la_Preise_hoch	la_Klima_wärmer	Ib_Trend	Ib_BIP_hoch	Ib_Preise_hoch	Ib_Klima_wärmer
1990	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	110	110	110	110	110	110	110	110
2000	117	117	117	117	117	117	117	117
2005	125	125	125	125	125	125	125	125
2010	134	134	134	135	134	134	134	135
2015	142	143	142	145	142	143	142	145
2020	149	152	149	154	149	152	150	154
2025	155	159	156	162	156	159	156	162
2030	161	165	161	169	161	165	161	169
2035	165	171	166	176	165	171	166	176

Quelle: CEPE, Zusammenfassung\_Szenario\_I\_27-8-06.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Berichte\Szenario\_I-IV\_August-06

## Ergebnisse Szenario Ib Trend

Zusammengefasst (investive Massnahmen, beschleunigte Substitutionen und Verhaltensänderungen) ergeben sich mit der CO<sub>2</sub>-Abgabe die in der nächsten Tabelle dargestellten Veränderungen der Energienachfrage gegenüber der Entwicklung im Szenario Ia.

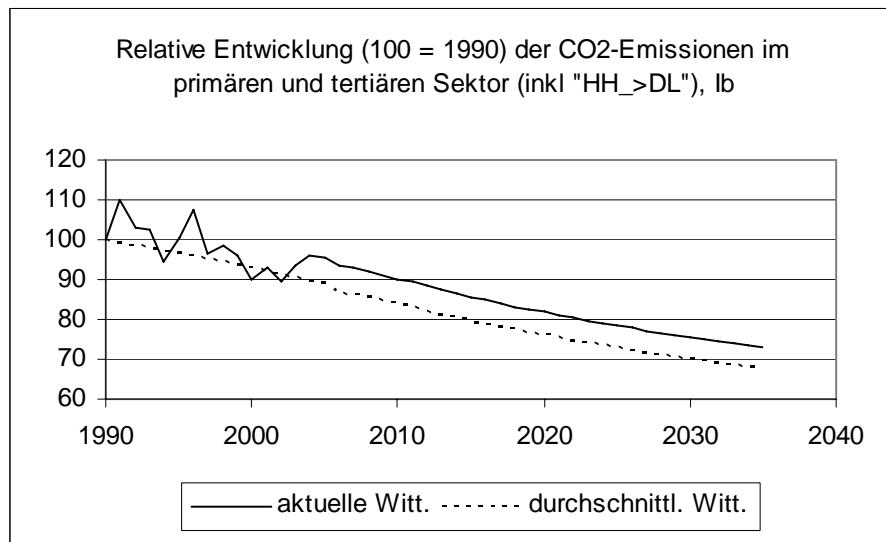
Tabelle 5-16 Relative Veränderung der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH-DL) infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe (Szenario Ib gegenüber Szenario Ia)<sup>21</sup>

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
2005	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2010	0.0%	-1.9%	-0.6%	0.5%	0.7%	0.0%	-0.2%	-0.6%
2015	0.1%	-3.8%	-1.4%	0.5%	0.7%	0.0%	-0.5%	-1.2%
2020	0.1%	-5.5%	-2.3%	0.2%	0.5%	-0.2%	-0.7%	-1.7%
2025	0.1%	-7.1%	-3.1%	-0.1%	0.2%	-0.4%	-0.9%	-2.1%
2030	0.1%	-8.4%	-3.7%	-0.3%	0.0%	-0.6%	-1.1%	-2.4%
2035	0.1%	-9.4%	-4.0%	-0.4%	-0.1%	-0.7%	-1.3%	-2.5%

Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ib\SzIb\_16-8-06

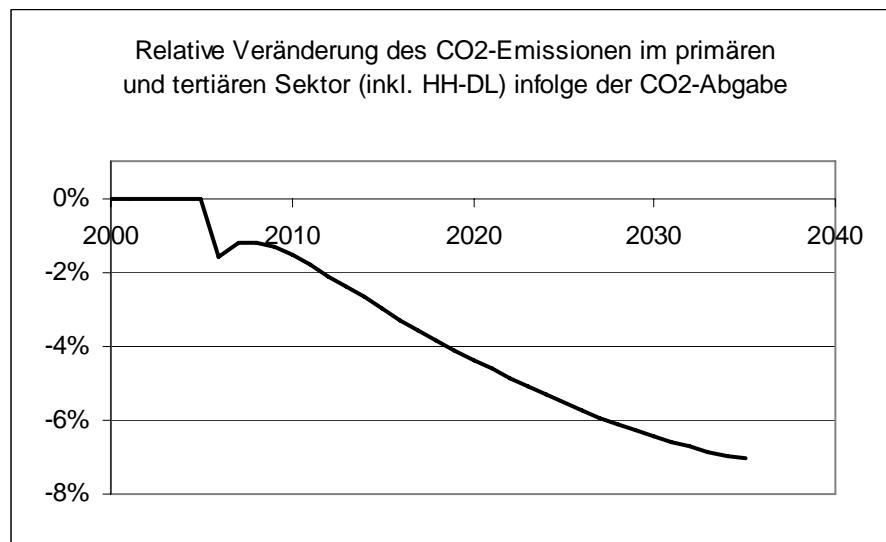
Die relative Entwicklung (1990=100) der CO<sub>2</sub>-Emissionen (Figur 5-24) zeigt im Jahre 2010 eine Reduktion gegenüber 1990 von 9.8% (aktuelle Witterung im Jahre 1990) und 16.2% (nach Korrektur für Witterungseinflüsse). Die Reduktion gegenüber dem Referenzszenario Ia beträgt im Jahre 2010 –1.5% und im Jahre 2030 –7% (Figur 5-25). Dazu tragen die investiven Massnahmen bei Neubauten und Sanierungen im Jahre 2010 mit 52% bei; die beschleunigte Substitution 35%, die Betriebsoptimierung/Verhaltensänderung 10% und die in den Dienstleistungssektor transferierten Anwendungen ebenfalls 3%. Im Jahre 2030 liegen diese Werte bei 61% (Neubauten/Sanierungen), 28% (beschleunigte Substitution), 0% (Betriebsoptimierung/Verhaltensänderung) und 11% (HH->DL) (Figur 5-26). Diese Entwicklung unterstreicht die Beobachtung, dass in vielen Fällen die durch Preiswirkung erzielten organisatorischen und verhaltensbedingten Verbesserungen durch investive Massnahmen "abgesichert" werden sollten.

<sup>21</sup> Korrektur Juli 2005



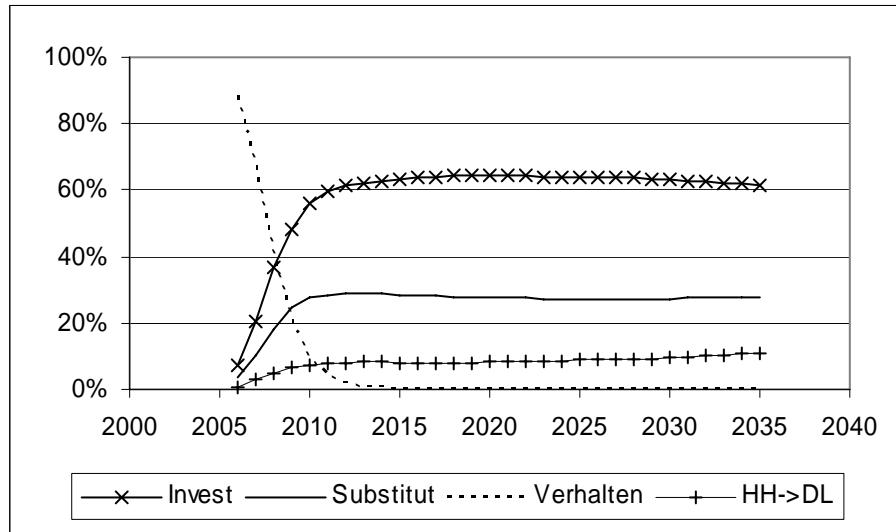
Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ib\SzIb\_16-8-06

Figur 5-24 Relative Entwicklung (100=1990) der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft; Szenario Ib



Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ib\SzIb\_16-8-06

Figur 5-25 Relative Veränderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Landwirtschafts- und Dienstleistungssektors infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe; Szenario Ib



Quelle: CEPE, CO<sub>2</sub>-Reduktion \_%I\_ %S\_ %V\_ 5.8.05.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-Final\_Ia,Ib\_August.05\Bericht\Ib

Figur 5-26 Anteile an der gesamten CO<sub>2</sub>-Reduktionen durch investive Massnahmen (Invest), durch Substitutionen zwischen Energieträgern und Heizsystemen (Substitut), durch Verhaltensänderungen und durch CO<sub>2</sub>-Reduktionen bei den vom Haushalt in den Dienstleistungssektor transferierten Energieanwendungen (HH->DL); Szenario Ib

Das CO<sub>2</sub>-Ziel von -15% im Jahre 2010 gemessen an den witterungsbereinigten Emissionen im Jahre 1990 wird bereits im Referenzszenario ohne CO<sub>2</sub>-Abgabe erreicht. Die moderate CO<sub>2</sub>-Abgabe von 35 CHF/t CO<sub>2</sub> und das einmalige Preissignal im Jahre 2006 (danach sinkt die Versteuerung der Energie durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe in konstanten Franken) bewirkt im Jahre 2010 wegen der kurzen Reaktionszeit nur eine kleine zusätzliche Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen von -1.6 Prozentpunkten. Die zusätzliche Reduktion im Jahre 2030 liegt bei -6.6 Prozentpunkten.

Im Vergleich zu den Berechnungen in den neunziger Jahren ergibt sich im vorliegenden Szenario eine deutlich geringere Wirkung der CO<sub>2</sub>-Abgabe, weil

- bei den investiven Massnahmen
  - die Abgabe mit 35 CHF/t CO<sub>2</sub> gegenüber 60 CHF/t CO<sub>2</sub> tiefer ist,
  - die Neubauten im Referenzszenario (ohne CO<sub>2</sub>-Abgabe) durchschnittlich eine tiefere Energiekennzahl haben als in der vergleichbaren Referenz der neunziger Jahre,
  - im Referenzszenario die Sanierungseffizienz durchschnittlich höher und die Sanierungsrate tiefer ist als im entsprechenden Szenario aus den Perspektivarbeiten in den neunziger Jahren;
- bei den Substitutionen ebenfalls entscheidend ist, dass die Abgabe tiefer ist aber auch dass die Wirkung der Abgabe schwächer angesetzt wurde (siehe Kapitel 2.2.2) und damit die Substitution von Heizöl durch andere Energieträger/Heizsysteme weniger stark beschleunigt wird;
- bei verhaltensbedingten Massnahmen das Preissignal weniger hoch und - wahrscheinlich wichtiger - nur punktuell ist. Ab dem zweiten Jahr nimmt die Abgabe real stetig (wenn

auch sehr langsam) ab; in den neunziger Jahren war eine über eine längere Zeit stetig substantiell steigende CO<sub>2</sub>-Abgabe geplant.

Grosse Unsicherheiten gibt es bei der energetischen Wirkung der CO<sub>2</sub>-Abgabe bei Sanierungen. Bei einer Beschreibung des Referenzszenarios mit vielen Sanierungen und kleiner Sanierungseffizienz ist die Wirkung der CO<sub>2</sub>-Abgabe wesentlich stärker als bei der Beschreibung mit weniger Sanierungen aber höherer Effizienz.

Kurzfristig wird die Wirkung der CO<sub>2</sub>-Abgabe von Verhaltensmassnahmen dominiert. Da diese Wirkung wieder abnimmt, kann die Zielerreichung im Jahre 2010 vom Zeitpunkt des Inkrafttretens der Abgabe abhängen.

Es stellt sich natürlich die Frage, ob (oder warum nicht) diese Verhaltensänderungen nicht bereits bei den Ölpreiserhöhungen im Jahre 2004 erfolgt sind. Zunächst ging (und geht noch immer) ein grosser Teil von Heizölverbrauchern von wieder fallenden Ölpreisen im Sommerhalbjahr 2005 aus, und die Gaspreisseigerungen werden erst allmählich – infolge der vertraglich bedingten Verzögerungszeit - auf den Rechnungen auftauchen. Insofern ist die Reaktion der Unternehmen, Dienstleistungsbranchen und öffentlichen Hand mit ihren langen Planungszeiträumen noch nicht absehbar und dürfte sich erst im 2006 bemerkbar machen – falls die Brennstoffpreise hoch bleiben und die CO<sub>2</sub>-Abgabe in ihrer jetzigen geplanten Höhe bestätigt wird. Zudem ist eine beschlossene, vom Parlament verabschiedete CO<sub>2</sub>-Abgabe eine sichere Rahmenbedingung, während der Ölpreis auf der jetzigen Höhe unsicher ist. Im Anhang 4 finden sich dazu einige theoretische Überlegungen (Banfi-Frost, 2005)

In den Kapiteln 5.2.2 bis 5.2.4 wurden Sensitivitätsrechnungen für das Szenario Ia präsentiert. Die gleichen Untersuchungen wurden auch für das Szenario Ib durchgeführt. Das Vorgehen ist identisch und wird nicht nochmals vorgestellt. Auch die Bezeichnungen werden übernommen.

Die Ergebnisse sind qualitativ vergleichbar, aber im Detail gibt es doch einige Änderungen auf die wir im Folgenden eingehen. Im Zentrum dieses Kapitels steht jedoch der graphische Vergleich der Ergebnisse der wichtigsten Szenarien und Szenarien-Varianten. Detaillierte Tabellen werden im Schlussbericht folgen. Auf Anfrage können sie vorab abgegeben werden.

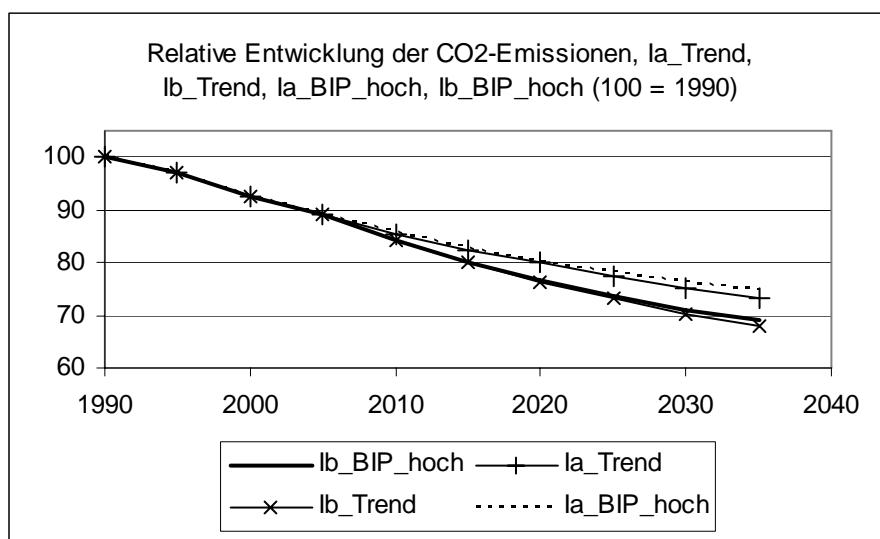
### **Szenario Ib BIP hoch**

Mit der Variante „BIP\_hoch“ wird untersucht, wie sich ein höheres Wirtschaftswachstum auf die Tendentwicklung mit CO<sub>2</sub>-Abgabe auswirkt. Die Berechnungen mittels SERVE04 ergeben – wie erwartet - Veränderungen, die sehr ähnlich sind zu den Veränderungen, die ein höheres BIP-Wachstum im Szenario Ia\_Trend bewirkt. Andererseits sind die Veränderungen bei den vom Haushaltsektor in den Dienstleistungssektor transferierten Energienachfragen deutlich anders als im Falle des Szenario Ia\_Trend. Die insgesamt resultierenden Veränderungen in Tabelle 5-17 können mit den Werten in Tabelle 5-8 verglichen werden. Die Wärmenachfrage und insbesondere die Nachfrage nach Heizöl extraleicht steigen deutlich weniger stark an als bei einem höheren Wirtschaftswachstum ohne CO<sub>2</sub>-Abgabe. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen unterscheiden sich nur wenige von den Emissionen im Szenario Ib\_Trend (Figur 5-27).

Tabelle 5-17 Relative Veränderung der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. HH->DL) im Szenario Ib\_BIP\_hoch gegenüber Szenario Ib\_Trend

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL	Wärme
2005	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
2010	0.5%	0.0%	0.2%	0.1%	0.2%	0.8%	0.0%	0.3%	0.1%
2015	1.0%	0.0%	0.6%	0.3%	0.5%	1.6%	-0.2%	0.6%	0.2%
2020	1.6%	0.0%	0.9%	0.6%	0.8%	2.6%	-0.4%	1.1%	0.5%
2025	2.3%	0.1%	1.4%	0.9%	1.2%	3.8%	-0.6%	1.5%	0.7%
2030	2.8%	0.2%	1.8%	1.2%	1.5%	5.0%	-0.8%	2.0%	1.1%
2035	3.3%	0.3%	2.3%	1.5%	1.9%	6.4%	-1.1%	2.5%	1.5%

Quelle: CEPE, Energie\_Ib\_DEF\_und\_Ib\_BIP\_hoch.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ib\Sensitivität\_Ib\BIP\_hoch\Ergebnisse\_BIP\_hoch



Quelle: CEPE, Ergebnisse\_SzIa\_CO2ohneHH-DL\_OhneWitt.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ib\Sensitivität\_Ib\BIP\_hoch\Ergebnisse\_BIP\_hoch\SzIb,BIP\_hoch

Figur 5-27 Relative Entwicklung (100 = 1990) der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Szenarien Ia\_Trend, Ib\_Trend; Ia\_BIP\_hoch und Ib\_BIP\_hoch

### Szenario Ib Preise hoch

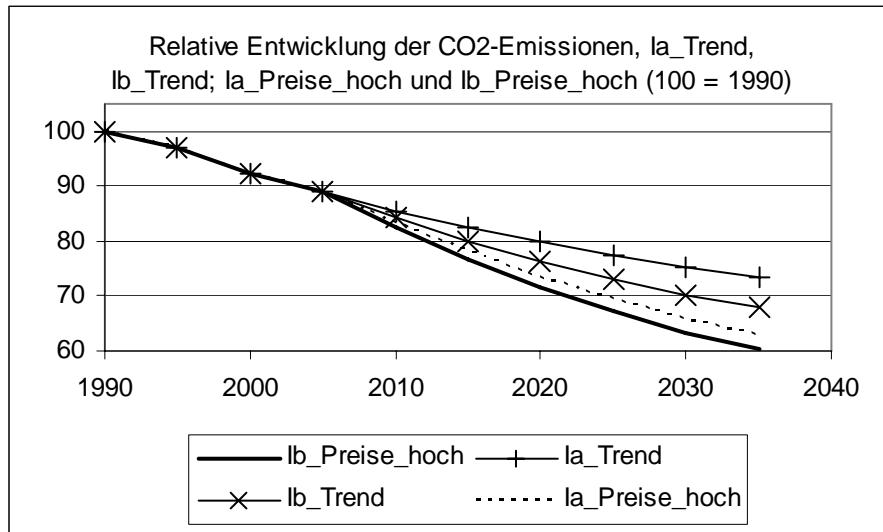
Mit der Variante „Preise\_hoch“ wird untersucht, wieweit sich die einzeln bestimmten Wirkungen einer „exogenen“ Preiserhöhung und einer Preiserhöhung infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe addieren. Wie im Kapitel 5.2.3 bei der Diskussion der Szenariovariante Ia\_Preise\_hoch bereits erläutert, wird in beiden Fällen die gleiche Kostenkurve für die Quantifizierung der investiven Massnahmen beigezogen. Auch für die Bestimmung der Wirkung von preisinduzierten Substitutionsbewegungen wird dieselbe Methode verwendet. Einzig bei der kurzfristigen Wirkung wird differenziert vorgegangen: bei einer politisch angeordneten Preiserhöhung, z.B. der CO<sub>2</sub>-Abgabe, wird davon ausgegangen, dass die Einführung zeitlich absehbar ist und von Informations- und Motivationskampagnen begleitet wird, die zu kurzfristigen Einsparungen führen. Bei „exogenen“ Preiserhöhungen wird keine kurzfristige Wirkung angenommen.

Auch auf die Nicht-Linearität der Kostenkurven wurde bereits früher hingewiesen: die Verdopplung einer Preiserhöhung bringt nicht die doppelte Energieeinsparung. Oder anders ausgedrückt: die Preiselastizität nimmt mit wachsenden Preisänderungen ab<sup>22</sup>. So ist es denn nicht überraschend, dass die höheren Preise im Szenario Ib eine kleinere Wirkung haben als im Szenario Ia. Aber den Erwartungen entsprechend ist auch das Ergebnis, dass die kumulierte Wirkung von CO<sub>2</sub>-Abgabe und höhere Preise über der Wirkung von CO<sub>2</sub>-Abgabe alleine oder höhere Preise alleine steht (Figur 5-28).

Tabelle 5-18 Relative Veränderung der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH-DL) im Szenario Ib\_Preise\_hoch Szenario Ib\_Trend

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL	Wärme
2005	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2010	0.0%	-2.5%	-1.1%	1.4%	-0.7%	13.7%	-0.2%	-0.8%	-1.5%
2015	0.1%	-5.0%	-2.2%	2.5%	-1.4%	22.0%	-0.6%	-1.5%	-3.0%
2020	0.1%	-7.5%	-3.4%	3.3%	-2.1%	26.8%	-1.1%	-2.1%	-4.4%
2025	0.1%	-10.1%	-4.6%	3.7%	-2.9%	29.6%	-1.7%	-2.7%	-5.7%
2030	0.2%	-12.7%	-5.7%	3.9%	-3.7%	31.0%	-2.4%	-3.2%	-7.0%
2035	0.2%	-15.1%	-6.5%	4.1%	-4.1%	31.4%	-3.2%	-3.6%	-7.9%

Quelle: CEPE, Energie\_Ib\_DEF\_und\_Ib\_Preise\_hoch.xls in  
H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ib\Sensitivität\_Ib\Priese\_hoch\  
Ergebnisse\_Preise\_hoch



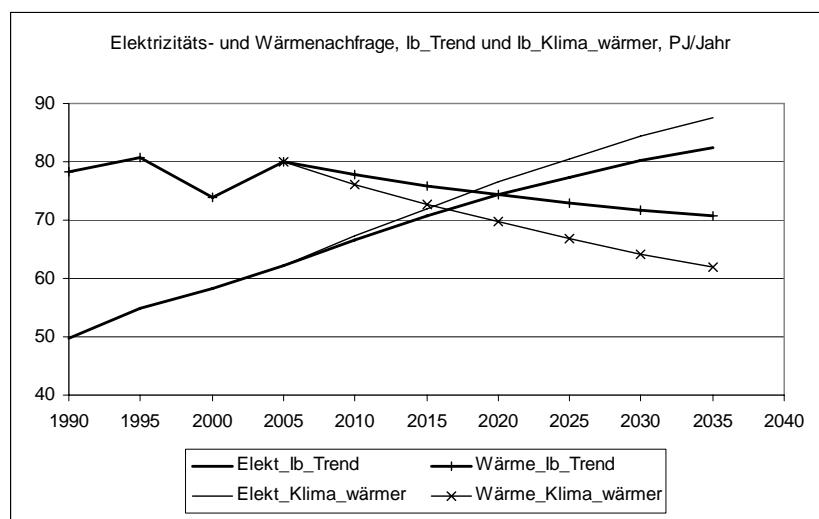
Quelle: CEPE, Ergebnisse\_SzIa\_CO2ohneHH-DL\_OhneWitt.xls in  
H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ib\Sensitivität\_Ib\Priese\_hoch\  
Ergebnisse\_Preise\_hoch\SzIb,Preise\_hoch

Figur 5-28 Relative Entwicklung (100 = 1990) der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Szenarien Ia\_Trend, Ib\_Trend; Ia\_Preise\_hoch und Ib\_Preise\_hoch

<sup>22</sup> Andererseits gibt es gute Argument dafür, dass eine kleine Preissteigerung von den Investoren und Konsumtoren kaum zur Kenntnis genommen wird und erst bei substantiellen Preiserhöhungen eine energetische Wirkung erwartet werden kann.

## Szenario Ib Klima wärmer

Die Ergebnisse unserer Rechnungen für die Variante Ib\_Klima\_wärmer unterscheiden sich - relativ zur Variante Ib\_Trend betrachtet – kaum von den im Kapitel 5.2.4 präsentierten Resultaten für die Varianten Ia ohne CO<sub>2</sub>-Abgabe. In der von Hofer (2005) berechneten Nachfragesegmenten, die vom Haushaltsektor in den Dienstleistungssektor transferiert werden, ergeben sich jedoch kleine Unterschiede. Diese machen sich selbst in der Veränderung der Gesamtenergiennachfrage (Tabelle 5-19) – zu vergleichen mit der Veränderung in Tabelle 5-11 – bemerkbar: Elektrizitätsnachfrage im Jahre 2035 um 6.4% tiefer als im Szenario Ib-Trend (6.5% in Sensitivitätsbe trachtung Ia); Wärmenachfrage -12% (-12.5% in Sensitivität Ia).



Quelle: CEPE, Energie\_Ib\_DEF\_und\_Ib\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ib\Sensitivität\_Ib\Klima erwärmung

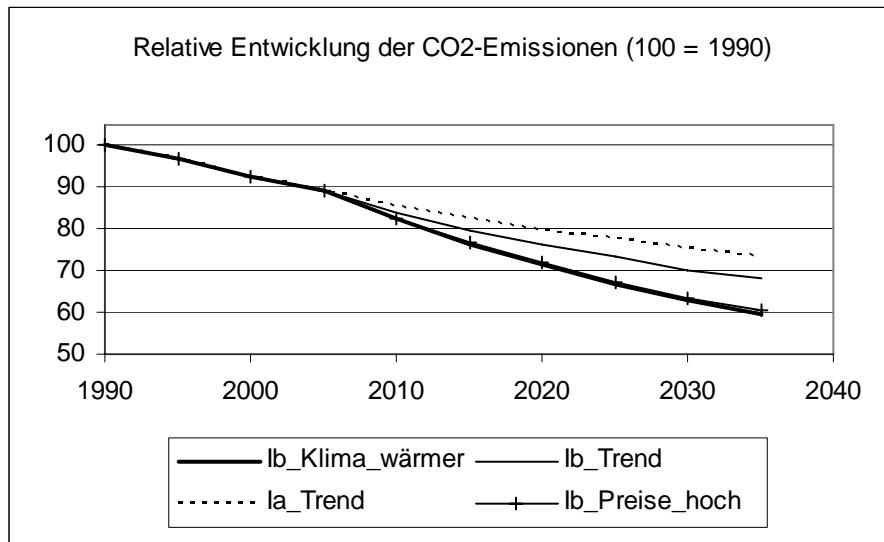
Figur 5-29 Wärmeenergie- und Elektrizitätsnachfrage im Szenario Ib\_Trend mit konstanter durchschnittlicher Temperatur und in der Variante „Klima\_wärmer“ mit stetig steigenden durchschnittlicher Temperatur und Strahlung, in PJ/Jahr

Tabelle 5-19 Relative Veränderung der Energienachfrage im Szenario Ib\_Klima\_wärmer gegenüber dem Szenario Ib\_Trend

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL	Wärme
2005	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2010	0.9%	-2.1%	-2.2%	-1.7%	-2.2%	-2.2%	-1.3%	-0.7%	-2.1%
2015	1.8%	-4.3%	-4.3%	-3.5%	-4.3%	-4.3%	-2.6%	-1.3%	-4.2%
2020	2.9%	-6.4%	-6.5%	-5.3%	-6.5%	-6.5%	-3.8%	-1.7%	-6.3%
2025	3.9%	-8.5%	-8.7%	-7.1%	-8.7%	-8.6%	-5.1%	-2.0%	-8.4%
2030	5.2%	-10.6%	-10.8%	-8.9%	-10.8%	-10.8%	-6.3%	-2.2%	-10.5%
2035	6.4%	-12.7%	-13.0%	-10.7%	-13.0%	-12.9%	-7.5%	-2.4%	-12.5%

Quelle: CEPE, Energie\_Ib\_DEF\_und\_Ib\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ib\Sensitivität\_Ib\Klima erwärmung

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen nach 2020 – anders als bei der Sensitivitätsbetrachtung relativ zu Ia\_Trend – leicht unter den Emissionen in der Variante Ib\_Preise\_hoch (Figur, 11-4, Tabelle 12-3).



Quelle: CEPE, Ergebnisse\_SzIb\_Klima\_Wärmer\_CO2ohneHH-DL\_OhneWitt.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_Ib\Sensitivität\_Ib\Klimaerwärmung

Figur 5-30 Relative Entwicklung (100 = 1990 witterungskorrigiert) der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Szenarien Ib\_Klima\_wärmer, Ia\_Trend, Ib\_Trend und Ib\_Preise\_hoch

## 6 Szenario II: Energienachfrage

Im Szenario II wird untersucht, wie sich die Energienachfrage entwickeln kann, falls die verschiedenen Akteure aus den Dienstleistungsbetrieben, aus der Energiewirtschaft und aus Politik und Verwaltung verstört zusammenarbeiten mit dem Ziel, die Energienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen gegener der Referenzentwicklung zu senken. Die Rahmendaten (Energiepreise, Flächen, Wertschopfungen etc.) entsprechen denen im Referenzszenario. Wie im Szenario Ib wird von einer CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffen ab 2006, respektive von der langfristig aufrechterhaltenen Drohkulisse einer rückwirkend zu bezahlenden CO<sub>2</sub>-Abgabe für die Teilnehmer an freiwilligen Vereinbarungen, ausgegangen. Die hoheitlichen Massnahmen im Gebäudebereich werden leicht verschrfzt; die Empfehlungen der SIA im Wärmebereich, insbesondere 380/1, und im Elektrizitätsbereich (380/4) werden stetig dem Stand der Technik angepasst, von den Kantonen und Gemeinden in die entsprechenden Gesetzgebungen und Reglemente aufgenommen und deren Vollzug verbessert. Dazu kommen ab 2008 jährliche Geldmittel von je 15 Mio. CHF (2007 7.5 Mio. CHF) aus dem Fonds „Klimarappen“ und aus einem analogen Fonds der Elektrizittwirtschaft. Diese Geldmittel stehen für die Finanzierung von Massnahmen für einen rationelleren Energieeinsatz in den Dienstleistungsbetrieben zur Verfügung.

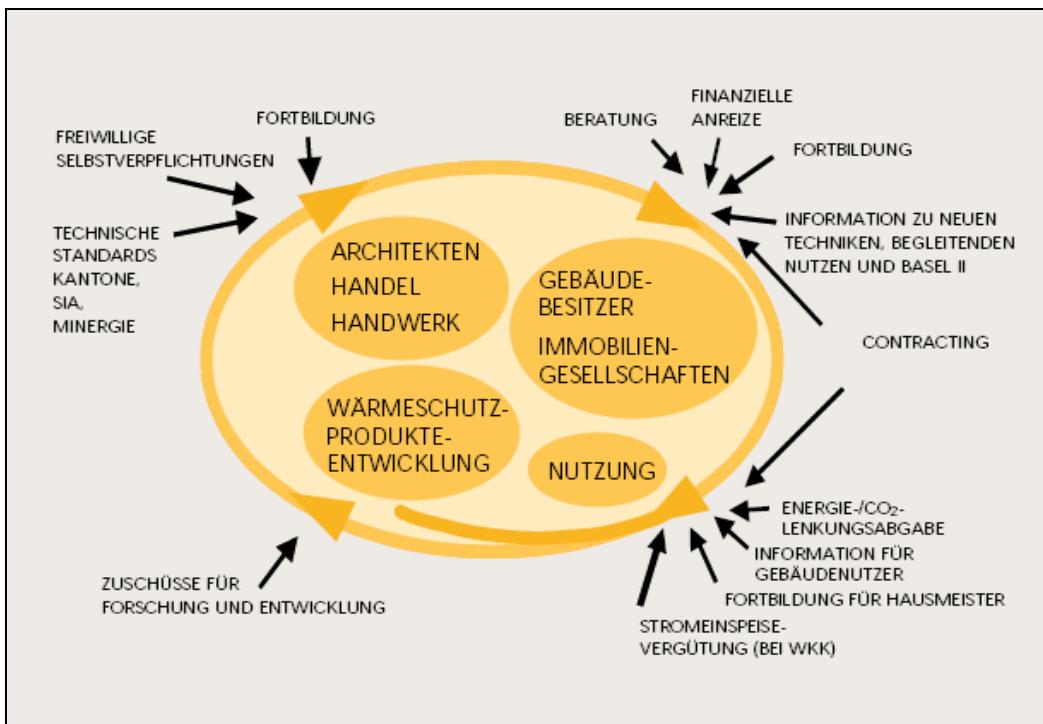
Die finanziellen Mittel werden zur Senkung der totalen Kosten (inklusive Transaktionskosten) von betriebswirtschaftlich sinnvollen Effizienzverbesserungen eingesetzt. Die Aufteilung der Mittel in solche zur Senkung der direkten Kosten (Investitions-, Finanz- und Unterhaltskosten) durch Ausschüttung von Subventionen und in solche zur Reduktion der Transaktionskosten bei allen Akteuren (z.B. zeitlicher Aufwand zur Informationsbeschaffung und Entscheidungsfindung der Investoren und Bauherren oder Know-how erarbeiten und Erfahrungen sammeln bei Architekten, Planern, Baufirmen, Ingenieuren und Installateuren) durch Informationsvermittlung, Schulung/Ausbildung, Motivations-/Marketingaktivitäten findet sich im Abschnitt Zuteilung der finanziellen Mittel im Kapitel 6.1. Dabei ist zu beachten, dass alle Massnahmen im Rahmen eines übergeordneten Energieeffizienz-Programms durchgeführt werden und dass sich viele „weiche“ Massnahmen zu Reduktion der Transaktionskosten auch auf die Akteure auswirken, die Subventionen beziehen. Auch diese sind im Programm involviert. Eine detaillierte Zuordnung von Kosten und Wirkung der einzelnen Massnahmen ist deshalb prinzipiell nicht möglich. Entsprechende Hinweise im Text und in Tabellen und Figuren sind deshalb mit grosser Vorsicht zu interpretieren.

Die Ausgestaltung des Programms orientiert sich am mehrheitlich subventionsorientierten Ansatz im Haushaltsektor und am tendenziell eher Transaktionskosten reduzierenden Programm im Industriesektor. Bei der Auswahl der konkreten Massnahmen stimmten wir uns auch teilweise mit dem Haushalt- und dem Industriesektor ab. Wie im Haushaltsektor werden im Wärmebereich Subventionen für effizientere Neubauten und vermehrte energetisch wirksame und energetisch wirksamere Sanierungen offeriert. Die Massnahmen zur Senkung der Transaktionskosten sind ähnlich denen im Industriesektor aufgezogen: sektorelle und regionale Gruppierungen von Betrieben werden in Programmen mit energetischen Zielvereinbarungen eingebunden. Wesentlich sind dabei die von Politik/Verwaltung und Energiewirtschaft gesetzten Anreize, wie Entbindung von detaillierten Regulierungen (in Analogie zu Grossverbrauchermodellen) oder tariflichen Anreizen bei leitungsgebundenen Energien. Die Entlastung von der CO<sub>2</sub>-Abgabe ist zwar in der aktuellen Ausgestaltung des CO<sub>2</sub>-Gesetzes für den Grossteil der Dienstleistungsbetriebe nicht interessant, da sie als wenig energieintensive Betriebe Gewinner bei der Rückerstattung der Abgabe sind. Mit steigender Anzahl von energieintensiven Industrie- und Dienstleistungsbetriebe, welche bei der Zielvereinbarung mitmachen, verschiebt sich aber diese Grenze der Verlierer und Gewinner stetig in Richtung weniger energieintensive Betriebe.

Im Rahmen des übergeordneten Energieeffizienz-Programms wird die Akzeptanz, die energetische Wirkung und die Kosteneffizienz der einzelnen Massnahmen und von Massnahmenbündeln kontinuierlich evaluiert, mit den geplanten Werten verglichen und Schwachpunkte stetig verbessert. Die einzelnen Massnahmen werden bezüglich energetischer Wirkung und Kosteneffizienz miteinander verglichen, wobei der dynamischen Entwicklung (besser/kostengünstiger als im Vorjahr) eine höhere Priorität als den statischen aktuellen Werten beigemessen wird. Selbstläufer werden identifiziert und aus dem Programm „entlassen“. Hemmnisse werden identifiziert und Massnahmen ergriffen, um diese zu reduzieren oder durch die Anpassung des Programms umgangen. Wenig effiziente Massnahmen werden durch ergänzende zusätzliche Massnahmen verstärkt oder fallengelassen und die nicht mehr benötigten finanziellen Mittel anderen Massnahmen zugeordnet. Dieser Prozess kann in einer sehr vereinfachten Simulationsübung, wie hier vorliegend, nicht umfassend verfolgt werden. Ansätze finden sich jedoch bei der Mittelzuordnung für energieeffiziente Neubauten und bei den Kosten für die Betriebsoptimierung. Implizit nehmen wir an, dass das Programm und die einzelnen Massnahmen stetig verbessert werden. Das drückt sich insbesondere dadurch aus, dass sich die anfänglich hohen Mitnahmeeffekte von 50% stetig reduzieren, respektive durch „positive“ Effekte wie Imitation und beschleunigte Kostenreduktion und Marktdurchdringung kompensiert werden.

### **Zusammenarbeit: Akteure und Massnahmen**

Eine Idee von der Vielfalt der Akteure und Massnahmen/Instrumente für einen effizienteren Energieeinsatz gibt am Beispiel der Wohngebäude die nächste Abbildung. Es sind nur diejenigen Akteure gezeigt, die direkt in die Planung, den Bau, den Betrieb und in die Nutzung der Gebäude involviert sind oder die Komponenten, Materialien, Einrichtungen und Geräte herstellen, vertreiben, installieren und betreiben. Nicht gezeigt sind die Akteure aus Politik, Verwaltung, Verbänden, welche Einfluss nehmen auf die politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen oder diese z.B. in Form eines Gesetzes oder einer Verordnung festlegen, und auch nicht gezeigt sind die Vertreter der Energiewirtschaft, die z.B. über tarifliche Massnahmen Anreize für eine effiziente Energienutzung setzen können.



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

Figur 6-1 Akteure und vorgeschlagene Fördermassnahmen für Wärmeschutz-Investitionen bei Wohngebäuden

Die Idee des Szenarios II wird durch verschiedene Beiträge dieser Akteure getragen<sup>23</sup>:

- Die Energiewirtschaft ermöglicht mit dem „Klimarappen“ und einem analogen Fonds einer Elektrizitätsagentur Investitionshilfen bei investiven Massnahmen zur Effizienzverbesserung und die Finanzierung eines umfassenden Programms mit dem Ziel brachliegende wirtschaftliche Potenziale durch die Senkung der Transaktionskosten auszuschöpfen.
- Die öffentliche Hand und die Energiewirtschaft setzen Anreize für eine rationellere Energienutzung. Die Möglichkeit einer Befreiung von den CO<sub>2</sub>-Abgabe durch den Abschluss von Zielvereinbarungen wird bis 2035 weitergeführt. Für die Teilnehmer an einer solchen Vereinbarung bleibt - für den Fall, dass die Ziele nicht erreicht werden, - die Drohkulisse einer nachträglichen Zahlung der erlassenen Abgabe langfristig bestehen. Detaillierte Vorschriften im Bereich der Gebäude (Bau(ver)ordnungen, Planungsvorgaben, Ausführungsbestimmungen, etc) werden erlassen, falls die Zielsetzungen über andere Wege erreicht oder übertroffen werden. Grossen Betrieben und sektoralen oder regionalen Gruppen von Betrieben werden von den Anbietern von leitungsgebundenen Energieträgern für substantielle Effizienzverbesserungen eine tarifliche Besserstellung oder eine teilweise Vergütung der getätigten Investitionen angeboten. Dieser in den achtziger und neunziger Jahren u. a. unter der Bezeichnung „integrated resource planning“ (IRP) bekannt gewordene Ansatz scheint heute – auch in einer liberalisierten Energiewirtschaft

<sup>23</sup> Die heutigen Beiträge und Aktivitäten, z.B. Finanzierung des Programms EnergieSchweiz und Globalbeiträge an die Kantone, laufen bis 2035 weiter und sind hier nicht nochmals explizit erwähnt

– weltweit wieder vermehrt angewendet zu werden, so z.B. in Kalifornien (PUC, 2005). Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich beabsichtigt diese Grundsätze in der neuen Tarifordnung zu berücksichtigen (EWZ, 2004, S. 5). Die Finanzwirtschaft weitet die Angebote von attraktiven Darlehen und Mechanismen (z.B. mit Contractingunternehmen) für die Finanzierung von Effizienzverbesserungen aus.

- Die relevanten Akteure im Bereich der Gesetzgebung setzen sich für den Abbau von Hemmnissen für eine effiziente Energienutzung in Steuer-, Miet- und Bau- und Planungsrecht (Meier/Ott, 2005; Ott et al., 2005) ein.
- Die öffentliche Hand (Bund, Kantone, Gemeinden) übernimmt eine Vorreiterrolle bei der Planung, beim Betrieb und bei der Sanierung der öffentlichen Gebäude und Infrastrukturen und setzt neue Instrumente wie Einsparcontracting und koordinierte Beschaffung ein (Harris/Aebischer, 2005).
- Innerhalb der Betriebe wird die Zusammenarbeit und Koordination zwischen Geschäftsführung, Finanzabteilung, Betriebsabteilung und Immobilienbewirtschaftung gestärkt. Die Dienstleistungsbetriebe schöpfen generell die wirtschaftlichen Effizienzverbesserungspotenziale etwas vermehrt aus, ohne dass aber ein tatsächlicher Paradigmawechsel stattfindet. Substantiell höher als im Referenzszenario liegen in diesem Szenario „verstärkte Zusammenarbeit“ die Bereitschaft und das Interesse an Energieeffizienzprogrammen und –aktivitäten mitzumachen. Dazu tragen natürlich die obigen Beiträge der anderen Akteure aber längerfristig auch der offensichtliche Erfolg der Programme und Aktivitäten bei.
- Berater, Investoren, Immobilienbewirtschafter, Architekten, etc und deren Verbände entwickeln und unterstützen in Zusammenarbeit mit der öffentlichen Hand eine berufliche Weiterbildungskultur.

## 6.1 Szenario II: Instrumente und Massnahmen

Die Vielzahl der ergriffenen Massnahmen und die eingesetzten Instrumente lassen sich in drei Gruppen einteilen:

1. Hoheitliche Massnahmen, wie Gesetze, Vorschriften, Normen, Mindestanforderungen (oft mit „Standards“ bezeichnet) oder auch Empfehlungen
2. Finanzielle Förderung von investiven Massnahmen, insbesondere (klassische) Subventionen
3. Nicht-finanzielle Förderung von Effizienzverbesserungen, insbesondere durch die Reduktion von Transaktionskosten, und freiwillige Vereinbarungen

Aus der Vielfalt der nicht-finanziellen Fördermassnahmen und den eingesetzten Instrumenten werden im Folgenden einige ausgewählte kurz beschrieben:

- *Zielvereinbarungen* zwischen öffentlicher Hand oder Energiewirtschaft und einzelnen Grossbetrieben oder Gruppen von Betrieben. Auslöser sind die oben erwähnten Anreize eines Erlasses der CO<sub>2</sub>-Abgabe, der Erlass von detaillierten Vorschriften und Vergünstigungen (z. B. Tarifvergünstigungen oder Rückerstattungen von Investitionen) im Rahmen von IRP-ähnlichen Programmen der Energieversorger. Diese Vereinbarungen finden im

Allgemeinen im Rahmen eines umfassenden Energieeffizienzprogramms statt, wo die Teilnehmer von Informations-, Ausbildungs-, Motivationsangeboten profitieren (können) aber auch in einen Monitoring- und Verifikationsprozess eingebunden sind.

- *Energieausweis* für Gebäude. Die Erfahrungen mit diesem Instrument sind zwar noch gering und die Attraktivität und die Wirkung (mehr und bessere Sanierungen) sind umstritten. In Kombination mit anderen Massnahmen, z. B. Obligatorium bei Handänderung oder für Zinsvergünstigungen, könnte die Wirkung doch recht relevant sein. Voraussetzung für einen Erfolg bei Dienstleistungsgebäuden ist aber wohl der Einbezug des Stromverbrauchs der Haustechnik im weiteren Sinn, d. h. inklusive Beleuchtung, Lüftung, Kühlung, denn die Energiekosten für Strom sind in einem typischen Dienstleistungsgebäude (bei den unterstellten Energiepreisen) etwa drei mal höher als die Wärmekosten.
- *Betriebsoptimierung* der brennstoff- und der stromverbrauchenden Anlagen und Geräte. Die potenziellen Energieeinsparungen liegen sowohl im Wärme- wie im Elektrizitätsbereich bei 10% des heutigen Verbrauchs ohne dass substantielle Investitionen getätigt werden müssten. Betrachtet man die absoluten Kosteneinsparungen, dann sind diese im Elektrizitätsbereich etwa dreimal höher als im Wärmebereich. Für unsere langfristige Betrachtung ist die Tatsache entscheidend, dass diese Effizienzverbesserungen nicht nur beim aktuellen Gebäudebestand, sondern auch bei den Neubauten ausgeschöpft werden kann. Unter der fachlichen Bezeichnung „Commissioning“ (Inbetriebnahme, Abnahme) sind insbesondere im angelsächsischen Raum viele Aktivitäten angelaufen (BCA, 2005; LBNL, 2005), welche aus energetischer Sicht im Wesentlichen einer Betriebsoptimierung entsprechen. Aus der internationalen Literatur können z.B. die Papers von Claridge (2001) und Benner (1995) erwähnt werden, aber natürlich gibt es auch in der Schweiz vor allem aus den achtziger und neunziger Jahren interessante Erfahrungsberichte. Von besonderem Interesse sind die Evaluationen, die im Rahmen von Energie 2000 und EnergieSchweiz durchgeführt wurden und auf Stärken und Schwächen von Betriebsoptimierungsprogrammen hinweisen (Dettli et al., 2004; Helbling/TransferPlus, 2002; Kuster/Cavelti, 1999). Das Potenzial ist unumstritten; die Breitenwirkung schwierig zu erreichen. Im Umfeld „verstärkte Zusammenarbeit“, prominent eingebettet in ein umfassendes Programm, mit der öffentlichen Hand als Vorreiter und unter Zuhilfenahme von Anreizen (Erfolggarantie), innovativen Marketing- und Finanzierungsmethoden ist diese Massnahme längerfristig nachhaltig Erfolg versprechend.
- *Kooperative Beschaffung* ist vielleicht das typische Instrument einer verstärkten Zusammenarbeit. Eine (möglichst grosse) Gruppe von Betrieben definiert (energetische und nicht-energetische) Anforderungen an Bauelemente/Anlagen/Geräte oder an die anvisierte Energiedienstleistung, veröffentlicht die Ausschreibung, evaluiert die Offerten und kann – infolge des grossen Volumens - auf dem Markt bereits existierende Güter zu günstigeren Konditionen beschaffen oder Produkte nach Mass entwickeln/herstellen lassen. In Schweden wurde es in den achtziger und neunziger Jahren mit Erfolg angewendet, z. B. für die Beschaffung von hocheffizienten Fenstern (Westling, 1999; Lund, 1997). Die Kostenreduktion insbesondere infolge Skaleneffekten waren so bedeutend, dass Drei-fachverglasung günstiger angeboten werden konnten als Zweifachverglasung und zum Standard wurden. Ein Überblick über die aktuelle Literatur und Ereignisse zur öffentlichen Technologie-Beschaffung findet sich bei Rolfstam (2005).

- *Ausbildung, Weiterbildung* kombiniert mit Innovations-/Modernisierungsprogrammen (Impulsprogramme in Zusammenarbeit von verschiedenen Disziplinen und Departementen); R+D-Programme mit Fokus auf Umsetzung und Markttransformation.

## Modellierte Massnahmen

Im Folgenden werden aus der Vielfalt der möglichen Massnahmen jene dokumentiert, die dann für die Quantifizierung von Szenario II im Rahmen des Nachfragermodells SERVE04 oder in einem ad-hoch Rechenmodul modelliert, die Wirkungsketten festgelegt und die Inputdaten spezifiziert werden.

Die Auswahl der Massnahmen erfolgte in drei Schritten:

1. Ausgangspunkt sind die theoretischen Überlegungen zu Beginn des Kapitels 6.
2. Dann werden Potenzialbetrachtungen in den Bereichen Neubau, Sanierungen, Einkauf, Betrieb/Unterhalt angestellt und die möglichen Ausschöpfungen ohne zusätzliche neue staatliche Eingriffe abgeschätzt.
3. Schliesslich wird darauf geachtet, dass die Wirkungsketten möglichst einfach sind und keine fundamentalen Hemmnisse vorliegen.

Bei der Auswahl und Ausgestaltung der Massnahmen wurde darauf geachtet, dass Doppelzählungen bei verschiedenen Massnahmen möglichst prinzipiell ausgeschlossen sind. So gehen wir z.B. bei der Förderung von Sanierungen von einem Gesamtmaßnahmenbündel aus, womit eine bestimmte Anzahl Pinselsanierungen zu energetisch wirksamen Sanierungen geführt werden. Davon realisiert ein gewisser Anteil moderate durchschnittliche Energieeinsparungen ohne finanzielle Zuschüsse und der restliche Anteil macht zusätzliche Investitionen und erzielt durchschnittlich höhere Einsparungen und bezieht dafür moderate (wenige zehn Prozent der Zusatzinvestitionen) finanzielle Zuschüsse (Subventionen). Dazu kommt, dass die Massnahmen nacheinander (additiv) unter Berücksichtigung des Datengerüsts nach Implementierung der vorhergehenden Maßnahme in SERVE04 eingebaut werden. So werden z.B. die im Rahmen von Szenario II verbesserten Energiestandards als Ausgangspunkt für weiter verbesserte Neubauten genommen. Die endgültigen Resultate werden in einem einzigen Run berechnet, bei dem alle Massnahmen im Modell implementiert sind. Dies ist das prinzipielle Vorgehen bei den Berechnungen im Wärme- wie im Elektrizitätsbereich. Nicht berücksichtigt werden Wechselwirkungen zwischen Massnahmen im Elektrizitätsbereich und solchen im Wärmebereich. Bei Sanierungen ist diese Vereinfachung unproblematisch. Aber bei energetisch anspruchsvollen Neubauten ist das möglicherweise nicht immer der Fall. Der Beitrag der Neubauten an den gesamten Effizienzverbesserungen ist aber relativ klein, sodass diese Vereinfachung auch bei den Neubauten die Ergebnisse nicht signifikant verfälschen kann.

Die ausgewählten Massnahmen, die in den folgenden Unterabschnitten detaillierter beschrieben werden, sind im Wärme- und im Elektrizitätsbereich recht ähnlich:

Im Wärmebereich werden die folgenden Massnahmen weiterverfolgt:

1. Hoheitliche Massnahmen: Anforderungen Heizwärmeverbrauch Neubauten (Pol)<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> In dieser und in der folgenden Liste finden sich in Klammern die Bezeichnungen der Massnahmen, wie sie in den Figuren 6-6- und 6-7 verwendet werden.

2. Finanzielle Förderung von investiven Massnahmen
  - a. Energieeffiziente Neubauten (eff\_Neu)
  - b. Energieeffiziente Sanierungen (eff\_San)
  - c. Bauteilprogramm: Pinselsanierung -> energetisch wirksame Sanierung. (Bauteil, Teil)
3. Nicht-finanzielle Förderung von Effizienzverbesserungen (finanzielle Anreize möglich) und freiwillige Vereinbarungen
  - a. Betriebsoptimierung (BO)
  - b. Mehr energetisch wirksame Sanierungen (mehr\_San)
  - c. Bessere Sanierungen (besser\_San)

Im Elektrizitätsbereich sind es die folgenden Massnahmen:

1. Hoheitliche Massnahmen: Anforderungen an spezifische Stromnachfrage bei Neubauten (Pol)
2. Finanzielle Förderung von investiven Massnahmen
  - a. Zielwert für Beleuchtung, Klima/Lüftung bei Neubauten (Grenz-Ziel)
3. Nicht-finanzielle Förderung von Effizienzverbesserungen und freiwillige Vereinbarungen
  - a. Betriebsoptimierung (BO)
  - b. Mehr Neubauten, die den Bestwert erreichen (S)
  - c. Bessere Sanierungen (50-75)
  - d. Koordinierte Beschaffung<sup>25</sup> (Coop. Proc.)
  - e. Infrastrukturbewirtschaftung.<sup>26</sup> (Infrast.)

Im Anhang 6 ist die energetische Wirkung dieser Massnahmen in Tabellenform zusammengefasst.

### **Hoheitliche Massnahmen**

Im Szenario II „verstärkte Zusammenarbeit“ werden keine neuen hoheitlichen Massnahmen ergriffen. Für die Neubauten werden aber die Anforderungen, die bereits im Referenzszenario zu einem stetigen Rückgang der durchschnittlichen spezifischen Nachfragen nach Wärme und Strom führen, beschleunigt verschärft.

#### *1. Wärmebereich*

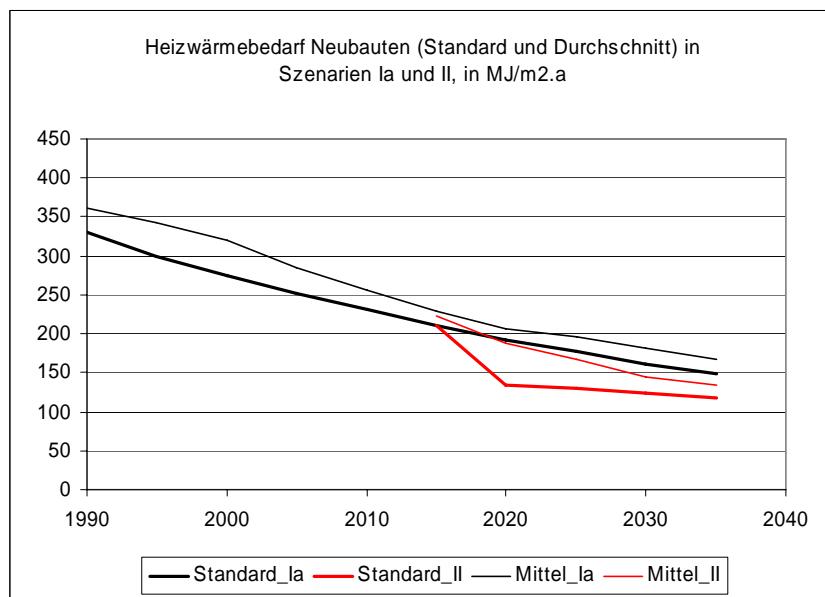
Basierend auf Vorarbeiten des SIA übernehmen nach und nach alle Kantone die neuen Empfehlungen der SIA als Basis für die gesetzlichen Anforderungen an Neubauten. Das ist das Ergebnis

<sup>25</sup> nicht quantifiziert

<sup>26</sup> Für eine Quantifizierung dieser Massnahme fehlt uns die Kenntnis der heutigen Ausgangsbasis. Für die öffentliche Beleuchtung sind zwar die Einsparungen beim Ersatz einer alten Technologie durch eine neue Technologie bekannt, nicht jedoch zu welchen Anteilen die alten und die neuen Technologien heute eingesetzt werden. Dazu läuft gegenwärtig ein Umfrage von S.A.F.E.

einer verstärkten Zusammenarbeit zwischen Berufsverbänden (SIA) und Politikern/Verwaltung, insbesondere Kantonen, welche eine Vorreiterrolle übernehmen.

Dank der verstärkten Zusammenarbeit zwischen den Kantonen liegt die über alle Kantone gemittelte durchschnittliche Anforderung an den Heizwärmebedarf von Neubauten im Jahre 2020 um 30% unter der Anforderung im Referenzszenario. Danach sinkt die durchschnittliche Anforderung stetig weiter ab, aber nur mehr halb so schnell wie im Referenzszenario. Infolge dieser sprunghaften Verschärfung der Anforderung zwischen 2015 und 2020, wird diese Vorgabe mittelfristig von einem etwas kleineren Anteil der realisierten Objekte erreicht, als es im Referenzszenario der Fall ist. Der durchschnittliche Wärmebedarf aller Neubauten liegt im Szenario II deshalb im Jahre 2020 nur -6%<sup>27</sup> (-12 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr) unter dem Wert im Szenario Ib, erreicht aber dank der verstärkten Zusammenarbeit der Kantone und der Bauherren, Planer und Bauausführenden den ansprechenden maximalen Wert von -17% (-28 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr) im Jahre 2030 (Figur 6-2).



Quelle: CEPE, Wärmebedarf\_Neubaute.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\22-11-05\Berichte\Bericht+II\_11.05

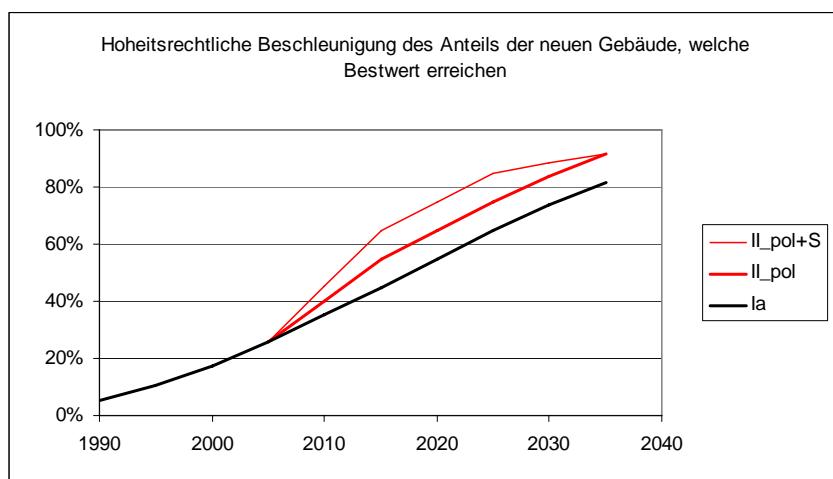
Figur 6-2 Gesetzliche Anforderung an den Heizwärmebedarf in einem typischen Dienstleistungsgebäude und durchschnittlich erreichter Heizwärmebedarf in allen neu erstellten Gebäuden im Szenario II (vor zusätzlicher Förderung von effizienten Neubau-ten) und im Referenzszenario.

## 2. Elektrizitätsbereich

Im Gegensatz zu den Anforderungen an den Heizwärmebedarf für Neubauten wird für die spezifische Stromnachfrage der Neubauten keine sprunghafte Verbesserung erwartet, aber die stetige Anpassung der kantonalen Anforderungen an neue Erkenntnisse der Fachexperten (SIA und andere) führt zu einer beschleunigten Reduktion von -0.5% pro Jahr im Referenzszenario auf -1%/Jahr im Szenario II. Und wie im Wärmebereich wird davon ausgegangen, dass die verstärkte

<sup>27</sup> -9% im Jahre 2020 und -20% im Jahre 2035 relativ zu Szenario Ia

Zusammenarbeit zwischen den Kantonen zu einer beschleunigten Einführung von Anforderungen für den spezifischen Stromverbrauch bei Neubauten auch in „konservativen“ Kantonen führt. Der Vollzug wird durch eine bessere Zusammenarbeit von Behörden und Bauherren, resp. Bauausführenden, verbessert. Im Nachfragermodell SERVE04 werden diese zwei Entwicklungen ab 2015 durch eine Erhöhung um 10 Prozentpunkte des Anteils der Neubauten, welche den Zielwert erreichen, berücksichtigt (Figur 6-3). Die durchschnittliche spezifische Elektrizitätsnachfrage bei den Neubauten reduziert sich durch diese Massnahmen im Jahre 2010 um -10 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr. Im den folgenden Jahren steigen die Einsparungen auf -28 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr (2020) und -41 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr (2030).



Quelle: CEPE, S\_el\_I\_II.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Szenario\_II

Figur 6-3 Anteile der neu erstellten Gebäude, welche in den Szenarien I und II den Bestwert (etwa Grenzwert SIA 380/4) erreichen. Der höhere Anteil der stromeffizienten Neubauten, der eine direkte Folge der hoheitlichen Massnahmen ist, ist mit II\_pol bezeichnet. Mit II\_pol+S ist der gesamte Anteil der stromeffizienten Neubauten bezeichnet, der infolge hoheitlichen Massnahmen und infolge der nicht-finanziellen Förderung höher liegt als im Referenzszenario.

### Nicht-finanzielle Förderung von Effizienzverbesserungen und freiwillige Vereinbarungen

Ein wesentlicher Teil der im Szenario II zusätzlich zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel wird zur Senkung der Transaktionskosten verwendet. Dazu wird ein umfassendes Informations-, Ausbildungs- und Aktionsprogramm aufgebaut, das den teilnehmenden Betrieben das technische und betriebswirtschaftliche Know-how und die innovationsfreudige Umgebung bietet, die im Szenario I weitgehend unausgeschöpften aber aus betriebswirtschaftlicher Sicht rentablen Effizienzverbesserungen zu realisieren. Mittels Anreizen (Befreiung CO<sub>2</sub>-Abgabe, Befreiung Detailvorschriften („Gross“-Verbrauchermodell), Energieausweis, Honorierung der Nega-Watts durch EVU (günstiger Tarif, Vergütung)) werden die Betriebe angeregt sich an Zielvereinbarungen zu beteiligen. Aber die wichtigste Motivation für die Effizienzverbesserung ist die Senkung der Energiekosten, die dank stark reduzierten Transaktionskosten auch für viele Firmen, die im Referenzszenario nichts tun, attraktiv erscheinen. Finanzielle Mittel stehen zur Förderung von weitergehenden Effizienzverbesserungen, die etwas mehr kosten aber sich betriebswirtschaftlich immer noch rechnen, falls z.B. die Zusatznutzen mitgerechnet werden, zur Verfügung. Diese subventio-

nierten Massnahmen werden im nächsten Unterabschnitt Finanzielle Förderung von Effizienzverbesserungen behandelt. Im vorliegenden Kapitel handelt es sich nur um Aktivitäten, die ohne finanzielle Zuschüsse bei den Investitionen erfolgen, und die auch nicht in einem zweiten Schritt eine zusätzliche Verbesserung vornehmen und dazu Subventionen beziehen. Falls keine Subventionen ausgeschüttet würden, würden die Aktivitäten ohne finanzielle Förderung höher ausfallen, da ein Teil (die kostengünstigsten) der geförderten Effizienzverbesserungen auch ohne Subventionen realisiert würden.

### *1. Betriebsoptimierung im Wärme- und im Elektrizitätsbereich*

Für Wärme- und für Stromanwendungen steht die *Betriebsoptimierung* als Massnahme zur Effizienzverbesserung im Fordergrund, denn die Potenziale sind mit rund 10% beträchtlich und unbestritten<sup>28</sup> und die Ausschöpfung kann im Wesentlichen ohne Investitionen erfolgen.

Im Wärmebereich geht es insbesondere um die Regulierung des Heizsystems und der Innentemperatur. Generell gilt (immer noch) die Regel, dass eine Reduktion der Innentemperatur um 1 °C zu Energieeinsparungen von -6% führen. Die Anpassung der Temperatur an die jeweilige Nutzung der Flächen (Verkehrsflächen, Lagerflächen, Verkaufsflächen) und eine Absenkung der Temperatur über Nacht und an Wochenenden und Ferienperioden dürfte in vielen Fällen Einsparungen von mehr als 10% bringen. Wir gehen im Wärmebereich von durchschnittlichen Einsparungen durch Betriebsoptimierung von 10% aus.

Im Elektrizitätsbereich geht es ebenfalls in erster Linie um eine bessere Regulierung, insbesondere der Lüftung und Beleuchtung. Untersuchungen von Menti (1999) und weiteren Autoren im In- und Ausland haben ergeben, dass in Dienstleistungsgebäuden etwa 40% der gesamten Stromnachfrage in der Zeit (Nacht und Wochenenden) anfällt, in der das Gebäude eigentlich nicht genutzt wird. Wir gehen im Folgenden von einer durchschnittlichen Reduktion dieses „Standbyverbrauchs“<sup>29</sup> durch Betriebsoptimierung um einen Viertel aus. Zusätzliche Optimierungen sind auch in den eigentlichen Nutzungszeiten möglich. Insgesamt gehen wir im Elektrizitätsbereich wie im Wärmebereich von -10% aus.

Das Projekt Betriebsoptimierung ist wie alle anderen Massnahmen im übergeordneten umfassenden Energieeffizienzprogramm eingebettet. Die Betriebsoptimierung ist ein wichtiger Einstieg für die Teilnahme an weiteren Programmpunkten – mit oder ohne Subventionen. Für die Betriebsoptimierung werden keine Subventionen ausgeschüttet – es fallen ja per Definition auch keine signifikanten Investitionskosten an, aber die Teilnahme wird durch verschiedene Angebote attraktiv vermarktet. Wichtige Elemente des Projekts Betriebsoptimierung sind:

1. Marketing
2. Vorreiterrolle Öffentliche Hand
3. Erfolgsgarantie (dazu wird zu Beginn des Programms ein Entschädigungsfonds geäufnet)
4. Gratis Einstieg (Begehung und Grobanalyse durch externen Experten)

---

<sup>28</sup> Roth et al. (2005) schätzen die möglichen Energieeinsparungen bei der Beleuchtung und Klima/Lüftung sogar auf 40%. Bezogen auf den Gesamtstromverbrauch wären das ca. 20%.

<sup>29</sup> Ein Teil dieses Stromverbrauchs ausserhalb der eigentlichen Nutzungszeiten ist natürlich notwendig.

5. Die Betriebsoptimierung wird vom Betrieb selbst realisiert, resp. in Auftrag gegeben. Dazu werden für den Betrieb und die eventuellen Auftragsnehmer interessante Finanzierungsmechanismen entwickelt (Einsparcontracting und ähnliches)
6. Stetiges Monitoring/Controlling und Benchmarking.

Angesprochen werden im Prinzip alle Betriebe. Um aber die Programmkosten (insbesondere administrative Kosten und die für den Betrieb kostenlose Grobanalyse) in eine sinnvolle Relation zum Nutzen zu setzen, gilt das Angebot der Gratis-Grobanalyse und der Erfolgsgarantie nur für Gebäude<sup>30</sup> mit einer minimalen Energiebezugsfläche von etwa 2000 m<sup>2</sup>. Diese Einschränkung bedeutet, dass zwar nur 35% der Gebäude von diesen Angeboten profitieren können; die anvisierte Fläche liegt aber mit 86% immer noch sehr hoch (Tabelle 6-1). Wir gehen davon aus, dass 50% dieser angesprochenen Flächen, d. h. 43% der gesamten Energiebezugsfläche des Dienstleistungssektors innerhalb von 7 Jahren eine Betriebsoptimierung erfahren und durchschnittlich 10% Wärme und 10% Strom einsparen.

Tabelle 6-1 Verteilung der Anzahl Gebäude und der Fläche im Dienstleistungssektor auf die Gebäudeklassen von Gantner et al. (1999), Anteil der Flächen mit Betriebsoptimierung und Programmkosten pro Gebäude.

Gebäude-klasse	Gebäude-grösse	Anzahl	Fläche	Primäre Zielgruppe	davon Teilnehmer BO	Fläche mit BO	Anteil an EBF DL-Sektor	Projekt-kosten
	m2/Gebäude		Mio. m2	ja/nein	%	Mio. m2	%	kCHF/Geb.
1	180	19'884	4	nein	0%	0	0%	0
2	580	12'342	7	nein	0%	0	0%	0
3	1'200	7'954	10	nein	0%	0	0%	0
4	2'800	15'339	43	ja	50%	21	15%	7
5	8'500	5'334	45	ja	50%	23	15%	11
6	21'000	909	19	ja	50%	10	7%	11
7	60'000	318	19	ja	50%	10	7%	15
Summe	2'364	62'080	147			63	43%	

Quelle: Gantner et al., 1999 ; CEPE, Flächen+Gebäude.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\22-11-05\Berichte\Bericht+II\_11.05

Die Betriebsoptimierung ist ein fortlaufender Prozess. Die stetige Kontrolle ist eine wichtige Voraussetzung für eine längerfristig wirksame Betriebsoptimierung. Eine entsprechende Anpassung der Pflichtenhefte der zuständigen Personen und eine Neuorganisation der Betriebsdienste sind häufig eine Voraussetzung um das Thema Betriebsoptimierung in die Firmenkultur zu verankern. Veränderte Nutzungen, neue Geräte und Anlagen, aber auch die Sanierung/Erneuerung der Anlagen und des Gebäudes bedingen jeweils eine umfassende Kontrolle und gegebenenfalls eine neue Optimierung. Insbesondere beim Bezug von neuen Gebäuden ist eine umfassende Betriebsoptimierung angezeigt. Die Teilnehmer am Projekt Betriebsoptimierung werden darum nach der Durchführung der ersten Betriebsoptimierung auch nicht aus dem Energieeffizienzprogramm entlassen. Durchschnittlich sieben Jahren nach der ersten Optimierung findet ein zweiter Durchgang statt und nach weiteren sieben Jahren ein dritter. In den Zwischenjahren wird die

<sup>30</sup> Wir vernachlässigen die Schwierigkeit, die sich dadurch ergibt, dass in einem Gebäude mehrere Betriebe/Firmen angesiedelt sind. In vielen Fällen werden auch in einem solchen Gebäude die Heizung und die Lüftungs- und Klimaanlagen von einem Betrieb zentral betreut. Andererseits gehen wir auch nicht auf die Tatsache ein, dass viele grosse Firmen nicht ein einzelnes, sondern mehrere Gebäude nutzen und/oder betrieben, was zu einer beschleunigten Marktdurchdringung und tendenziell zu tieferen Lern-Kosten führen kann.

Entwicklung mittels eines Energie-Monitoring-Systems verfolgt und Erfahrungsgruppen- und Weiterbildungsmöglichkeiten angeboten. Diese kontinuierliche Zusammenarbeit von Programm-betreuern und Firmenvertretern führt zu einer stetig wachsenden Kompetenz innerhalb der Betriebe und zu einem sich laufend verbessernden Verständnis des innerbetrieblichen Energieverbrauchs. Damit begründen wir die Annahme, dass sich die Programm kosten für das Projekt Betriebsoptimierung in Siebenjahresschritten allmählich reduzieren.

## 2. Wärmebereich

Im Wärmebereich berücksichtigen wir neben der Betriebsoptimierung zwei weitere Massnahmen zur Effizienzverbesserung ohne finanzielle Förderung: mehr energetisch wirksame Sanierungen und bessere Sanierungen.

*Mehr energetisch wirksame Sanierungen:* Die Untersuchung zum Erneuerungsverhalten im Bereich der Wohngebäude von Jakob/Jochum (2003) hat gezeigt, dass bei der Erneuerung der Gebäude häufig nur der Instand-/Werterhaltung und Modernisierung/Komfortverbesserung Rechnung getragen wird und dass die energetischen Verbesserungsmöglichkeiten nicht realisiert werden, obwohl sie betriebswirtschaftlich sinnvoll sind. Wir haben diese Beobachtung im Bereich der Wohngebäude sinngemäß auf die Dienstleistungsgebäude übertragen und die in früheren Perspektivarbeiten unterstellten energetisch wirksamen Sanierungen im heutigen Referenzszenario um fast die Hälfte reduziert. Im vorliegenden Szenario II nehmen wir nun an, dass diese Sanierungsrate aus dem Referenzszenario durch die vielfältigen Massnahmen zur Senkung der Transaktionskosten um fast 20% erhöht werden können. Sie liegen dann bei 60% der in früheren Perspektivarbeiten verwendeten Sanierungsraten. Die unterstellten durchschnittlichen Effizienzverbesserungen von -38 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr in 2010 und -26 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr in 2030 sind bescheiden, liegen sie doch nur bei etwa 50% der durchschnittlichen Verbesserungen im Referenzszenario Ib<sup>31</sup>. Nach einer Anlaufzeit von einigen Jahren, werden ab 2010 diese 20% zusätzlichen energetisch wirksamen Sanierungen erreicht, was etwa 0.5 Mio. m<sup>2</sup> pro Jahr entspricht, und setzen sich über die ganze Periode bis 2035 fort.

*Bessere Sanierungen:* Für einen Teil der bereits im Referenzszenario energetisch wirksam sanierten Gebäude nehmen wir eine wirksamere Sanierung an, die etwa bei der Hälfte der zusätzlichen Verbesserung einer energieeffizienten Sanierung liegt. Nach Sanierung ist der Wärmebedarf etwa 15-20% tiefer als bei einer Sanierung ohne Massnahme. Die durchschnittliche zusätzliche Effizienzverbesserung dieser wirksamer sanierten Objekte liegt im Jahre 2010 (2030) bei -60 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr (-40 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr) im Szenario Ib<sup>32</sup>. Im Jahre 2010 werden 5% der im Referenzszenario energetisch wirksam sanierten Objekte besser saniert. Dieser Anteil steigt stetig über 20% im Jahre 2020 auf 50% im Jahre 2035.

## 3. Elektrizitätsbereich

Im Elektrizitätsbereich nehmen wir neben der Betriebsoptimierung an, dass mehr Neubauten den Bestwert erreichen und dass die Stromeinsparungen bei Sanierungen deutlich erhöht werden.

---

<sup>31</sup> Ohne CO<sub>2</sub>-Abgabe (Szenario Ia) läge diese Reduktion etwa zwischen 25 und 20 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr.

<sup>32</sup> Im Referenzszenario Ia würden die zusätzlichen Effizienzverbesserungen etwa 10-20 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr höher liegen, weil hier die einfacheren Massnahmen noch nicht bereits als Reaktion auf die CO<sub>2</sub>-Abgabe durchgeführt wurden. Der Ausgangspunkt für zusätzliche Effizienzverbesserungen liegt im Szenario Ia bei höheren spezifischen Energieverbräuchen.

*Mehr energieeffiziente Neubauten:* Bereits infolge hoheitlicher Massnahmen erhöht sich der Anteil der Neubauten, welche den Bestwert erreichen, um 10 Prozentpunkte. Mit den angenommenen „weichen“ Massnahmen (Information, Ausbildung, Motivation ergänzt durch die Anreize der öffentlichen Hand und der Energiewirtschaft) nimmt dieser zusätzliche Anteil an effizienten Neubauten weiter zu und verdoppelt sich ab 2015 bis 2025, um dann bis 2035 wieder auf die ursprüngliche Zunahmen von 10 Prozentpunkten zurückzugehen (Figur 6-3). Die infolge der hoheitlichen Massnahmen bereits verbesserten durchschnittlichen Energiekennzahlen Elektrizität der Neubauten reduzieren sich um weitere  $-(10 - 20)$  MJ/m<sup>2</sup>.Jahr.

*Bessere Sanierungen:* Im Referenzszenario wurde die Annahme getroffen, dass bei Sanierungen rund 50% der Einsparungen realisiert werden, die bei den Neubauten im Durchschnitt gegenüber einem bezüglich der Energiedienstleistung äquivalenten Altbau anfallen. Dank der verstärkten Zusammenarbeit aller relevanten Akteure und den wirksamen Programmen zur Reduktion der Transaktionskosten werden im Szenario II bei Sanierungen Einsparungen erzielt, die durchschnittlich bei 75% der Einsparungen bei Neubauten im Szenario I (ohne die oben erwähnten Massnahmen im Szenario II!) liegen. Die daraus resultierenden durchschnittlichen zusätzlichen Stromeinsparungen bei einer Sanierung liegen bei wenigen MJ/m<sup>2</sup>.Jahr in 2010 und erhöhen sich langsam auf knapp über  $-10$  MJ/m<sup>2</sup>.Jahr in 2030. Die absolute Stromeinsparung dieser Massnahme ist aber sehr bedeutend, da sie ein Durchschnittswert über alle Sanierungen ist.

Sowohl im Wärme- wie im Elektrizitätsbereich gehen wir davon aus, dass die öffentliche Hand eine Vorreiterrolle übernimmt. Der Abbau von Hemmnissen, wie die vermehrte Überwälzung von Erneuerungs-Investitionen auf Mieter und Nutzer (Meier/Ott, 2005; Ott et al., 2005), und Anreize, wie attraktive Zinssätze und Finanzierungsangebote für effizientes Bauen und Sanieren und höhere Steuerabzüge sowie die Einführung des Energieausweises für Gebäude, begünstigen („gutes Klima“) die Aufnahme der Massnahmen zur Senkung der Transaktionskosten und die Teilnahme an Zielvereinbarungen.

### **Finanzielle Förderung von investiven Massnahmen**

Es handelt sich hier im Wesentlichen um dieselben Massnahmen wie bei der nicht-finanziellen Förderung: effizientere Neubauten, mehr energiewirksame Sanierungen und effizientere Sanierungen. Was sich ändert ist die dank Subventionsbeiträgen erreichte höhere energetische Qualität dieser Neubauten und Sanierungen. Die Förderquoten liegen in der Größenordnung von wenigen zehn Prozent der Mehrinvestitionen. Es handelt sich also nicht um ein Finanzierungsinstrument, sondern um ein Motivationssignal. Die Frage der Mitnahmeeffekte wird im späteren Unterabschnitt Berücksichtigung von Doppelzählungen und Mitnahme- und Imitationseffekten thematisiert.

Grundlagen der Modellannahmen, insbesondere für die Annahmen zu den spezifischen Förderbeiträgen, sind einerseits Ergebnisse von vergangenen und laufenden Massnahmen in der Schweiz (Ott et al., 1999; Iten et al., 2005; Schneider et al., 2005; Iten et al., 2004; Nordmann/Mehlfeld, 2005; Nordmann, 1999), andererseits für den Wärmebereich – im Sinne eines Abgleichs – Annahmen von Peter Hofer bei der Modellierung des Szenarios II für die privaten Haushalte und im weiteren theoretische Überlegungen und Konsistenzforderungen, die sich aus den Modellrechnungen ergeben. Die bei den Modellrechnungen verwendeten spezifischen Förderbeiträge und die durch diese Förderung initiierten zusätzlichen Energieeinsparungen in den Anfangsjahren des Programms sind in der Tabelle 6-2 zusammengefasst. Die gesamten Einsparungen sind im Text erwähnt und in Tabelle A6-1 (Anhang 6) zusammengefasst. Im Folgenden werden die verschiedenen Massnahmen einzeln kurz beschrieben.

## 1. Wärmebereich

**Neubauten:** Die Subventionierung von hocheffizienten Neubauten, die bereits heute von vielen Kantonen angewendet wird, wird im Rahmen des Szenario II verstärkt. Aus modelltechnischen Gründen werden die Anforderungen ausschliesslich auf die Reduktion des Heizwärmebedarfs ausgerichtet. Für das in SERVE04 verwendete durchschnittliche Dienstleistungsgebäude wird die Anforderung auf 58 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr festgelegt. Dieser Wert liegt im Jahre 2010 um rund -190 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr oder 77% unter dem durchschnittlichen Heizwärmebedarf der Neubauten im Szenario II mit den oben beschriebenen hoheitlichen Massnahmen. Im Jahre 2020 beträgt diese Differenz immer noch -130 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr (69%) und im Jahre 2030 -86 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr (60%). Die ausgeschüttete Subvention beträgt 22 CHF/m<sup>2</sup>. Der Anteil der Neubauten mit einem Heizwärmebedarf von 58 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr liegt im Referenzszenario im Jahre 2010 bei 10% und steigt bis 2035 auf 25% an (Tabelle A2-4). Die Ausschüttung der Subventionen für diese effizienten Neubauten wird solange durchgeführt, bis deren Anteil 25% der Neubauten erreicht. Ab diesem Moment wird diese Baupraxis als „Selbstläufer“ betrachtet, wofür keine Subventionen benötigt werden. In unserem einfachen Modelansatz nähern wir uns dieser Grenze nach 2020, weshalb die Subventionen für hocheffiziente Neubauten danach stetig abnehmen (siehe Unterkapitel Zuteilung der finanziellen Mittel).

**Sanierungen:** Für die subventionsberechtigten effizienten Sanierungen setzen wir mit 210 MJ/m<sup>2</sup>.a ebenfalls eine anspruchsvolle Anforderung an den Heizwärmebedarf nach Sanierung. Die Zielgruppe dieser Massnahme sind Objekte, die ohne Subvention eine energetisch „bessere Sanierung“, die im vorhergehenden Unterkapitel Nicht-finanziellen Förderung von Effizienzverbesserungen beschriebenen wurde, durchführen würden. Das anvisierte Ziel bedeutet für Altbauten eine zusätzliche Einsparung von rund 50 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr. Bezogen auf die durchschnittliche Sanierung im Referenzszenario Ib betragen die Einsparungen durchschnittlich 100 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr<sup>33</sup>. Aus rechentechnischen Gründen wird in den Modellrechnungen diese gesamte Einsparung ausgehend von einer durchschnittlich energetisch wirksamen Sanierung ausgewiesen. In Tabelle 13.2 werden aber nur die subventionierten Einsparungen ausgewiesen. Mit den im Unterkapitel Zuteilung der finanziellen Mittel zugeteilten finanziellen Mitteln können im Jahre 2010 5% der energetisch durchschnittlich wirksam sanierten Flächen mit 28 CHF/m<sup>2</sup> subventioniert werden. Dieser Anteil steigt linear auf 7% im Jahre 2030.

**Bauteilprogramm:** Beim Bauteilprogramm geht es darum, dass Bauherren, Planer und Bauausführende mit relativ kleinen Subventionsmitteln auf energetisch wirksame Bauelemente, z. B. Fenster oder Wärmerückgewinnung, aufmerksam gemacht werden und diese vergünstigt beziehen können, respektive einen kleinen Anteil der getätigten Investitionen zurückerstattet erhalten<sup>34</sup>. Die Zielgruppe hier sind Objekte, die ohne Subventionen infolge der nicht-finanziellen Förderung eine moderate energetisch wirksame Sanierung anstelle einer reinen Pinselsanierung durchführen würden. Infolge der Subventionsbeiträge erhöhen sich die Energieeinsparungen im Referenzszenario Ib durchschnittlich um 35 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr, so z.B. von 38 auf 76 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr im Jahre 2010. Analog zu den effizienten Sanierungen weisen wir in den Modellrechnungen diese gesamte Energieeinsparung von 76 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr aus; in Tabelle 6.2 verwenden wir aber nur die zusätzliche durch die finanzielle Förderung induzierte Energieeinsparung von 38 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr. Mit den zur

<sup>33</sup> Bei gleich bleibender Zielvorgabe im Szenario Ia (ohne CO<sub>2</sub>-Abgabe) wären die Einsparungen um rund -20 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr grösser)

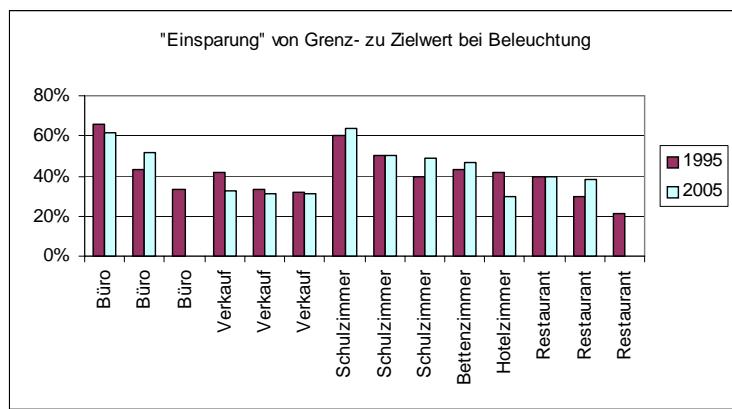
<sup>34</sup> Eine detaillierte Ausgestaltung des Bauteilprogramms übersteigt den Rahmen der vorliegenden Arbeit. Hinweise dafür können z.B. Subventionsprogramme im Ausland oder die Subventionsprogramme der Kantone und das Investitionsprogramm von Energie 2000 liefern.

Verfügung stehenden finanziellen Mitteln kann bei der angenommenen Ausschöpfung die energetisch wirksame Sanierungsrate im Jahre 2010 um 16% und im Jahre 2030 um 26% gesteigert werden.

## 2. Elektrizitätsbereich

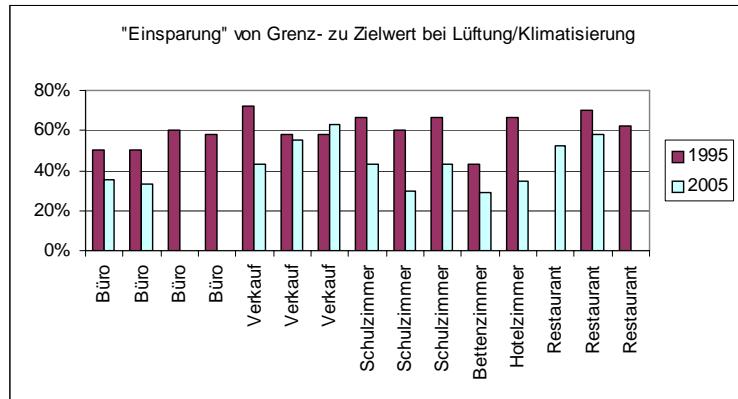
Obwohl es im Elektrizitätsbereich auch viele Möglichkeiten für eine sinnvolle Subventionierung von Massnahmen bei Sanierungen hat, beschränken wir uns hier auf die Neubauten. Der hauptsächliche Grund dieser Einschätzung ist die ungenügende Kenntnis der Kosten und Nutzen von einzelnen Massnahmen, die mittels Subventionen gefördert werden könnten und eine für den ganzen Dienstleistungssektor signifikante Wirkung bringen würden. Die vor dem Abschluss stehende Studie von Jakob et al. (2005) wird dazu interessante Informationen liefern, konnte aber für diese Arbeit nicht berücksichtigt werden.

*Zielwerte für Beleuchtung und Lüftung/Klima bei Neubauten:* Die hoheitlichen Anforderungen für Neubauten stützen sich heute im Allgemeinen auf die *Grenzwerte* der Empfehlungen 380/4 der SIA (SIA, 1995) ab und auch der Bestwert für Neubauten im Referenzszenario (Punkt 5 im Kapitel 5.1) und im Szenario II orientiert sich an diesen Empfehlungen. Aber bereits in den neunziger Jahren hat der SIA für die Elektrizitätsanwendungen Beleuchtung und Lüftung/Klima für bestimmte Nutzungen *Zielwerte* definiert, die kürzlich überarbeitet wurden (SIA, 2005). Für diese Nutzungen liegen die Zielwerte für den spezifischen Stromverbrauch der Beleuchtung durchschnittlich etwa -30% und für Lüftung/Klima circa -40% unter dem Grenzwert (Figuren 6-4 und 6-5). In Anlehnung an diese in Vorbereitung stehenden Empfehlungen der SIA setzen wir die Anforderung für den Bezug von Subventionen bei Neubauten auf -30% unter den Bestwert für Beleuchtung und auf -40% unter den Bestwert für Lüftung/Klima. Diese Effizienzverbesserungen führen zu Reduktionen im gesamten Stromverbrauch, die bei Bürogebäuden je nach Technisierungsgrad zwischen -16% und -22% und über alle Gebäude des Dienstleistungssektor gemittelt bei -18% oder -36 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr liegen. Die Subventionen betragen im Anfangsjahr 5 CHF/m<sup>2</sup>. Über die ganze Periode 2007-2035 beteiligen sich durchschnittlich 14% der Neubauten an diesem Projekt.



Quelle: SIA, 1995, Tabelle 2; SIA, 2005, Tab. 4.8; CEPE, Grenz\_Ziel\_95\_05\_Licht.xls in H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Szenario\_II\SIA\_380-4

Figur 6-4 Differenz zwischen Grenz- und Zielwerten des spezifischen Stromverbrauchs für die Beleuchtung von typischen Raumnutzungen im Dienstleistungssektor. Mit „1995“ sind die Differenzen laut der heute gültigen Empfehlung SIA-380/4 bezeichnet; die Differenzen „2005“ sind einem Entwurf (SIA, 2005) für eine revidierte Empfehlung entnommen.



Quelle: SIA, 1995, Tabelle 3; SIA, 2005, Tab. 4.11; CEPE, Grenz\_Ziel\_95\_05\_Lüftung\_Klima.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Szenario\_II\SIA\_380-4

Figur 6-5 Differenz zwischen Grenz- und Zielwerten des spezifischen Stromverbrauchs für Lüftung/Klima von typischen Raumnutzungen im Dienstleistungssektor. Mit „1995“ sind die Differenzen laut der heute gültigen Empfehlung SIA-380/4 bezeichnet; die Differenzen „2005“ sind einem Entwurf (SIA, 2005) für eine revidierte Empfehlung entnommen.

### 3. Zusammenfassung

Bei der Einschätzung dieser Annahmen zu den Subventionsprojekten im Wärme- und Elektrizitätsbereich muss berücksichtigt werden, dass diese im Rahmen des umfassenden Energieeffizienzprogramms ablaufen, in dem alle Akteure verstärkt zusammenarbeiten. Sie sind z.B. in Relation zu setzen zum Erfolg der entsprechenden Projekte ohne Subventionen, die im vorangehenden Unterkapitel beschrieben sind. Die Subventionen führen dazu, dass etwas mehr als ohne Subventionen gemacht wird, dass aber die betriebswirtschaftliche Rentabilität der gesamten Effizienzverbesserungen unter Berücksichtigung der Zusatznutzen im Allgemeinen weiterhin gegeben ist. Wie bei allen Subventionsprogrammen kann trotz entsprechenden Gegenmassnahmen ein gewisser Mitnahmeffekt nicht ausgeschlossen werden. Dieses Problem wird im Unterkapitel Berücksichtigung von Doppelzählungen und Mitnahme- und Imitationseffekten diskutiert und bei der Wirkungsberechnung berücksichtigt.

Die spezifischen Förderbeiträge sind in Tabelle 6-2 zusammengefasst. Es handelt sich um Beiträge, die eher einen symbolischen Wert haben als dass sie aus finanzieller Sicht entscheidend für die zu tätige Investition wären. Darum ist die angenommene Höhe<sup>35</sup> dieser Subventionsbeiträge einerseits nicht sehr kritisch und andererseits darf sie auch nicht als Grenzbeitrag zur Finanzierung verstanden werden, ab der alle Finanzierungshemmnisse überwunden wären. Die in Tabelle 6-2 ausgewiesenen Förderbeiträge pro Energieeinsparung im ersten Jahr und pro Energieeinsparung über die Lebensdauer der Massnahme („Förderkosten-Wirksamkeit“) beziehen sich nur auf den Teil der Einsparung, wofür die Fördermittel vergeben werden. Die gesamten Einsparungen der subventionierten Objekte sind gegenüber dem Referenzszenario I im Wärmebereich allgemein etwas höher infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe und etwa doppelt so hoch für das Bauteilprogramm und die effizienten Sanierungen, da diese Objekte bereits bei den nicht-finanziellen Fördermassnahmen beteiligt sind (siehe die Erläuterungen im obigen Abschnitt 1. Wärmebereich).

<sup>35</sup> In der Einführung zum Unterkapitel Finanzielle Förderung von investiven Massnahmen sind die konsultierten Quellen erwähnt.

Die numerischen Werte in Tabelle 6-2 gelten für das Ausgangsjahr (im Allgemeinen 2007-2010). Die spezifischen Förderbeiträge bleiben nominal konstant, real nehmen sie bis 2035 um ca. 30% ab. Die spezifischen Energieeinsparungen entwickeln sich unterschiedlich. Bei den effizienten Neubauten und Sanierungen werden die spezifischen Einsparungen kleiner, weil sich die durchschnittlichen Neubauten und Sanierungen, welche die Ausgangsbasis für die spez. Energieeinsparung sind, mit der Zeit stetig verbessern, die Zielwerte für die effizienten Neubauten aber konstant bleiben und die Zielwerte für effiziente Sanierungen sich langsam verbessern. Die im Rahmen des Bauteilprogramms realisierten Einsparungen nehmen tendenziell zu, da die zu erreichenden durchschnittlichen Sanierungen tendenziell etwas effizienter werden. Andererseits gehen wir davon aus, dass sich die Kosten für Effizienzverbesserungen – auch infolge der Subventionierungsprojekte – mit der Zeit reduzieren, sodass die realen Förderbeiträge in etwa einen konstanten Anteil an den gesamten zusätzlichen Investitionskosten behalten. Im letzten Abschnitt wurde auch darauf hingewiesen, dass die Förderbeiträge aus finanzieller Sicht für den Investitionsentscheid nicht entscheidend sind, sondern eher einen symbolischen Charakter aufweisen. In Kenntnis dieser verschiedenen sich zum Teil widersprechenden Entwicklungen gehen wir davon aus, dass die inflationsbedingte Reduktion der spezifischen Förderbeiträge über alles gemittelt von kostendegressiven Entwicklungen aufgefangen wird, und verzichten auf die sehr arbeitsintensive und unsichere Diskussion der Kosten/Nutzen-Entwicklung der einzelnen Massnahmen. Die angedeutete Dynamik der Energieeinsparungen bei den verschiedenen Projekten ist aber in den Berechnungen der resultierenden Nachfrage vollständig berücksichtigt.

Tabelle 6-2 Kennzahlen zu den Subventionsprojekten. Die Erläuterung der Projektbezeichnung findet sich in der Auflistung der Massnahmen zu Beginn des Unterkapitels Modellierte Massnahmen. Die Projekte/Massnahmen selbst sind im Unterkapitel Finanzielle Förderung von investiven Massnahmen beschrieben. Die spezifischen Energieeinsparungen beziehen sich nur auf den Teil der Einsparungen, die zusätzlich infolge der Subventionen realisiert werden (siehe Erläuterung im Text oben).

Projekt		Effiziente Neubauten	Bauteil-programm	Effiziente Sanierungen	Zielwerte Neubauten
Kurzbezeichnung		Min_Neu	Bauteil	Min_San	Grenz-Ziel
Bereich		Wärme	Wärme	Wärme	Strom
Spezifische Energieeinsparung	MJ/m <sup>2</sup> .a kWh/m <sup>2</sup> .a	190 53	35 10	50 14	36 10
Spezifischer Förderbeitrag	CHF/m <sup>2</sup>	22	8	28	5
Förderbeitrag pro Energieeinsparung in einem Jahr	CHF/MJ/Jahr CHF/kWh/Jahr	0.12 0.42	0.22 0.79	0.55 1.99	0.14 0.50
Lebensdauer	Jahre	30	30	30	20
Förderbeitrag pro Energieeinsparung über die Lebensdauer	CHF/MJ CHF/kWh	0.004 0.014	0.007 0.026	0.018 0.066	0.007 0.025

Quelle: CEPE, Förderung\_Kennzahlen\_9.1.06\_korr.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\22-11-05\Berichte\Bericht+II\_11.05

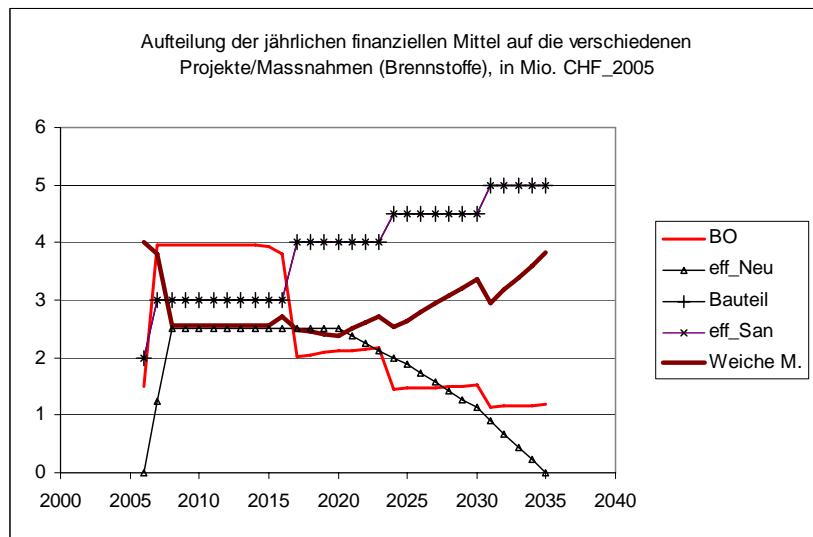
## Zuteilung der finanziellen Mittel

Aus dem Fonds „Klimarappen“ und einem analogen Fonds der Elektrizitätswirtschaft stehen jährlich je 15 Mio. CHF (nominal 2005) zur Verfügung. Davon werden im Wärmebereich durchschnittlich rund 1/3 für Massnahmen zur Senkung der Transaktionskosten („weiche“ Massnahmen, inkl. Betriebsoptimierung) und 2/3 für Subventionsprojekte eingesetzt. Im Elektrizitätsbereich sind die Verhältnisse umgekehrt: 2/3 für weiche Massnahmen inkl. Betriebsoptimierung und 1/3 für die Subventionierung von effizienten Neubauten.

Mit den aus dem Wärme- und Strombereich insgesamt für weiche Massnahmen anfallenden 15 Mio. CHF wird das an mehreren Stellen skizzierte umfassende Energieeffizienzprogramm finanziert, das die Basis für die Massnahmen zur Senkung der Transaktionskosten bildet. Der Anteil aus dem Fonds der Elektrizitätswirtschaft liegt höher, da in diesem Bereich im Vergleich zum Brennstoffbereich ein Nachholbedarf besteht. Um Doppelspurigkeiten zu vermeiden und Synergien zu nutzen wird eine enge Koordination mit ähnlichen Programmen (insbesondere EnergieSchweiz) vorausgesetzt. Rund die Hälfte dieser 15 Mio. CHF wird in den ersten Jahren gezielt für die Vorbereitung (Marketing, Ausbildung von Experten, Ausarbeitung von Informationsmitteln und Aus- und Weiterbildungsprogrammen für die Gebäudebetreiber, sowie für die Aufnung eines Garantiefonds) des Projekts Betriebsoptimierung eingesetzt. Nach 2010 sind diese Vorbereitungen soweit fortgeschritten, dass diese Hälfte der 15 Mio. CHF grösstenteils für die Begehung/Grobanalyse der zu optimierenden Gebäude und für die Begleitung/Beratung/Schulung der Gebäudebetreiber eingesetzt werden kann. Ab 2017, nach der ersten Durchführung einer Betriebsoptimierung bei den relevanten Kandidaten, sinken die Kosten des Projekts Betriebsoptimierung um rund die Hälfte und weitere Kostensenkungen ergeben sich nach Abschluss des zweiten und dritten Zyklus in den Jahren 2024 und 2031. Eine detailliertere Beschreibung des Aufbaus und der Modellierung des Projekts Betriebsoptimierung findet sich im Anhangband. Die freiwerdenden finanziellen Mittel werden im Strombereich vollständig für die übrigen weichen Massnahmen eingesetzt; im Wärmebereich werden davon grösstenteils die Förderbeiträge für die effizienten Sanierungen und für das Bauteilprogramm aufgestockt.

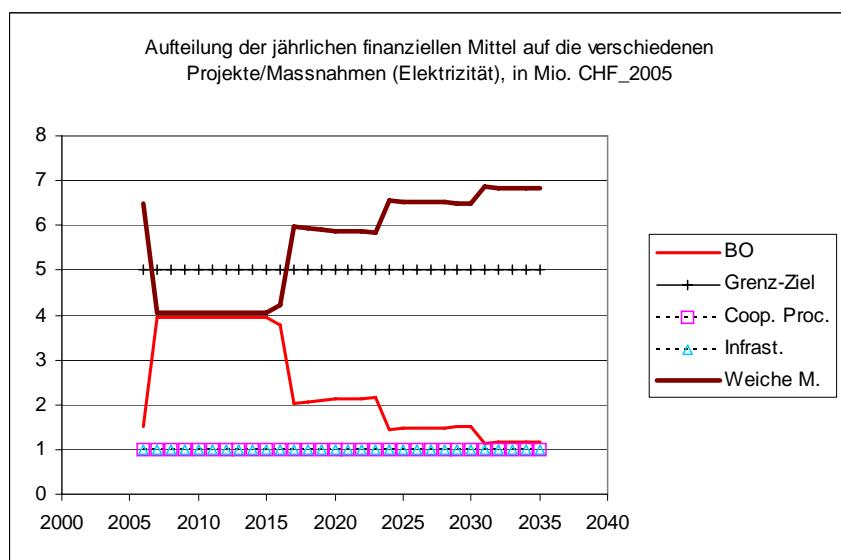
Im Wärmebereich wird anfänglich rund ein Drittel der Fördermittel für effiziente Neubauten eingesetzt. Dieser Anteil wird nach 2020 stetig reduziert und ab dem Jahr 2035 sistiert, da das anvisierte Ziel von einem Anteil von 25% effizienten Bauten an allen Neubauten zu diesem Zeitpunkt erreicht ist. Die freiwerdenden Mittel werden für die finanzielle Förderung der Sanierungen und für die Verstärkung der weichen Massnahmen eingesetzt.

Im Elektrizitätsbereich werden jährlich 5 Mio. CHF (1/3 des Gesamtbudgets) für die Subventionierung von effizienten Neubauten eingesetzt. Im Übrigen werden über die ganze Periode knapp 15% der finanziellen Mittel (zweimal 1 Mio. CHF/Jahr) im Rahmen der Projekte „Koordinierte Beschaffung“ und „Infrastrukturbewirtschaftung“ eingesetzt. Diese Massnahmen sind nach unserer Einschätzung förderungswürdig; eine detaillierte Ausgestaltung der Projekte und die Quantifizierung der energetischen Wirkung war aber im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.



Quelle: CEPE, Budgetverteilung\_1\_korr.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Szenario\_II

Figur 6-6 Aufteilung der im Wärmebereich anfallenden finanziellen Mittel von jährlich 15 Mio. CHF (in konstanten Franken 2005) auf die verschiedenen Projekte und Massnahmen<sup>36</sup>.



Quelle: CEPE, Budgetverteilung\_1.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Szenario\_II

Figur 6-7 Aufteilung der im Wärmebereich anfallenden finanziellen Mittel von jährlich 15 Mio. CHF (in konstanten Franken 2005) auf die verschiedenen Projekte und Massnahmen<sup>37</sup>.

<sup>36</sup> Die Bezeichnungen sind in der Aufzählung der Massnahmen zu Beginn des Unterkapitels Modellierte Massnahmen erläutert. „Weiche M.“ steht für alle Massnahmen – ausser Betriebsoptimierung –, die dort unter „Nicht-finanzielle Förderung von Effizienzverbesserungen“ aufgeführt sind.

## Berücksichtigung von Doppelzählungen und Mitnahme- und Imitationseffekten

Es liegt in der Natur der Sache, dass selbst bei gut konzipierten Massnahmen und Programmen, die mit Anreizen arbeiten, welche monetärer Natur sein können oder sonst einen Vorteil bieten, ein gewisser Mitnahmeeffekt nicht ausgeschlossen werden kann. Aber schwierig wird es bei der Quantifizierung der Mitnahmeeffekte. Um uns einen Eindruck zu verschaffen, ob eine Abstützung von Mitläufneranteilen (Mitnahmeeffekt) bei ausgewählten Massnahmen/Massnahmenbündeln auf empirische Untersuchungen möglich ist, schauten wir die nationale und internationale Literatur durch. Dabei wurden insbesondere auch die Evaluationsstudien, die im Rahmen von Energie 2000 und EnergieSchweiz durchgeführt wurden, konsultiert. Das Ergebnis von Mitläufneranteilen bei Subventionsprogrammen war ernüchternd, fanden sich doch Aussagen, die von 50%-90% (Baumgartner, 2005) über 30%-60% (Balthasar, 1999, S. 6) bis 10%-25% (Rieder, 1998) reichten<sup>38</sup>. Diese gewaltigen Unterschiede sind wenigstens zum Teil eine direkte Folge der unterschiedlichen Natur der subventionierten Objekte/Aktivitäten (was wird subventioniert) und der Ausgestaltung des jeweiligen Subventionsprogramms (wie hoch wird subventioniert, welche Massnahmen werden zur Vermeidung von Mitläufern ergriffen). Möglicherweise sind aber auch die Abschätzungen der Mitläufneranteile von unterschiedlicher Qualität. Eine detaillierte Analyse dieser verschiedenen Programme und Evaluationen war im Rahmen der vorliegenden Perspektivarbeiten nicht möglich. Gewisse Charakteristiken konnten aber herauskristallisiert werden. Häufig – so z.B. bei der Wirkungsanalyse von EnergieSchweiz – wird argumentiert, dass die Mitnahmeeffekte durch Imitationseffekte kompensiert werden. Jochem/Aebischer (2003) argumentieren, dass Imitationseffekte sehr wohl existieren, aber sich im Allgemeinen erst längerfristig auswirken.

Aber „positive Effekte“ wie Imitation und beschleunigtes Lernen und Kostenreduktion, die entscheidend sind für die längerfristige Wirkung der Massnahme/des Programms, sind ebenfalls Realität. Ein erfolgreiches Programm resultiert in „Markttransformation“ und produziert Selbstläufer. Falls nicht, ist das Programm nicht nachhaltig wirksam und muss verbessert oder vorzeitig gestoppt werden.

Für das Szenario II stellt sich die Frage der Mitläufer bei der Modellierung der Massnahmen im Unterkapitel Modellierte Massnahmen. Wie viele Akteure werden angesprochen, wie viele realisieren eine Massnahme und welche Wirkung hat diese Massnahme? Im Prinzip müsste bei der Festlegung der Anzahl der Akteure, die sich an einem Projekt beteiligen, die Mitläufer ausgeschlossen werden. Das ist aber im Unterkapitel Modellierte Massnahmen nicht gemacht worden, weil – wie oben erläutert – die empirische Basis fehlt, um die Mitläufneranteile bei einzelnen Massnahmen festzulegen und deren Entwicklung über dreissig Jahre einzuschätzen. Anstelle einer Vielzahl von Annahmen zu treffen verwenden wir bei der Berechnung eine Korrekturfunktion,

---

<sup>37</sup> Die Bezeichnungen sind in der Aufzählung der Massnahmen zu Beginn des Unterkapitels Modellierte Massnahmen erläutert. „Weiche M.“ steht für alle Massnahmen – außer Betriebsoptimierung –, die dort unter „Nicht-finanzielle Förderung von Effizienzverbesserungen“ aufgeführt sind.

<sup>38</sup> Die Mitnahmeeffekte beim Investitionsprogramm Energie 2000 werden unterschiedlich eingeschätzt. Im Schlussbericht des seco (seco, 2001, S. 17) findet sich: „... lässt auch diese Beobachtung darauf schliessen, dass der Mitnahmeeffekt in engen Grenzen gehalten werden konnte“. Rieder (1999, S. 11) fasst verschiedene Quantifizierungsversuche des Mitnahmeeffekt wie folgt zusammen: „Es ist davon auszugehen, dass rund 30 Prozent der unterstützten Sanierungen weder vorgezogen, noch inhaltlich ausgeweitet worden sind“. In einer Nachbefragung zum Investitionsprogramm Energie 2000 (Nordmann/Mehlfeld, 2005) sagen ca. 15% der Teilnehmer, dass das Förderprogramm (eher) unwichtig für die Investition war; für ca. 40% war das Förderprogramm sehr wichtig.

welche den Mitnahmeeffekt und die positiven Effekte (z. B. Imitations-, Lerneffekt, Selbstläufer) gemeinsam erfasst.

Doppelzählungen von Effizienzverbesserungen werden durch die Wahl der quantifizierten Projekte/Massnahmen und durch die Art der Modellierung weitestgehend ausgeschlossen. So wird z. B. nicht versucht, die Wirkung einzelner weichen Instrumente auszuweisen. Bessere Neubauten und mehr und bessere Sanierungen ohne Subventionen werden der Gesamtheit der Instrumente – Information, Ausbildung, Zielvereinbarungen, etc –, die im Rahmen des umfassenden Energieeffizienzprogramms ergriffen werden zugeschrieben. Das ist auch generell sinnvoll, denn einzelne Instrumente sind isoliert betrachtet kaum wirksam. Zum Abbau oder zur Umgehung von Hemmnissen von Effizienzverbesserungen sind im Allgemeinen umfassende Bündel von Instrumenten und Massnahmen notwendig. Doppelzählungen mit Effizienzverbesserungen im Referenzszenario oder infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe oder bei den Sensitivitätsrechnungen infolge der höheren Energiepreise werden dadurch vermieden, dass die Modellierung und Berechnung von Szenario II von den Ergebnissen dieser vorgängigen Varianten ausgehen. Explizit korrigiert werden die ursprünglichen in einem ad-hoc Modell berechneten Ergebnisse der Betriebsoptimierung im Wärmebereich um Doppelzählungen mit den kurzfristigen Verhaltensänderungen infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe auszuschliessen.

Die Korrekturfunktion für die Berücksichtigung der Mitnahmeeffekte und der positiven Effekte wie Imitations-, Lerneffekte und beschleunigte Kostenreduktion basieren auf dem von Wirtschafts- und Innovationstheorie gestützten Ansatz, dass kurzfristig mit signifikanten Mitnahmeeffekten auszugehen ist und bei einem erfolgreichen Programm langfristig aber mit ebenso signifikanten positiven Effekten gerechnet werden kann. Konkret machen wir folgende Annahmen:

- Im Ausgangsjahr wird die gesamte Wirkung aller Massnahmen (mit Ausnahme der Wirkung von hoheitlichen Massnahmen und der Wirkung des Projekts Betriebsoptimierung<sup>39</sup>) um 50% reduziert.
- Im Jahre 2035 sind die Wirkungen der negativen (Mitnahme) und der positiven (Imitation, beschleunigte Kostenreduktion) Effekte gleich gross.
- Die Entwicklung vom Ausgangsjahr bis 2035 verläuft linear.

Diese Korrektur ist ein sehr grober, undifferenzierter Ansatz für die Beschreibung von höchst komplexen Prozessen. Sie ist aber transparent und gewährleistet, dass mit wenig Aufwand Sensitivitätsüberlegungen zu den Mitnahme- und Imitationseffekten gemacht werden können.

## 6.2 Szenario II: Ergebnisse

Die Ergebnisse der Modellrechnungen für die Energienachfrage im Szenario II Trend und in den drei Sensitivitätsvarianten sind in den folgenden zwei Tabellen zusammengefasst. In Ergänzung zu diesen Zusammenstellungen werden im Kapitel 9 die Szenarien miteinander verglichen.

Die Entwicklungen in den einzelnen Varianten und die Unterschiede zur Trendentwicklung werden in den entsprechenden Unterkapiteln 6.2.1 bis 6.2.4 diskutiert. Eine systematische Darstellung der Ergebnisse findet sich im Anhangband.

---

<sup>39</sup> Mitläufer können hier ausgeschlossen werden, da in der modellierten Welt des Referenzszenarios verhaltensbedingte Entwicklungen und nicht-investive Effizienzverbesserungen implizit ausgeschlossen sind.

Tabelle 6-3 Energienachfrage im Szenario II\_Trend und in den Sensitivitätsvarianten II\_BIP\_hoch, II\_Preise\_hoch und II\_Klima\_wärmer, in PJ/Jahr. In „nicht\_El“ ist die Nachfrage aller Energieträger ausser Elektrizität zusammengefasst.

<b>II Trend</b>		ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6	
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2	
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6	
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3	
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0	
2010	65.8	41.9	23.8	7.6	3.5	0.2	0.0	1.4	144	78.4	
2015	67.3	36.7	24.3	7.9	3.7	0.2	0.0	1.9	142	74.6	
2020	69.3	33.0	25.0	8.3	3.8	0.3	0.0	2.4	142	72.8	
2025	70.6	29.9	25.6	8.6	4.0	0.3	0.0	2.9	142	71.2	
2030	71.7	27.1	26.0	8.8	4.1	0.3	0.0	3.3	141	69.7	
2035	71.6	24.9	26.6	9.1	4.2	0.4	0.0	3.9	141	69.0	
<b>II BIP hoch</b>											
PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6	
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2	
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6	
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3	
2005	62.1	47.1	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0	
2010	66.1	41.9	23.9	7.6	3.5	0.2	0.0	1.4	145	78.5	
2015	68.0	36.6	24.4	7.9	3.7	0.2	0.0	1.9	143	74.8	
2020	70.4	33.0	25.2	8.3	3.9	0.3	0.0	2.4	143	73.1	
2025	72.2	29.9	25.9	8.6	4.0	0.3	0.0	2.9	144	71.7	
2030	73.6	27.2	26.5	8.9	4.1	0.3	0.0	3.4	144	70.4	
2035	74.0	25.0	27.2	9.2	4.3	0.4	0.0	3.9	144	69.9	
<b>II Preise hoch</b>											
PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6	
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2	
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6	
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3	
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0	
2010	65.9	40.9	23.5	7.7	3.5	0.2	0.0	1.5	143	77.3	
2015	67.4	34.7	23.7	8.1	3.6	0.3	0.0	2.0	140	72.4	
2020	69.5	30.3	24.0	8.5	3.7	0.3	0.0	2.6	139	69.6	
2025	70.9	26.6	24.2	8.8	3.8	0.4	0.0	3.2	138	67.0	
2030	72.1	23.3	24.2	9.0	3.9	0.4	0.0	3.8	137	64.6	
2035	72.1	20.8	24.4	9.3	3.9	0.5	0.0	4.4	135	63.3	
<b>II Klima wärmer</b>											
PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6	
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2	
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6	
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3	
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0	
2010	66.5	41.0	23.3	7.5	3.4	0.2	0.0	1.4	143	76.8	
2015	68.6	35.1	23.3	7.6	3.5	0.2	0.0	1.8	140	71.5	
2020	71.3	30.9	23.4	7.8	3.6	0.2	0.0	2.3	140	68.3	
2025	73.4	27.4	23.4	8.0	3.6	0.3	0.0	2.8	139	65.4	
2030	75.4	24.3	23.2	8.0	3.6	0.3	0.0	3.3	138	62.7	
2035	76.1	21.8	23.1	8.1	3.6	0.3	0.0	3.8	137	60.8	

Quelle: CEPE, Zusammenfassung\_Szenario\_II.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II

Tabelle 6-4 Energienachfrage in den Sensitivitätsvarianten II\_BIP\_hoch, II\_Preise\_hoch und II\_Klima\_wärmer, relativ zur Nachfrage in Szenario II\_Trend, in Prozent der Nachfrage II\_Trend. In „nicht El“ ist die Nachfrage aller Energieträger ausser Elektrizität zusammengefasst.

<b>II BIP hoch rel. II Trend</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	100	100	100	100	100	101	100	100	100	100
2015	101	100	101	100	100	102	100	100	101	100
2020	102	100	101	101	101	103	100	101	101	100
2025	102	100	101	101	101	104	99	101	101	101
2030	103	100	102	101	102	105	99	101	102	101
2035	103	100	102	102	102	106	99	101	102	101
<b>II Preise hoch rel. II Trend</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	100	97	99	101	99	114	100	106	99	99
2015	100	95	98	102	98	122	99	109	99	97
2020	100	92	96	103	97	126	99	111	98	96
2025	100	89	95	103	96	129	98	112	97	94
2030	101	86	93	103	95	130	98	113	97	93
2035	101	83	92	103	94	130	97	114	96	92
<b>II Klima wärmer rel. II Trend</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	101	98	98	98	98	98	99	100	99	98
2015	102	96	96	97	96	96	97	99	99	96
2020	103	94	94	95	94	94	96	99	98	94
2025	104	92	91	93	91	91	95	99	98	92
2030	105	90	89	91	89	89	94	98	98	90
2035	106	87	87	89	87	87	93	98	97	88

Quelle: CEPE, Zusammenfassung\_Szenario\_II.xls in  
 H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II

### 6.2.1 Trend

Die Ergebnisse der Modellrechnungen (ohne Normierung auf die Werte der Energiestatistik<sup>40</sup>) für Szenario II „verstärkte Zusammenarbeit“ sind in diesem Kapitel graphisch und tabellarisch zusammengefasst und kurz kommentiert. Die Gesamtenergienachfrage nimmt im Gegensatz zum Referenzszenario I, wo ein stetiges Wachstum bis 2035 um durchschnittlich +0.3%/Jahr berechnet wurde, nur mehr bis 2010 zu, um dann langsam stetig zu sinken (Tabelle 6-5). Über die ganze Periode 2005-2035 ergibt sich ein leichter Rückgang von -0.1%/Jahr. Wie im Referenzszenario nimmt die Nachfrage nach Heizöl extra-leicht am stärksten stetig ab und zwar um -2.1%/Jahr (-1.5%/Jahr im Referenzszenario). Die anderen Brennstoffe und Wärmeenergieträger steigen wie im Referenzszenario stetig an, aber etwas weniger schnell. Die Elektrizitätsnachfrage stagniert gegen Ende der beobachteten Periode. Im Jahre 2030 liegt die Stromnachfrage rund 15% über dem Wert im Jahre 2005. Der Vergleich mit der Entwicklung im Referenzszenario I (Tabelle 6-6) zeigt für 2035 eine Reduktion der Gesamtenergienachfrage um -13%. Die grösste Reduktion ergibt sich mit -17% beim Heizöl extra-leicht, gefolgt von Elektrizität mit -13%. Die Wärmenergienachfrage reduziert sich insgesamt auch um rund -13%, wobei der Rückgang von Erdgas und den weiteren Wärmeenergieträgern infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe, welche den bereits im Referenzszenario beobachteten Trend „weg von Heizöl“ verstärkt, mehr oder weniger deutlich niedriger ist. Die CO<sub>2</sub>-Abgabe trägt kurzfristig den Grossteil und ab 2012 rund 40% zur Reduktion der Wärmennachfrage bei (Figur 6-8); die restlichen 2/3 sind eine Folge der im Rahmen des Szenario II „verstärkten Zusammenarbeit“ ergriffenen Massnahmen. Die CO<sub>2</sub>-Abgabe hat keine signifikante Wirkung auf die Elektrizitätsnachfrage (Figur 6-9), denn im Gegensatz zum Haushalt- und Industriesektor wird im Dienstleistungssektor keine signifikante Substitution von fossilen Energieträgern durch Elektrizität erwartet, und die ausgewiesene Reduktion ist einzig auf die im Szenario II ergriffenen Massnahmen zurückzuführen. Bemerkenswert ist, dass das Projekt Betriebsoptimierung kurzfristig rund 70% und langfristig rund 30% zu dieser Gesamtreduktion der Elektrizitätsnachfrage beiträgt. Bei der Wärmennachfrage liegt der entsprechende Anteil kurzfristig wegen der Wirkung der CO<sub>2</sub>-Abgabe viel tiefer aber mittelfristig (2015) beträgt der Anteil 50% und langfristig liegt er wie bei der Stromnachfrage bei rund 30%. Der Anteil der subventionierten investiven Massnahmen an der Gesamtreduktion der Wärmennachfrage gegenüber dem Referenzszenario I beträgt durchschnittlich etwa 10%. Bei der Stromnachfrage liegt der entsprechende Anteil bei wenigen Prozent.

Die witterungskorrigierten CO<sub>2</sub>-Emissionen (inkl. den vom Haushaltsektor in den Dienstleistungssektor transferierten Verbraucher) nehmen von 1990 bis 2010 um rund -17% und zwischen 2010 und 2035 um weitere -20% ab (Figur 6-10). Der Rückgang gegenüber dem Referenzszenario I beträgt im Jahre 2010 fast ausschliesslich infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe -2.6%. Bis 2035 erhöht sich diese Differenz zu I auf -15% (Figur 6-10) Dafür sind die CO<sub>2</sub>-Abgabe zu rund 40% und die im Szenario II ergriffenen Massnahmen zu 60% verantwortlich.

Das Programmbudget beträgt insgesamt 30 Mio. CHF pro Jahr (nominale, konstante CHF 2005). Je die Hälfte sind für Aktivitäten im Wärme- und im Elektrizitätsbereich einzusetzen. Bei der konkreten Ausgestaltung des Programms wird aber darauf geachtet, dass mögliche Synergien genutzt werden, so z.B. bei der Information und der Ausbildung aber insbesondere bei der Betriebsoptimierung. Die Aufteilung der Mittel in solche zur Reduktion der Transaktionskosten und in solche zur Reduktion der Investitionskosten (Subventionen) beträgt im Wärmebereich in etwa 1/3 zu 2/3 und im Elektrizitätsbereich 2/3 und 1/3. Die übrigen Beiträge der Akteure, von den

<sup>40</sup> Die absolute Abgleichung mit der Energiestatistik wird nach Zusammenzug aller Verbrauchersektoren von der Prognos AG durchgeführt.

Aufwendungen der Politiker, Behörden und Verwaltungen auf der Ebene des Bundes der Kantone und der Gemeinden für die Erarbeitung und Umsetzung der hoheitlichen Massnahmen und der Konzeption und Realisierung eines schweizweiten „Grossverbrauchermodells“ bis zu den zeitlichen Aufwendungen für Weiterbildung und Mitarbeit bei Zielvereinbarungen und den Energieeinspar-Investitionen der Dienstleistungsbetriebe, sind in diesen Programm kosten nicht enthalten und wurden nicht quantifiziert. Dazu sei aber bemerkt, dass es sich bei den in diesem Programm durchgeführten Massnahmen im Allgemeinen um betriebswirtschaftlich rentable Massnahmen handelt, die ohne zusätzliche innerbetrieblich Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen durchgeführt werden.

In der Absicht Vergleiche mit den Ergebnissen in den anderen Sektoren anstellen zu können, wird in Absprache mit den andern Sektorbearbeitern eine einheitliche, einfache und transparente Kostenwirksamkeit<sup>41</sup> definiert: Verhältnis der über die Periode 2010 bis 2035 kumulierten Programm kosten (*nominale CHF 2005*) dividiert durch die kumulierten Energieeinsparungen relativ zum Szenario Ib\_Trend<sup>42</sup>. Ebenso wird der Koeffizient kumulierte Programm kosten für Brennstoffe und kumulierte vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2010 bis 2035 berechnet:

- Kostenwirksamkeit für eingesparte Energie im Jahre 2035 = 1.1 Rp. pro kWh (0.30 Rp./MJ).
- Kostenwirksamkeit für vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahre 2035 = 67 CHF pro Tonne CO<sub>2</sub>.

Tabelle 6-5 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2035, in Prozent pro Jahr; Szenario II

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
Jahr	PJ/Jahr							
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	128.1
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	135.7
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	132.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	142.2
2010	65.8	41.9	23.8	7.6	3.5	0.2	0.0	142.9
2015	67.3	36.7	24.3	7.9	3.7	0.2	0.0	140.1
2020	69.3	33.0	25.0	8.3	3.8	0.3	0.0	139.7
2025	70.6	29.9	25.6	8.6	4.0	0.3	0.0	138.9
2030	71.7	27.1	26.0	8.8	4.1	0.3	0.0	138.0
2035	71.6	24.9	26.6	9.1	4.2	0.4	0.0	136.7
	%/Jahr							
2005/35	0.5%	-2.1%	0.6%	0.8%	0.9%	3.0%	0.6%	-0.1%

Quelle: CEPE, Tab\_Fig\_SzIb\_EnergiemitHH-DL.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II\SzII\_16-8-06

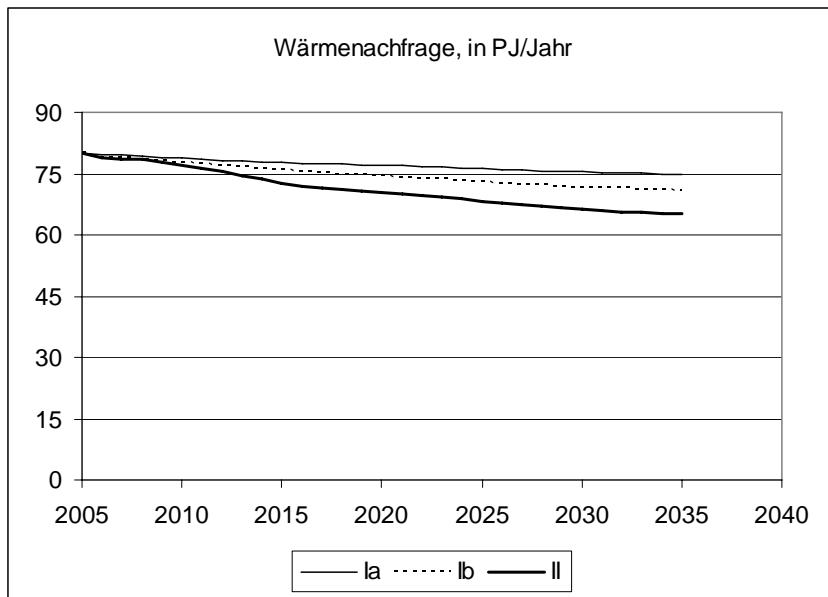
<sup>41</sup> Fördereffizienz = 1 / Kostenwirksamkeit

<sup>42</sup> Hier werden die Energieeinsparungen gegenüber dem Szenario Ib genommen, um die Wirkung der CO<sub>2</sub>-Abgabe auszuschliessen

Tabelle 6-6 Relative Veränderung gegenüber dem Szenario I der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH-DL) infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe und der verstärkten Zusammenarbeit im Szenario II

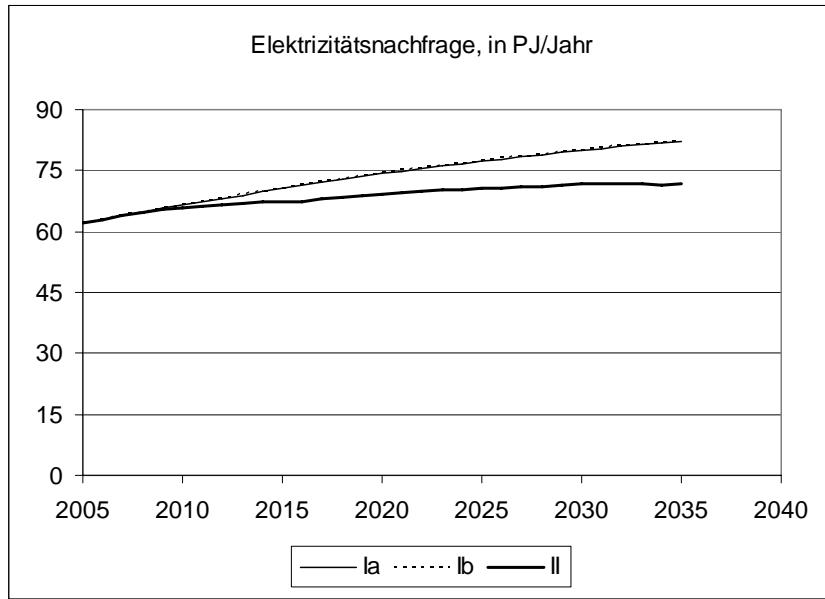
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
2005	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2010	-1.0%	-2.9%	-1.6%	-0.3%	-0.3%	-0.9%	-0.2%	-1.6%
2015	-4.6%	-7.7%	-5.7%	-2.9%	-3.6%	-4.3%	-0.5%	-5.5%
2020	-6.8%	-10.6%	-7.8%	-4.3%	-5.2%	-5.9%	-0.7%	-7.7%
2025	-8.7%	-13.0%	-9.7%	-5.4%	-6.6%	-7.5%	-1.0%	-9.6%
2030	-10.5%	-15.1%	-11.2%	-6.5%	-7.9%	-9.0%	-1.2%	-11.2%
2035	-13.0%	-16.6%	-12.3%	-7.2%	-8.6%	-10.1%	-1.4%	-13.0%

Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO<sub>2</sub>\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II\SzII\_16-8-06



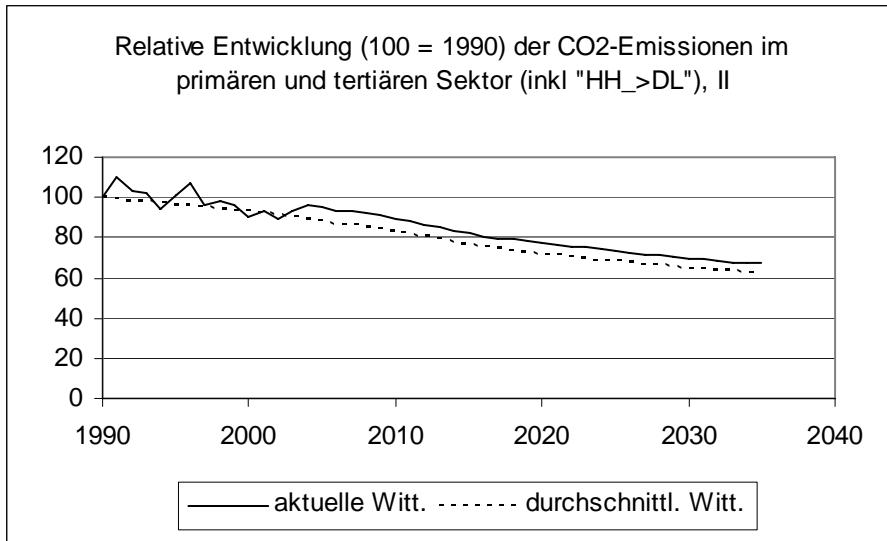
Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut.xls, in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Szenario\_II\SzII\_11

Figur 6-8 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Wärmenachfrage 2005-2035 im Szenario II, in PJ/Jahr. Zum Vergleich sind die entsprechenden Nachfrageentwicklungen im Referenzszenario Ia und im Szenario Ib mit CO<sub>2</sub>-Abgabe gezeigt. Alle Wärmenachfragen ohne Umweltwärme.



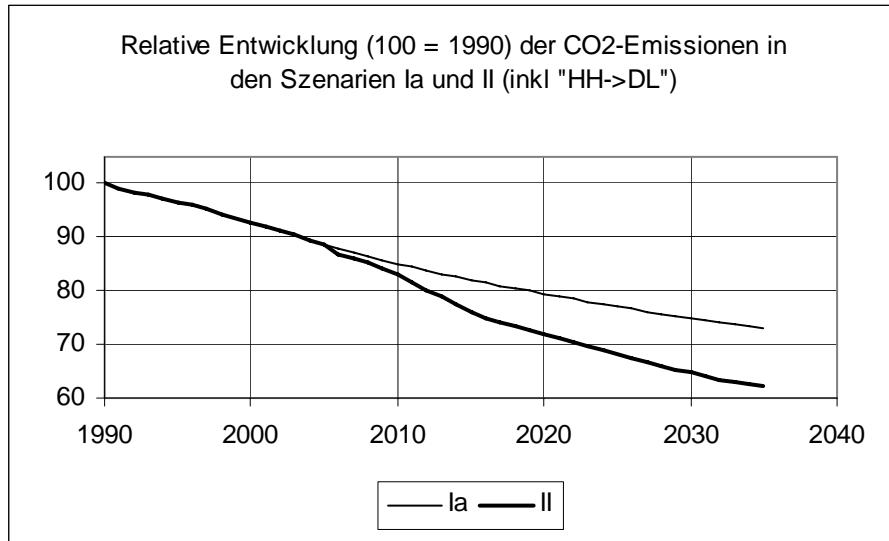
Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II\SzII\_16-8-06

Figur 6-9 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Elektrizitätsnachfrage 2005-2035 im Szenario II, in PJ/Jahr; zum Vergleich ist die entsprechenden Nachfrageentwicklungen im Referenzszenario Ia gezeigt. Die CO<sub>2</sub>-Abgabe (Ib) hat im Elektrizitätsbereich nur eine marginalen Einfluss.



Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II\SzII\_16-8-06

Figur 6-10 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die relative Entwicklung (100 = 1990) der brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990-2035 in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft; Szenario II



Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II\SzII\_16-8-06

Figur 6-11 Vergleich der relativen Entwicklungen (100 = 1990) der witterungskorrigierten brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990-2035 in den Szenarien Ia und II (mit CO<sub>2</sub>-Abgabe)

Mit der Methode der anlegbaren Kosten (siehe Kapitel 2.2.5 Modul Anlegbare Kosten und Anhang 8) wurden für das vorliegende Szenario die zusätzlichen Investitionskosten geschätzt, die aus betriebswirtschaftlicher Sicht maximal investiert werden dürfen, um die mit investiven Massnahmen gegenüber Szenario I zusätzlich Effizienzverbesserungen zu realisieren (Tabelle 6-7).

Mit investiven Massnahmen werden pro Jahr über die ganze Periode von 2006 bis 2035 durchschnittlich rund 200 bis 250 TJ/Jahr Wärmeenergie zusätzlich eingespart. Im Jahre 2035 ergibt das eine Reduktion gegenüber dem Referenzszenario von ca. 6 PJ/Jahr. Das entspricht rund 60% der gesamten Einsparungen im Szenario II. Kumuliert über die Jahre 2006 bis 2035 sind das über 100 PJ, die nicht verbraucht wurden. Unter den in Kapitel 2.2.5 präsentierten Annahmen von 6% Zins und einer Refinanzierungszeit von 12.5 Jahren betragen die dafür zusätzlich wirtschaftlich einsetzbaren Investitionen maximal durchschnittlich rund 35 bis 45 Mio. CHF pro Jahr, was für jede dieser zusätzlichen Investitionen jährlichen Kapitalkosten von 2.5 bis 3.5 Mio. CHF über 25 Jahren entspricht. Die wesentlichen Parameter (Zinssatz und Refinanzierungszeit) sind so gewählt, dass die Nettokosten knapp negativ sind, d.h. dass die Investitionen knapp rentabel sind. Die hier ausgewiesenen Investitionen sind also eine obere Grenze, es heißt aber nicht, dass diese Investitionen notwendig sind. Bemerkenswert ist, dass diese maximalen Investitionen in der Größenordnung von 3 bis maximal 5 Prozent der jährlichen Energiekosten liegen.

Im Elektrizitätsbereich (zweiter Teil von Tabelle 6-7) steigen die mittels zusätzlichen Investitionen realisierten jährlichen zusätzlichen Einsparungen von anfänglich 26 TJ/Jahr stetig auf über 300 TJ/Jahr an. In 2035 ergibt das eine Reduktion der Stromnachfrage von rund 6 PJ/Jahr oder rund 60% der 10.7 PJ/Jahr Gesamteinsparungen gegenüber dem Referenzszenario. Infolge des deutlich höheren Preises für Elektrizität als für andere Energieträger liegen die aus betriebswirtschaftlicher Sicht maximal zulässigen zusätzlichen Investitionen deutlich höher als im Wärmebereich: von anfänglich rund 10 Mio. CHF pro Jahr steigen sie bis 2035 auf über 150 Mio. CHF pro Jahr. Diese Investitionen rechnen sich: die Kapitalkosten liegen knapp unter den mittels investiven Massnahmen eingesparten Energiekosten, was zu negativen Nettokosten, also zu Gewinn

führt. Verglichen mit den Energiekosten steigen die maximalen zusätzlichen Investitionskosten von unter einem Prozent auf rund 5 Prozent.

Tabelle 6-7 Sz. II: Ergebnisse der Berechnung der anlegbaren Kosten. Die Symbole entsprechen den Symbolen im Kapitel 2.2.5 und im Anhang 8. Bei der Berechnung der Energiekosten sind die Einsparungen durch investive Massnahmen und infolge des technischen Fortschritts enthalten – nicht jedoch die Einsparungen durch nicht-investive Massnahmen.

Periode	Zusätzl. Energieein- sparung $\Delta E$ TJ/Jahr	Zusätzl. Energieein- sparung $\Delta E$ Mio. CHF/a	Zusätzl. Investitionen $\Delta I$ Mio. CHF/a	Kapitalkosten pro Jahr $\Delta K$ Mio. CHF/a	Nettokosten pro Jahr $\Delta C$ Mio. CHF/a	Kapitalkosten pro eingesparte Energie $\Delta K / \Delta E$ CHF/GJ	Durchschnitt- licher Energiepreis CHF/GJ	Energiekosten pro Jahr Mio. CHF
<b>Wärmenachfrage</b>								
2006-10	206	-3.2	32	2.5	-0.7	12.2	15.5	1125
2011-15	245	-3.9	40	3.1	-0.8	12.8	15.8	1125
2016-20	272	-4.4	47	3.7	-0.7	13.6	16.2	1111
2021-25	270	-4.5	49	3.8	-0.6	14.1	16.5	1089
2026-30	216	-3.6	40	3.1	-0.5	14.5	16.8	1070
2031-35	132	-2.3	23	1.8	-0.5	12.7	17.3	1069
<b>Elektrizitätsnachfrage</b>								
2006-10	26	-1.2	13	1.0	-0.2	24.3	47.2	2739
2011-15	99	-4.8	50	3.9	-0.9	39.1	47.9	2882
2016-20	198	-10	99	7.8	-2.0	39.1	49.1	3094
2021-25	240	-12	118	9.3	-2.7	38.6	50.0	3254
2026-30	243	-12	116	9.1	-3.2	37.4	50.6	3370
2031-35	324	-16	152	11.9	-4.3	36.6	49.9	3363

Quelle: CEPE, Tabellen\_Schlussbericht\_28-1-07.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Anlegbare Kosten\für\_Almut\_Schlussbericht

## Zusammenfassung

In Szenario II wird versucht, ein stimmiges Bild einer verstärkten Zusammenarbeit der verschiedenen relevanten Akteure zu geben und mithilfe von ausgewählten Massnahmen zu konkretisieren. Ausgangspunkt ist die Referenzentwicklung mit CO<sub>2</sub>-Abgabe (Szenario Ib). Die Quantifizierung der energetischen Auswirkung erfolgt schrittweise über die Auswahl der Massnahmen, über die Aufteilung der finanziellen Mittel zu den verschiedenen Massnahmen, über die Modellierung der Wirkungsketten, über die Annahmen zur Akzeptanz der Massnahmen bei den relevanten Akteuren und schliesslich über die energetische Wirkung der Massnahmen. Das hier vorgestellte Szenario II ist ein Bild von vielen möglichen Ausgestaltungen einer verstärkten Zusammenarbeit. Es zeigt einen Weg auf, welcher der Meinung von Pessimisten widerspricht, dass „freiwillige“ Massnahmen nichts bringen, und die naive technokratische Meinung, dass mit Geld leicht alles machbar sei, relativiert. Wir erheben aber keinesfalls den Anspruch, dass es sich um den einzigen gangbaren oder den besten Weg handle.

Gegenüber der Referenzentwicklung im Szenario I resultiert mit den im Rahmen der verstärkten Zusammenarbeit ergriffenen Massnahmen und der CO<sub>2</sub>-Abgabe zusammengenommen eine Beschleunigung der Effizienzverbesserung um ca. 0.5%/Jahr sowohl im Wärme- wie im Elektrizitätsbereich. Die Wärme- und die Elektrizitätsnachfrage liegen im Jahre 2035 um rund -13% unter den Werten im Referenzszenario. Die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist infolge der von der CO<sub>2</sub>-Abgabe induzierten Substitutionsbewegungen etwas grösser und liegt in 2035 bei -15%.

Diese beträchtlichen Effizienzverbesserungen resultieren trotz eher pessimistischen Annahmen betreffend die kurzfristigen Mitnahmeeffekte. Die für die längerfristige Entwicklung relevante Annahme, dass die positiven Effekte (Imitation, Innovation, beschleunigte Kostenreduktion und Selbstläufer) den Mitnahmeeffekt kompensieren, ist sicher eher eine optimistische Annahme, die aber von einem intelligent konzipierten und professionell geführten Programm erwartet werden darf.

Die Kostenwirksamkeit des Programms - definiert als das Verhältnis der über die Periode 2010 bis 2035 kumulierten Programmkosten (*nomiale CHF 2005*) dividiert durch die kumulierten Energieeinsparungen relativ zum Szenario Ib\_Trend respektive die kumulierte Programmkosten im Brennstoffbereich dividiert durch die kumulierten vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2010 bis 2035 - betragen 1.1 Rp. pro eingesparte kWh (0.3 Rp./MJ) respektive 67 CHF pro vermiedene Tonne CO<sub>2</sub>.

## 6.2.2 BIP hoch

Bei der Betrachtung der Sensitivität höheres Wirtschaftswachstum (BIP\_hoch) wurde auf die Ergebnisse der Sensitivitätsbetrachtung für Szenario Ib (Kapitel 5.2.3) zurückgegriffen. Die Energie nachfrage liegt leicht höher als im Szenario\_Trend, da die Energiebezugsflächen infolge des höheren Wirtschaftswachstums etwas schneller zunimmt. Die unterschiedlichen relativen Differenzen (Tabelle 6-9) in der Elektrizitätsnachfrage (+3%), in der Wärmenachfrage (+1.6%) und in den CO<sub>2</sub>-Emissionen (+1.4%) erklären sich dadurch, dass im Wärmebereich die durchschnittlichen Energiekennzahlen der neuen Gebäude schneller sinken als im Strombereich und dass die CO<sub>2</sub>-Intensität der Energieträger bei Neubauten kleiner ist als im Gebäudebestand.

Tabelle 6-8 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energie nachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2035, in Prozent pro Jahr; Szenario II\_BIP\_hoch

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
Jahr	PJ/Jahr							
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	128.1
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	135.7
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	132.2
2005	62.1	47.1	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	142.2
2010	66.1	41.9	23.9	7.6	3.5	0.2	0.0	143.3
2015	68.0	36.6	24.4	7.9	3.7	0.2	0.0	141.0
2020	70.4	33.0	25.2	8.3	3.9	0.3	0.0	141.1
2025	72.2	29.9	25.9	8.6	4.0	0.3	0.0	141.0
2030	73.6	27.2	26.5	8.9	4.1	0.3	0.0	140.7
2035	74.0	25.0	27.2	9.2	4.3	0.4	0.0	140.0
	%/Jahr							
2005/35	0.6%	-2.1%	0.7%	0.8%	0.9%	3.2%	0.6%	-0.05%

Quelle: CEPE, Tab\_Fig\_SzIb\_EnergiemithH-DL.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II\Sensitivität\_II\SzII\_BIP\_hoc  
h

Tabelle 6-9 Relative Veränderung gegenüber dem Szenario II\_Trend der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH->DL) infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe und der verstärkten Zusammenarbeit im Szenario II\_BIP\_hoch

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL	Wärme	CO2
2005	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2010	0.5%	0.0%	0.2%	0.1%	0.2%	1%	0.0%	0.3%	0.1%	0.1%
2015	1.0%	0.0%	0.5%	0.3%	0.5%	2%	-0.1%	0.6%	0.2%	0.2%
2020	1.6%	0.0%	0.9%	0.6%	0.8%	3%	-0.3%	1.0%	0.4%	0.3%
2025	2.3%	0.0%	1.3%	0.9%	1.2%	4%	-0.5%	1.5%	0.7%	0.5%
2030	2.8%	0.1%	1.8%	1.2%	1.5%	5%	-0.8%	1.9%	1.0%	0.8%
2035	3.3%	0.3%	2.3%	1.5%	2.0%	6%	-1.1%	2.4%	1.4%	1.2%

Quelle: CEPE, Sensitivität.xls in

H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II\SzII\_16-8-06

### 6.2.3 Preise hoch

Für die Sensitivitätsbetrachtung der Variante Preise\_hoch gehen wir von den Ergebnissen des Szenario Ib\_Preise\_hoch aus und implementieren darauf die Massnahmen des Szenario II. Nun ist das Datengerüst – insbesondere die spezifischen Energieverbrauchswerte der Neubauten und Sanierungen – in Ib\_Preise\_hoch deutlich verschieden von demjenigen in Ib\_Trend und deshalb sind die Wirkungen der einzelnen Massnahmen, die unverändert von der Variante Trend übernommen werden, ebenfalls verschiedenen von den für das Szenario II\_Trend definierten Einsparungen. Die Änderungen sind teilweise sehr gross: die Energieeinsparungen bei den subventionierten effizienten Sanierungen liegen z. B. um 80% tiefer als im Szenario II\_Trend und das Bauteilprogramm bringt 30% höhere Einsparungen. Der Rückgang der Effizienzverbesserungen bei den effizienten Sanierungen ist eine Folge der in Szenario Ib\_Preise\_hoch deutlich besseren durchschnittlichen Sanierung und demzufolge ist die Differenz zwischen durchschnittlicher Sanierung und subventionierter effizienter Sanierung kleiner. Das Bauteilprogramm bringt höhere Einsparungen, weil die durchschnittliche Sanierung in Szenario Ib\_Preise\_hoch deutlich besser ist als in Ib\_Trend und der subventionierte Übergang von Pinselsanierung zu durchschnittlicher energetischer Sanierung entsprechend zunimmt. Wir haben in Erwägung gezogen, die Massnahmen für diese andere Welt mit hohen Energiepreisen ganz neu zu definieren und die finanziellen Mittel neu zu verteilen. Schon aus Zeitmangel war das nicht möglich. Es wäre aber wohl auch nicht im Sinn des Auftraggebers gewesen, sonst hätte z.B. bei der Sensitivitätsbetrachtung zu Klima\_wärmer der Gebäudebestand den neuen klimatischen Gegebenheiten angepasst werden müssen. Im Folgenden werden die für Szenario II\_Preise\_hoch geltenden Energieeinsparungen im Jahre 2005 für die einzelnen Massnahmen aufgelistet.

Im Wärmebereich werden zu Beginn der Projekte (2007/2015) die folgenden spezifischen Einsparungen erzielt (für einzelne Massnahmen werden die Einsparungen für andere Jahre angegeben; weitere Details finden sich in Tabelle A6-1):

- Hoheitliche Massnahmen: Anforderungen Heizwärmebedarf Neubauten, -23 MJ/m<sup>2</sup>/Jahr in 2020, -38 MJ/m<sup>2</sup>/Jahr in 2030 (relativ Szenario I)
- Nicht-finanzielle Förderung von Effizienzverbesserungen und freiwillige Vereinbarungen
  - Betriebsoptimierung, -10%

- Mehr energetisch wirksame Sanierungen, -50 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr
- Bessere Sanierungen, -6 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr
- Finanzielle Förderung von investiven Massnahmen
  - Effiziente Neubauten, -175 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr in 2010, -81 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr in 2030
  - Effiziente Sanierungen, -15 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr
  - Bauteilprogramm, -100 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr

Im Elektrizitätsbereich bleiben die spezifischen Einsparungen unverändert, da der Strompreis in der Variante Preise\_hoch kaum höher liegt.

Der Einsatz der finanziellen Mittel bleibt gegenüber dem Szenario II\_Trend unverändert.

Die Ergebnisse sind in den nächsten Tabellen und Figuren zusammengefasst. Die Elektrizitätsnachfrage ist kaum verschieden zur Nachfrage im Szenario II\_Trend, da die Strompreise in der Variante Preise\_hoch nur um sehr wenig höher liegen (Tabelle 3-8) und die infolge der höheren Preise der fossilen Energien möglichen Verschiebung hin zu Elektrizität (Wärmepumpen) gering sind (Tabellen A5-4 - A5-7). Die Wärmenachfrage insgesamt (Tabelle 6-11) ist im Szenario II\_Preise\_hoch -7% tiefer als im Szenario II\_Trend. Die grösste Reduktion ergibt sich beim Heizöl extra-leicht mit -14%. Demgegenüber nimmt die Solarwärme mit einem jährlichen Wachstum von 7.6%/Jahr mehr als doppelt so schnell zu als im Szenario II\_Trend. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind im Jahre 2035 um -10% tiefer als im Szenario II\_Trend. Witterungskorrigiert liegen sie im Jahre 2035 um 44% unter dem Wert im Jahre 1990 (Figur 6-13).

Wie für die Hauptvariante Trend wird auch hier die Kostenwirksamkeit mit dem Verhältnis der über die Periode 2010 bis 2035 kumulierten Programm kosten (*nominale CHF 2005*) dividiert durch die kumulierten Energieeinsparungen relativ zum Szenario Ib\_Preise\_hoch<sup>43</sup> und mit dem Koeffizient kumulierte Pogrammkosten für Brennstoffe und kumulierte vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2010 bis 2035 berechnet:

- Kostenwirksamkeit für eingesparte Energie im Jahre 2035 = 1.2 Rp. pro kWh (0.32 Rp./MJ). Die spezifischen Kosten liegen nur um 5% höher als im Szenario II\_Trend, obwohl infolge der höheren Preise bei den Wärmeanwendungen bereits substantielle Effizienzverbesserungen erfolgten. Das dürfte darauf zurückzuführen sein, dass einerseits, wie oben erwähnt, die Massnahmen und die spezifischen Förderbeiträge (CHF/m<sup>2</sup>) unverändert vom Szenario II\_Trend übernommen wurden und dass sich andererseits die Abnahme und die Zunahme der spezifischen Energieeinsparungen der einzelnen Massnahmen zufälligerweise in etwa ausgleichen.
- Kostenwirksamkeit für vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahre 2035 = 76 CHF pro Tonne CO<sub>2</sub>; die spezifischen Kosten liegen 13% höher als im Szenario II\_Trend.

---

<sup>43</sup> Hier werden die Einsparungen relative zum Szenario Ib\_Preise\_hoch verwendet, um die Effizienzverbesserungen infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe und infolge der höheren Preise auszuschliessen.

Tabelle 6-10 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2035, in Prozent pro Jahr; Szenario II\_Preise\_hoch

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
Jahr	PJ/Jahr							
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	128.1
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	135.7
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	132.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	142.2
2010	65.9	40.9	23.5	7.7	3.5	0.2	0.0	141.7
2015	67.4	34.7	23.7	8.1	3.6	0.3	0.0	137.8
2020	69.5	30.3	24.0	8.5	3.7	0.3	0.0	136.4
2025	70.9	26.6	24.2	8.8	3.8	0.4	0.0	134.7
2030	72.1	23.3	24.2	9.0	3.9	0.4	0.0	132.9
2035	72.1	20.8	24.4	9.3	3.9	0.5	0.0	131.0
	%/Jahr							
2005/35	0.5%	-2.7%	0.3%	0.9%	0.7%	3.9%	0.5%	-0.3%

Quelle: CEPE, Tab\_Fig\_SzIb\_EnergiemitHH-DL.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II\Sensitivität\_II\SzII\_Preise\_hoch

Tabelle 6-11 Relative Veränderung gegenüber dem Szenario II\_Trend der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH->DL) infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe und der verstärkten Zusammenarbeit im Szenario II\_Preise\_hoch

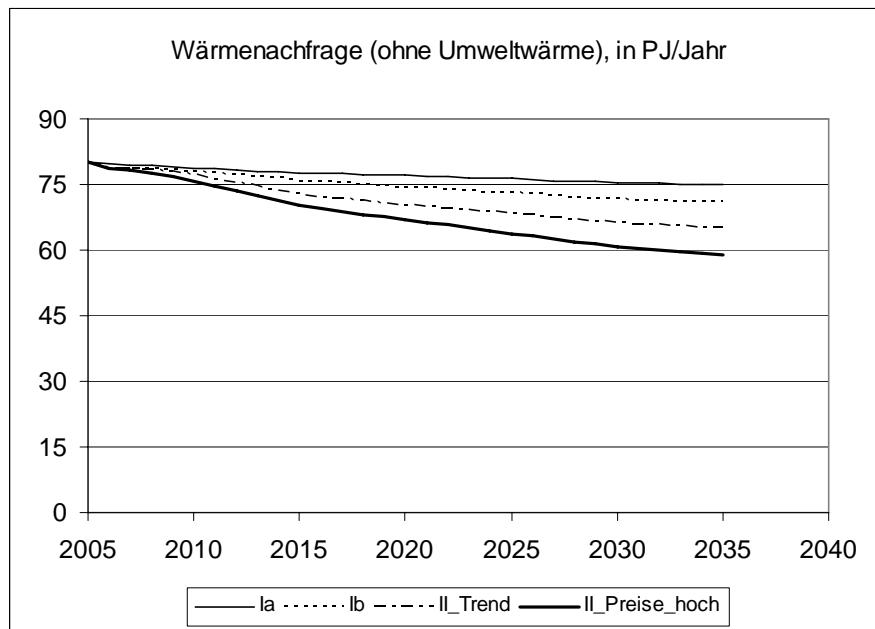
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL	WÄRME	CO2
2005	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2010	0.0%	-2.5%	-1.1%	1.3%	-0.8%	14%	-0.2%	-0.9%	-1.6%	-2.1%
2015	0.1%	-5.3%	-2.5%	2.2%	-1.7%	22%	-0.6%	-1.6%	-3.3%	-4.4%
2020	0.3%	-8.1%	-3.9%	2.8%	-2.7%	26%	-1.0%	-2.3%	-4.9%	-6.6%
2025	0.4%	-11.1%	-5.4%	2.8%	-3.8%	29%	-1.7%	-3.1%	-6.7%	-8.9%
2030	0.5%	-14.0%	-7.0%	2.6%	-5.0%	30%	-2.4%	-3.7%	-8.3%	-11.1%
2035	0.7%	-16.6%	-8.0%	2.6%	-5.7%	30%	-3.2%	-4.1%	-9.5%	-12.8%

Quelle: CEPE, Sensitivität.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II\SzII\_16-8-06

Tabelle 6-12 Relative Veränderung gegenüber dem Szenario I der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH->DL) infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe und der verstärkten Zusammenarbeit im Szenario II\_Preise\_hoch

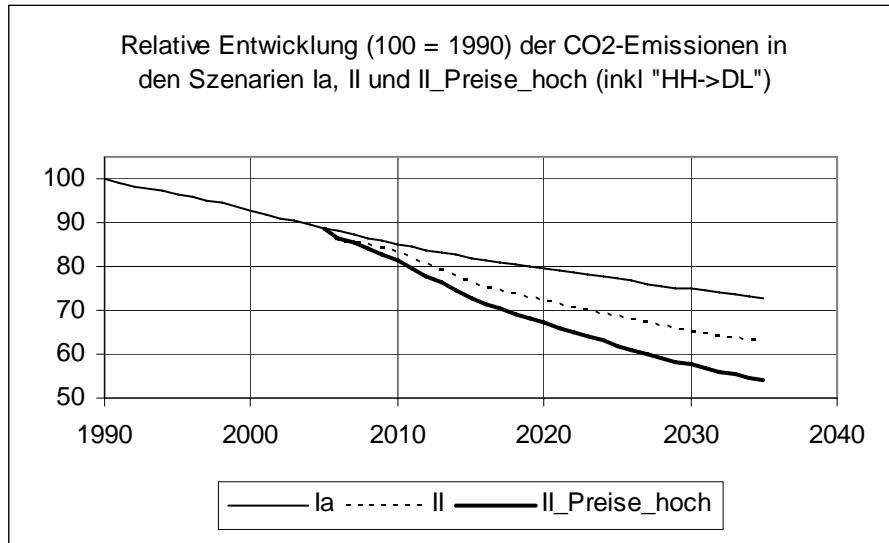
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
2005	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2010	-1%	-5%	-3%	1%	-1%	13%	0%	-2%
2015	-5%	-13%	-8%	-1%	-5%	17%	-1%	-7%
2020	-7%	-18%	-11%	-2%	-8%	19%	-2%	-10%
2025	-8%	-23%	-15%	-3%	-10%	19%	-3%	-12%
2030	-10%	-27%	-17%	-4%	-12%	18%	-3%	-15%
2035	-12%	-30%	-19%	-5%	-14%	17%	-5%	-17%

Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II\Sensitivität\_II\SzII\_Preise\_hoch



Quelle: CEPE Test\_Resultatfiles\_für\_Almut.xls, in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II\Sensitivität\_II\SzII\_Preise\_hoch

Figur 6-12 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Wärmenachfrage 2005-2035 im Szenario II\_Preise\_hoch, in PJ/Jahr. Zum Vergleich sind die entsprechenden Nachfrageentwicklungen im Referenzszenario Ia und in den Szenario Ib und II (II\_Trend) gezeigt. (Ohne Umweltwärme)



Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II\Sensitivität\_II\SzII\_Preise\_hoch

Figur 6-13 Vergleich der relativen Entwicklungen (100 = 1990) der witterungskorrigierten brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990-2035 in den Szenarien Ia, II (II\_Trend) und II\_Preise\_hoch.

#### 6.2.4 Klima wärmer

Auch bei der Betrachtung der Sensitivität wärmeres Klima wurde auf die Ergebnisse der entsprechenden Sensitivitätsrechnung im Szenario Ib zurückgegriffen. Wie im Szenario II\_Preise\_hoch werden dieselben Effizienzverbesserungs-Massnahmen ergriffen, wie im Szenario II\_Trend. Es ist deshalb nicht überraschend, dass die Elektrizitätsnachfrage wegen des höheren Gebäudekühlungsbedarfs im Jahre 2035 um fast denselben Wert wie bei den Sensitivitätsbetrachtungen für das Referenzszenario, nämlich um rund 6%, höher liegt als im Szenario II\_Trend (Tabelle 6-14). Analog liegt bei der Wärmenachfrage die relative Reduktion infolge der wärmeren Winter in der gleichen Größenordnung wie bei den Rechnungen im Referenzszenario, nämlich bei -12%.

Tabelle 6-13 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2035, in Prozent pro Jahr; Szenario II\_Klima\_wärmer

Jahr	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
	PJ/Jahr							
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	128.1
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	135.7
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	132.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	142.2
2010	66.5	41.0	23.3	7.5	3.4	0.2	0.0	141.9
2015	68.6	35.1	23.3	7.6	3.5	0.2	0.0	138.3
2020	71.3	30.9	23.4	7.8	3.6	0.2	0.0	137.3
2025	73.4	27.4	23.4	8.0	3.6	0.3	0.0	136.0
2030	75.4	24.3	23.2	8.0	3.6	0.3	0.0	134.8
2035	76.1	21.8	23.1	8.1	3.6	0.3	0.0	133.1
	%/Jahr							
2005/35	0.7%	-2.5%	0.1%	0.4%	0.4%	2.5%	0.4%	-0.2%

Quelle: CEPE, Tab\_Fig\_Szlb\_EnergiemitHH-DL.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II\Sensitivität\_II\SzII\_Klima\_wärmer

Tabelle 6-14 Relative Veränderung gegenüber dem Szenario II\_Trend der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH->DL) infolge der CO<sub>2</sub>-Abgabe und der verstärkten Zusammenarbeit im Szenario II\_Klima\_wärmer

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL	Wärme	CO2
2005	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2010	1.0%	-2.1%	-2.2%	-1.7%	-2.2%	-2%	-1.3%	-0.7%	-2.1%	-2.1%
2015	1.8%	-4.2%	-4.3%	-3.5%	-4.3%	-4%	-2.5%	-1.3%	-4.2%	-4.3%
2020	2.9%	-6.3%	-6.5%	-5.2%	-6.5%	-6%	-3.7%	-1.7%	-6.3%	-6.4%
2025	4.0%	-8.4%	-8.6%	-7.0%	-8.6%	-9%	-4.9%	-2.1%	-8.3%	-8.5%
2030	5.2%	-10.5%	-10.8%	-8.8%	-10.8%	-11%	-6.1%	-2.3%	-10.4%	-10.6%
2035	6.4%	-12.5%	-12.9%	-10.5%	-12.9%	-13%	-7.3%	-2.6%	-12.4%	-12.7%

Quelle: CEPE, Sensitivität.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_II\Sensitivität\_II\SzII\_Klima\_wärmer

## 7 Szenario III: Energienachfrage

Die in den ersten Kapiteln dieses Berichts beschriebenen Szenarien I und II sind massnahmenorientiert, d.h. es wird untersucht, welche Energienachfrage – unter gegebenen Rahmendaten, wie Bevölkerungs-, BIP-, Energiepreis- und Klimaentwicklungen – beim Einsatz von bestimmten energie- und umweltrelevanten politischen Massnahmen (z.B. Fortführung der heutigen Politik, Einführung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe und eines Klimarappens) und gesellschaftlichen Entwicklungen (Stichwort „verstärkte Zusammenarbeit“), resultiert.

Die im Folgenden beschriebenen Szenarien III und IV sind zielorientiert. Die Ziele betreffen die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen (Energieumwandlung und Energienachfrage) und die Endenergienachfrage aller Verbrauchersektoren (Haushalte, Dienstleistungen und Landwirtschaft, Industrie, Verkehr) zusammengenommen pro Person. Die Aufgabe besteht nun darin, einen Weg<sup>44</sup> aufzuzeigen wie diese Ziele erreicht werden können.

Dazu wurde wie folgt vorgegangen:

1. Mit einer Potenzialbetrachtung – systematische Anwendung von „best practice“ bei allen Investitionsentscheidungen, die im Zeitraum von 2010 bis 2035 regulär (d.h. keine Beschleunigung der (Re-)Investitionszyklen) anfallen – wurde in einem ersten Schritt gezeigt, dass die angestrebte Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich unterschritten werden kann und dass gleichzeitig eine Reduktion der Endenergienachfrage pro Person um -20% selbst im Dienstleistungssektor mit dem höchsten Nachfragezuwachs im Referenzszenario mit heute marktfähigen Technologien machbar ist.
2. In zwei Iterationsschritten wurde dann – in Zusammenarbeit mit den Bearbeitern der anderen Sektoren und mit der Programmleitung - das Szenario III so ausgestaltet, dass eine möglichst weitgehende aber immer noch plausible Ausschöpfung dieses „best-practice“-Potenzials resultiert und die auf der Ebene aller Sektoren zusammengenommen die für Szenario III gesetzten Ziele erreicht werden konnten.

### **Grundprinzipien und Rahmenbedingungen für das Szenario III „Neue Prioritäten“**

Ausgangspunkt sind wie erwähnt die Zielsetzungen für die CO<sub>2</sub>-Emissionen und den Endenergieverbrauch pro Person:

- Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber den Emissionen im Jahre 2000 um -10% in 2020 und -20% in 2035,
- Reduktion der Endenergienachfrage pro Person gegenüber der Nachfrage im Jahre 2000 um -20% im Jahre 2035.

Die anvisierte Reduktion der Endenergienachfrage pro Person von -20% bis 2035 ist insbesondere aus der Sicht des Dienstleistungssektors recht ambitioniert, denn im Szenario I nimmt sie um rund +10% zu. Damit die Zielerreichung auch nur annähernd realistisch ist, müssen der Rahmen und

---

<sup>44</sup> Prinzipiell sind verschiedene Wege zur Zielerreichung möglich. Der in diesem Bericht beschriebene Weg ist eine Möglichkeit. Es gibt andere Wege, die von gewissen Akteuren favorisiert werden oder aus wirtschaftlicher und politischer Sicht vielleicht sogar eher gangbar wären.

das Umfeld, in dem sich das Szenario III abspielt, deutlich anders gesetzt werden als in den Szenarien I und II.

Als Reaktion auf die wachsende Evidenz von negativen Folgen der stetig steigenden Emissionen von Treibhausgasen und Umweltschadstoffen wird weltweit dem Klimaschutz und der Energieeffizienz eine deutlich höhere Priorität beigemessen. Auf internationaler Ebene werden völkerrechtlich verbindliche Ziele vorgegeben. Mittels Abgaben werden die Endenergiepreise stark erhöht. Die gesetzlichen Anforderungen für neue und zu sanierende Gebäude, für Geräte und für energietechnische Anlagen werden (auch) in der Schweiz radikal verschärft. Ein (kleiner) Teil der Erlöse der Energieabgabe, die in der Schweiz bei über 20 Mia. CHF pro Jahr liegen, werden zur Finanzierung von Umsetzungs- und Anschubprogrammen verwendet.

Die meisten für die Szenarien I und II geltenden Rahmenbedingungen bleiben aber unverändert. Dies ist insbesondere der Fall für die folgenden Grössen:

- Bevölkerung,
- Anzahl Beschäftigte, Wirtschaftsstruktur und Wirtschaftswachstum,
- Energiebezugsflächen, Erneuerungsrhythmen, (Re-)Investitionszyklen.

Ganz anders als in den Trendvarianten der Szenarien I und II mit einem Ölpreis von rund 30 USD/bbl sind aber die Energiepreise für die Konsumenten. Mittels einer international koordinierten Abgabe<sup>45</sup> werden die realen Endenergiepreise (inkl. Steuern) für die fossilen Energien verdoppelt; der Elektrizitätspreis steigt im Szenario III um 50%, ebenso der Preis für Fernwärme; der Holzpreis erfährt aus der Sicht der Konsumenten eine Steigerung um 30%. Diese Preiserhöhungen fliessen – mit Ausnahme der kurzfristigen Verhaltensänderung – nicht explizit in die Modellrechnungen ein. Rechnungen mittels der Kostenkurven – analog z.B. zu den Sensitivitätsrechnungen „höhere Preise“ – werden jedoch zur Orientierung beigezogen. Diese Abgabe wird aber gezielt als ein Instrument im Rahmen eines ganzen Bündel von staatlichen Massnahmen zur rationelleren Energienutzung und Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen eingesetzt. Diese von den politischen Entscheidungsträgern gewollte und mit Informations- und Kommunikationskampagnen begleitete Preiserhöhung wird deshalb von den Konsumenten, Investoren, Planern und Herstellern anders empfunden als die 45 USD/bbl in den Varianten Preise\_hoch. In beiden Fällen ist zwar eine langfristige Preisstabilität auf hohem Niveau gegeben, im Falle der ausserland bedingten hohen Preise ist aber eine Angewöhnung, auch im positiven Sinn einer ökonomisch rationalen Anpassung, voraussehbar. Im Falle der Energieabgabe kommt – bedingt durch die regelmässig stattfindende Infragestellung und Bestätigung der Abgabe – eine gewisse Dynamik dazu. Dieser auf nationaler und internationaler Ebene laufende Prozess führt – auch infolge einer verstärkten Förderung von R+D – zu einer global wirksamen Beschleunigung des technischer Fortschritts von 0.5%/Jahr in den Szenarien I und II auf 1.5%/Jahr im Szenario III.

### **„Best practice“ Potenzial**

Der Begriff „best practice“ wird unterschiedlich genutzt. In Kägi et al. (2004) findet sich dazu: „Unter Best Practice verstehen wir Produkte mit einem hervorragenden Niveau an Energieeffizienz, die das beste Preis-Leistungsverhältnis aufweisen“. Wir verstehen unter „best practice“ den Einsatz der energieeffizientesten Technologien, die zu einem gegebenen Zeitpunkt unter bestimmten Rahmenbedingungen „marktfähig“ sind, d.h. keine unzumutbaren Zusatzkosten bedin-

---

<sup>45</sup> Die detaillierte Ausgestaltung dieser Abgabe wurde nicht diskutiert. Festgehalten wurde aber, dass der Erlös der Abgabe im Land bleibt.

gen, respektive sich unter Berücksichtigung der Zusatznutzen über die Lebensdauer der Technologien und Massnahmen (Wärmedämmung, Fenster, Geräte, Anlagen) aus betriebswirtschaftlicher Sicht rechnen.

Konkret stellt sich die Frage, wie „best practice“ in den verschiedenen Energieanwendungen für das Ausgangsjahr 2010 bestimmt und bis 2035 fortgeführt werden soll. Für die Bestimmung von „best practice“ im Ausgangsjahr gibt es verschiedene Wege:

- Verwendung von praktischen Beispielen,
- Verwendung von Datenbanken und Analysen, so z.B.
  - Benchmarking-Studien von Geräten (Kühlschränke, WP, ...) und von Systemen (Neubauten),
  - Planungs- und Projektierungsunterlagen von Anlagen und Systemen,
- Verwendung von Arbeiten für die zukünftige Energieplanung und Gesetzgebung, wie z.B. die Empfehlungen der SIA, die ihrerseits auf Beispielen und Analysen beruhen.

Wir stützen uns – insbesondere im Elektrizitätsbereich – weitgehend auf die Arbeiten des SIA ab, der seinerseits Beispiele aus der Praxis, Datenbanken und Planungsunterlagen, aber auch eigene Untersuchungen und Arbeiten nutzt.

Auch für die Fortführung dieser heutigen „best practice“ bis 2035 gibt es verschiedene Methoden:

- Die zeitliche Veränderung von 2005 bis 2035 kann in Analogie zur beobachteten Entwicklung seit dem ersten Erdölschock bis heute angesetzt werden. Eine der Schwierigkeiten liegt darin, dass bei einzelnen Geräten und Anwendungen ganz unterschiedliche Verbesserungsraten des spezifischen Energieverbrauchs zu beobachten sind: z.B. -2.7%/Jahr bei Backöfen oder -5.6%/Jahr bei Gefrierschränken (Schläpfer, 1999). Zudem muss bei einer Extrapolation berücksichtigt werden, dass die Verbesserungsraten relativ zur technisch machbaren Grenze berechnet werden.
- Mittels technischen Analysen können zukünftige potenzielle Effizienzverbesserungen evaluiert werden und mit Analysen der Hemmnisse und Chancen deren potenziellen Markteinführung abgeschätzt werden. Roth et al. (2004) haben dieses Vorgehen für eine 10-Jahresperiode bei den Informations- und Kommunikationstechnologien angewendet.
- Expertenbefragungen, z.B. mittels des Delphi-Ansatzes, ist eine weitere Möglichkeit.

Wir gehen eher vorsichtig davon aus, dass sich die heutigen „best practice“ Werte bis 2035 stetig um -1.5%/Jahr reduzieren und dass bis dann keine Technologiesprünge und -durchbrüche erfolgen.

Mit diesen Annahmen ist die Variante „best practice Potenzial“ im Wesentlichen festgelegt. Die detaillierten Annahmen zu den „best practice“ Werten bei den verschiedenen Energieanwendungen werden im Kapitel 7.1 vorgestellt. Es bleibt die Frage, wie viel von diesem Potenzial im Rahmen des Szenario III (und später auch im Rahmen von Szenario IV) ausgeschöpft werden kann.

## 7.1 Szenario III: Massnahmen

### Ausschöpfung des „best practice“ Potenzials

Unsere Definition von „best practice“ bedeutet, dass diese in den Szenarien I und II nur zögerlich eingesetzt wird. Das wird sich im Szenario III auch nicht auf einen Schlag verändern. Die Einführung der Energieabgabe verschiebt zwar sprunghaft die Rentabilitätsgrenze und rechtfertigt die Verwendung von „best practice“ Werten als Referenzwerte z.B. bei der Festlegung von energetischen Anforderungen an Gebäude, Anlagen und Geräte. Ein Beispiel ist der Übergang von Grenz- zu Zielwerten bei der Anwendung der SIA 380/4 Empfehlungen in kantonalen Gesetzgebungen. Für eine breite Anwendung gibt es aber viele verschiedenartige Hemmnisse, die umgangen oder überwunden werden müssen. Die Marktveränderung (market transformation) erfolgt also auch im Szenario III über eine längere Periode, die den üblichen Regeln der Innovationstheorie unterstellt ist. Wir versuchen dieser Tatsache durch die Verwendung von einfachen Diffusionskurven Rechnung zu tragen. Damit ist die Frage, wie schnell „best practice“ auf breiter Basis eingesetzt wird, zwar nicht gelöst, aber mit der Verwendung von Diffusionskurven kann die Markteinführung einfach beschrieben werden und z.B. im später beschriebenen Szenario IV in transparenter Form beschleunigt werden.

Neben den üblichen Hemmnissen, die mit Transaktions- und Opportunitätskosten umschrieben werden können, und institutionellen Hemmnissen, die sich z.B. dadurch ergeben, dass die Gesetzgebung im Gebäudebereich auf kantonaler und kommunaler Ebene erfolgt, werden auch obere Grenzen für die Diffusion berücksichtigt, z.B. technische Gründe oder Interessenskonflikte (Stichwort „Denkmalschutz“) weswegen „best practice“ nicht immer möglich ist.

Wie die einzelnen „best practice“ Werte werden auch die detaillierten Annahmen betreffend der Diffusion dieser „best practice“ Technologien/Massnahmen in den folgenden Unterkapiteln dokumentiert.

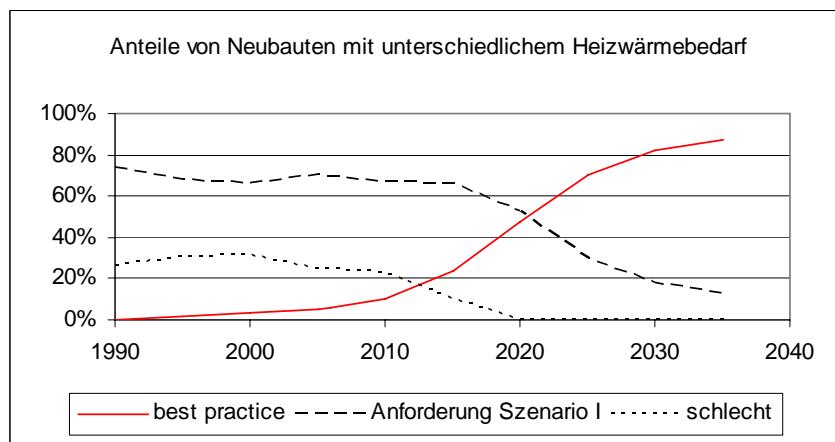
In diesem Kapitel werden die Modellinputs oder die Annahmen betreffend technischen und sozioökonomischen Größen vorgestellt, welche die im obigen Kapitel präsentierten „best practice Potentiale“ definieren und die notwendig sind, um diese Potentiale soweit auszuschöpfen, dass die im vorherigen Kapitel beschriebene Zielerreichung realisiert wird. Die dazu getroffenen Massnahmen und die eingesetzten Instrumente sind Thema der folgenden Unterkapitel und des Kapitels 7.3.

### Wärmenachfrage

*Neubauten:* Als „best practice“ werden für das Jahr 2010 Neubauten mit einem Heizwärmeverbrauch von 58 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr angenommen. Dieser sehr tiefe Wert entspricht dem in Szenario I beschriebenen Heizwärmeverbrauch der sehr effizienten Neubauten, die heute rund 5% aller Neubauten ausmachen und im Szenario I ihren Anteil bis 2035 auf 25% erhöhen (Tabelle A2-4). Die 58 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr entsprechen in etwa den Anforderungen für ein Passivhaus im Wohnbereich (Kägi et al., 2004, Tabelle 2). Die heutigen Anforderungen für ein Minergie- und selbst für ein Minergie-P-Gebäude sind, was den Heizwärmeverbrauch betrifft, deutlich weniger streng. In Anbetracht der durchschnittlich deutlich höheren internen Wärme in Dienstleistungsgebäuden – verglichen mit Wohngebäuden – scheint uns dieser tiefe Wert angebracht. Vorbehalten bleiben indirekte Auswirkungen auf die Elektrizitätsnachfrage, wie sie von Jakob et al. (2006) untersucht werden.

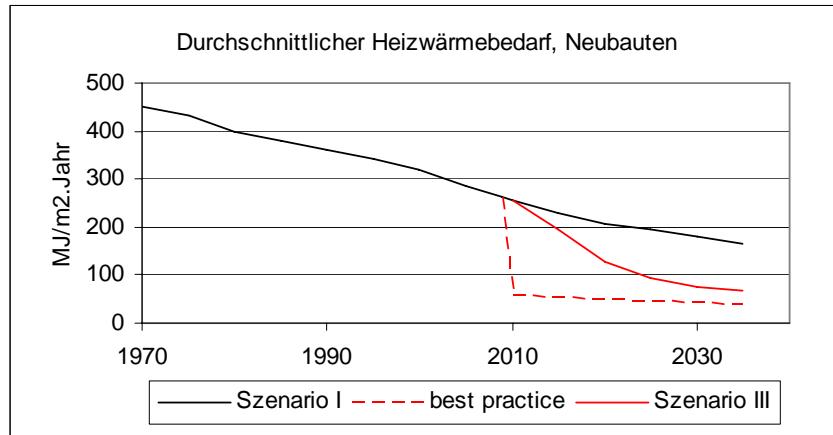
Dieser Wert von 58 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr als „best practice“ im Jahre 2010 reduziert sich bis 2035 um -1.5%/Jahr auf 40 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr. Für die Potentialbetrachtung nehmen wir an, dass alle Neubauten ab 2010 den „best practice“ Wert erreichen.

Bei der Ausschöpfung dieses Potentials muss einerseits das für die Gesamtenergiennachfrage vorgegebene Ziel im Auge behalten werden und andererseits die Machbarkeit nicht vergessen werden. Der erste Aspekt wird durch das Festhalten an der Zielgröße von 58 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr berücksichtigt. Dem Realitätsbezug wird durch eine stetige – und nicht sprunghafte – Steigerung des Anteils der Neubauten, welche diese Zielgröße erreichen, Rechnung getragen. Der gewählte Kompromiss besteht darin, davon auszugehen dass im Szenario III „best practice“ nach 25 Jahren, d.h. in 2035, von den meisten Neubauten erreicht wird und dass der Übergang durch eine logistische Kurve mit einer Diffusionszeit dt bis zur Sättigung von 60 Jahren beschrieben wird. Der steigende Anteil der „best practice“ Neubauten (10% in 2010, 47% in 2020 und 83% in 2030) wird kompensiert durch den Rückgang der „schlechten“ Gebäude und der Gebäude, welche den hoheitlichen Anforderungen im Szenario I entsprechen (Figur 7-1). Der durchschnittliche Wärmebedarf der Neubauten reduziert sich damit um fast 50% zwischen 2010 (256 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr) und 2020 (129 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr) und nochmals um fast 50% bis 2035 (69 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr) (Figur 7-2).



Quelle: CEPE, WLB\_minergie.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario III

Figur 7-1 Anteile der Neubauten, welche in Szenario III den „best practice“ Heizwärmebedarf (in 2010 58 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr) erreichen, die den hoheitlichen Anforderungen laut Szenario I entsprechen und solche, die einen höheren Bedarf aufweisen.

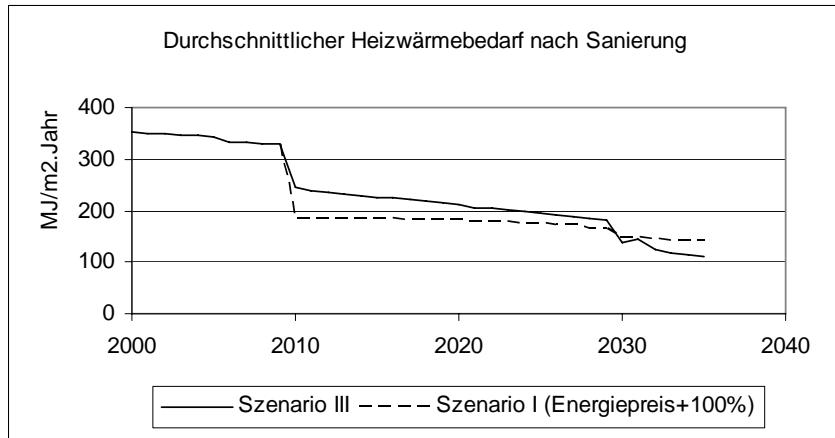


Quelle: CEPE, Kopie\_Neue\_Inputs\_21.9.04.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\AG-Sitzung\_16-2-06

Figur 7-2 Vergleich des „best practice“ Heizwärmebedarfs (Potential) mit dem durchschnittlichen Heizwärmebedarf der Neubauten in Szenario I und in Szenario III.

*Sanierungen:* „Best practice“ entspricht einer Verdoppelung der Energieeinsparung gegenüber der durchschnittlichen energetisch wirksamen Sanierung im Szenario I. Für die Potentialbetrachtung wird angenommen, dass ab 2010 bei allen Gebäudeerneuerungen diese verdoppelte Einsparung von durchschnittlich etwas über 100 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr erreicht wird, d.h. insbesondere, dass auch alle „Pinselsanierungen“ in Szenario I, die dort rund die Hälfte der Erneuerungen ausmachen, zu energetisch sehr wirksamen Sanierungen werden.

Eine Verdoppelung der Energieeinsparungen ist zwar an sich nicht besonders anspruchsvoll - so würden z.B. bei einer strikten Anwendung der Grenzkostenkurven (Figur 2-8) sogar etwas höhere Einsparungen erwartet (Figur 7-3) – aber sehr anspruchsvoll ist die für die Potentialabschätzung gemachte Annahme, dass diese Einsparungen bei allen Gebäudeerneuerungen erreicht würden. Wie im Falle der Neubauten nehmen wir deshalb für Szenario III an, dass der Anteil der Gebäude, die in Szenario I nur eine Pinselsanierung erfahren und im Szenario III die „best practice“ Einsparung erreichen, anfänglich nur langsam wächst: von 0% im Jahre 2010 über 20% in 2020 bis auf 85% in 2035. Die hier angenommene Diffusionszeit bis zur Sättigung dt beträgt 50 Jahre.



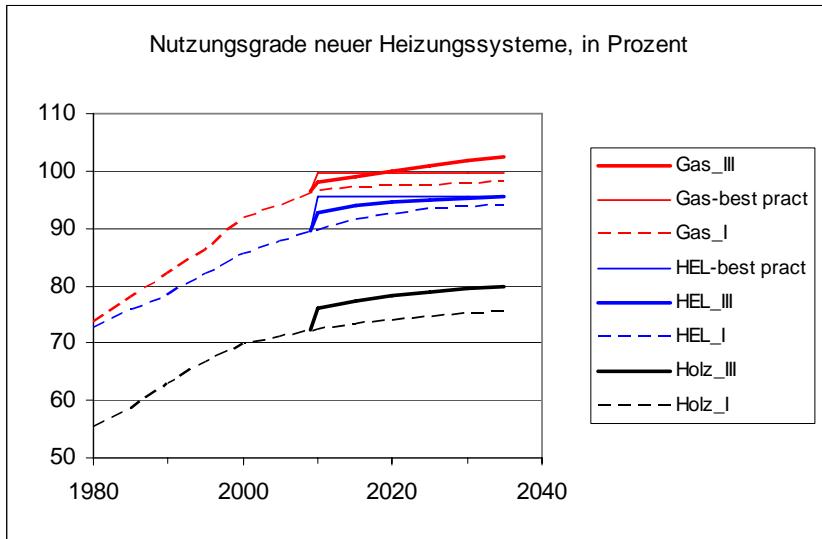
Quelle: CEPE, Graphs.III.2.xls in S:\EXPost\SERVE04\Modell\Working files

Figur 7-3 Vergleich des angenommenen durchschnittlichen Heizwärmebedarfs nach einer energetischen Sanierung im Szenario III mit dem resultierenden Heizwärmebedarf falls die in Szenario I getroffenen Annahmen mittels den Grenzkostkurven (Figur 2-8) auf ein um 100% höheres Energiepreisniveau transferiert würden.

*Neuinstallierte Heizsysteme:* Als „best practice“ wird von den im Szenario I für das Jahr 2035 verwendeten Nutzungsgrenzen ausgegangen, die aber noch um die Hälfte der Verteilverluste höher angesetzt werden. Im wesentlichen handelt es sich aber um einen zeitlichen Vorzug der im Szenario I langsamer vorgesehenen Verbesserungen – inklusive strukturellen Verschiebungen hin zu kondensierenden Techniken. Die „best practice“ Werte bleiben bis 2035 konstant.

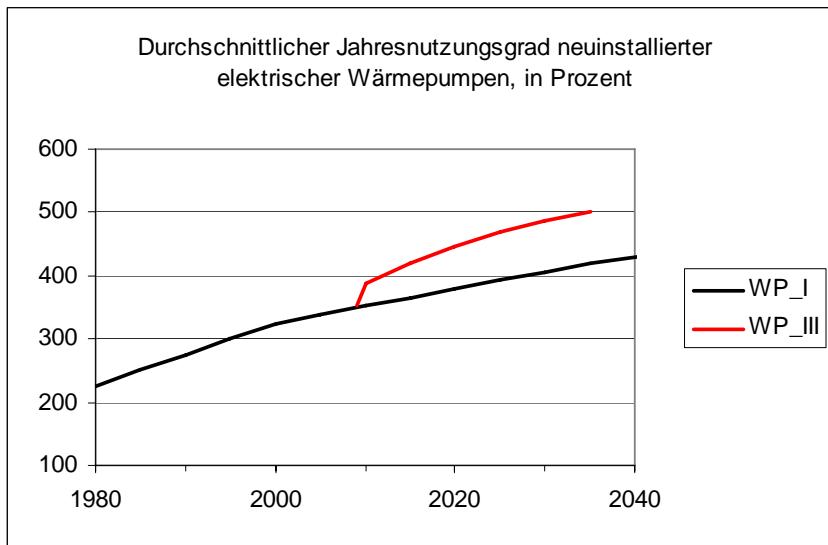
Diese „best practice“ Vorgaben (mit einer ad-hoc Annahme von 80% für die Holzheizung) werden im Szenario III in 2010 zu 50% und in 2035 zu 100% realisiert. Beim Erdgaseinsatz wird zusätzlich angenommen, dass die Wärmepumpen langsam Marktanteile gewinnen. Mit 10% Anteilen von Wärmepumpen am Gasmarkt im Jahre 2035 und einem (von 2010 bis 2035 konstanten) Jahresnutzungsgrad von 130% liegt der Jahresnutzungsgrad der Erdgassysteme im Szenario III in 2035 etwa 4 Prozentpunkte über dem „best practice“ Wert ohne Wärmepumpen.

Für die elektrischen Wärmepumpen wird ein „best practice“ Wert von 500% angenommen. 25% der Anlagen erreichen im Jahre 2010 diesen Wert. Bis 2035 liegt im Szenario III der durchschnittliche Jahresnutzungsgrad bei 500%.



Quelle: CEPE, Kopie\_Neue\_Inputs\_21.9.04.xls in H:\Cope\Projekte\Perspektiven\2006\AG-Sitzung\_16-2-06

Figur 7-4 Durchschnittliche Jahresnutzungsgrade von neu installierten Heizsystemen in Neu- und Altbauten: Szenario I, „best practice“ und Szenario III



Quelle: CEPE, \_Neue\_Inputs\_21.9.04.xls in H:\Cope\Projekte\Perspektiven\2006\AG-Sitzung\_16-2-06

Figur 7-5 Durchschnittliche Jahresnutzungsgrade von neu installierten elektrischen Wärmepumpen in neu- und Altbauten in den Szenarien I und III

*Energieträgeranteile:* Bei den „best practice“ Potentialbetrachtungen wurde keine Veränderung der Energieträgeranteile berücksichtigt. Dazu müsste eine eindeutige Strategie vorgegeben werden, welche mehrere mögliche konkurrierende Entwicklungen berücksichtigt und auch die strukturelle Entwicklung des Transformations- und Produktionssektors mit einbezieht.

Für Szenario III wurde von einem beschleunigten Rückgang der Bedeutung von Heizöl extraleicht ausgegangen. Der Anteil der Neubauten, die mit Heizöl extraleicht beheizt werden, nimmt nach 2010 beschleunigt ab. Erdgas verliert bis 2035 rund 1/3 der heutigen Anteile; die Gewinner sind vor allem die elektrischen Wärmepumpen mit einem achtmal höheren Anteil in 2035 als

heute und Holz mit einer Verdoppelung der Marktanteile. Auch die Fernwärme kann leicht zulegen. Die Nutzung der Solarenergie erhöht seinen Anteil bis 2035 um einen Faktor vier.

Tabelle 7-1 Anteile der Energieträger/Heizsysteme an den Energiebezugsflächen des Gebäudebestandes im Jahre 1985 und der neu erstellten Gebäuden ab 1985, Szenario III

	HEL %	Gas %	EI. %	Holz %	Kohle %	FW %	WP %	Solar %
Bestand 85	71.0	15.7	5.8	4.2	0.0	2.9	0.4	0.0
Neubauten, Baujahr								
1985	41.9	41.8	4.1	4.8	0.0	3.9	2.5	1.0
1990	41.9	41.8	4.1	4.8	0.0	3.9	2.5	1.0
1995	39.8	45.1	1.3	5.2	0.0	4.8	2.8	1.0
2000	39.1	45.6	0.7	5.6	0.0	4.9	3.1	1.0
2005	38.5	45.5	0.5	6.0	0.0	5.0	3.6	1.0
2010	37.0	45.5	0.4	6.3	0.0	5.0	4.6	1.2
2015	25.4	37.8	0.3	10.7	0.0	6.0	17.3	2.6
2020	22.5	35.8	0.2	11.8	0.0	6.3	20.5	2.9
2025	19.7	33.9	0.2	12.8	0.0	6.5	23.7	3.3
2030	16.8	31.9	0.1	13.9	0.0	6.8	26.8	3.6
2035	14.0	30.0	0.0	15.0	0.0	7.0	30.0	4.0

Quelle CEPE, MA\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

Die Substitutionsrate der mit Heizöl beheizten Flächen erhöht sich ab 2010 von 1.2%/Jahr auf 1.6%/Jahr. Erdgas bleibt immer noch der bevorzugte Ersatz von Heizöl, aber die elektrischen Wärmepumpen erhöhen ihren Anteil von 6% auf 25%. Der Anteil der Solarwärme steigt fast um eine Größenordnung (Tabelle 7-2).

Tabelle 7-2 Anteile der Energieträger/Heizsysteme an der Energiebezugsfläche, die mit HEL beheizt wurde und jetzt einen neuen Energieträger/Heizsystem einsetzt, Szenario III

Von HEL nach	HEL %	Erdgas %	EI. %	Holz %	Kohle %	FW %	WP %	Solar %
1995	0	70.9	4.7	16.0	0	6.8	1.6	0.1
2000	0	60.9	4.8	22.0	0	9.6	2.6	0.1
2005	0	59.9	3.6	22.0	0	9.6	4.8	0.1
2010	0	59.8	2.4	22.0	0	9.6	6.0	0.3
2015	0	48.9	1.0	23.5	0	10.0	15.5	1.1
2020	0	45.9	1.0	23.9	0	10.0	17.9	1.3
2025	0	42.9	1.0	24.3	0	10.0	20.3	1.6
2030	0	40.0	1.0	24.6	0	10.0	22.6	1.8
2035	0	37.0	1.0	25.0	0	10.0	25.0	2.0

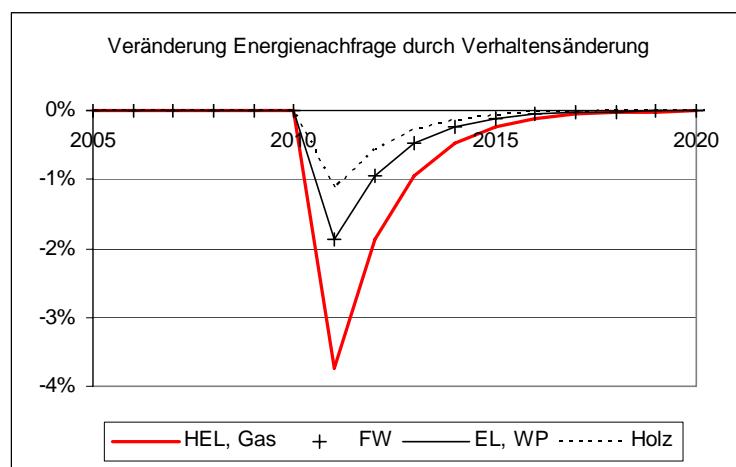
Quelle CEPE, Subst\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

## Wärme- und Stromnachfrage

*Verhaltensänderung:* Wie bereits bei der Diskussion der energetischen Wirkung der CO<sub>2</sub>-Abgabe und dann in Szenario II bei der Diskussion der Betriebsoptimierung weiter ausgeführt, gibt es auch im Dienstleistungssektor ein kurzfristig ohne wesentliche Investitionen ausschöpfbares Potential, das in der Größenordnung von mindestens 10% liegt:

- nicht energieoptimales Verhalten, z.B. zu hohe Raumtemperaturen im Winter oder Reduktion der Innentemperatur durch Fensteröffnung – anstelle entsprechende Regulierung des Heizsystems,
- nicht energieoptimaler Betrieb der Geräte und Anlagen, z.B. Stichwort Standby-Verbrauch.

Die Ausschöpfung dieses Potentials und die zeitliche Wirksamkeit sind sehr stark von der Motivation der Betreiber und Nutzer abhängig. In den Sensitivitätsbetrachtungen (Preise\_hoch) und in den Szenarien Ib (CO<sub>2</sub>-Abgabe) und Szenario II haben wir implizit postuliert, dass hohe Preise allein keine genügende Voraussetzung für eine (nicht investitionsbezogene) Verhaltensänderung ist: keine kurzfristige Verhaltensänderung in den Varianten Preise\_hoch, wohl aber im Fall der CO<sub>2</sub>-Abgabe, die längerfristig zum Voraus angekündigt wird und von Motivationskampagnen und Info- und Ausbildungsprogrammen begleitet wird. Im Falle der CO<sub>2</sub>-Abgabe mit einer Endenergiepreiserhöhung von 20% für Heizöl extraleicht und von 10% für Erdgas sind wir im Einführungsjahr von einer Kurzfrist-Elastizität von -0.075 ausgegangen, die dann jedes folgende Jahr um die Hälfte reduziert wird. Die Effizienzverbesserungen sind längerfristig nicht nachhaltig. Bei einer Verdoppelung der Preise kann diese kurzfristige Reaktion kaum erwartet werden. Wir nehmen deshalb für das Szenario III eine im ersten Jahr mit doppelten Preisen eine Reduktion der Nachfrage um -3.8% an, was einer Elastizität um -0.038 entspricht. Diese Elastizitäten werden für alle Energieträger verwendet.



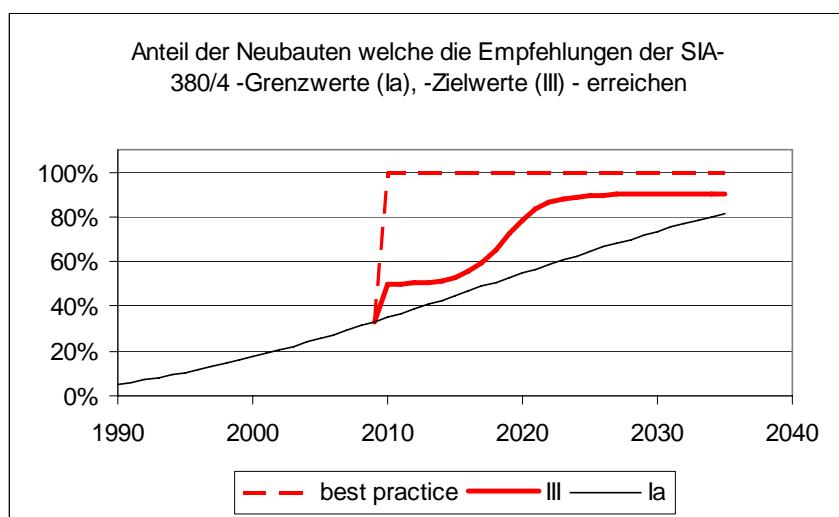
Quelle: CEPE, Kurzfristig\_Verhalten\_III\_korr-korr\_16-8-06.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\SzIII\_16-8-06

Figur 7-6 Verhaltensbedingte Einsparungen beim Einsatz der verschiedenen Energieträger/Heizsysteme als Reaktion auf die Einführung der Energieabgabe im Jahre 2010, die im Szenario III eine Erhöhung der Konsumentenpreise zwischen 100% (fossile Energieträger), 50% (Fernwärme, Elektrizität) und 30% (Holz) bedeutet

## Stromnachfrage

**Neubauten:** Im Elektrizitätsbereich werden die „best-practice“ Potenziale bei den Neubauten durch den Übergang von den Grenzwerten zu den Zielwerten der SIA 380/4 Empfehlungen definiert. Diese Zielwerte liegen für die Anwendung „Klima/Lüftung“ um -40% und für die „Beleuchtung“ um -30% unter den Grenzwerten (Figuren 6-4 und 6-5). Für die übrigen Anwendungen (Arbeitshilfen, zentrale Dienste, Haustechnik und Elektrowärme) werden bescheidene Verbesserungen von -20% angenommen.

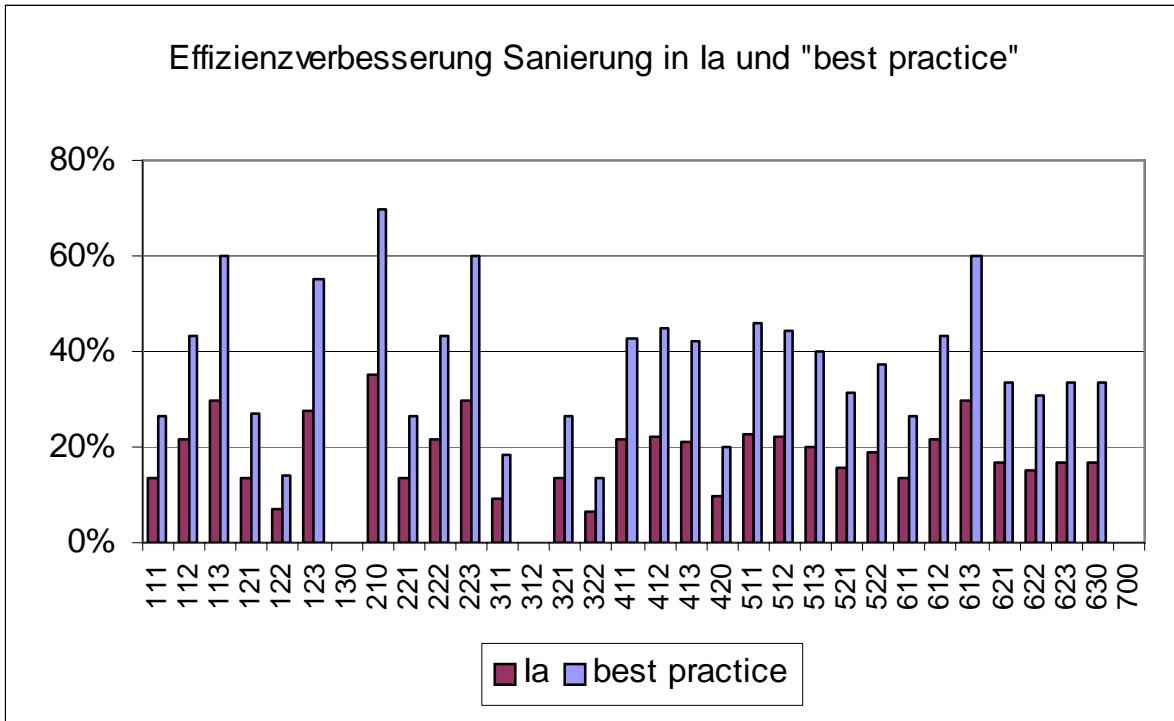
Infolge der Strompreisverdoppelung und unterstützt von den staatlichen Programmen orientieren sich im Szenario III rund 50% der Neubauten sehr schnell an diesen Zielwerten, was eine sehr deutliche Verbesserung gegenüber den 30% der Neubauten ist, die zu diesem Zeitpunkt im Szenario I ohne Preiserhöhung die sehr viel weniger anspruchsvollen Grenzwerte erreichen (Figur 7-7)! Gegen 2020 nimmt der Anteil der Neubauten, welche die Zielwerte erreichen, deutlich zu und erreicht 90% nach 2025. Die Diffusionszeit bis zur Saturierung dt beträgt 20 Jahre.



Quelle: CEPE, SzIII-inputs\_GC\_31-1-06.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario III

Figur 7-7 Vergleich der Anteile der Neubauten, welche im Szenario I die Grenzwerte der SIA 380/4-Empfehlung erreichen (I) und im Szenario III die Zielwerte der SIA 380/4-Empfehlung erreichen (III). Für die Potentialbetrachtung „best practice“ wurde angenommen, dass ab 2010 alle Neubauten die Zielwerts der der SIA 380/4-Empfehlung erreichen (best practice)

**Sanierungen:** Wie im Szenario I sind die Einsparungen bei den Sanierungen an die Einsparungen bei den Neubauten gekoppelt. In Szenario I wird bei einer Sanierung durchschnittlich 50% der Einsparungen (Differenz zwischen dem durchschnittlichen Gebäude einer homogenen Gruppe und dem durchschnittlichen neuen Gebäude) bei den Neubauten im Szenario I erreicht. Für die Potentialbetrachtung „best practice“ nehmen wir an, dass bei einer Sanierung ab 2010 100% der Einsparungen bei denjenigen Neubauten, die im Szenario I den Grenzwert erreichen, realisiert wird, d.h. die Einsparungen bei einer Sanierung im Elektrizitätsbereich erhöhen sich in 2010 sprunghaft um mehr als das Doppelte gegenüber dem Szenario I.



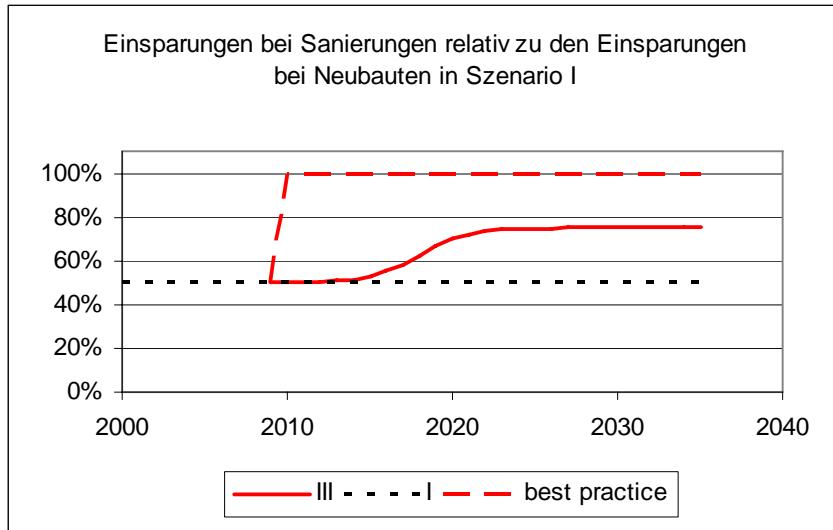
Quelle: CEPE, EK\_El\_SZIa+SzIII.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario III\SzIII\_17-5-06\_final\Abb-Tab

Figur 7-8 Optimale Reduktion der Elektrizitätsnachfrage bei einer Sanierung im Szenario I (= 50% der Einsparung bei einem Neubau, der den Grenzwert der SIA 380/4-Empfehlung erreicht<sup>46</sup>) und entsprechende Reduktion bei der „best practice“ Potentialbetrachtung

Bei der Ausschöpfung des „best practice“ Potentials in Szenario III reduzieren sich diese Einsparungen durch zwei Effekte:

1. Es wird berücksichtigt, dass nicht alle Neubauten optimal gebaut werden (Figur 7-7) und dementsprechend die durchschnittlichen Einsparungen bei den Neubauten kleiner ausfallen.
2. Bei den Sanierungen wird dieses durch den Punkt 1 bereits reduzierte Potential anfänglich nur zu 50% und auch längerfristig (nach 2020) nur zu 75% ausgeschöpft (Figur 7-9). Dieser Übergang wird mit einer Diffusionszeit von 20 Jahren modelliert.

<sup>46</sup> Der Anteil der Neubauten, die diesen Grenzwert erreichen, steigt aber im Szenario I nur langsam von 35% in 2010 auf 80% in 2035 und entsprechend liegen die Einsparungen bei einer durchschnittlichen Sanierung im Szenario I deutlich unter den in 14-10 gezeigten Werten.



Quelle: CEPE, Inputs\_III\_7-2-06.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario III

Figur 7-9 Reduktion des spezifischen Elektrizitätsverbrauchs bei einer Sanierung in den Szenarien I und III und bei der „best practice“ Potentialbetrachtung, gemessen relativ zur Differenz zwischen dem Elektrizitätsverbrauch des Gebäudebestandes einer homogenen Gruppe und dem durchschnittlichen Neubauten dieser homogenen Gruppe im Szenario I.

## 7.2 Szenario III: Ergebnisse

Die Ergebnisse der Modellrechnungen für die Energienachfrage im Szenario III Trend und in den drei Sensitivitätsvarianten sind in den folgenden zwei Tabellen zusammengefasst. In Ergänzung zu diesen Zusammenstellungen werden im Kapitel 9 die Szenarien miteinander verglichen.

Die Entwicklungen in den einzelnen Varianten und die Unterschiede zur Trendentwicklung werden in den entsprechenden Unterkapiteln 7.2.1 bis 7.2.4 diskutiert. Eine systematische Darstellung der Ergebnisse findet sich im Anhangband.

Tabelle 7-3 Energienachfrage im Szenario III\_Trend und in den Sensitivitätsvarianten III\_BIP\_hoch und III\_Klima\_wärmer, in PJ/Jahr. In „nicht El“ ist die Nachfrage aller Energieträger ausser Elektrizität zusammengefasst.

<b>III Trend</b>	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
	PJ/Jahr									
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0
2010	66.6	43.0	24.2	7.7	3.5	0.2	0.0	1.3	147	79.9
2015	69.4	37.8	24.9	8.1	3.8	0.3	0.0	2.1	146	76.9
2020	71.3	32.9	25.1	8.6	4.0	0.3	0.0	3.2	146	74.2
2025	71.4	28.3	24.8	8.8	4.1	0.4	0.0	4.3	142	70.6
2030	71.7	24.1	24.1	8.9	4.1	0.4	0.0	5.3	139	67.0
2035	71.0	20.7	23.5	9.1	4.2	0.5	0.0	6.3	135	64.3
<b>III BIP hoch</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
	PJ/Jahr									
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.2	128	78.5
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.5	133	74.5
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.7	139	78.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.8	143	80.9
2010	66.7	43.1	24.3	7.7	3.6	0.2	0.0	1.1	147	79.8
2015	70.0	37.9	25.0	8.1	3.8	0.3	0.0	1.8	147	76.9
2020	72.3	33.0	25.3	8.6	4.1	0.3	0.0	2.8	147	74.2
2025	72.9	28.4	25.0	8.9	4.2	0.4	0.0	3.7	143	70.6
2030	73.5	24.3	24.4	9.1	4.2	0.5	0.0	4.5	140	67.0
2035	73.3	20.9	23.9	9.3	4.2	0.5	0.0	5.4	137	64.2
<b>III Klima wärmer</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
	PJ/Jahr									
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.2	128	78.5
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.5	133	74.5
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.7	139	78.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.8	143	80.9
2010	67.2	42.2	23.7	7.6	3.5	0.2	0.0	1.1	145	78.3
2015	70.7	36.5	23.9	7.8	3.6	0.2	0.0	1.8	145	74.0
2020	73.4	31.2	23.7	8.2	3.8	0.3	0.0	2.8	143	70.0
2025	74.4	26.3	22.9	8.3	3.8	0.4	0.0	3.7	140	65.4
2030	75.4	22.0	21.9	8.3	3.8	0.4	0.0	4.5	136	60.9
2035	75.5	18.5	20.9	8.4	3.7	0.4	0.0	5.4	133	57.4

Quelle: CEPE, Zusammenfassung\_Szenario\_III.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III

Tabelle 7-4 Energienachfrage in den Sensitivitätsvarianten III\_BIP\_hoch und III\_Klima\_wärmer, relativ zur Nachfrage in Szenario III\_Trend, in Prozent der Nachfrage III\_Trend. In „nicht El“ ist die Nachfrage aller Energieträger ausser Elektrizität zusammengefasst.

<b>III BIP hoch rel. III Trend</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	Uwärme	Summe	nicht_El
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	100	100	100	100	100	100	100	88	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	88	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	86	100	100
2010	100	100	100	100	100	101	100	83	100	100
2015	101	100	100	100	100	102	100	84	100	100
2020	102	100	101	101	101	103	100	86	101	100
2025	102	101	101	101	101	104	100	86	101	100
2030	103	101	101	101	102	105	100	86	101	100
2035	103	101	102	102	102	107	100	86	102	100

<b>III Klima wärmer rel. III Trend</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	Uwärme	Summe	nicht_El
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	100	100	100	100	100	100	100	88	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	88	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	86	100	100
2010	101	98	98	99	98	98	100	83	99	98
2015	102	96	96	97	96	96	100	84	99	96
2020	103	95	94	96	94	94	100	86	99	94
2025	104	93	93	94	93	93	100	86	98	93
2030	105	91	91	93	91	91	100	86	98	91
2035	106	90	89	92	89	89	100	86	98	89

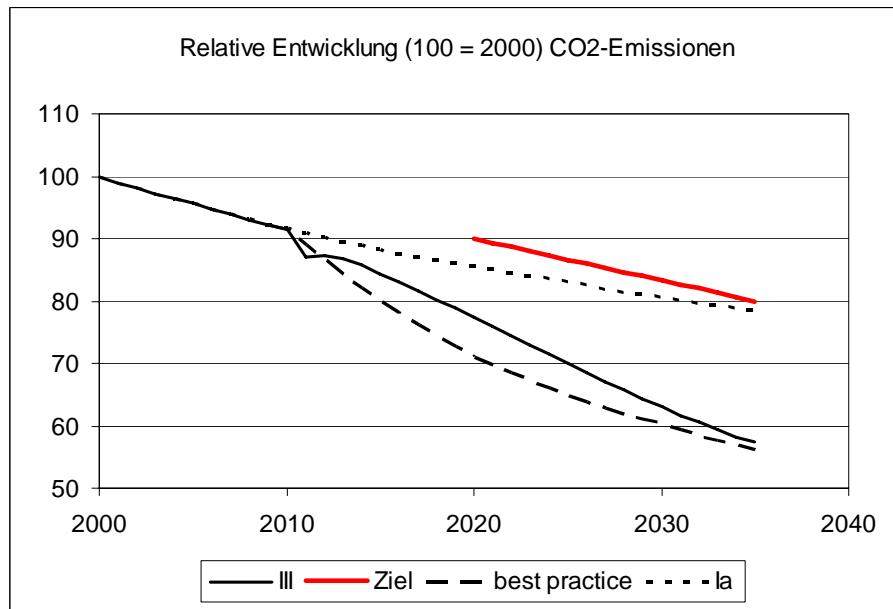
Quelle: CEPE, Zusammenfassung\_Szenario\_III.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III

## 7.2.1 Trend

Die Zielvorgabe für die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen von -10% in 2020 und -20% in 2035 wird im Dienstleistungssektor bereits im Referenzszenario erreicht. Bei der „best-practice“-Potenzialbetrachtung wird die anvisierte Reduktion um etwa 100% übertrroffen: im Jahre 2035 werden -40% erreicht – und dies ohne dass die CO<sub>2</sub>-haltigen fossilen Energieträger substantiell schneller als im Referenzszenario ersetzt werden. Die Ausschöpfung des „best-practice“-Potenzials zur Reduktion der Wärmenachfrage ist im Szenario III jedoch nur zu etwa 50% möglich. Trotzdem wird dank beschleunigter Abkehr von Heizöl, das durch Holz, Fernwärme, elektrische Wärmepumpen und zu einem kleineren Anteil durch Solarwärme ersetzt wird, eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahre 2035 von fast -40% erreicht. Das Ziel wird damit um ca. 100% übertrroffen (Figur 7-10).

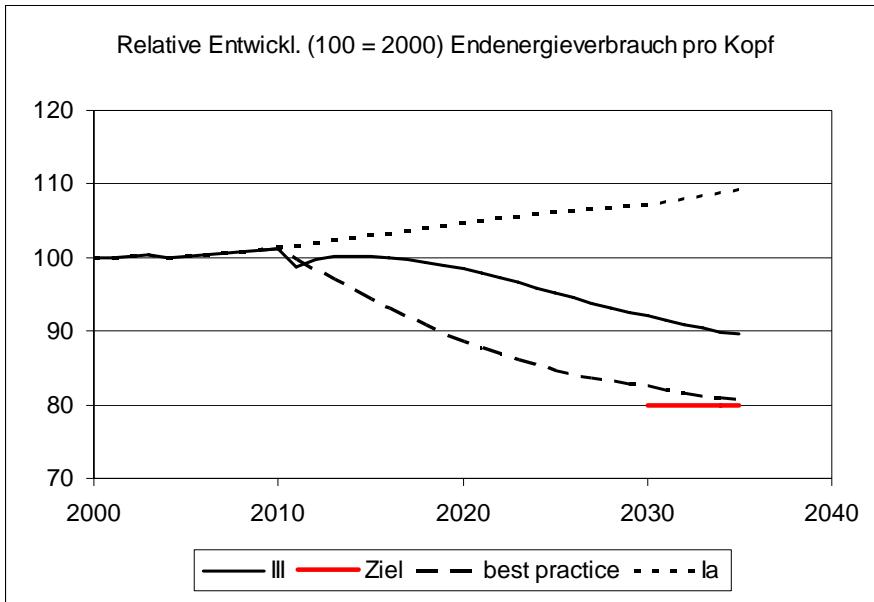
Sehr viel anspruchsvoller ist die Zielvorgabe für die Reduktion der Endenergiennachfrage pro Person um -20% in 2035. Sie wird zwar bei der „best-practice“ Potenzialbetrachtung knapp erreicht (Figur 7-11), aber dieses Potenzial kann mit der in Kapitel 7.1 beschriebenen Ausgestaltung des

Szenario III nur zu etwa 70% ausgeschöpft werden und die resultierende Reduktion der Endenergie pro Person beträgt im Jahre 2035 nur rund -10%. Das Ziel wird also im Dienstleistungssektor um 50% verfehlt. Hervorzuheben ist aber, dass die Reduktion der Wärmenachfrage pro Person im Jahre 2035 bezogen auf die Entwicklung im Szenario I bei -30% liegt. Aber die Stromnachfrage pro Person stagniert im Szenario III von 2020 bis 2035 bei etwa +16% gegenüber dem Referenzjahr 2000. Über alle Sektoren betrachtet kann das Ziel aber erreicht werden, falls ebenso grosse Verbesserungen gegenüber der Referenzentwicklung erreicht werden, wie hier im Dienstleistungssektor.



Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\SzIII\_16-8-06

Figur 7-10 Vergleich der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Szenario III mit der Zielvorgabe, der Entwicklung bei der „best practice“ Potentialbetrachtung und der Entwicklung im Szenario I



Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\SzIII\_16-8-06

Figur 7-11 Vergleich der Entwicklung des Endenergieverbrauchs pro Kopf im Szenario III mit der Zielvorgabe, der Entwicklung bei der „best practice“ Potentialbetrachtung und der Entwicklung im Szenario I (ohne Umweltwärme)

Die detaillierten Ergebnisse der Modellrechnungen (ohne Normierung auf die Werte der Energiestatistik<sup>47</sup>) für die Ausschöpfung der „best practice“ Potentiale in Szenario III „neue Prioritäten“ sind in diesem Kapitel graphisch und tabellarisch zusammengefasst und kurz kommentiert. Die Gesamtenergiennachfrage nimmt im Gegensatz zum Referenzszenario I, wo ein stetiges Wachstum bis 2035 um durchschnittlich +0.3%/Jahr berechnet wurde, im Jahre 2011 infolge der Energieabgabe von 100% auf den fossilen Brennstoffen, 50% auf Elektrizität und Fernwärme und 30% auf Holz kurzfristig um knapp -2.5% ab, steigt dann bis 2015 fast wieder auf das Niveau von 2010 an und sinkt danach bis 2035 stetig um -0.6%/Jahr um im Jahre 2035 in etwa den Wert von 1990 zu erreichen (Tabelle 7-5). Diese absolute Reduktion der Gesamtenergiennachfrage ist fast ausschliesslich auf den Rückgang von 1990 bis 2035 um rund 2/3 der Nachfrage nach Heizöl extraleicht zurückzuführen. Die Elektrizitäts- und Gasnachfrage steigen bis 2020 und die übrigen Energieträger legen bis 2035 stetig zu. Dabei ist zu beachten, dass mit Ausnahme der Sonnenenergie alle Energieträger sehr deutlich unter den Nachfragen im Szenario I liegen (Tabelle 7-6).

Die Wärmenergiennachfrage (Figur 7-12) nimmt – unter Ausblendung der kurzfristigen Veränderungen in den Jahren 2010-2015 – wie bereits in der Referenzentwicklung stetig ab. In 2035 liegt sie um -22% unter der Nachfrage im Szenario I, -18% unter Szenario Ib und -10% unter Szenario II. Gegenüber der Potentialbetrachtung „best practice“ liegt die Nachfrage von Szenario III aber um +8% höher. Die Elektrizitätsnachfrage (Figur 7-13) verhält sich ganz ähnlich wie im Szenario II. In beiden Fällen liegt die Nachfrage rund -15% unter der Referenzentwicklung I. Was im Szenario II mit einer verstärkten Zusammenarbeit erreicht wurde, wird im vorliegenden Szenario III mit staatlichen Massnahmen durchgesetzt. Die Ausschöpfung des „best practice“ Potentials ist

<sup>47</sup> Die absolute Abgleichung mit der Energiestatistik wird nach Zusammenzug aller Verbrauchersektoren von der Prognos AG durchgeführt.

aber deutlich geringer als bei der Wärmenachfrage. Die Stromnachfrage im Szenario III liegt im Jahre 2035 +16% über der Potentialrechnung.

Die witterungskorrigierten CO<sub>2</sub>-Emissionen (inkl. den vom Haushaltsektor in den Dienstleistungssektor transferierten Verbraucher) nehmen von 1990 bis 2010 um rund -17% und zwischen 2010 und 2035 um weitere -31% ab (Figur 7-14). Der Rückgang gegenüber dem Referenzszenario I beträgt im Jahre 2035 -26% (Figur 7-15).

Tabelle 7-5 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2035, in Prozent pro Jahr; Szenario III

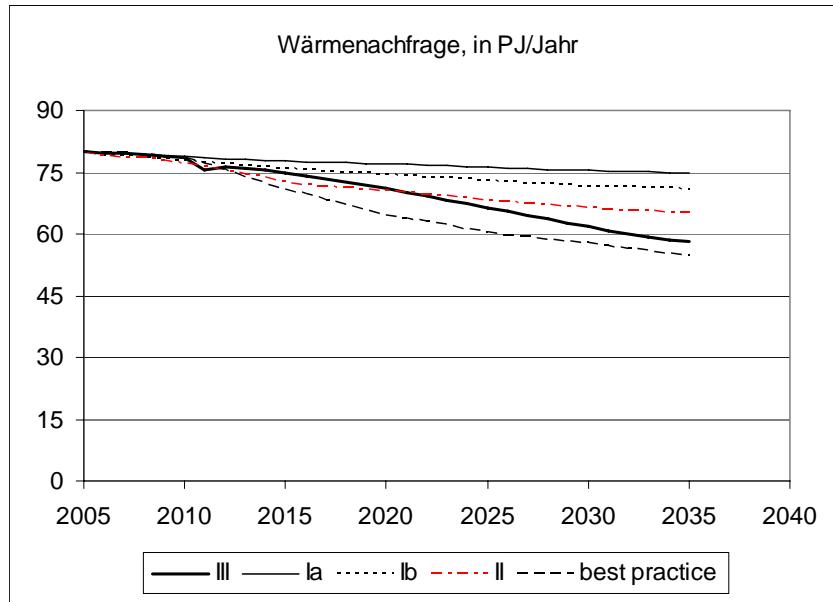
	Elektrizität	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	128.1
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	135.7
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	132.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	142.2
2010	66.6	43.0	24.2	7.7	3.5	0.2	0.0	145.2
2015	69.4	37.8	24.9	8.1	3.8	0.3	0.0	144.2
2020	71.3	32.9	25.1	8.6	4.0	0.3	0.0	142.3
2025	71.4	28.3	24.8	8.8	4.1	0.4	0.0	137.8
2030	71.7	24.1	24.1	8.9	4.1	0.4	0.0	133.4
2035	71.0	20.7	23.5	9.1	4.2	0.5	0.0	128.9
	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr
2005/35	0.4%	-2.7%	0.2%	0.8%	0.9%	4.1%	0.3%	-0.3%

Quelle: CEPE, Tab\_Fig\_SzIb\_EnergiemithH-DL.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\SzIII\_16-8-06

Tabelle 7-6 Relative Veränderung gegenüber dem Szenario I der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH->DL) im Szenario III

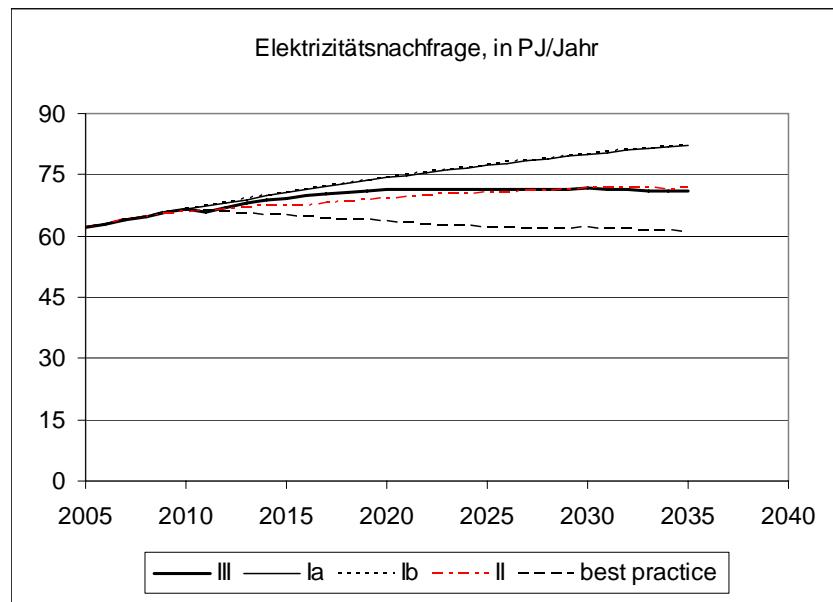
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
2005	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2010	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2015	-2%	-5%	-3%	-1%	-1%	11%	-2%	-3%
2020	-4%	-11%	-7%	-1%	-1%	21%	-3%	-6%
2025	-8%	-18%	-12%	-3%	-3%	24%	-5%	-10%
2030	-11%	-24%	-18%	-5%	-6%	24%	-7%	-14%
2035	-14%	-31%	-22%	-7%	-9%	23%	-9%	-18%

Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO<sub>2</sub>\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\SzIII\_16-8-06



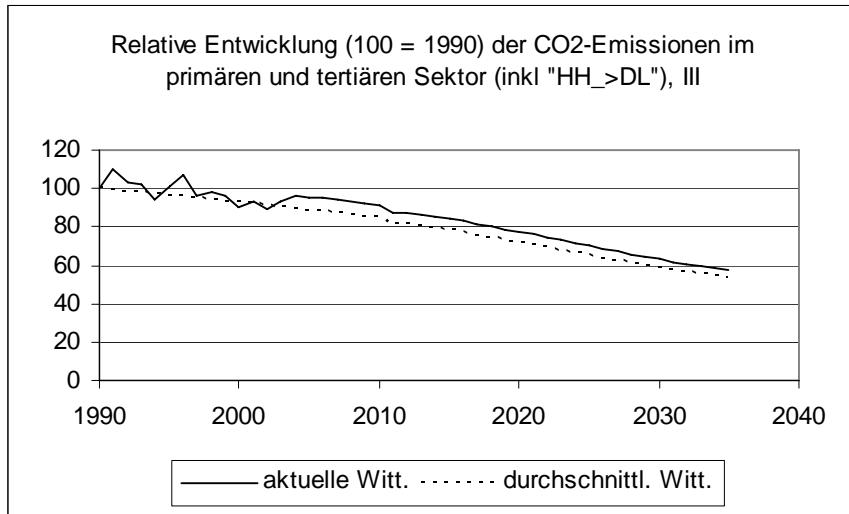
Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls, in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\SzIII\_16-8-06

Figur 7-12 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Wärmenachfrage 2005-2035 im Szenario III, in PJ/Jahr. Zum Vergleich sind die entsprechenden Nachfrageentwicklungen im Referenzszenario Ia, im Szenario Ib mit CO<sub>2</sub>-Abgabe, im Szenario II sowie in der Potentialbetrachtung „best practice“ gezeigt (ohne Umweltwärme)



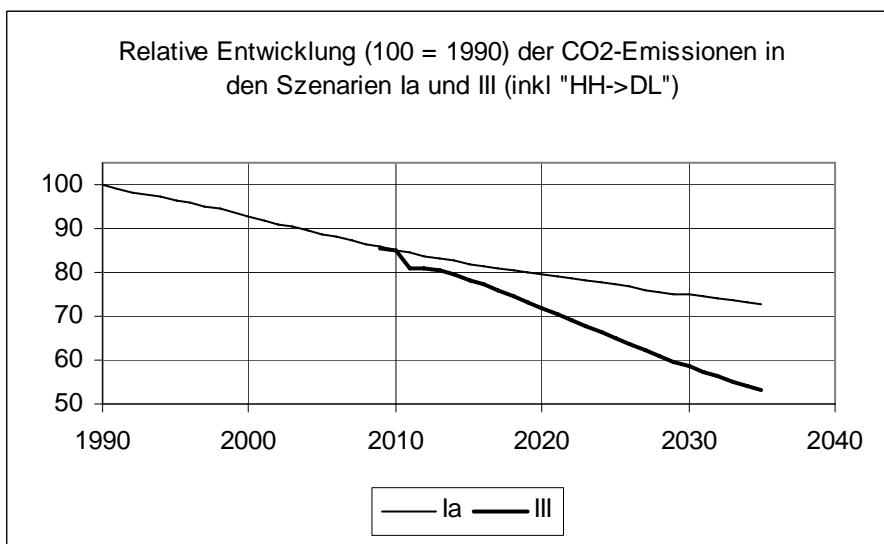
Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\SzIII\_16-8-06

Figur 7-13 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Elektrizitätsnachfrage 2005-2035 im Szenario III, in PJ/Jahr. Zum Vergleich sind die entsprechenden Nachfrageentwicklungen im Referenzszenario Ia, im Szenario Ib mit CO<sub>2</sub>-Abgabe, im Szenario II sowie in der Potentialbetrachtung „best practice“ gezeigt.



Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\SzIII\_16-8-06

Figur 7-14 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die relative Entwicklung (100 = 1990) der brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990-2035 in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft; Szenario III



Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\SzIII\_16-8-06

Figur 7-15 Vergleich der relativen Entwicklungen (100 = 1990) der witterungskorrigierten brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990-2035 in den Szenarien I und III

Die Deckung der Wärmenachfrage in den Dienstleistungsgebäuden (ohne die vom Haushaltsektor in den Dienstleistungssektor transferierte Energienachfrage „HH->DL“ der Ferienhäuser) widerspiegelt im Wesentlichen die Entwicklungen in Tabelle 7-5: Heizöl extraleicht ist der grosse Verlierer unter den Energieträgern mit einer jährlichen Reduktion der Nachfrage von -2.8%/Jahr. Einzig die elektrische Widerstandsheizung zeigt einen vergleichbaren relativen Rückgang – aber auf einem sehr viel kleineren absoluten Niveau. Die grossen Gewinner sind die elektrischen Wärmepumpen (+4.5%/Jahr) und die Sonnenenergie (+3.9%/Jahr). Hervorzuheben ist die

Wachstumsrate der Umweltwärme (+6.6%/Jahr), die infolge der steigenden Jahresnutzungsgrade der Wärmepumpen deutlich schneller steigt als der Stromverbrauch der Wärmepumpen.

Tabelle 7-7 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik und ohne HH->DL) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger/Heizsysteme zur Deckung der Wärmennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2035, in Prozent pro Jahr; Szenario III. Ebenfalls gezeigt ist die mittels elektrischen Wärmepumpen (ohne den in der Fernwärme enthaltenen Teil) genutzte Umweltwärme, die im Total nicht enthalten ist. Die Werte für die Jahre 1990-2000 sind nicht korrigiert für die jährlichen Witterungsänderungen und darum nicht direkt vergleichbar mit den Werten in Tabelle 7-5.

	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	EI. PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	WP PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	Total PJ/Jahr	UMWELT PJ/Jahr
1990	51.6	12.9	2.9	3.3	1.9	0.1	0.0	72.7	0.2
1995	49.0	16.6	3.0	4.0	2.3	0.2	0.1	75.2	0.4
2000	41.9	17.6	2.6	4.2	2.5	0.3	0.1	69.1	0.5
2005	42.1	21.3	2.8	5.1	3.0	0.4	0.1	74.9	0.8
2010	38.3	23.0	2.6	5.6	3.3	0.5	0.2	73.5	1.1
2015	33.6	23.5	2.3	5.9	3.5	0.7	0.2	69.7	1.8
2020	29.0	23.6	2.0	6.2	3.7	0.9	0.3	65.8	2.8
2025	24.7	23.0	1.8	6.3	3.8	1.1	0.4	61.2	3.7
2030	21.1	22.3	1.6	6.4	3.8	1.3	0.4	56.8	4.5
2035	18.0	21.5	1.4	6.4	3.7	1.5	0.4	52.9	5.4
	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr
2005/35	-2.8%	0.0%	-2.2%	0.7%	0.7%	4.5%	3.9%	-1.2%	6.6%

Quelle: CEPE, Energieträger\_Wärme.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\SzIII\_16-8-06

Mit der Methode der anlegbaren Kosten (siehe Kapitel 2.2.5 Modul Anlegbare Kosten und Anhang 8) wurden für das vorliegende Szenario die zusätzlichen Investitionskosten geschätzt, die aus betriebswirtschaftlicher Sicht maximal investiert werden dürfen, um die mit investiven Massnahmen gegenüber Szenario I zusätzlich Effizienzverbesserungen zu realisieren (Tabelle 7-8).

Mit investiven Massnahmen werden pro Jahr über die ganze Periode von 2011 bis 2035 durchschnittlich rund 500 TJ/Jahr Wärmeenergie zusätzlich eingespart. Im Jahre 2035 ergibt das eine Reduktion gegenüber dem Referenzszenario von ca. 12 PJ/Jahr. Das entspricht rund 90% der gesamten Einsparungen im Szenario III. Kumuliert über die Jahre 2011 bis 2035 sind das über 150 PJ, die nicht verbraucht wurden. Unter den in Kapitel 2.2.5 präsentierten Annahmen von 6% Zins und einer Refinanzierungszeit von 12.5 Jahren betragen die dafür zusätzlich wirtschaftlich einsetzbaren Investitionen maximal durchschnittlich rund 150 bis 200 Mio. CHF pro Jahr, was für jede dieser zusätzlichen Investitionen jährlichen Kapitalkosten von 10 bis 15 Mio. CHF über 25 Jahren entspricht. Die wesentlichen Parameter (Zinssatz und Refinanzierungszeit) sind so gewählt, dass die Nettokosten knapp negativ sind, d.h. dass die Investitionen knapp rentabel sind. Die hier ausgewiesenen Investitionen sind also eine obere Grenze, es heißt aber nicht, dass diese Investitionen notwendig sind. Bemerkenswert ist, dass diese maximalen Investitionen in der Größenordnung von 7 bis maximal 11 Prozent der jährlichen Energiekosten liegen. Die zusätzlichen Investitionen liegen zwischen 15 und 25 Prozent der Erträge aus der Energieabgabe. Ein

Beitrag von 20 Prozent an die Investitionskosten würde als maximal 5 Prozent der Erträge aus der Energieabgabe entsprechen.

Im Elektrizitätsbereich (zweiter Teil von Tabelle 7-8) steigen die mittels zusätzlichen Investitionen realisierten jährlichen zusätzlichen Einsparungen von anfänglich 100 TJ/Jahr auf über 400 TJ/Jahr an. In 2035 ergibt das eine Reduktion der Stromnachfrage von rund 8 PJ/Jahr oder rund 80% der Gesamteinsparungen gegenüber dem Referenzszenario. Infolge des deutlich höheren Preises für Elektrizität als für andere Energieträger liegen die aus betriebswirtschaftlicher Sicht maximal zulässigen zusätzlichen Investitionen deutlich höher als im Wärmebereich: von anfänglich rund 100 Mio. CHF pro Jahr steigen sie auf über 300 Mio. CHF pro Jahr. Diese Investitionen rechnen sich: die Kapitalkosten liegen knapp unter den mittels investiven Massnahmen eingesparten Energiekosten, was zu negativen Nettokosten, also zu Gewinn führt. Verglichen mit den Energiekosten steigen die maximalen zusätzlichen Investitionskosten von 2 auf rund 9 Prozent. Die zusätzlichen Investitionen liegen zwischen 10 und 20 Prozent der Erträge aus der Energieabgabe. Ein Beitrag von 20 Prozent an die Investitionskosten würde also weniger als 5 Prozent der Erträge aus der Energieabgabe entsprechen.

Tabelle 7-8 Sz. III: Ergebnisse der Berechnung der anlegbaren Kosten. Die Symbole entsprechen den Symbolen im Kapitel 2.2.5 und im Anhang 8. Bei der Berechnung der Energiekosten sind die Einsparungen durch investive Massnahmen und infolge des technischen Fortschritts enthalten – nicht jedoch die Einsparungen durch nicht-investive Massnahmen.

Periode	Zusätzl. Energieein- sparung	Zusätzl. Energieein- sparung	Zusätzl. Investitionen	Kapitelkosten pro Jahr	Nettokosten pro Jahr	Kapitalkosten pro eingesparte Energie	Durchschnitt- licher Energiepreis	Energiekosten pro Jahr	Ertrag Energieabgabe pro Jahr
	$\Delta E$ TJ/Jahr	$\Delta E$ Mio. CHF/a	$\Delta I$ Mio. CHF/a	$\Delta K$ Mio. CHF/a	$\Delta C$ Mio. CHF/a	$\Delta K / \Delta E$ CHF/GJ	CHF/GJ	Mio. CHF	Mio. CHF
<b>Wärmenachfrage</b>									
2006-10	0	0	0	0.0	0	0	15.5	1139	0
2011-15	430	-13	146	11	-1.3	26.6	29.7	2118	-989
2016-20	502	-15	171	13	-1.9	26.7	30.4	2051	-950
2021-25	586	-18	209	16	-1.8	27.9	31.0	1954	-899
2026-30	562	-18	206	16	-1.6	28.6	31.5	1845	-843
2031-35	406	-13	153	12	-1.2	29.4	32.5	1767	-803
<b>Elektrizitätsnachfrage</b>									
2006-10	0	0	0	0.0	0.0	0.0	47.2	2746	0
2011-15	139	-10	109	9	-1.5	61.3	71.9	4322	-1441
2016-20	248	-18	198	16	-2.8	62.4	73.6	4633	-1544
2021-25	433	-32	346	27	-5.4	62.5	75.0	4808	-1603
2026-30	365	-28	286	22	-5.4	61.1	75.8	4911	-1637
2031-35	409	-31	320	25	-5.6	61.1	74.8	4846	-1615

Quelle: CEPE, Tabellen\_Schlussbericht\_28-1-07.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Anlegbare Kosten\für\_Almut\_Schlussbericht

## 7.2.2 BIP hoch

Die Sensitivitätsbetrachtungen für Szenario III sind von den Erkenntnissen der detaillierten Untersuchungen für Szenario IV abgeleitet.

Im Fall eines höheren Wirtschaftswachstums, Variante BIP\_hoch, kann in Analogie zur Variante 1 der BIP-Sensitivität von Szenario IV eine um +1.5% höhere Wärmenachfrage (aber deutlich

differenziert nach Energieträger und Heizsystem) und eine um +3.2% höhere Elektrizitätsnachfrage erwartet werden.

Tabelle 7-9 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2035, in Prozent pro Jahr; Variante III\_BIP\_hoch

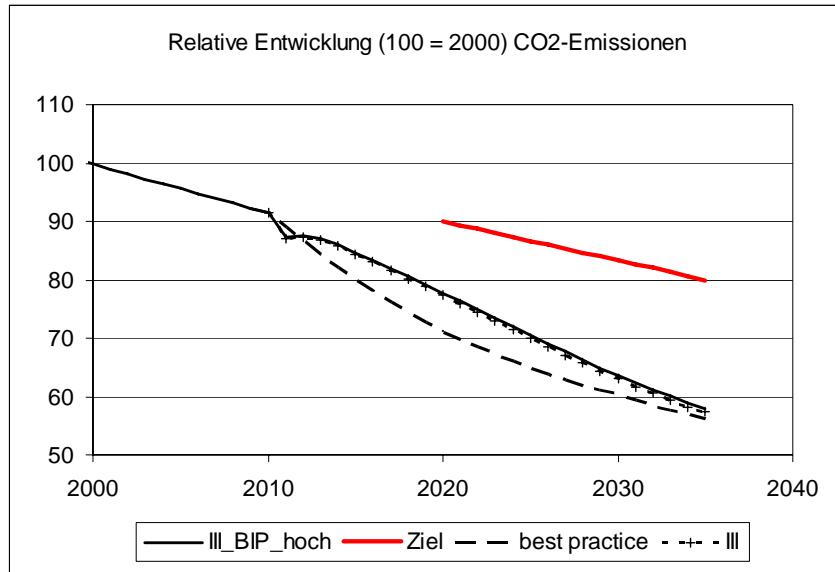
	Elektrizität	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	128.1
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	135.7
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	132.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	142.2
2010	66.7	43.1	24.3	7.7	3.6	0.2	0.0	145.5
2015	70.0	37.9	25.0	8.1	3.8	0.3	0.0	145.1
2020	72.3	33.0	25.3	8.6	4.1	0.3	0.0	143.7
2025	72.9	28.4	25.0	8.9	4.2	0.4	0.0	139.8
2030	73.5	24.3	24.4	9.1	4.2	0.5	0.0	135.9
2035	73.3	20.9	23.9	9.3	4.2	0.5	0.0	132.1
	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr
2005/35	0.6%	-2.7%	0.2%	0.9%	0.9%	4.3%	0.3%	-0.2%

Quelle: CEPE, Tab\_Fig\_SzIb\_EnergiemitHH-DL.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\Sensitivität\_III\III\_BIP\_hoch

Tabelle 7-10 Relative Veränderung gegenüber dem Szenario III\_Trend der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH-DL) in der Variante III\_BIP\_hoch

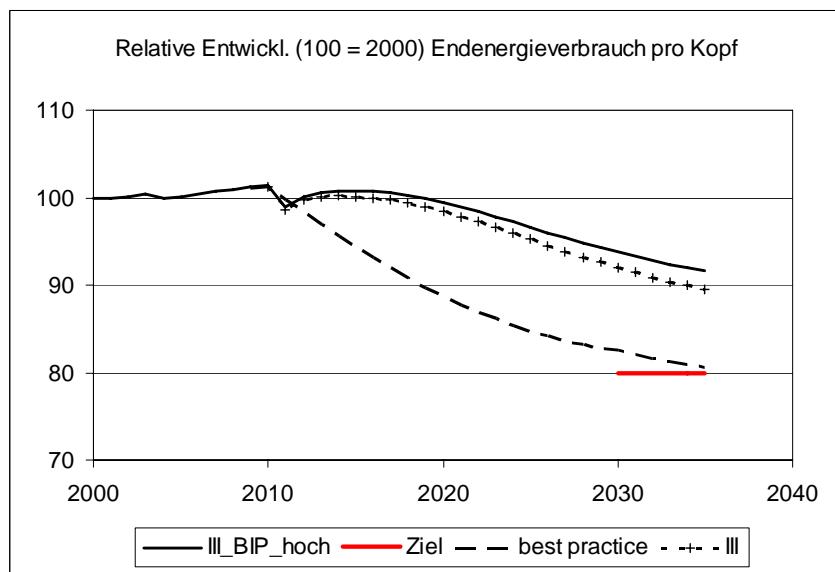
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
2005	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2010	0.3%	0.1%	0.2%	0.1%	0.2%	0.7%	0.0%	0.2%
2015	1.0%	0.2%	0.5%	0.3%	0.5%	2.0%	0.0%	0.6%
2020	1.5%	0.4%	0.7%	0.6%	0.8%	3.1%	0.0%	1.0%
2025	2.1%	0.6%	1.0%	0.9%	1.2%	4.1%	0.0%	1.5%
2030	2.6%	0.7%	1.3%	1.2%	1.6%	5.3%	0.0%	1.9%
2035	3.2%	1.0%	1.6%	1.6%	2.1%	6.5%	0.0%	2.4%

Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\Sensitivität\_III\III\_BIP\_hoch



Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\Sensitivität\_III\III\_BIP\_hoch

Figur 7-16 Vergleich der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Variante III\_BIP\_hoch mit der Entwicklung in III\_Trend, mit der Entwicklung bei der „best practice“ Potentialbetrachtung und mit der Zielvorgabe



Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\Sensitivität\_III\III\_BIP\_hoch

Figur 7-17 Vergleich der Entwicklung des Endenergieverbrauchs pro Kopf in der Variante III\_BIP\_hoch mit der Entwicklung in III\_Trend, mit der Entwicklung bei der „best practice“ Potentialbetrachtung und mit der Zielvorgabe (ohne Umweltwärme)

### 7.2.3 Preise hoch

Eine Variante Preise\_hoch durchzurechnen macht wenig Sinn, denn die Preise werden bei den Berechnungen von Szenario III mit Ausnahme der kurzfristigen Verhaltensänderungen nicht explizit berücksichtigt. Es kann aber gesagt werden, dass im Fall von höheren Energiepreisen die Zielerreichung tendenziell einfacher ist.

### 7.2.4 Klima wärmer

Die Sensitivitätsbetrachtungen für Szenario III sind von den Erkenntnissen der detaillierten Untersuchungen für Szenario IV abgeleitet.

Bei einer Erhöhung der durchschnittlichen Temperatur von +1 °C im Winter und +2 °C im Sommer dürfte die Wärmennachfrage um -10% abnehmen und die Elektrizitätsnachfrage um +6% zunehmen. Die angestrebte Reduktion des Endenergieverbrauchs pro Kopf ist etwas einfacher zu erreichen als ohne Klimaerwärmung und die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind deutlich niedriger als in der Trendvariante: -11% oder rund 5 Prozentpunkte tiefer relativ zu den Emissionen im Jahre 2000.

Tabelle 7-11 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2035, in Prozent pro Jahr; Variante III\_Klima\_wärmer

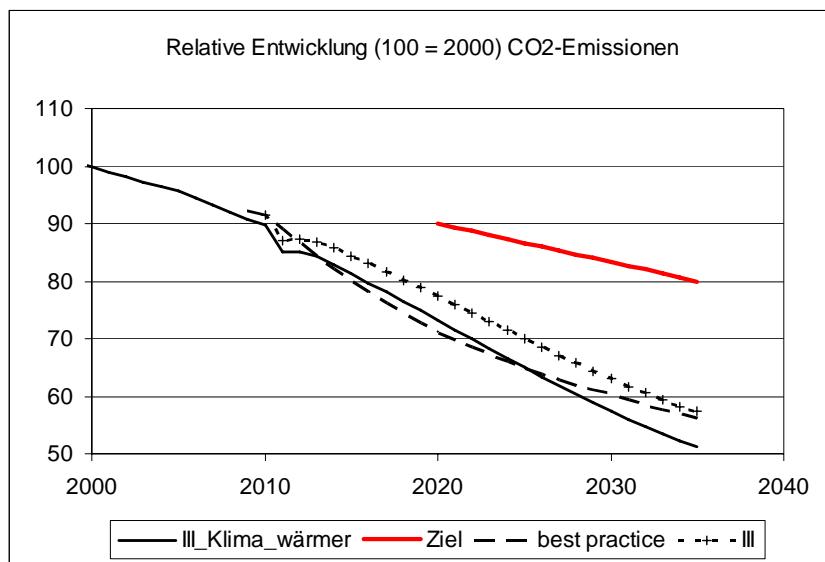
	Elektrizität	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr	PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	128.1
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	135.7
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	132.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	142.2
2010	67.2	42.2	23.7	7.6	3.5	0.2	0.0	144.4
2015	70.7	36.5	23.9	7.8	3.6	0.2	0.0	142.9
2020	73.4	31.2	23.7	8.2	3.8	0.3	0.0	140.6
2025	74.4	26.3	22.9	8.3	3.8	0.4	0.0	136.1
2030	75.4	22.0	21.9	8.3	3.8	0.4	0.0	131.8
2035	75.5	18.5	20.9	8.4	3.7	0.4	0.0	127.5
	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr
2005/35	0.7%	-3.1%	-0.2%	0.5%	0.5%	3.7%	0.3%	-0.4%

Quelle: CEPE, Tab\_Fig\_SzIb\_EnergiemitHH-DL.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\Sensitivität\_III\III\_Klima\_wärmer

Tabelle 7-12 Relative Veränderung gegenüber dem Szenario III\_Trend der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH->DL) in der Variante III\_Klima\_wärmer

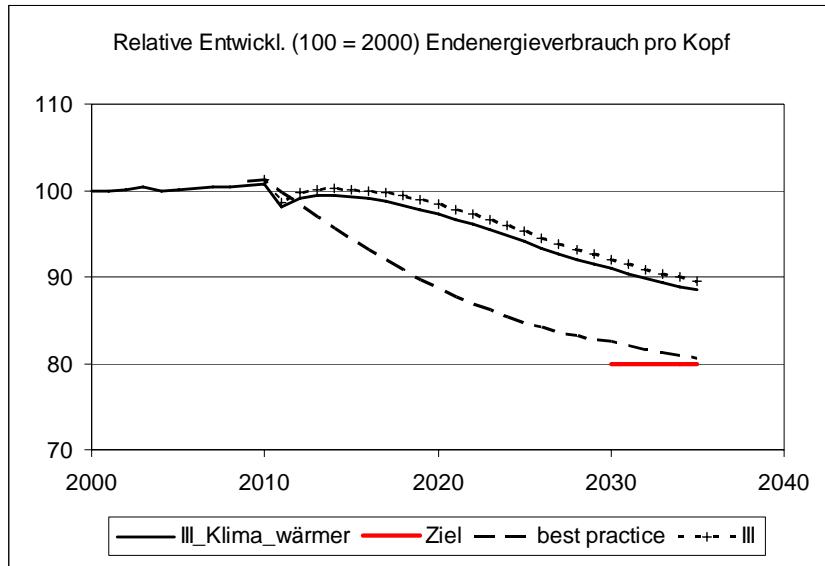
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
2005	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2010	1%	-2%	-2%	-1%	-2%	-2%	0%	-1%
2015	1.9%	-3.5%	-3.8%	-2.9%	-3.7%	-3.8%	0.0%	-0.9%
2020	3.0%	-5.3%	-5.6%	-4.3%	-5.5%	-5.6%	0.0%	-1.1%
2025	4.2%	-7.0%	-7.4%	-5.7%	-7.3%	-7.4%	0.0%	-1.2%
2030	5.2%	-8.7%	-9.2%	-7.1%	-9.0%	-9.2%	0.0%	-1.2%
2035	6.4%	-10.4%	-10.9%	-8.3%	-10.7%	-10.8%	0.0%	-1.1%

Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\Sensitivität\_III\III\_Klima\_wärmer



Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\Sensitivität\_III\III\_Klima\_wärmer

Figur 7-18 Vergleich der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Variante III\_Klima\_wärmer mit der Entwicklung in III\_Trend, mit der Entwicklung bei der „best practice“ Potentialbetrachtung und mit der Zielvorgabe



Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_III\Sensitivität\_III\III\_Klima\_wärmer

Figur 7-19 Vergleich der Entwicklung des Endenergieverbrauchs pro Kopf in der Variante III\_Klima\_wärmer mit der Entwicklung in III\_Trend, mit der Entwicklung bei der „best practice“ Potentialbetrachtung und mit der Zielvorgabe (ohne Umweltwärme)

### 7.3 Szenario III: Instrumente

Damit die im vorhergehenden Kapitel vorgestellte Ausschöpfung des „best practice“ Potentials realisiert wird, müssen die relevanten Akteure ihre Investitionsentscheide und ihr Verhalten ändern. Dazu tragen die neuen Rahmenbedingungen für Szenario III bei. Damit aber alle notwendigen Massnahmen ergriffen werden, sind weitere Anreize und Vorgaben notwendig. Im Szenario III handelt es sich dabei vorwiegend um staatliche Instrumente, wie Abgaben und Vorschriften. Im Folgenden werden für die Bereiche Wärme und Elektrizität die wichtigsten Massnahmen, z.B. Reduktion des Heizwärmebedarfs bei Neubauten, und die im Szenario dazu wichtigsten eingesetzten Instrumente, z.B. gesetzliche Vorschrift, stichwortartig aufgezählt und abschliessend in einer Tabelle synoptisch zusammengefasst.

#### Alle Bereiche

##### 1. Höhere Investitionen in Effizienzverbesserung.

Einführung einer Energieabgabe. Die Einführung dieser Abgabe wird durch eine umfassende Informationskampagne und durch Ausbildungs- und Motivationsprogramme begleitet.

##### 2. Verhaltensänderung: energieoptimales Verhalten, energieoptimierter Betrieb der Geräte und Anlagen und energieoptimierte Betriebsabläufe.

Energieabgabe; Informations- und Motivationsprogramme; Aus- und Weiterbildungsprogramme.

## **Wärmenachfrage**

1. *Neubauten:* Reduktion des Heizwärmebedarfs auf „best practice“ Niveau.

Die gesetzlichen Anforderungen werden in drei Stufen (mit jeweiliger Reduktion des maximal zulässigen Wärmebedarfs um 35%) auf das „best practice“ Niveau verschärft; straffe Umsetzung; zeitlich limitierte Förderprogramme; stetig angepasster „Minergielabel“, Energieausweis; Energieetikette; günstige Zinsen/Darlehen, innovative Finanzierungsmechanismen; Aus- und Weiterbildungsprogramme; Forschung+Entwicklung.

2. *Sanierungen:* Überführung von „Pinselsanierungen“ zu energetisch wirksamen Sanierungen und Verdoppelung der Energieeinsparungen bei den energetisch wirksamen Sanierungen.

Bewilligung für grössere bauliche Erneuerungen an gleichzeitige energetischer Sanierung gebunden; straffe Umsetzung; zeitlich limitierte Förder- und Anschubprogramme; Anpassungen bei Miet-, Steuer-, Bau-, Energierecht (Hemmnisabbau); stetig angepasster „Minergielabel“, Energieausweis; günstige Zinse/Darlehen, innovative Finanzierungsmechanismen; Aus- und Weiterbildungsprogramme; Forschung+Entwicklung.

3. *Neuinstallierte Heizsysteme:* beschleunigte Markteinführung- und Marktakzeptanz von effizienten Heizsystemen; Minimierung der Verteilverluste.

Minimalanforderung an Nutzungsgrade ab 2010; Aus- und Weiterbildungsprogramme; Forschung+Entwicklung.

4. *Energieträgeranteile:* beschleunigter Ersatz von Heizöl extraleicht durch andere Energieträger.

Informationskampagnen; zeitlich limitierte Förder- und Anschubprogramme; günstige Zinse/Darlehen, innovative Finanzierungsmechanismen; Aus- und Weiterbildungsprogramme; Forschung+Entwicklung.

## **Stromnachfrage**

1. *Neubauten:* Planung und Ausführung der neuen Gebäude entsprechend den Zielwerten der SIA 380/4-Empfehlung.

SIA-380/4 als Basis für Anforderung an Stromverbrauch in kantonalen Energiegesetzen; strikte Umsetzung; zeitlich limitierte Förder- und Anschubprogramme; Mindestanforderungen für Geräte, Komponenten und Anlagen; stetig angepasster „Minergielabel“; Energieausweis; Energieetikette; günstige Zinse/Darlehen, innovative Finanzierungsmechanismen; Aus- und Weiterbildungsprogramme; Forschung+Entwicklung.

2. *Sanierungen:* Effizienzverbesserungen entsprechend den Grenzwerten der SIA 380/4-Empfehlungen.

Bewilligung für grössere bauliche Erneuerungen an gleichzeitige energetischer Sanierung gebunden; SIA-380/4 als Basis für Anforderung an Stromverbrauch in kantonalen Energiegesetzen; strikte Umsetzung; Anpassungen bei Miet-, Steuer-, Bau-, Energierecht (Hemmnisabbau); zeitlich limitierte Förder- und Anschubprogramme; Mindestanforderungen für Geräte, Komponenten und Anlagen; stetig angepasster „Minergielabel“; Ener-

gieausweis; Energieetikette; günstige Zinse/Darlehen, innovative Finanzierungsmechanismen; Aus- und Weiterbildungsprogramme; Forschung+Entwicklung.

Tabelle 7-13 Massnahmenbereiche und Instrumente, die in den verschiedenen Bereichen eingesetzt werden um das „best practice“ Potential möglichst breit auszuschöpfen.

	Wärmenachfrage					Wärme- und Stromnachfrage	Stromnachfrage		
	Neubauten	Sanierungen	Nutzungsgrad Heizsysteme	Anteile Energieträger Neubauten	Substitution Energieträger		Neubauten	Sanierungen	Geräte
Energieabgabe	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Technologieförderung	X	X					x	x	x
Anschubprogramme	X	X					x	X	X
Gesetzliche Anforderungen (GA) für Wärmebedarf Neubauten und Sanierungen	X	x							
GA Nutzungsgrade Heizsysteme			x						
GA Elektrizitätsbedarf Neubauten und Sanierungen							x	x	x
GA Geräte, Motoren, Beleuchtung, Anlagen									x
Informations-/Motivationskampagnen	X	X	x	X	x	x	x	x	X
Aus-, Weiterbildungsprogramme	X	x	x	x	x	x	x	x	x
Energieetikette			x						x
Dynamischer Minigelabel	x	x	x	x	x		x	x	x
Energieausweis	x	x					x	x	
günstige Zinse/darlehen	x	x	x				x	x	x
innov. Finanzierungsmodelle	x	x	x				x	x	x
Contracting	x	x	X	X	X		x	x	x
F+E	X	X	X				x	x	x
Demoprojekte	X	X	X				x	x	x
Anpassungen in Miet-, Steuer-, Bau- und Energierecht (Hemmnisabbau)	x	x	x				x	x	

Quelle: CEPE, Kreuztabelle\_Massnahmen-Instrumente\_\_23-5-06.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Berichte\SzenarienIII+IV

## 8 Szenario IV: Energienachfrage

Die technische Machbarkeit der 2000-Watt-Gesellschaft wurde bereits an anderer Stelle gezeigt (Jochum, 2004). Im Szenario IV geht es darum einen Weg aufzuzeigen, wie diese Richtungsänderung bis 2035 eingeleitet werden kann. Dazu wurden von der Projektleitung die folgenden Ziele gesetzt, die von den Verbrauchersektoren bis 2020 und 2035 erreicht werden sollen:

- Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber den Emissionen im Jahre 2000 um -20% in 2020 und -35% in 2035,
- Reduktion der Endenergiennachfrage pro Person gegenüber der Nachfrage im Jahre 2000 um -35% im Jahre 2035.

Im Folgenden werden der Szenariorahmen, die Modellinputs, die Massnahmen und die einzusetzenden Instrumente vorgestellt, welche für eine Zielerreichung notwendig sind. Dabei handelt es sich um einen von mehreren möglichen Wegen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte aber nicht auf alternative Entwicklungen eingegangen werden, die langfristig ebenfalls eine 2000-Wattgesellschaft ermöglichen.

Die Zielvorgaben für das Szenario IV sind mit Reduktionen im Jahre 2035 bezogen auf das Referenzjahr 2000 von jeweils -35% für die CO<sub>2</sub>-Emissionen und für die Endenergiennachfrage pro Person nochmals deutlich anspruchsvoller als im Szenario III (-20%). Das Szenario IV musste dementsprechend prägnanter ausgestaltet werden.

Auf globaler Ebene rücken Klimaschutz, Energieeffizienz und die Abkehr von fossilen Energien weit nach oben auf der Prioritätenliste. Die industrialisierten Länder starten eine eigentliche Technologieoffensive zur beschleunigten Umsetzung von zielführenden Effizienztechnologien und angesichts der absehbaren Bedrohungen der Klimaänderung und der unsicheren Versorgung mit fossilen Energien verändern sich gewisse Prioritäten (Investitionskriterien, Präferenzen). Die bereits im Szenario II thematisierte „verstärkte Zusammenarbeit“ aller für einen Energiewandel relevanten Akteure kommt auf globaler und nationaler Ebene voll zum Tragen. Die im Szenario III vorwiegend hoheitlichen Energieprogramme erfahren eine breite Akzeptanz und Unterstützung durch die Privatwirtschaft und die Zivilgesellschaft.

Dieser Wertewandel und die verstärkte Zusammenarbeit führen einerseits zu einer beschleunigten und verstärkten Ausschöpfung der in Szenario III bestimmten „best-practice“ Potenziale. Andererseits werden auf breiter Basis Betriebsoptimierungen durchgeführt, welche zusätzliche dauerhafte Effizienzverbesserungen von rund 10% bringen.

Die globale Technologieoffensive mit dem primären Ziel die natürlichen Ressourcen effizienter einzusetzen führt insbesondere durch schnelle Kostendegressionen zur beschleunigten Markteinführung von neuen Effizienztechnologien, aber - mittelfristig wichtiger – vor allem auf einen auf Energieeffizienz orientierten Einsatz der heutigen Technologien (siehe z.B. Anhang 7).

Der Ersatz der fossilen Energien wird ideell noch etwas höher gewichtet als in den übrigen Szenarien (inklusive Szenario III), aber faktisch wirkt sich die höhere Abgabe auf Elektrizität deutlich dämpfend aus. Erdgas nimmt zwar noch etwas stärker ab als im Szenario III, bleibt aber wichtigster Energieträger sowohl bei den Neubauten wie als Substitut von Heizöl bei Sanierungen. Die Gewinner sind die erneuerbaren Energien, wobei die elektrischen Wärmepumpen gegenüber Szenario III infolge der verdoppelten Abgabe auf Strom einen kleinen Rückschlag er-

leiden. Im Vergleich zur Effizienzverbesserung sind diese Substitutionsbewegungen aber immer noch wenig offensiv.

Erstmals werden im Szenario IV auch die in den übrigen Szenarien gültigen Rahmendaten hinterfragt. Die im Rahmen einer Delphi-Untersuchung (Kirchner et al., 2006) als plausibel qualifizierte „Virtualisierung“ der Arbeitswelt wird im Dienstleistungssektor mittels einer Reduktion der durchschnittlichen Energiebezugsfläche pro vollzeitbeschäftigte Person implementiert.

Die Ausschöpfung der „best practice“ Potenziale wird in Szenario IV im Wesentlichen mit denselben hoheitlichen Massnahmen und Instrumenten wie in Szenario III angegangen: Energieabgabe, energetische Anforderungen an Gebäude, Geräte und elektro-technische Anlagen, sowie Umsetzungs- und Anschubprogramme. Näher betrachtet gibt es aber beträchtliche Unterschiede.

In Szenario IV wird für die Energiepreise die Variante „Preise\_hoch“ unterstellt. Die relativen Veränderungen der Energiepreise infolge der Energieabgabe beziehen sich auf diese höheren Preise. Die Energieabgabe wird so angepasst, dass die Verteuerung der Elektrizität und der Fernwärme für den Endkonsumenten mit +100% das Niveau der Verteuerung der fossilen Energieträger erreicht. Für die übrigen Energieträger bleibt die Abgabenhöhe wie im Szenario III. Eine direkte Folge der Strompreisversteuerung ist ein Rückgang der Bedeutung der elektrischen Wärmepumpen gegenüber Szenario III.

Die globale Technologieinitiative führt zu einer beschleunigten Effizienzverbesserung bei den Fenstern, bei den Geräten, bei der Beleuchtung und bei den zentralen Elektroanlagen, was zu reduzierten Wärmeabgaben und damit zu tieferen Kühllasten führt. Die Zielwerte der SIA 380/4 Empfehlungen werden stetig an diese Entwicklungen angepasst. Im Jahre 2035 liegen die Zielwerte für die meisten Stromanwendungen um knapp 15% tiefer als im Szenario III; für die Arbeitshilfen und zentralen Dienste beträgt die Reduktion sogar über 30%.

Die Umsetzungs- und Anschubprogramme aus Szenario III werden zusammen mit der Wirtschaft und der Zivilgesellschaft zu umfassenden Energieeffizienzprogrammen ausgebaut, wobei die Reduktion der Transaktionskosten und Marketing-Massnahmen ergänzt durch ein System von Anreizen - wie im Szenario II beschrieben - im Zentrum stehen. Ein Aus- und Weiterbildungsprogramm „Elektrizität“ mit Fokus auf Sanierung/Erneuerung der Anlagen in bestehenden Gebäuden ergänzt durch punktuelle in der Zeit limitierte Förderprogramme für diesen Bereich führt im Vergleich zum Szenario III zu einer markanten Steigerung der Sanierungseffizienz im Elektrizitätsbereich.

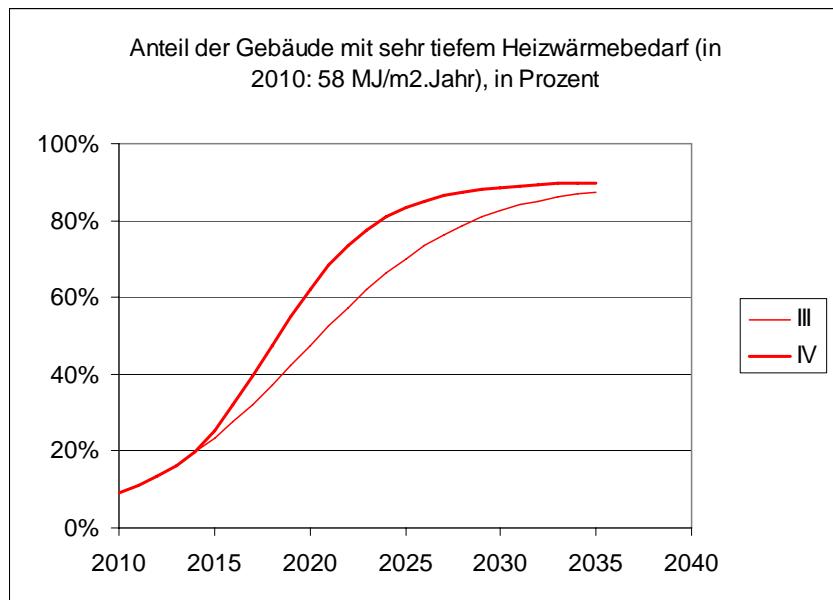
Das „Commitment“ der Wirtschaft und der Zivilgesellschaft führt in allen Bereichen zu einer deutlich beschleunigten und umfassenderen Umsetzung der Massnahmen und zu einem besseren Vollzug der hoheitlichen Vorgaben.

Ein wesentliches Element des von allen Akteuren mitgetragenen Energieeffizienzprogramms ist die Betriebsoptimierung (BO). Das Konzept entspricht demjenigen von Szenario II mit der öffentlichen Hand als Vorreiter und einem umfassenden Angebot an Anreizen (z.B. Erfolgsgarantie) und Finanzierungsangeboten. Im Vergleich zu Szenario II wird das BO-Programm auch auf kleinere Gebäude (400-2000 m<sup>2</sup>), welche immerhin einen Anteil von etwas über 10% an der gesamten Energiebezugsfläche des Dienstleistungssektors haben, ausgedehnt und die erwartete 10%-Einsparung von Wärme und Strom wird von 75% (50% in Szenario II) der Kandidaten erreicht. Längerfristig wird die Betriebsoptimierung durch den gezielten Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) zur energieeffizienten Überwachung, Steuerung und Regulierung ergänzt und auf den gesamten Dienstleistungssektor ausgedehnt.

## 8.1 Szenario IV: Massnahmen

### Wärmenachfrage

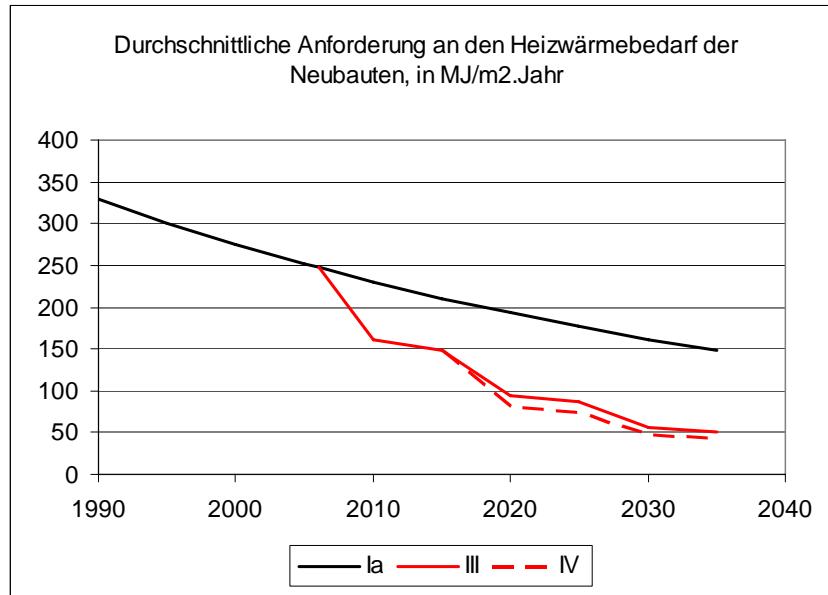
**Neubauten:** Der Anteil der Gebäude mit sehr tiefem Heizwärmebedarf (in 2010: 58 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr) steigt deutlich schneller als im Szenario III, nämlich von 10% in 2010 auf 62% in 2020 und 89% in 2030 (Figur 8-1). Die unterstellte Diffusionszeit bis zur Sättigung beträgt nur mehr 40 Jahre. Im Szenario III waren es noch 60 Jahre<sup>48</sup>. Die unterstellten gesetzlichen Anforderungen an den Heizwärmebedarf sind gegenüber Szenario III nur wenig verschärft (Figur 8-2). Der grosse Unterschied liegt darin, dass die hoheitlichen Vorgaben von der Wirtschaft und von der Zivilgesellschaft mitgetragen werden und damit der Vollzug deutlich beschleunigt wird.



Quelle: CEPE, Inputs\_III\_7-2-06.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario III

Figur 8-1 Anteil der Neubauten, welche in den Szenarien III und IV den „best practice“ Heizwärmebedarf (in 2010 = 58 MJ/m<sup>2</sup>.Jahr) erreichen.

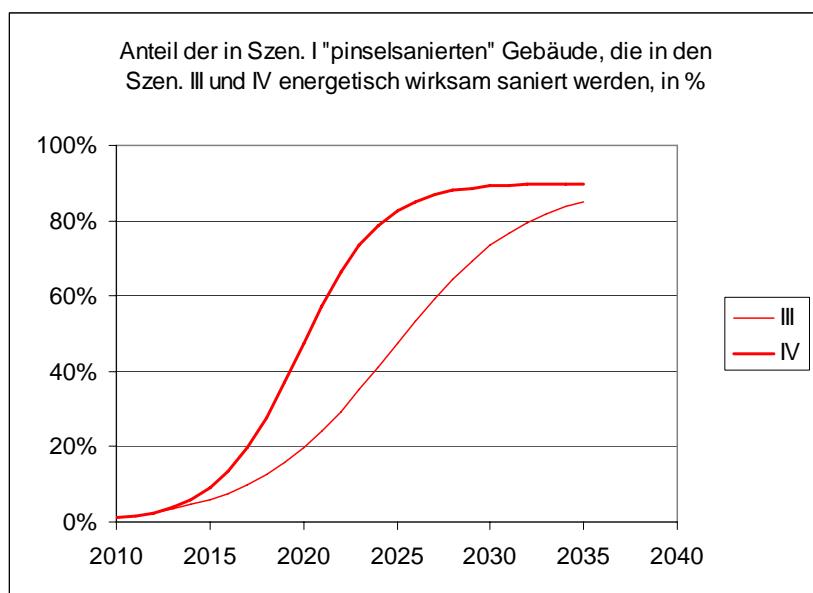
<sup>48</sup> Eine Zusammenstellung der in den verschiedenen Bereichen verwendeten Diffusionskurven findet sich in Tabelle 8-4.



Quelle: CEPE, Wärmestandards\_III+IV\_13-2-06.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario III

Figur 8-2 Durchschnittliche hoheitliche Anforderungen an den Heizwärmebedarf der Neubauten in der Schweiz in den Szenarien I, III und IV

*Sanierungen:* Wie im Szenario III wird ab 2010 von einer Verdoppelung der durchschnittlichen Energieeinsparung im Szenario I\_Trend ausgegangen (hohe Energiepreise); aber der Anteil der Pinselsanierungen im Szenario I\_Trend, die eine energetisch wirksame Sanierung vornehmen ist im Szenario IV deutlich höher als in Szenario III. Dieser Anteil steigt von 0% in 2010 auf 47% in 2020 und 89% in 2030 (Figur 8-3). Die Diffusionszeit bis zur Sättigung ist mit 30 Jahren deutlich kürzer als die 50 Jahre in Szenario III.



Quelle: CEPE, Inputs\_III\_7-2-06.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario III

Figur 8-3 Anteil, der im Szenario I bei der Erneuerung/Instandhaltung nicht energetisch wirksam sanierten Gebäude, welche in den Szenarien III und IV energetisch wirksam saniert werden.

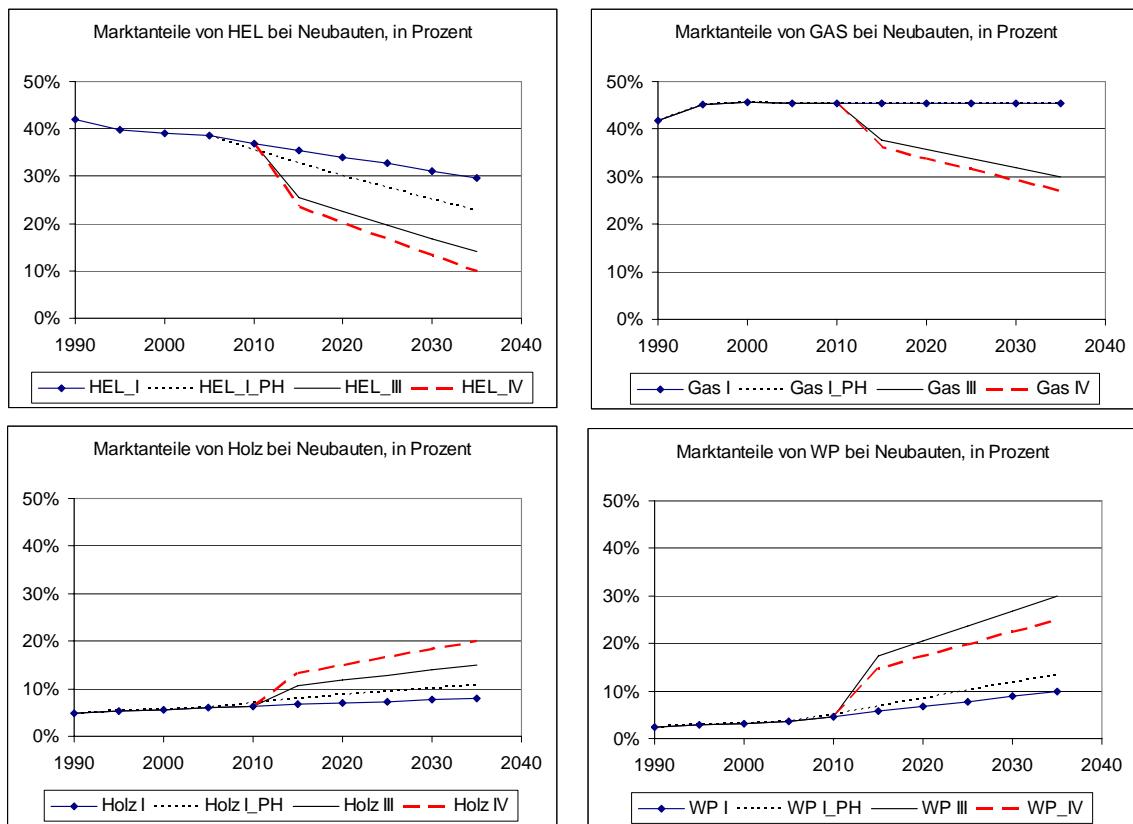
**Energieträgeranteile:** Die Marktanteile (gemessen in Flächenanteilen) der fossilen Energieträger nehmen bei den Neubauten drastisch ab. Von heute rund 40% sinkt der Anteil von Heizöl extraleicht bis 2035 auf 10%. Erdgas verliert fast die Hälfte der Anteile (Tabelle 8-1). Die grossen Gewinner sind die Fernwärme (Verdoppelung), Holz (Vervierfachung) und vor allem die elektrischen Wärmepumpen und die Solarwärme (beide mit acht mal höheren Anteilen als heute). Dieser erstmalige Durchbruch der „Kleinen“ ist insbesondere beim Vergleich der Marktanteile in den verschiedenen Szenarien offensichtlich (Figur 8-4). Unter Fernwärme wird auch die Erdwärme gezählt die mit oder ohne Einsatz von Wärmepumpen über Fernwärmennetze genutzt wird. Das Wachstum der elektrischen Wärmepumpen wird im Anhangband vertieft diskutiert. Die Anteile der Solarwärme sind eine vereinfachte Darstellung der zunehmenden Bedeutung von Solarwärme zur Bereitstellung von Warmwasser und als Zusatzsystem zu herkömmlichen Heizsystemen.

Nach 2010 wird der Ersatz von Heizöl extraleicht in bestehenden Gebäuden durch andere Energieträger und Heizsysteme deutlich beschleunigt. Pro Jahr werden 2% der mit Heizöl beheizten Flächen umgerüstet. Im Szenario I liegen die entsprechenden Substitutionsraten bei 1.2%/Jahr; in Szenario III liegen sie bei 1.6%/Jahr. Auch hier verliert Erdgas, wie bereits im Szenario III, seine dominierende Stellung als Substitut von Heizöl. Von fast 60% im Szenario I reduziert sich sein Anteil im Szenario IV bis 2035 auf 35% (Tabelle 8-2). Die Gewinner sind hier in erster Linie die elektrischen Wärmepumpen, Holz und die Solarwärme.

Tabelle 8-1 Anteile der Energieträger/Heizsysteme an den Energiebezugsflächen des Gebäudebestandes im Jahre 1985 und der neu erstellten Gebäuden ab 1985, Szenario IV

	HEL %	Gas %	El. %	Holz %	Kohle %	FW %	WP %	Solar %
Bestand 85	71.0	15.7	5.8	4.2	0.0	2.9	0.4	0.0
Neubauten, Baujahr								
1985	41.9	41.8	4.1	4.8	0.0	3.9	2.5	1.0
1990	41.9	41.8	4.1	4.8	0.0	3.9	2.5	1.0
1995	39.8	45.1	1.3	5.2	0.0	4.8	2.8	1.0
2000	39.1	45.6	0.7	5.6	0.0	4.9	3.1	1.0
2005	38.5	45.5	0.5	6.0	0.0	5.0	3.6	1.0
2010	37.0	45.5	0.4	6.3	0.0	5.0	4.6	1.2
2015	23.5	36.1	0.3	13.2	0.0	7.5	14.8	4.6
2020	20.1	33.8	0.2	14.9	0.0	8.1	17.4	5.4
2025	16.7	31.6	0.2	16.6	0.0	8.8	19.9	6.3
2030	13.4	29.3	0.1	18.3	0.0	9.4	22.5	7.1
2035	10.0	27.0	0.0	20.0	0.0	10.0	25.0	8.0

Quelle CEPE, MA\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cope\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare



Quelle: CEPE, Energieträger\_Anteile\_Neu\_Inputs\_Runs-August-06.xls,  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

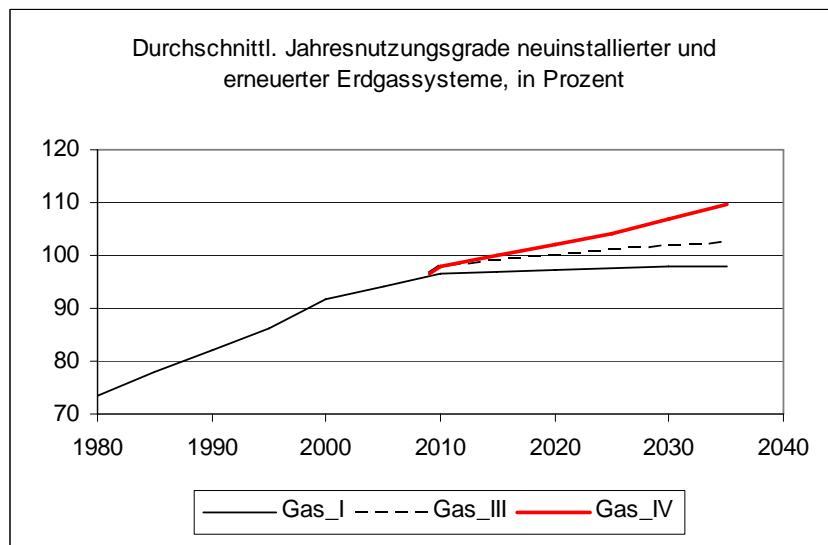
Figur 8-4 Anteile der wichtigsten Energieträger/Heizsysteme an den Energiebezugsflächen der neu erstellten Gebäuden in den Szenarien I, III und IV, sowie in der Szenariovariante I\_Preise\_hoch (I\_PH). Bei den elektrischen Wärmepumpen (WP) sind die elektrischen Wärmepumpen, welche in einem Fernwärmennetz genutzt werden, nicht enthalten.

Tabelle 8-2 Anteile der Energieträger/Heizsysteme an der Energiebezugsfläche, die mit HEL beheizt wurde und durch einen neuen Energieträger/Heizsystem ersetzt werden, Szenario IV

Von HEL nach	HEL	Erdgas	El.	Holz	Kohle	FW	WP	Solar
	%	%	%	%	%	%	%	%
1995	0	70.9	4.7	16.0	0	6.8	1.6	0.1
2000	0	60.9	4.8	22.0	0	9.6	2.6	0.1
2005	0	59.9	3.6	22.0	0	9.6	4.8	0.1
2010	0	59.8	2.4	22.0	0	9.6	6.0	0.3
2015	0	47.9	1.0	26.0	0	10.0	13.0	2.1
2020	0	44.7	1.0	27.0	0	10.0	14.8	2.6
2025	0	41.4	1.0	28.0	0	10.0	16.5	3.1
2030	0	38.2	1.0	29.0	0	10.0	18.3	3.5
2035	0	35.0	1.0	30.0	0	10.0	20.0	4.0

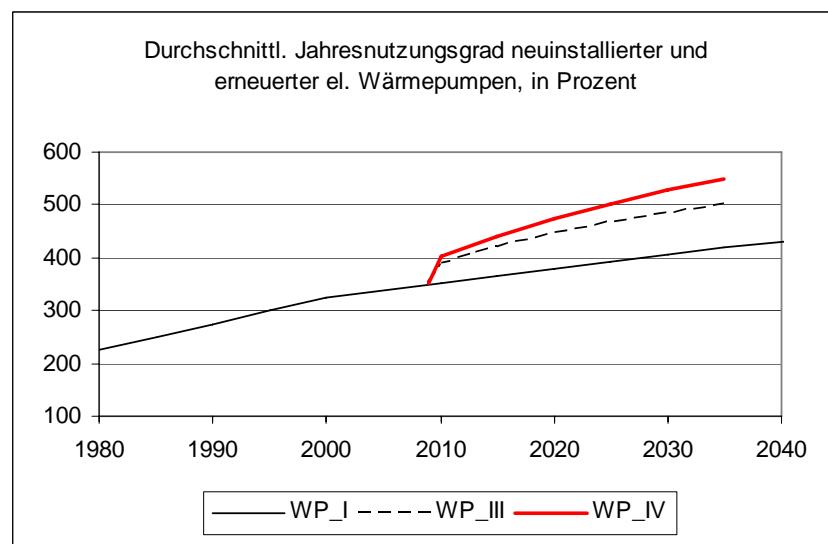
Quelle CEPE, Subst\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

*Neuinstallierte Heizsysteme:* Die Nutzungsgrade der Heizsysteme sind mit Ausnahme der Erdgassysteme und der elektrischen Wärmepumpen dieselben wie im Szenario III. Bei der Nutzung von Erdgas werden vermehrt Wärmepumpen eingesetzt. Ihr Anteil steigt bis 2035 auf 20% und der Jahresnutzungsgrad der neu installierten Systeme steigt von 130% in 2010 auf 150% in 2035. Der durchschnittliche Nutzungsgrad aller mit Erdgas betriebenen Heizsysteme steigt dadurch merklich an (Figur 8-5). Die Marktanteile der elektrischen Wärmepumpen liegen infolge der höheren relativen Strompreise etwas unter den Annahmen im Szenario III. Noch vermehrt als in Szenario III werden sehr effiziente Wärmepumpen eingesetzt, was zu einer deutlichen Steigerung der Jahresnutzungsgrade aller neu installierten Wärmepumpen führt (Figur 15.8).



Quelle: CEPE, Kopie\_Neue\_Inputs\_21.9.04.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\AG-Sitzung\_16-2-06

Figur 8-5 Durchschnittliche Jahresnutzungsgrade der neu installierten Erdgas-Heizsysteme in Neu- und Altbauten: Szenario I, Szenario III und Szenario IV



Quelle: CEPE, ETA\_WP\_IV\_2.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario IV

Figur 8-6 Durchschnittliche Jahresnutzungsgrade von neu installierten Heizsystemen in Neu- und Altbauten: Szenario I, Szenario III und Szenario IV

## Stromnachfrage

Im Gegensatz zu den Modellinputs für Neubauten und Sanierungen im Wärmebereich, für welche in Szenario IV eine simple Beschleunigung der für Szenario III angenommenen Ausschöpfung des „best practice“ Potentials angenommen wurde, werden für die Neubauten und Sanierungen im Elektrizitätsbereich deutlich komplexere Annahmen getroffen. Damit wird gewährleistet, dass die Auswirkung der dem Szenario IV unterstellten globalen Technologieoffensive im Szenario IV berücksichtigt werden kann. Die bei der Vorbereitung von Szenario III definierten „best practice“ Potentiale sind dazu zu wenig ambitioniert. In Szenario IV werden zum Teil Effizienzverbesserungen unterstellt, die deutlich über die in Kapitel 7.1 definierten „best practice“ Potentiale hinausgehen.

**Neubauten:** Die globale Technologieoffensive führt generell zu einer beschleunigten Effizienzverbesserung bei allen Elektrizitätsanwendungen: die Zielwerte für die SIA 380/4-Anwendungen bei Neubauten reduzieren sich demzufolge im Szenario IV um -2%/Jahr (-1.5%/Jahr im Szenario III). Die globale Technologieoffensive bringt aber bereits sehr kurzfristig deutliche Effizienzverbesserungen bei den Arbeitshilfen und bei den zentralen Diensten. In diesen Bereichen ist die Energieeffizienz in der Schweiz weit stärker an Entwicklungen im Ausland gekoppelt, als das bei den Anwendungsfeldern Beleuchtung und Klima/Lüftung der Fall ist, wo die Integration der Komponenten in ein ganzes System eine mindestens ebenso grosse Bedeutung hat, wie die Komponenten selbst. Bei den erwähnten Verbesserungen in den Bereichen Arbeitshilfen und zentrale Dienste handelt es sich weitgehend um ein Nachziehen der Effizienzverbesserungen, die in den Bereichen Beleuchtung und Klima/Lüftung bereits im Szenario III erfolgt sind (Tabelle 8-3).

Der Anteil der neuen Gebäude, die in Szenario IV diese verschärften Zielwerte erreichen sind ebenso gross wie die Anteile in Szenario III mit den weniger ambitionierten Zielwerten.

Tabelle 8-3 Zielwerte für den spezifischen Stromverbrauch von Neubauten in den Szenarien III und IV relativ zu den Grenzwerten 2010 im Szenario I

	2010	2015	2020	2025	2030	2035
<b>Szenario III</b>						
Arbeitshilfen	0.80	0.74	0.69	0.64	0.59	0.55
Zentrale Dienste	0.80	0.74	0.69	0.64	0.59	0.55
Beleuchtung	0.70	0.65	0.60	0.56	0.52	0.48
Klima/Lüftung	0.60	0.56	0.52	0.48	0.44	0.41
Haustechnik	0.80	0.74	0.69	0.64	0.59	0.55
Elektrowärme	0.80	0.74	0.69	0.64	0.59	0.55
<b>Szenario IV</b>						
Arbeitshilfen	0.60	0.54	0.49	0.44	0.40	0.36
Zentrale Dienste	0.60	0.54	0.49	0.44	0.40	0.36
Beleuchtung	0.70	0.63	0.57	0.52	0.47	0.42
Klima/Lüftung	0.60	0.54	0.49	0.44	0.40	0.36
Haustechnik	0.80	0.72	0.65	0.59	0.53	0.48
Elektrowärme	0.80	0.72	0.65	0.59	0.53	0.48

Quelle CEPE; Inputs\_III\_7-2-06.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario III

**Sanierungen:** Der verwendete Modellansatz ist ganz ähnlich wie in Szenario I. Die Einsparungen bei einer Sanierung im Szenario IV sind proportional zu den Einsparungen bei den durchschnitt-

lichen Neubauten im Szenario IV. Einzig der Proportionalitätsfaktor ist unterschiedlich: im Szenario I werden bei den Sanierungen 50% der Einsparungen bei den Neubauten erreicht; hier sind es anfänglich ebenfalls 50%, aber nach 2020 liegt dieser Anteil bei 75%. Die Diffusionszeit für diesen Übergang beträgt wie im Szenario III 20 Jahre. Gegenüber Szenario III sind die angenommenen Verbesserungen ganz gewaltig. In III werden 75% der Einsparungen bei den Neubauten im Szenario I (!) erreicht; hier im Szenario IV sind es 75% der Einsparungen bei den Neubauten im Szenario IV.

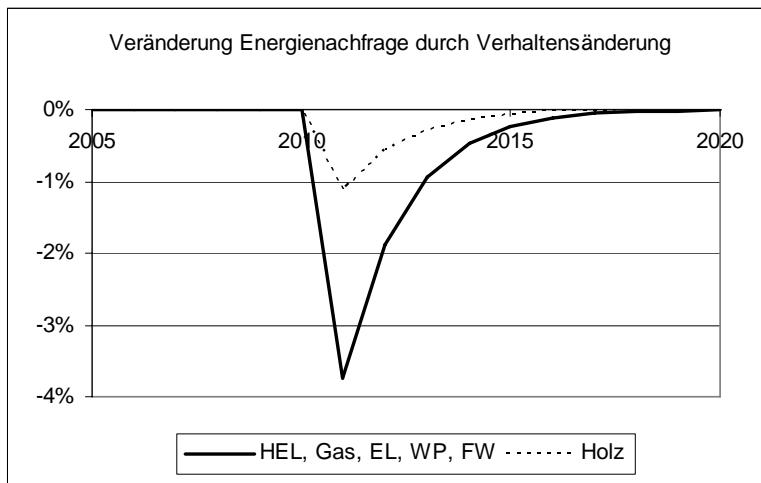
Tabelle 8-4 Zusammenfassung der in den Szenarien III und IV eingesetzten Diffusionskurven

		Szenario	Startjahr	Startwert	Diffusionszeit (bis zur Sättigung)	Sättigungswert
<b>Wärme</b>	Anteil "best practice" Neubauten	III	1990	0%	60	90%
		IV	1998	0%	40	90%
	Anteil Pinselsanierungen in Szenario I, die energetisch wirksame "best practice" Sanierung erfahren	III	2000	0%	50	90%
		IV	2005	0%	30	90%
	Anteil Neubauten, die Zielwert erreichen	III	2010	50%	20	90%
	Anteil Neubauten, die <b>verschärften</b> Zielwert erreichen	IV	2010	50%	20	90%
	Anteil der Einsparungen der Neubauten in <b>Szenario I</b> , der bei Sanierungen erreicht wird	III	2010	50%	20	75%
	Anteil der Einsparungen der Neubauten in <b>Szenario IV</b> , der bei Sanierungen erreicht wird	IV	2010	50%	20	75%

Quelle CEPE; Zusammenfassung\_Diffusion\_3-6-06.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Berichte\Szenario\_III

### Verhaltensänderung, Betriebsoptimierung und Einsatz neuer Technologien

*Kurzfristige Verhaltensänderung:* Durch die Verteuerung der Elektrizität um +100% - im Szenario III betrug sie nur +50% - werden im Elektrizitätsbereich kurzfristig dieselben Energieeinsparungen erreicht wie bei den fossilen Energien (Figur 8-7).

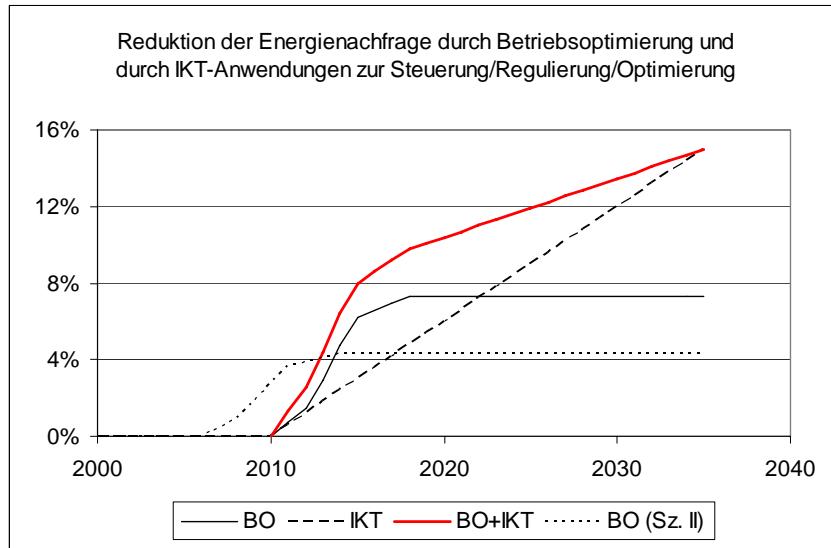


Quelle: CEPE, Kurzfristig\_Verhalten\_IV\_korr-korr\_16-8-06.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\SzIV\_16-8-06

Figur 8-7 Verhaltensbedingte Einsparungen beim Einsatz der verschiedenen Energieträger/Heizsysteme als Reaktion auf die Einführung der Energieabgabe im Jahre 2010, die im Szenario IV eine Erhöhung der Konsumentenpreise zwischen 100% (fossile Energieträger, Elektrizität und Fernwärme) und 30% (Holz) bedeutet

*Betriebsoptimierung:* Wie im Szenario II „Verstärkte Zusammenarbeit“ nehmen wir auch für Szenario IV an, dass ein umfassendes Betriebsoptimierungsprojekt erfolgreich durchgeführt wird. Die spezifischen Energieeinsparungen liegen bei den Wärme- und bei den Elektrizitätsanwendungen bei -10%. Im Gegensatz zu Szenario II werden auch kleinere Objekte mit einer Fläche von 400-2000 m<sup>2</sup> einbezogen und für die Beteiligungs-/Erfolgsquote wird eine Steigerung von 50% in Szenario II auf 75% in Szenario IV angenommen. Die resultierenden Energieeinsparungen liegen in Szenario IV aus diesen zwei Gründen deutlich über denjenigen im Szenario II (BO und BO (Sz II) in Figur 8-8).

Im Szenario IV kommt nun hinzu, dass die Informations- und Kommunikationstechnologien gezielt zur Ressourcenschonung und zur Effizienzverbesserung eingesetzt werden. Experten bestätigten in einer speziell für die Ausgestaltung von Szenario IV durchgeführten Befragung (Kirchner, 2006), dass sich durch eine auf Energieeffizienz ausgerichtete Steuerung/Regulierung/Optimierung von Geräten, Anlagen, Systemen und Betriebsabläufen rund 15% Energieeinsparungen erzielen lassen. Wir gehen davon aus, dass sich diese Optimierung mittels IKT im Dienstleistungssektor bis 2035 flächendeckend durchsetzt (IKT in Figur 8-8) und nach und nach die traditionelle Betriebsoptimierung ergänzt und verbessert (BO+ IKT in Figur 8-8).



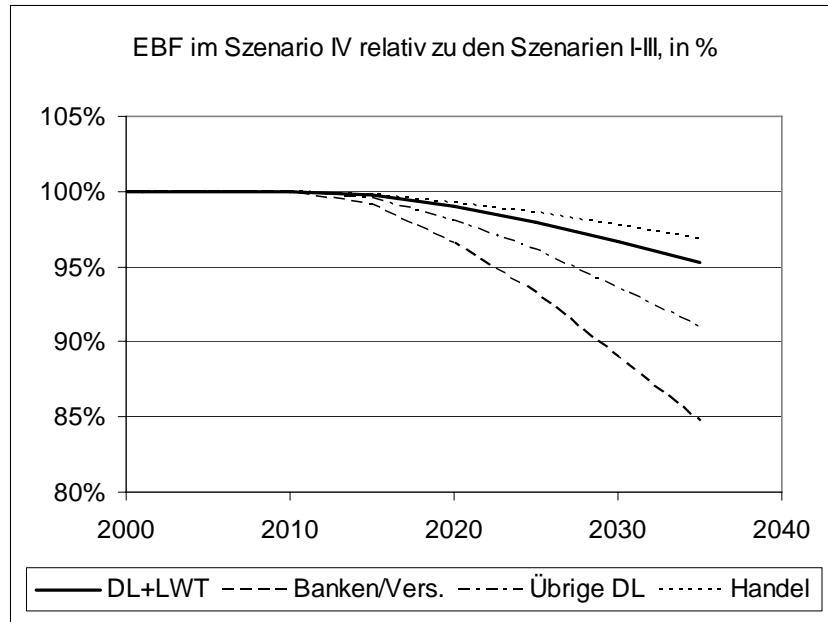
Quelle: CEPE, BO\_simple\_IV\_9-2-06.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario IV

Figur 8-8 Reduktion der Energienachfrage durch traditionelle Betriebsoptimierung (BO) und durch gezielte IKT-Anwendung zur Steuerung/Regulierung/Optimierung (IKT) von Anlagen, Systemen und betrieblichen Abläufen, im Szenario IV

*Einsatz neuer Technologien:* Aus der erwähnten Expertenbefragung (Kirchner et al., 2006) berücksichtigen wir hier verschiedene energierelevante Auswirkungen durch den gezielten Einsatz von neuen Technologien zur Ressourcenschonung und zur Energieeffizienzverbesserung.

Bei den Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) handelt es sich einerseits um die Auswirkung einer auf Energieeffizienz ausgerichteten Steuerung, Regulierung und Optimierung von Geräten, Anlagen, Systemen und Betriebsabläufen. Diese Anwendungen wurden im obigen Abschnitt Betriebsoptimierung behandelt. Bei der zweiten sehr viel komplexeren Frage geht es um die Auswirkung von IKT auf die Ausgestaltung und Organisation der Büroarbeitswelt und insbesondere auf den effizienten Umgang mit der Ressource „Bürofläche“. Aus der Umfrage resultierte, dass sich der Flächenbedarf pro Vollzeitäquivalent Beschäftigte in den Büros infolge „Virtualisierung der Arbeitswelt“ bis 2035 um 18% reduzieren könnte. Wir übernehmen diese Einschätzung für Szenario IV, was in den Branchen mit einem signifikanten Anteil von Büroarbeitsplätzen zu folgenden Flächenreduktionen führt (Figur 8-9):

- -15% in der Branche Banken/Versicherungen,
- -3% in der Branche Handel,
- -9% in der Branche Übrige Dienstleistungen, und
- -5% in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft insgesamt.

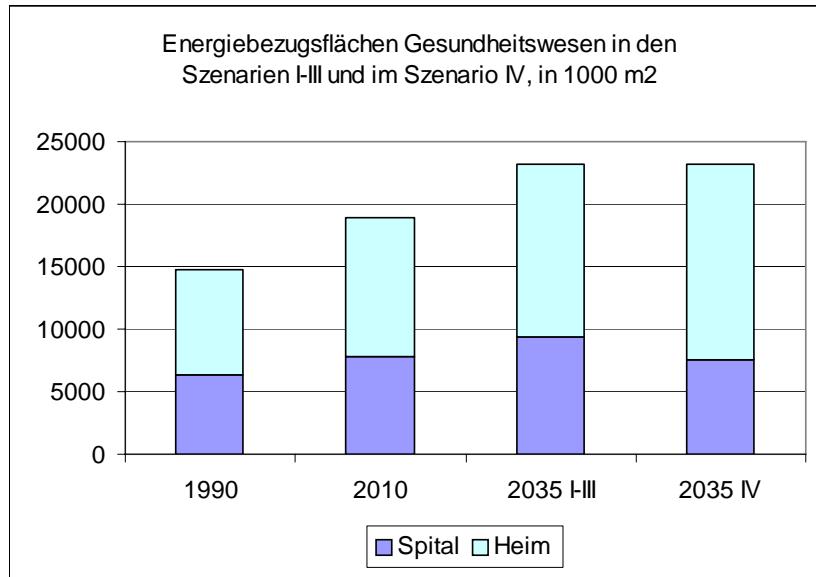


Quelle: CEPE, delta\_EBF\_korr.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario IV

Figur 8-9 Entwicklung der Energiebezugsflächen im Szenario IV, relativ zur Entwicklung in den Szenarien I-III, in den Branchen Handel, Banken/Versicherungen und „Übrige Dienstleistungen“, sowie in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (DL+LWT) insgesamt.

Von den Nano- und Mikrotechnologien werden für den Dienstleistungssektor ebenfalls energetisch relevante Auswirkungen erwartet. Es sind dies einmal Weiterentwicklungen von LED (Light Emitting Diodes) und Folgetechnologien für die Beleuchtung und Fortschritte bei den reaktiven und schaltbaren Beschichtungen von Fenstern, die für die Optimierung des Energieverbrauchs von Beleuchtung, Raumkühlung und Raumheizung von zentraler Bedeutung sein können. Diese Entwicklungen dürften in den angenommenen Zielwerten für Beleuchtung und Klima/Lüftung, die eine jährliche Verbesserung von -2%/Jahr erfahren, enthalten sein.

Die andere Anwendung betrifft Entwicklungen in der Pharmakologie, die zunehmend eine individuellere und nichtstationäre Behandlung von Patienten ermöglicht. Wir versuchen dieser erwarteten Entwicklung damit Rechnung zu tragen, dass sich der Flächenbedarf im Spitalbereich, der einen hohen spezifischen Energieverbrauch aufweist, leicht reduziert und dafür entsprechend der Flächenbedarf in der Unterbranche Pflege-, Alters- und Wohnheim wächst. Damit wird das stetige Wachsen der Spitalfläche gestoppt – nicht jedoch das Wachstum des gesamten Gesundheitswesens (Figur 8-10).



Quelle: CEPE, delta\_EBF\_korr.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario IV

Figur 8-10 Energiebezugsflächen in den Unterbranchen Spitäler und Heime des Gesundheitswesens in den Jahren 1990 und 2010 (für alle Szenarien identisch), sowie 2035 einerseits für die Szenarien I-III und andererseits für Szenario IV.

Bei den „best practice“ Potentialbetrachtungen wurden die beschriebenen energetischen Auswirkungen der neuen Technologien wie auch die weiter oben behandelte Betriebsoptimierung nicht berücksichtigt. Dies erklärt weit gehend, dass im Szenario IV ein Endenergieverbrauch pro Person resultiert, der tiefer liegt als aus der Sicht der Potentialrechnung erwartet werden kann (Figur 8-12).

## 8.2 Szenario IV: Ergebnisse

Die Ergebnisse der Modellrechnungen für die Energienachfrage im Szenario IV Trend und in den drei Sensitivitätsvarianten sind in den folgenden zwei Tabellen zusammengefasst. In Ergänzung zu diesen Zusammenstellungen werden im Kapitel 9 die Szenarien miteinander verglichen.

Die Entwicklungen in den einzelnen Varianten und die Unterschiede zur Tрендentwicklung werden in den entsprechenden Unterkapiteln 8.2.1 bis 8.2.4 diskutiert. Eine systematische Darstellung der Ergebnisse findet sich im Anhangband.

Tabelle 8-5 Energienachfrage im Szenario IV\_Trend und in den Sensitivitätsvarianten IV\_BIP\_hoch\_1, IV\_BIP\_hoch\_2 und IV\_Klima\_wärmer, in PJ/Jahr. In „nicht El“ ist die Nachfrage aller Energieträger ausser Elektrizität zusammengefasst.

<b>IV Trend</b>		ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	Uwärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.0	0.9	143	81.0
2010	66.3	43.0	24.2	7.7	3.5	0.2	0.0	0.0	1.3	146	79.9
2015	63.5	34.8	22.8	7.7	3.5	0.3	0.0	0.0	2.0	135	71.1
2020	62.2	28.4	22.1	8.0	3.7	0.4	0.0	0.0	2.9	128	65.6
2025	60.1	22.9	20.8	8.1	3.6	0.5	0.0	0.0	3.7	120	59.6
2030	58.5	18.6	19.5	8.1	3.6	0.5	0.0	0.0	4.5	113	54.9
2035	56.1	15.2	18.3	8.1	3.6	0.6	0.0	0.0	5.2	107	51.1
<b>IV BIP hoch 1</b>											
	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	Uwärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr	
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.0	0.9	143	81.0
2010	66.5	43.0	24.2	7.7	3.6	0.2	0.0	0.0	1.3	146	80.0
2015	64.0	34.8	22.9	7.7	3.6	0.3	0.0	0.0	2.0	135	71.3
2020	62.9	28.4	22.2	8.1	3.7	0.4	0.0	0.0	3.0	129	65.9
2025	61.3	22.9	20.9	8.2	3.7	0.5	0.0	0.0	3.9	121	60.1
2030	60.0	18.6	19.7	8.2	3.7	0.6	0.0	0.0	4.7	116	55.5
2035	57.8	15.2	18.5	8.3	3.7	0.7	0.0	0.0	5.6	110	51.9
<b>IV BIP hoch 2</b>											
	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	Uwärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr	
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.0	0.9	143	81.0
2010	66.3	43.0	24.2	7.7	3.6	0.2	0.0	0.0	1.3	146	79.9
2015	62.8	34.4	22.6	7.6	3.5	0.3	0.0	0.0	2.0	133	70.4
2020	60.5	27.7	21.5	7.9	3.6	0.4	0.0	0.0	2.9	124	64.0
2025	57.5	21.9	19.9	7.9	3.5	0.5	0.0	0.0	3.7	115	57.3
2030	55.0	17.6	18.4	7.8	3.5	0.5	0.0	0.0	4.4	107	52.2
2035	51.7	14.2	17.0	7.8	3.4	0.6	0.0	0.0	5.1	100	48.0
<b>IV Klima wärmer</b>											
	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	Uwärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr	
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.0	0.9	143	81.0
2010	67.0	42.1	23.7	7.5	3.5	0.2	0.0	0.0	1.3	145	78.3
2015	64.9	33.4	21.9	7.4	3.4	0.3	0.0	0.0	1.9	133	68.2
2020	64.2	26.7	20.8	7.6	3.4	0.4	0.0	0.0	2.7	126	61.6
2025	62.9	21.1	19.1	7.4	3.4	0.4	0.0	0.0	3.4	118	54.9
2030	61.9	16.8	17.6	7.3	3.3	0.5	0.0	0.0	4.0	111	49.4
2035	60.0	13.4	16.1	7.2	3.1	0.5	0.0	0.0	4.6	105	45.0

Quelle: CEPE, Zusammenfassung\_Szenario\_IV.xls in  
 H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV

Tabelle 8-6 Energienachfrage in den Sensitivitätsvarianten IV\_BIP\_hoch\_1, IV\_BIP\_hoch\_2 und IV\_Klima\_wärmer, relativ zur Nachfrage in Szenario IV\_Trend, in Prozent der Nachfrage IV\_Trend. In „nicht El“ ist die Nachfrage aller Energieträger ausser Elektrizität zusammengefasst.

<b>IV BIP hoch 1 rel. IV Trend</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	Uwärme	Summe	nicht_El
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	100	100	100	100	100	101	100	101	100	100
2015	101	100	100	101	101	103	99	102	101	100
2020	101	100	100	101	101	104	99	103	101	101
2025	102	100	101	101	102	105	98	104	101	101
2030	103	100	101	101	102	106	96	105	102	101
2035	103	100	101	102	103	107	95	106	102	102
<b>IV BIP hoch 2 rel. IV Trend</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	Uwärme	Summe	nicht_El
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	100	100	100	100	100	100	100	101	100	100
2015	99	99	99	99	99	100	99	100	99	99
2020	97	97	97	98	98	98	99	100	97	98
2025	96	96	96	97	97	97	98	98	96	96
2030	94	95	94	96	96	95	96	97	94	95
2035	92	94	93	95	95	94	95	96	93	94
<b>IV Klima wärmer rel. IV Trend</b>										
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	Uwärme	Summe	nicht_El
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	101	98	98	98	98	98	98	98	99	98
2015	102	96	96	96	96	96	96	96	99	96
2020	103	94	94	94	94	94	94	94	99	94
2025	105	92	92	92	92	92	92	92	98	92
2030	106	90	90	90	90	90	90	90	98	90
2035	107	88	88	88	88	88	88	88	98	88

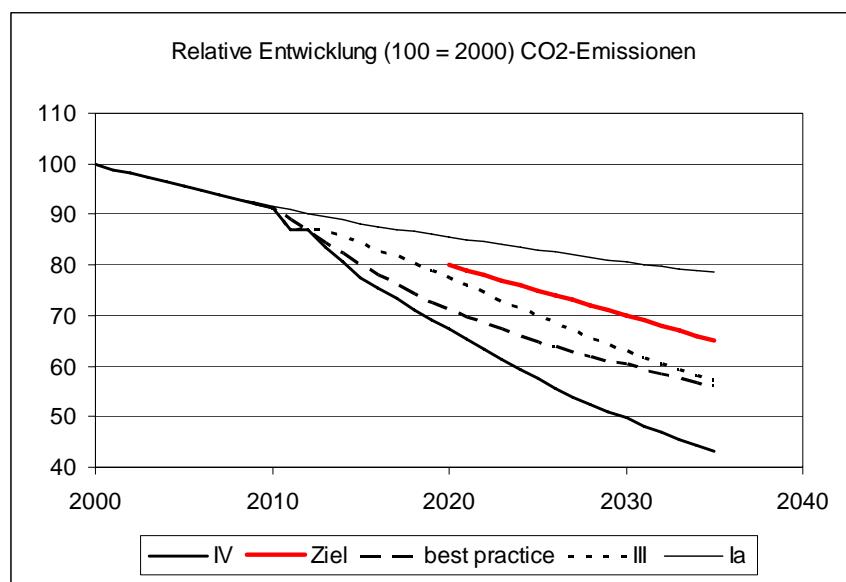
Quelle: CEPE, Zusammenfassung\_Szenario\_IV.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV

### 8.2.1 Trend

Die Zielvorgaben für die CO<sub>2</sub>-Emissionen (-20% in 2020 und -35% in 2035) werden sehr deutlich übertroffen. Im Jahre 2020 liegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen rund -30% und im Jahre 2035 -55% unter dem Wert im Jahre 2000 (Figur 8-11). Das Ziel für alle Sektoren wird im Dienstleistungssektor um ca. 60% übertroffen. Die nochmals deutliche Reduktion gegenüber dem Szenario III (-40% in 2035) ist grösstenteils auf die folgenden vier Faktoren zurückzuführen:

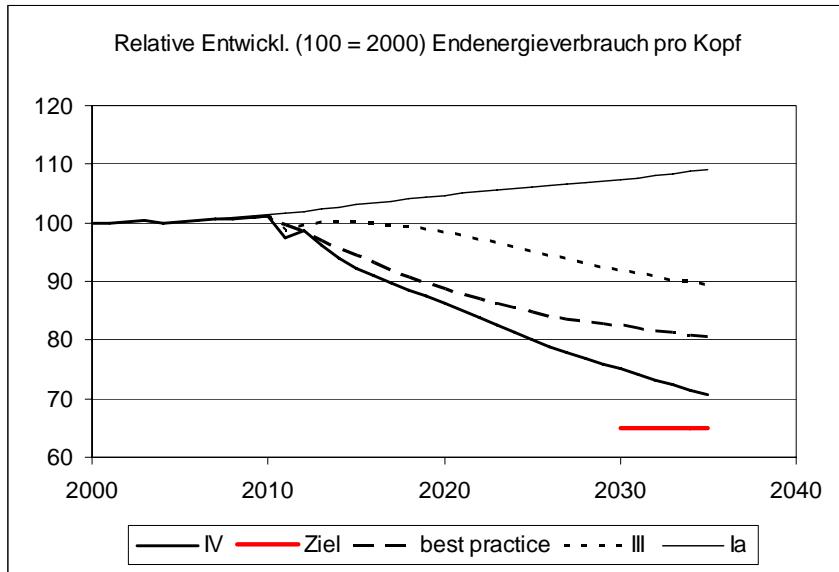
1. beschleunigte und erhöhte Umsetzung der hoheitlichen Anforderungen an den Wärmebedarf der Neubauten und der erneuerten Gebäude,
2. umfassende Betriebsoptimierung und gezielter Einsatz von IKT zum energieeffizienten Betrieb der Gebäude,
3. beschleunigte Substitution von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energien, sowie die
4. 5%-Reduktion der Energiebezugsfläche infolge flexibler Arbeitsformen und gezieltem Büroflächen-Management.

Aber selbst mit diesen zusätzlichen Effizienzverbesserungen wird im Szenario IV mit einer Reduktion des Endenergieverbrauchs pro Person von -30% in 2035 gegenüber dem Wert im Jahre 2000 die Zielvorgabe von -35% nicht ganz erreicht (Figur 8-12). Das für alle Sektoren gesetzte Ziel wird im Dienstleistungssektor um 15% verfehlt. Bemerkenswert ist jedoch, dass die Reduktion im Jahre 2035 gegenüber der Referenzentwicklung in Szenario I bei -40% liegt. Interessant ist ebenfalls, dass die Stromnachfrage pro Kopf in 2035 um -8% unter dem Wert im Jahre 2000 liegt; die Wärmenachfrage pro Kopf liegt -45% unter dem Wert in 2000.



Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\SzIV\_16-8-06

Figur 8-11 Vergleich der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Szenario IV mit der Zielvorgabe, der Entwicklung bei der „best practice“ Potentialbetrachtung und den Entwicklungen in den Szenarien III und I



Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\SzIV\_16-8-06

Figur 8-12 Vergleich der Entwicklung des Endenergieverbrauchs pro Kopf im Szenario IV mit der Zielvorgabe, der Entwicklung bei der „best practice“ Potentialbetrachtung und den Entwicklungen in den Szenarien III und I (ohne Umweltwärme)

Die detaillierten Ergebnisse der Modellrechnungen (ohne Normierung auf die Werte der Energiestatistik<sup>49</sup>) für die Ausschöpfung der „best practice“ Potentiale in Szenario IV „Wege zur 2000-Watt-Gesellschaft“ sind in diesem Kapitel graphisch und tabellarisch zusammengefasst und kurz kommentiert. Die Gesamtenergiennachfrage nimmt im Gegensatz zum Referenzszenario I, wo ein stetiges Wachstum bis 2035 um durchschnittlich +0.3%/Jahr berechnet wurde, im Jahre 2010 infolge der Energieabgabe von 100% auf den fossilen Brennstoffen und auf Elektrizität kurzfristig um -3% ab, steigt dann bis 2012 wieder an und sinkt danach bis 2035 stetig um -1.4%/Jahr um im Jahre 2035 einen Wert von fast -21% unter dem Wert im Jahre 1990 zu erreichen (Tabelle 8-7). Wie im Szenario III ist dieser Rückgang der Gesamtenergiennachfrage vorwiegend auf den Rückgang von 1990 bis 2035 um fast 3/4 der Nachfrage nach Heizöl extra-leicht zurückzuführen. Im Szenario IV sind aber ab 2015 auch die Nachfragen nach Elektrizität und nach Erdgas leicht rückläufig; die Nachfrage nach den übrigen Energieträgern ist gegen Ende der Prognoseperiode mehr oder weniger konstant. Die Reduktion der Gesamtenergiennachfrage gegenüber dem Szenario I liegt im Jahre 2035 bei -35% (Tabelle 8-8).

Die Wärmenergiennachfrage (Figur 8-13) nimmt – unter Ausblendung der kurzfristigen Veränderungen in den Jahren 2010-2015 – wie bereits in der Referenzentwicklung stetig ab. In 2035 liegt sie um -39% unter der Nachfrage im Szenario I, -30% unter Szenario II und -21% unter Szenario III. Die Nachfrage nach Wärmeenergie liegt sogar deutlich (-17%) unter dem Wert der Potentialbetrachtung „best practice“. Die Grund liegt darin, dass die Betriebsoptimierung und auch die flächenreduzierenden Auswirkungen der neuen Technologien bei der Potentialbetrachtung nicht berücksichtigt wurden. Die Elektrizitätsnachfrage (Figur 8-14) nimmt nach 2012 erstmals kontinuierlich mit -0.7%/Jahr ab. Im Jahre 2035 liegt sie um -32% unter der Nachfrage im Szenario I. Die Reduktion gegenüber den Szenarien II und III liegen bei -22% und -21%. Sie liegt sogar um -

<sup>49</sup> Die absolute Abgleichung mit der Energiestatistik wird nach Zusammenzug aller Verbrauchersektoren von der Prognos AG durchgeführt.

8% tiefer als die Potentialabschätzung „best practice“, was sich wie bei der Wärmenachfrage mit der Betriebsoptimierung und dem Einsatz der neuen Technologien erklärt.

Die witterungskorrigierten CO<sub>2</sub>-Emissionen (inkl. den vom Haushaltsektor in den Dienstleistungssektor transferierten Verbraucher) nehmen von 1990 bis 2010 um rund -15% und zwischen 2010 und 2035 um weitere -53% ab (Figur 8-15). Der Rückgang gegenüber dem Referenzszenario I beträgt im Jahre 2035 -45% (Figur 8-16).

Tabelle 8-7 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2035, in Prozent pro Jahr; Szenario IV

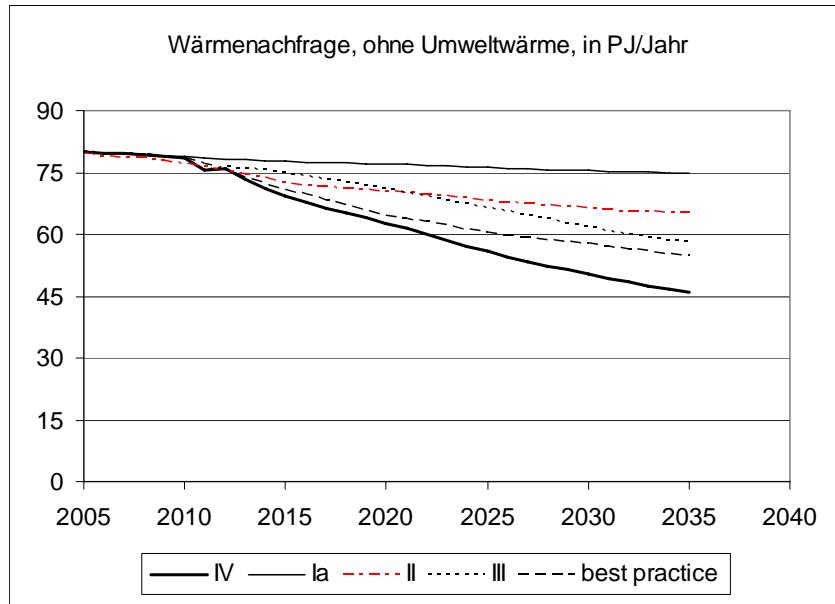
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
Jahr	PJ/Jahr							
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	128.1
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	135.7
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	132.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	142.2
2010	66.3	43.0	24.2	7.7	3.5	0.2	0.0	144.9
2015	63.5	34.8	22.8	7.7	3.5	0.3	0.0	132.7
2020	62.2	28.4	22.1	8.0	3.7	0.4	0.0	124.8
2025	60.1	22.9	20.8	8.1	3.6	0.5	0.0	116.0
2030	58.5	18.6	19.5	8.1	3.6	0.5	0.0	109.0
2035	56.1	15.2	18.3	8.1	3.6	0.6	0.0	101.9
	%/Jahr							
2005/35	-0.3%	-3.7%	-0.7%	0.4%	0.3%	4.9%	-0.4%	-1.1%

Quelle: CEPE, Tab\_Fig\_SzIb\_EnergiemithH-DL.xls in  
H:\Cope\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\SzIV\_16-8-06

Tabelle 8-8 Relative Veränderung gegenüber dem Szenario I der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH-DL) im Szenario IV

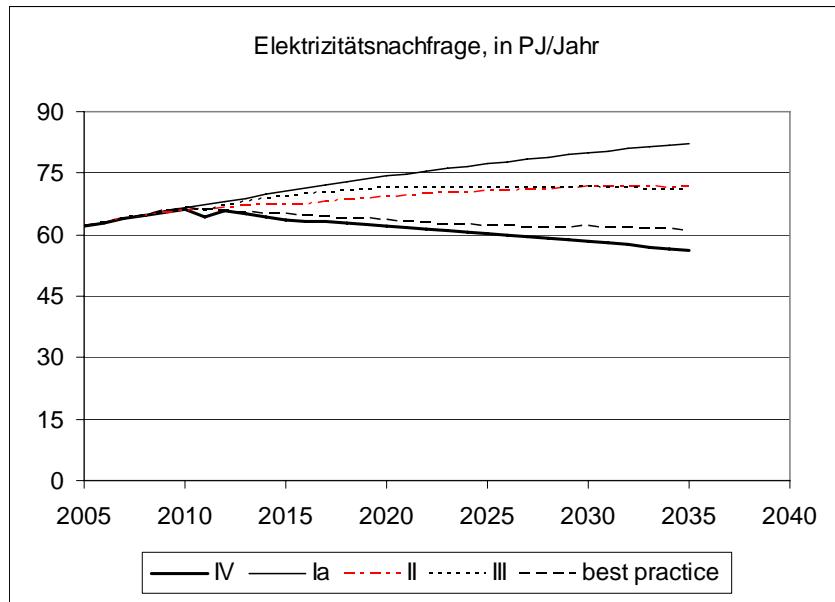
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
2005	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2010	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	0%
2015	-10%	-12%	-11%	-6%	-7%	21%	-5%	-11%
2020	-16%	-23%	-18%	-7%	-10%	45%	-10%	-18%
2025	-22%	-33%	-27%	-11%	-14%	53%	-15%	-24%
2030	-27%	-42%	-33%	-14%	-18%	56%	-21%	-30%
2035	-32%	-49%	-40%	-17%	-22%	55%	-27%	-35%

Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO<sub>2</sub>\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cope\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\SzIV\_16-8-06



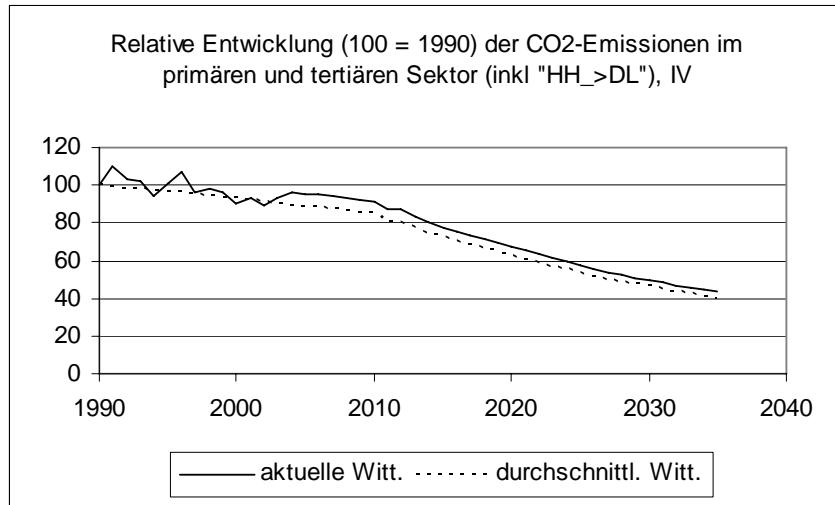
Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls, in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\SzIV\_16-8-06

Figur 8-13 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Wärmenachfrage 2005-2035 im Szenario IV, in PJ/Jahr. Zum Vergleich sind die entsprechenden Nachfrageentwicklungen im Referenzszenario I, im Szenario II, im Szenario III sowie in der Potentialbetrachtung „best practice“ gezeigt.



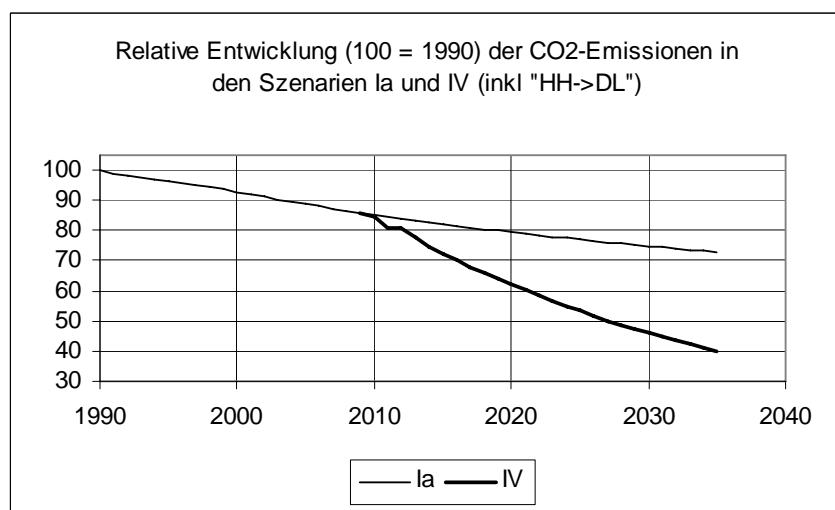
Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls, in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\SzIV\_16-8-06

Figur 8-14 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Elektrizitätsnachfrage 2005-2035 im Szenario IV, in PJ/Jahr. Zum Vergleich sind die entsprechenden Nachfrageentwicklungen im Referenzszenario I, im Szenario II, im Szenario III sowie in der Potentialbetrachtung „best practice“ gezeigt.



Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\SzIV\_16-8-06

Figur 8-15 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die relative Entwicklung (100 = 1990) der brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990-2035 in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft; Szenario IV



Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\SzIV\_16-8-06

Figur 8-16 Vergleich der relativen Entwicklungen (100 = 1990) der witterungskorrigierten brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990-2035 in den Szenarien I und IV

Die Deckung der Wärmenachfrage in den Dienstleistungsgebäuden (ohne die vom Haushaltsektor in den Dienstleistungssektor transferierte Energienachfrage „HH->DL“ der Ferienhäuser) widerspiegelt im Wesentlichen die Entwicklungen in Tabelle 8-7: Heizöl extraleicht ist der grosse Verlierer unter den Energieträgern mit einer jährlichen Reduktion der Nachfrage von -3.3%/Jahr. Einzig die elektrische Widerstandsheizung zeigt einen vergleichbaren relativen Rückgang – aber auf einem sehr viel kleineren absoluten Niveau. Erdgas nimmt nach 2015 noch etwas stärker ab als im Szenario III. Die Nachfrage nach Fernwärme stagniert und Holz nimmt leicht zu. Die grossen Gewinner sind wie im Szenario III die Sonnenenergie (+5%/Jahr) und die elektrischen Wärmepumpen (+4%/Jahr). Hervorzuheben ist die Wachstumsrate der Umweltwärmef

(+6.3%/Jahr), die infolge der steigenden Jahresnutzungsgrade der Wärmepumpen deutlich schneller steigt als der Stromverbrauch der Wärmepumpen.

Tabelle 8-9 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik und ohne HH->DL) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger/Heizsysteme zur Deckung der Wärmenachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2035, in Prozent pro Jahr; Szenario IV. Ebenfalls gezeigt ist die mittels elektrischen Wärmepumpen (ohne den in der Fernwärme enthaltenen Teil) genutzte Umweltwärme, die im Total nicht enthalten ist. Die Werte für die Jahre 1990-2000 sind nicht korrigiert für die jährlichen Witterungsänderungen und darum nicht direkt vergleichbar mit den Werten in Tabelle 8-7.

	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	EI. PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	WP PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	Total PJ/Jahr	UMWELT PJ/Jahr
1990	51.6	12.9	2.9	3.3	1.9	0.1	0.0	72.7	0.2
1995	49.0	16.6	3.0	4.0	2.3	0.2	0.1	75.2	0.4
2000	41.9	17.6	2.6	4.2	2.5	0.3	0.1	69.1	0.5
2005	42.1	21.3	2.8	5.1	3.0	0.4	0.1	74.9	0.8
2010	38.3	23.0	2.6	5.6	3.3	0.5	0.2	73.5	1.1
2015	33.3	23.4	2.3	5.9	3.6	0.7	0.3	69.4	1.8
2020	27.5	23.1	2.0	6.4	3.7	0.9	0.4	64.1	2.7
2025	22.3	21.9	1.7	6.5	3.7	1.0	0.5	57.7	3.5
2030	18.4	20.8	1.5	6.6	3.7	1.2	0.6	52.8	4.3
2035	15.2	19.6	1.3	6.7	3.7	1.3	0.7	48.4	5.0
	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr
2005/35	-3.3%	-0.3%	-2.4%	0.9%	0.6%	4.0%	5.3%	-1.4%	6.3%

Quelle: CEPE, Energieträger\_Wärme.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\SzIV\_16-8-06

Die detaillierten Ergebnisse zur Nachfrage im Jahre 2035 nach Wärmeenergie und Elektrizität in den einzelnen Branchen, Unterbranchen und homogenen Gruppen sind aus Tabelle 8-10 ersichtlich. Diese entsprechenden Werte in den Jahren 1990 und 2005 finden sich in den Tabellen 5-3 und 5-4 im Kapitel 5. Ein Vergleich mit der Situation im Jahre 2035 im Referenzszenario I (Tabelle 5-5) zeigt auch die Reduktion der Energiebezugsflächen in den Branchen mit einem hohen Anteil von Büroarbeitsplätzen (100, 200, 600) und bei den Spitätern (510) zulasten der Heime (520).

Tabelle 8-10 Energiebezugsflächen, Energiekennzahlen und Energienachfrage<sup>50</sup> im Jahre 2035 ; Szenario IV

Nr.	Branche	Unter-Br.	Homogene Gruppe	Energiebezugsflächen			Energiekennzahlen		Energienachfrage	
				Anteile CEPE, A+W	W&P und CEPE, A+W	CEPE berechnet	Strom inkl. Elektro- wärme	Wärme	Strom inkl. Elektro- wärme	Wärme
			[%]	[1000 m <sup>2</sup> ]	[1000 m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> a]	[MJ/m <sup>2</sup> a]	[TJ/a]	[TJ/a]	
<b>100</b>	<b>Handel</b>				<b>26513</b>	<b>26513</b>	<b>454</b>	<b>211</b>	<b>12050</b>	<b>5602</b>
110	Büro				3922	3922	173		680	
111	Bürogebäude wenig technisiert		13%		517	88		46		
112	Bürogebäude mittel technisiert		58%		2270	160		363		
113	Bürogebäude hoch technisiert		29%		1135	239		271		
120	Laden/Detailhandel			20231	20231	536		10835		
121	Warenhaus		19%		3939	550		2166		
122	Laden mit Nebenräumen hoch techn.		59%		11923	650		7748		
123	Laden wenig technisiert		22%		4369	211		921		
130	Lager/Großhandel			2359	2359	227		535		
<b>200</b>	<b>Banken/Versich.</b>				<b>6461</b>	<b>6461</b>	<b>248</b>	<b>168</b>	<b>1601</b>	<b>1088</b>
210	Hochtech. Geb. mit RZ		18%		1144	547		626		
220	Büro		82%		5317	183		975		
221	Bürogebäude wenig technisiert		10%		532	88		47		
222	Bürogebäude mittel technisiert		50%		2658	159		423		
223	Bürogebäude hoch technisiert		40%		2127	237		505		
<b>300</b>	<b>Gastgewerbe</b>			13742	<b>13742</b>	<b>488</b>	<b>448</b>	<b>6713</b>	<b>6159</b>	
310	Hotel		60%		8253	317		2620		
311	Hotel techn., Freizeitmöglichkeiten		80%		6575	362		2380		
312	Hotel einfach, nur Beherbergung		20%		1679	143		240		
320	Restaurant		40%		5489	746		4093		
321	Restaurant, techn., intens. Küche		50%		2731	977		2669		
322	Restaurant einfach, Gasthof		50%		2759	516		1424		
<b>400</b>	<b>Schulen</b>			30593	<b>30593</b>	<b>117</b>	<b>175</b>	<b>3578</b>	<b>5360</b>	
410	Höhere Schule		33%		9955	251		2497		
411	Höhere Schule, techn. mit Labor		39%		3906	423		1654		
412	Höhere Schule, techn. ohne Labor		38%		3829	174		667		
413	Höhere Schule wenig technisiert		22%		2220	79		176		
420	Volksschule/Kindergarten		67%		20638	52		1081		
<b>500</b>	<b>Gesundheit</b>			23140	<b>23140</b>	<b>105</b>	<b>306</b>	<b>2426</b>	<b>7082</b>	
510	Spital		33%		7537	157		1181		
511	Spital hoch technisiert		30%		2229	190		424		
512	Spital mittel technisiert		60%		4522	148		668		
513	Spital wenig technisiert		10%		786	112		88		
520	Heim		67%		15603	80		1245		
521	Krankenheime		20%		3087	115		356		
522	andere Heime		80%		12516	71		889		
<b>600</b>	<b>Übrige DL</b>			<b>67417</b>	<b>67417</b>	<b>214</b>	<b>222</b>	<b>14423</b>	<b>14939</b>	
610	Büro			30250	30250	178		5371		
611	Bürogebäude wenig technisiert		15%		4417	90		400		
612	Bürogebäude mittel technisiert		57%		17222	165		2836		
613	Bürogebäude hoch technisiert		28%		8611	248		2135		
620	Verschiedene Gebäude			28651	28651	240		6876		
621	Kultur/Sport/Kirchen		41%		11747	181		2124		
622	Gewerbliche Gebäude		36%		10314	365		3761		
623	Diverse Gebäude		23%		6590	150		991		
630	Verkehrsgebäude			8516	8516	255		2176		
<b>700</b>	<b>Landwirtschaft</b>			<b>6908</b>	<b>6908</b>	<b>267</b>	<b>71</b>	<b>1847</b>	<b>487</b>	
<b>Total EBF-bezogen</b>				<b>174774</b>	<b>174774</b>	<b>244</b>	<b>233</b>	<b>42637</b>	<b>40716</b>	

Quelle: CEPE, Tab\_2.2.2\_IV\_final\_2035+BO.xls in  
H:\Cepé\Projekte\Perspektiven\2006\Berichte\Szenario\_IV\Details\_IV\_final

<sup>50</sup> Diese Tabelle enthält nur die Energienachfrage, die in den Dienstleistungsgebäuden anfällt. Sie enthält nicht den vom Haushalt in den Dienstleistungssektor transferierten Verbrauch (HH->DL) und auch nicht den Verbrauch, der im Dienstleistungssektor ausserhalb der Gebäude anfällt, wie z.B. die Straßenbeleuchtung oder die Kläranlagen. Die Zahlenwerte sind deshalb nicht direkt mit den Werten in den übrigen Tabellen und Figuren vergleichbar.

Die zeitliche Entwicklung der Energiekennzahlen Wärme und Elektrizität der Bürogebäuden (Wirtschafts-Unterbranche 610) in allen berechneten Szenariovarianten ist aus den zwei nachfolgenden Tabellen (8-11 und 8-12) ersichtlich.

Tabelle 8-11 Relative Entwicklung der Energiekennzahlen Wärme in Bürogebäuden, 100 = 1990, und relative Differenz zum Szenario I\_Trend in den Jahren 2020 und 2035

	Ia_Trend	Ia_BIP_hoch	Ia_Preise_hoch	Ia_Klima_wärmer	Ib_Trend	Ib_Preise_hoch	II_BIP_hoch	II_Preise_hoch	II_Klima_wärmer	III	III_BIP_hoch	III_Klima_wärmer	IV	IV_BIP_hoch_1	IV_BIP_hoch_2	IV_Klima_wärmer	
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
1991	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	
1992	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	
1993	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	
1994	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	
1995	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	
1996	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
1997	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	
1998	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	
1999	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	
2000	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	
2001	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	
2002	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	
2003	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	
2004	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	
2005	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	
2006	79	79	78	78	78	77	78	77	77	77	79	78	79	79	79	78	
2007	77	77	77	77	76	77	76	76	76	77	77	77	77	77	77	77	
2008	76	76	75	75	75	75	75	75	75	74	76	75	76	76	75	75	
2009	75	75	74	74	74	73	74	73	73	75	75	74	75	75	75	74	
2010	74	74	72	72	73	72	72	71	71	74	74	72	74	74	74	72	
2015	69	68	65	66	67	65	64	64	61	61	66	64	61	61	61	59	
2020	64	64	60	60	62	59	58	57	55	54	59	58	57	51	51	50	
2025	61	60	55	55	58	54	54	53	50	49	53	52	51	44	44	43	
2030	58	58	52	52	55	51	51	50	46	45	48	47	46	39	39	38	
2035	56	55	50	48	53	48	48	47	43	41	42	42	41	34	34	33	
relative Differenz zum Szenario I_Trend																	
2020	0.0%	-0.5%	-6.9%	-6.6%	-3.8%	-8.4%	-9.9%	-10.3%	-14.8%	-15.8%	-8.4%	-8.8%	-10.9%	-19.8%	-20.2%	-20.4%	-22.0%
2035	0.0%	-1.3%	-11.2%	-13.2%	-5.7%	-13.4%	-14.6%	-15.6%	-23.0%	-25.9%	-24.0%	-25.3%	-27.1%	-38.7%	-39.8%	-38.8%	-41.2%

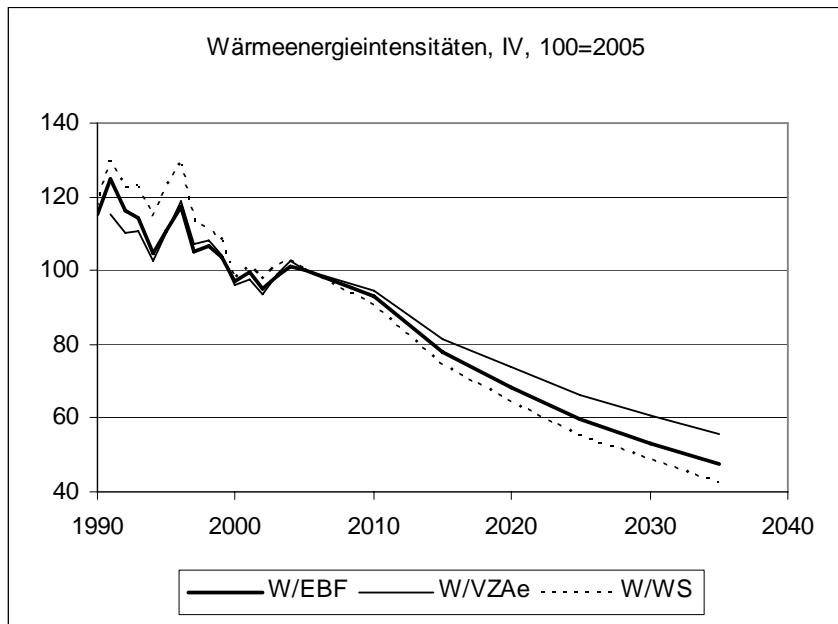
Quelle: CEPE, Zusammenfassung\_EKZ\_kurz\_Szenario\_I+II+III+IV\_25-8-06.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Berichte\Schlussbericht\Tabellen\_EKZ

Tabelle 8-12 Relative Entwicklung der Energiekennzahlen Elektrizität in Bürogebäuden, 100 = 1990, und relative Differenz zum Szenario I\_Trend in den Jahren 2020 und 2035

	Ia_Trend	Ia_BIP_hoch	Ia_Preise_hoch	Ia_Klima_wärmer	II_Trend	II_BIP_hoch	II_Preise_hoch	II_Klima_wärmer	III	III_BIP_hoch	III_Klima_wärmer	IV	IV_BIP_hoch_1	IV_BIP_hoch_2	IV_Klima_wärmer	
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1991	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	102	102	102	102	102	102
1992	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	103	103	103	103	103	103
1993	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	104	104	104	104	104	104
1994	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	105	105	105	105	105	105
1995	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
1996	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
1997	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
1998	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109
1999	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
2000	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112
2001	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	112	112	112	112	112	112
2002	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	112	112	112	112	112	112
2003	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	113	113	113	113	113	113
2004	115	116	115	115	116	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115
2005	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116
2006	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117
2007	118	118	119	118	118	119	118	119	118	118	119	118	118	118	118	119
2008	119	119	120	118	119	118	120	119	119	120	119	119	119	119	119	120
2009	119	120	119	122	119	119	121	119	119	122	119	119	119	119	119	122
2010	120	121	120	123	119	119	122	120	120	123	120	120	120	120	120	123
2015	123	123	130	116	117	116	123	121	121	124	111	111	112	111	112	114
2020	125	124	137	114	115	114	125	119	120	123	105	106	106	106	106	109
2025	126	127	126	143	112	113	127	114	114	119	98	98	98	98	98	102
2030	127	128	127	150	110	110	129	110	110	115	92	92	92	93	93	96
2035	127	128	127	156	105	106	129	104	104	110	85	85	86	86	86	90
relative Differenz zum Szenario I_Trend																
2020	0.0%	0.7%	-0.1%	9.7%	-8.3%	-7.7%	-8.1%	0.7%	-4.5%	-4.0%	-1.0%	-15.6%	-15.2%	-15.1%	-12.5%	
2035	0.0%	0.5%	-0.1%	22.5%	-17.2%	-16.8%	-16.7%	1.5%	-17.9%	-18.0%	-13.3%	-33.2%	-32.7%	-32.7%	-32.7%	-29.4%

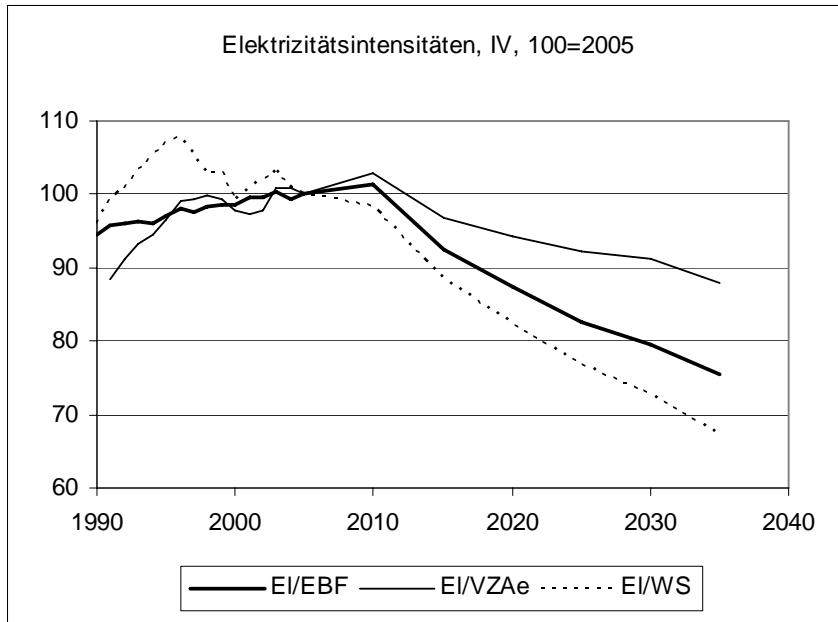
Quelle: CEPE, Zusammenfassung\_EKZ\_kurz\_Szenario\_I+II+III+IV\_25-8-06.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Berichte\Schlussbericht\Tabellen\_EKZ

Interessant sind die Entwicklungen der Indikatoren für die Wärme- und Elektrizitätsintensität: Wärme- (W) und Elektrizitätsnachfrage (El) pro Fläche (EBF), pro Vollzeitäquivalent Beschäftigte (VZAe) und pro Wertschöpfungseinheit (WS). Die Entwicklung der Wärmeintensität nach dem Jahr 2000 scheint relativ kompatibel mit dem Trend 1990-2000 zu sein. Dass es sich aber tatsächlich um eine deutlich andere Entwicklung handelt, wird beim Vergleich mit den Intensitäten im Referenzszenario (Figur A5-3) offensichtlich. Bei der Elektrizitätsintensität (Figur 8-18) ist der Trendbruch offensichtlich.



Quelle: CEPE, Energieintensitäten.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\SzIV\_16-8-06

Figur 8-17 Relative Entwicklung der Indikatoren für die Wärmeenergieintensität im Szenario IV



Quelle: CEPE, Energieintensitäten.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\SzIV\_16-8-06

Figur 8-18 Relative Entwicklung der Indikatoren für die Elektrizitätsintensität im Szenario IV

Mit der Methode der anlegbaren Kosten (siehe Kapitel 2.2.5 Modul Anlegbare Kosten und Anhang 8) wurden für das vorliegende Szenario die zusätzlichen Investitionskosten geschätzt, die aus betriebswirtschaftlicher Sicht maximal investiert werden dürfen, um die mit investiven Massnahmen gegenüber Szenario I zusätzlich Effizienzverbesserungen zu realisieren (Tabelle 8-13).

Mit investiven Massnahmen werden pro Jahr über die ganze Periode von 2011 bis 2035 zwischen 500 und fast 1000 TJ/Jahr Wärmeenergie zusätzlich eingespart. Im Jahre 2035 ergibt das eine Reduktion gegenüber dem Referenzszenario von ca. 17 PJ/Jahr. Das entspricht rund 60% der gesamten Einsparungen im Szenario III. Kumuliert über die Jahre 2011 bis 2035 sind das über 200 PJ, die nicht verbraucht wurden. Unter den in Kapitel 2.2.5 präsentierten Annahmen von 6% Zins und einer Refinanzierungszeit von 12.5 Jahren betragen die dafür zusätzlich wirtschaftlich einsetzbaren Investitionen maximal durchschnittlich rund 200 bis 400 Mio. CHF pro Jahr, was für jede dieser zusätzlichen Investitionen jährlichen Kapitalkosten von 15 bis 30 Mio. CHF über 25 Jahren entspricht. Die wesentlichen Parameter (Zinssatz und Refinanzierungszeit) sind so gewählt, dass die Nettokosten knapp negativ sind, d.h. dass die Investitionen knapp rentabel sind. Die hier ausgewiesenen Investitionen sind also eine obere Grenze, es heißt aber nicht, dass diese Investitionen notwendig sind. Bemerkenswert ist, dass diese maximalen Investitionen in der Größenordnung von 7 bis maximal 15 Prozent der jährlichen Energiekosten liegen. Die zusätzlichen Investitionen liegen zwischen 13 und 27 Prozent der Erträge aus der Energieabgabe. Ein Beitrag von 20 Prozent an die Investitionskosten würde als maximal 6 Prozent der Erträge aus der Energieabgabe entsprechen.

Im Elektrizitätsbereich (zweiter Teil von Tabelle 8-13) steigen die mittels zusätzlichen Investitionen realisierten jährlichen zusätzlichen Einsparungen von anfänglich 200 TJ/Jahr auf über 600 TJ/Jahr an. In 2035 ergibt das eine Reduktion der Stromnachfrage von rund 11 PJ/Jahr oder fast 50% der Gesamteinsparungen gegenüber dem Referenzszenario. Infolge des deutlich höheren Preises für Elektrizität als für andere Energieträger liegen die aus betriebswirtschaftlicher Sicht maximal zulässigen zusätzlichen Investitionen deutlich höher als im Wärmebereich: von anfäng-

lich unter 200 Mio. CHF pro Jahr steigen sie auf über 550 Mio. CHF pro Jahr. Diese Investitionen rechnen sich: die Kapitalkosten liegen unter den mittels investiven Massnahmen eingesparten Energiekosten, was zu negativen Nettokosten, also zu Gewinn führt. Verglichen mit den Energiekosten steigen die maximalen zusätzlichen Investitionskosten von 3 auf maximal 9 Prozent. Die zusätzlichen Investitionen liegen zwischen 6 und 17 Prozent der Erträge aus der Energieabgabe. Ein Beitrag von 20 Prozent an die Investitionskosten würde also weniger als 4 Prozent der Erträge aus der Energieabgabe entsprechen.

Tabelle 8-13 Sz. IV: Ergebnisse der Berechnung der anlegbaren Kosten. Die Symbole entsprechen den Symbolen im Kapitel 2.2.5 und im Anhang 8. Bei der Berechnung der Energiekosten sind die Einsparungen durch investive Massnahmen und infolge des technischen Fortschritts enthalten – nicht jedoch die Einsparungen durch nicht-investive Massnahmen.

Periode	Zusätzl. Energieein- sparung	Zusätzl. Energieein- sparung	Zusätzl. Investitionen	Kapitalkosten pro Jahr	Nettokosten pro Jahr	Kapitalkosten pro eingesparte Energie	Durchschnitt- licher Energiepreis	Energiekosten pro Jahr	Ertrag Energieabgabe pro Jahr
	$\Delta E$ TJ/Jahr	$\Delta E$ Mio. CHF/a	$\Delta I$ Mio. CHF/a	$\Delta K$ Mio. CHF/a	$\Delta C$ Mio. CHF/a	$\Delta K / \Delta E$ CHF/GJ	CHF/GJ	Mio. CHF	Mio. CHF
<b>Wärmenachfrage</b>									
2006-10	0	0	0	0.0	0	0	15.5	1139	0
2011-15	503	-21	225	18	-3.0	34.9	40.8	2905	-1779
2016-20	769	-32	326	25	-6.7	33.0	41.9	2779	-1695
2021-25	950	-41	425	33	-7.3	35.0	42.7	2570	-1560
2026-30	655	-28	273	21	-7.1	32.2	43.5	2372	-1433
2031-35	499	-22	208	16	-5.6	32.3	43.9	2197	-1304
<b>Elektrizitätsnachfrage</b>									
2006-10	0	0	0	0	0.0	0.0	47.2	2746	0
2011-15	197	-19	178	14	-5.2	70.6	96.9	5807	-2935
2016-20	407	-41	361	28	-12.6	68.3	100.2	6221	-3173
2021-25	606	-62	561	44	-18.5	72.4	103.0	6417	-3304
2026-30	528	-56	451	35	-20.3	66.7	105.3	6513	-3384
2031-35	553	-58	516	40	-17.7	72.8	104.9	6381	-3345

Quelle: CEPE, Tabellen\_Schlussbericht\_28-1-07.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Anlegbare Kosten\für\_Almut\_Schlussbericht

## 8.2.2 BIP hoch

Um die Auswirkung eines höheren Wirtschaftswachstums etwas umfassender auszuloten, betrachten wir zwei Varianten: Variante 1 wie in den Sensitivitätsbetrachtungen für die Szenario I-III (siehe Modul BIP hoch in Kapitel 2.2.1) und Variante 2, wo wir davon ausgehen, dass es einen engen Zusammenhang gibt zwischen dem beschleunigten BIP-Wachstum und den „Neuen Technologien“.

### Variante 1

Die gegenüber der Variante „Trend“ veränderten Rahmendaten für die Variante „BIP\_hoch“ fließen im Nachfragermodell SERVE04 über zwei Wege in die Berechnung der Energienachfrage ein:

1. Die von Wüest+Partner vorgegebene höhere Energiebezugsfläche (EBF) wird durch mehr Neubauten abgebildet. Die Energiekennzahlen für Neubauten sind aber im Szenario IV – insbesondere im Wärmebereich – sehr viel kleiner als die durchschnittlichen

Energiekennzahlen des gesamten Gebäudebestandes und darum nimmt die Energie-nachfrage viel weniger schnell zu als die EBF.

2. Die von Ecoplan berechneten höheren Wertschöpfungen in den Wirtschaftsbranchen beschleunigen in diesen Wirtschaftsbranchen den intrasectoralen Strukturwandel. Die strukturellen Veränderungen erfolgen aber zu 75% unabhängig vom Wirtschaftswachstum. Darum sind die Auswirkungen der höheren Wertschöpfungen auf die Elektrizitätsnachfrage (Wachstum) und auf die Wärmenachfrage (Rückgang und damit Kompensation von mehr EBF) relativ gering.

Die berechnete Wärmenachfrage liegt im Jahre 2035 um +1.5% über der Nachfrage in der Variante\_Trend mit dem tieferen Wirtschaftswachstum. Bei der Elektrizitätsnachfrage sind die Unterschiede wie erwartet mit +3.2% deutlich höher.

Tabelle 8-14 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2035, in Prozent pro Jahr; Variante IV\_BIP\_hoch\_1

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
Jahr	PJ/Jahr							
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	128.1
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	135.7
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	132.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	142.2
2010	66.5	43.0	24.2	7.7	3.6	0.2	0.0	145.2
2015	64.0	34.8	22.9	7.7	3.6	0.3	0.0	133.3
2020	62.9	28.4	22.2	8.1	3.7	0.4	0.0	125.9
2025	61.3	22.9	20.9	8.2	3.7	0.5	0.0	117.5
2030	60.0	18.6	19.7	8.2	3.7	0.6	0.0	110.8
2035	57.8	15.2	18.5	8.3	3.7	0.7	0.0	104.1
	%/Jahr							
2005/35	-0.2%	-3.7%	-0.6%	0.5%	0.4%	5.1%	-0.5%	-1.0%

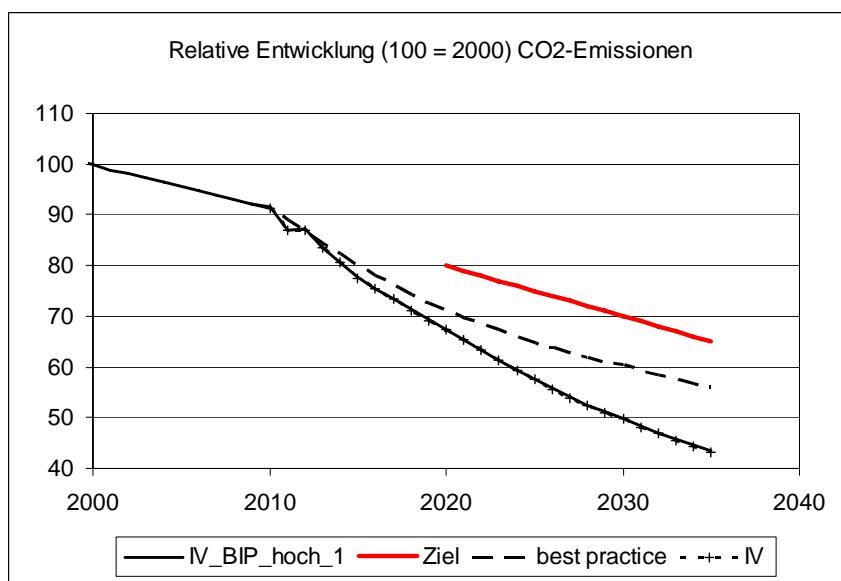
Quelle: CEPE, Tab\_Fig\_SzIb\_EnergiemitHH-DL.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\Sensitivität\_IV\IV\_BIP\_hoc  
h\_1

Tabelle 8-15 Relative Veränderung gegenüber dem Szenario IV\_Trend der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH-DL) in der Variante IV\_BIP\_hoch\_1

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
2005	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2010	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
2015	0.7%	0.1%	0.4%	0.5%	0.9%	2.5%	-0.6%	0.5%
2020	1.3%	0.0%	0.5%	0.9%	1.5%	3.7%	-1.4%	0.8%
2025	1.9%	0.0%	0.6%	1.1%	2.0%	4.8%	-2.4%	1.2%
2030	2.5%	-0.1%	0.8%	1.4%	2.4%	6.0%	-3.6%	1.7%
2035	3.1%	0.2%	0.9%	1.6%	2.9%	7.3%	-4.8%	2.2%

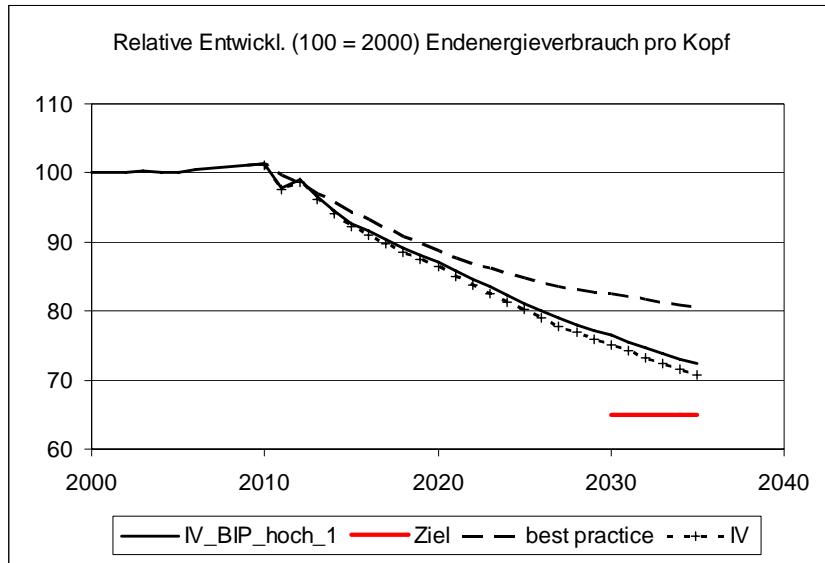
Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\Sensitivität\_IV\IV\_BIP\_hoc  
h\_1

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen (Figur 8-19) unterscheiden sich – wie die Wärmenachfrage – kaum von der Variante IV\_Trend. Beim Endenergieverbrauch pro Kopf (Figur 8-20) zeigt sich der grössere Einfluss des BIP auf den Elektrizitätsverbrauch.



Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\Sensitivität\_IV\IV\_BIP\_hoc  
h\_1

Figur 8-19 Vergleich der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Variante IV\_BIP\_hoch\_1 mit der Entwicklung in IV\_Trend, mit der Entwicklung bei der „best practice“ Potenti-albetrachtung und mit der Zielvorgabe



Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\Sensitivität\_IV\IV\_BIP\_hoch\_1

Figur 8-20 Vergleich der Entwicklung des Endenergieverbrauchs pro Kopf in der Variante IV\_BIP\_hoch\_1 mit der Entwicklung in IV\_Trend, mit der Entwicklung bei der „best practice“ Potentialbetrachtung und mit der Zielvorgabe (ohne Umweltwärme)

### Variante 2

In Variante 2 wird unterstellt, dass das höhere Wirtschaftswachstum teilweise die Folge einer beschleunigten Entwicklung und Diffusion von neuen Technologien (insbesondere IKT und Nanotechnologie) ist und dass diese Technologien wie bereits in der Variante IV\_Trend zu einer nochmaligen Flächenreduktion und zu einer verstärkten Substitution von Flächen zwischen verschiedenen Branchen führen. Die entsprechenden Annahmen sind im Kapitel 3.2.1 dokumentiert. Die so veränderten Rahmendaten fliessen gleich wie bei Variante 1 in die Berechnung der Energienachfrage ein.

Die Berechnungen führen im Jahre 2035 zu einer Reduktion – relativ zur Variante IV\_Trend – der Wärmenachfrage von -6% und zu einer Reduktion der Elektrizitätsnachfrage von -8% (Tabelle 8-17). Die CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen deutlich unter denen im Szenario IV\_Trend (Figur 8-21). Beim Endenergieverbrauch pro Kopf wird erstmals der Zielwert von -35% (relativ zum Endenergieverbrauch pro Kopf im Jahr 2000) im Jahre 2035 knapp erreicht (Figur 8-22).

Tabelle 8-16 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2035, in Prozent pro Jahr; Variante IV\_BIP\_hoch\_2

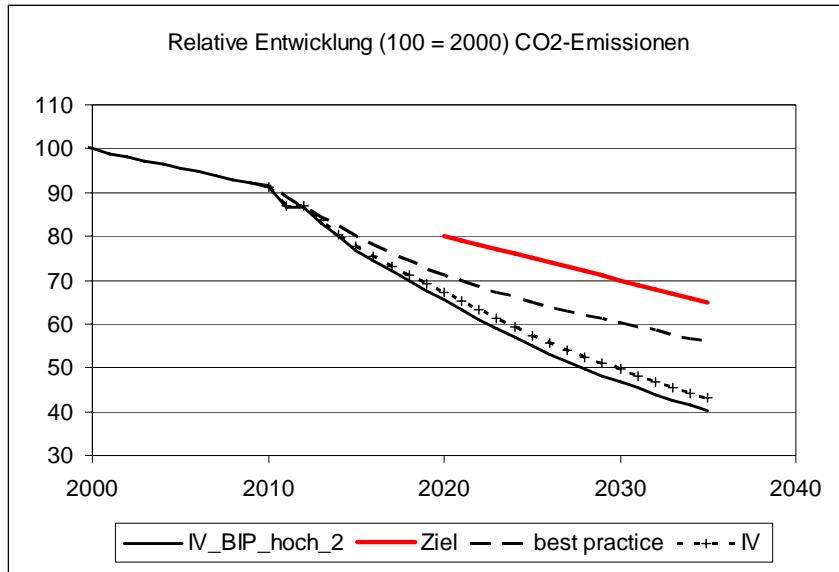
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
Jahr	PJ/Jahr							
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	128.1
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	135.7
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	132.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	142.2
2010	66.3	43.0	24.2	7.7	3.6	0.2	0.0	144.9
2015	62.8	34.4	22.6	7.6	3.5	0.3	0.0	131.2
2020	60.5	27.7	21.5	7.9	3.6	0.4	0.0	121.5
2025	57.5	21.9	19.9	7.9	3.5	0.5	0.0	111.1
2030	55.0	17.6	18.4	7.8	3.5	0.5	0.0	102.8
2035	51.7	14.2	17.0	7.8	3.4	0.6	0.0	94.6
	%/Jahr							
2005/35	-0.6%	-3.9%	-0.9%	0.3%	0.2%	4.7%	-0.5%	-1.3%

Quelle: CEPE, Tab\_Fig\_SzIb\_EnergiemitHH-DL.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\Sensitivität\_IV\IV\_BIP\_hoc  
h\_2

Tabelle 8-17 Relative Veränderung gegenüber dem Szenario IV\_Trend der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH-DL) in der Variante IV\_BIP\_hoch\_2

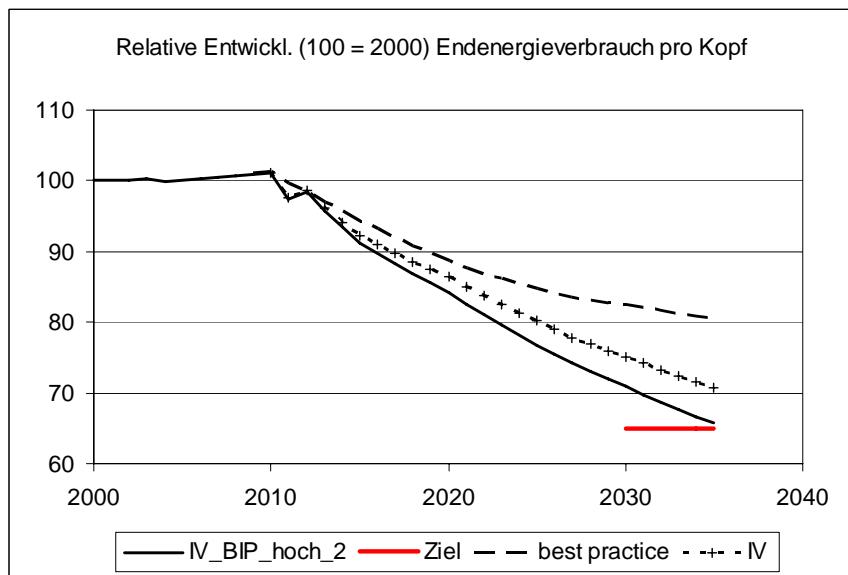
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
2005	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2010	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2015	-1.1%	-1.1%	-1.1%	-0.5%	-0.5%	-0.4%	-0.6%	-1.1%
2020	-2.7%	-2.7%	-2.7%	-1.6%	-1.7%	-1.7%	-1.4%	-2.6%
2025	-4.3%	-4.3%	-4.5%	-2.8%	-3.1%	-3.2%	-2.4%	-4.2%
2030	-6.1%	-5.4%	-5.7%	-3.7%	-4.0%	-4.6%	-3.6%	-5.6%
2035	-7.9%	-6.4%	-7.1%	-4.8%	-5.2%	-6.0%	-4.8%	-7.2%

Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO2\_Ia\_und\_Ib.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\Sensitivität\_IV\IV\_BIP\_hoc  
h\_2



Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\Sensitivität\_IV\IV\_BIP\_hoc  
h\_2

Figur 8-21 Vergleich der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Variante IV\_BIP\_hoch\_2 mit der Entwicklung in IV\_Trend, mit der Entwicklung bei der „best practice“ Potentialbetrachtung und mit der Zielvorgabe



Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\Sensitivität\_IV\IV\_BIP\_hoc  
h\_2

Figur 8-22 Vergleich der Entwicklung des Endenergieverbrauchs pro Kopf in der Variante IV\_BIP\_hoch\_2 mit der Entwicklung in IV\_Trend, mit der Entwicklung bei der „best practice“ Potentialbetrachtung und mit der Zielvorgabe (ohne Umweltwärmre)

### 8.2.3 Preise hoch

Für Szenario IV wird implizit die Variante Preise hoch angenommen. Eine Sensitivitätsbetrachtung ist in diesem Fall gegenstandslos.

### 8.2.4 Klima wärmer

Für die Quantifizierung der Auswirkung einer Erhöhung der durchschnittlichen Temperatur um 1 °C in den Wintermonaten und um 2 °C in den Sommermonaten gehen wir analog wie im Szenario I vor (Kapitel 2.2.4). Nun ist aber der Gebäudebestand im Szenario IV deutlich anders als im Szenario I. Die Neubauten haben einen sehr viel kleineren Wärmebedarf und der Elektrizitätsverbrauch ist ebenfalls deutlich kleiner. Das trifft in geringerem Mass auch für die sanierten Gebäude zu. Und es stellt sich die Frage, wie diese z.T. hocheffizienten<sup>51</sup> Gebäude auf eine Witterungsvariation reagieren. Diese Frage ist nur mit Gebäudesimulationen fundiert zu beantworten, was im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich war. Nach Rücksprache mit dem Sachbearbeiter der Wohngebäude (Aebischer, 2005/3, update März 2006) entschieden wir uns, die in Szenario I genutzte Korrelation der Wärmenachfrage für Raumwärme und für Warmwasser mit den Witterungsbedingungen (Heiztage und Strahlung) auch für den Gebäudebestand in Szenario IV zu verwenden. Was sich natürlich ändert ist das Verhältnis des Energiebedarfs für Raumwärme und für Warmwasser und Prozesswärme (Tabelle 8-18). Damit lässt sich die Auswirkung der Klimaerwärmung auf die Wärmenachfrage bestimmen. Für 2035 ergeben die Berechnungen eine Reduktion der Wärmenachfrage um -12% (Tabelle 8-22), vergleichbar mit der entsprechenden Reduktion von -13% im Szenario I.

Für die Klimatisierung analysierten wir im Detail die Simulationsergebnisse von Adnot (2003). Daraus konnte geschlossen werden, dass der Strommehrverbrauch für die Klimatisierung bei wachsenden Kühlgradtagen (Cooling Degree Days) zum weitaus grössten Teil auf den Mehrverbrauch für die Kälteproduktion zurückzuführen ist (Aebischer, 2005/3, update März 2006). Damit ist es aus unserer Sicht in erster Näherung zulässig, auch für energieeffiziente Gebäude eine Korrelation zwischen Stromverbrauch für Klimatisierung und Kühlgradtagen analog zum Vorgehen in Szenario I (Figur 2-12) herzuleiten. Für die energieeffizienten Gebäude wurde ein um 40% reduzierter Stromverbrauch für die Klimatisierung angenommen (Figur 8-23).

Wie in Szenario I bestimmten wir dann in einem ersten Rechenschritt die Stromnachfrage für die Klimatisierung im Szenario IV ohne Klimaerwärmung: bis rund 2020 nimmt die Nachfrage um rund 15% zu und sinkt dann wieder um im Jahre 2035 in etwa wieder das Niveau von heute zu erreichen (Tabelle 8-19). Bei der Bestimmung der Nachfrage im Falle einer stetigen Erwärmung berücksichtigen wir, wie in Szenario I, das Wachstum der klimatisierten Gebäude infolge steigender Temperaturen und den Anstieg des spezifischen Stromverbrauchs entsprechend der oben diskutierten Korrelation zwischen Stromverbrauch und Kühlgradtagen (CDD). In diesem Fall steigt die Stromnachfrage für die Klimatisierung stetig an und liegt im Jahre 2035 bei rund 8 PJ/Jahr oder 100% über dem heutigen Wert (Tabelle 8-20). In den Figuren 15-24 und 15-25 wird die Stromnachfrage für die Klimatisierung in den Szenarien I und IV miteinander verglichen.

Die Gesamtstromnachfrage liegt in 2035 um +7% über der Nachfrage ohne Klimaerwärmung (Tabelle 8-22). Die Gesamtenergienachfrage und damit auch der Endenergieverbrauch pro Kopf

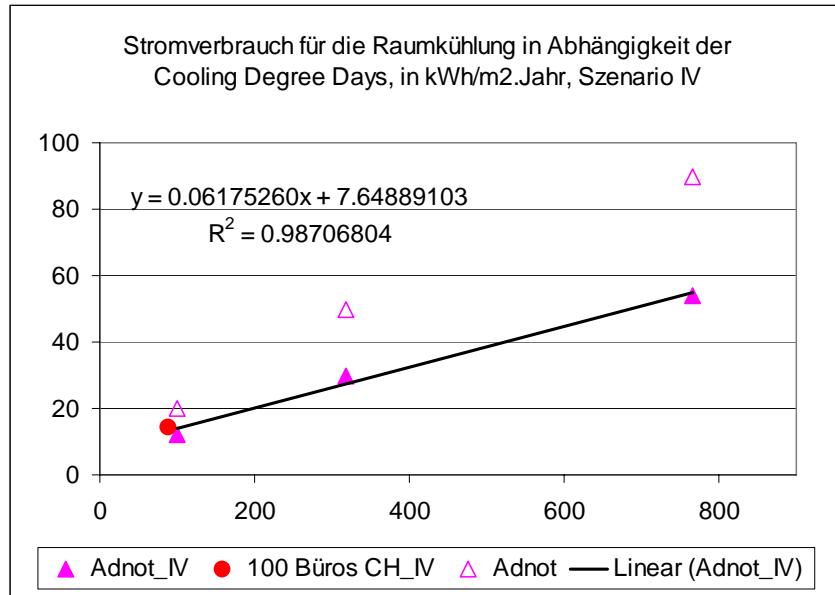
<sup>51</sup> Wie im Szenario I wird auch hier davon ausgegangen, dass diese Gebäude unter der Annahme eines konstanten zukünftigen geplant wurden (keine Adaptionsmassnahmen!) und dementsprechend der Anteil klimatisierter Gebäude (Technisierungsgrad) demjenigen im Referenzszenario entspricht.

liegen in der Variante IV\_Klima\_wärmer um -1.5% unter dem Wert in der Variante IV\_Trend (Tabelle 8-22 und Figur 8-26). Die CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen nochmals rund -12% unter den Emissionen im Szenario IV\_Trend. Die Reduktion gegenüber dem Wert im Jahre 2000 liegt bei -62% (Figur 8-27).

Tabelle 8-18 Anteile der Gesamtwärmenachfrage, die in den Szenarien I und IV im Jahre 2035 in den einzelnen Branchen und in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft insgesamt zum Heizen und zur Bereitstellung von Warmwasser und Prozesswärme (zusammengefasst in Warmwasser) verwendet werden.

	Handel	Kredit/Ver sicherung	Gastgew.	Unter-richtsw.	Geund- heitsw.	Üb./Weit. DL	Prim. Sektor	DL+LWT
<i>Szenario I</i>								
Heizen	89%	87%	49%	87%	75%	90%	83%	85%
Warmwasser	11%	13%	51%	13%	25%	10%	17%	15%
<i>Szenario IV</i>								
Heizen	86%	82%	41%	85%	67%	87%	79%	80%
Warmwasser	14%	18%	59%	15%	33%	13%	21%	20%

Quelle: CEPE, Raumwärme\_vs\_Warmwasser\_I\_IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Berichte\Szenario\_IV



Quelle: CEPE, Henderson\_IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario IV\Sensitivitäten\IV\_2\_Klima\_wärmer\_final

Figur 8-23 Stromverbrauch für Raumkühlung, in kWh/m<sup>2</sup>.Jahr, von hypothetischen Bürogebäuden im Szenario IV in London, Mailand und Sevilla (= Adnot\_IV) in Abhängigkeit der Cooling Degree Days an diesen drei Orten. Die lineare Anpassung (Fit) dieser drei Punkte ergibt ein gutes Ergebnis mit  $R^2 = 0.99$ . Zum Vergleich ebenfalls eingezeichnet ist der hypothetische Verbrauchswert für vollklimatisierte Büros in der Schweiz (100 Büros CH\_IV). Ebenfalls eingezeichnet sind die Ausgangswerte in Szenario I für die Bürogebäude in London, Mailand und Sevilla. Der angewendete Reduktionsfaktor für die hypothetischen Gebäude beträgt 40%.

Tabelle 8-19 Stromnachfrage Klimatisierung in Szenario IV\_Trend und Vergleich mit Szenario I in 2035

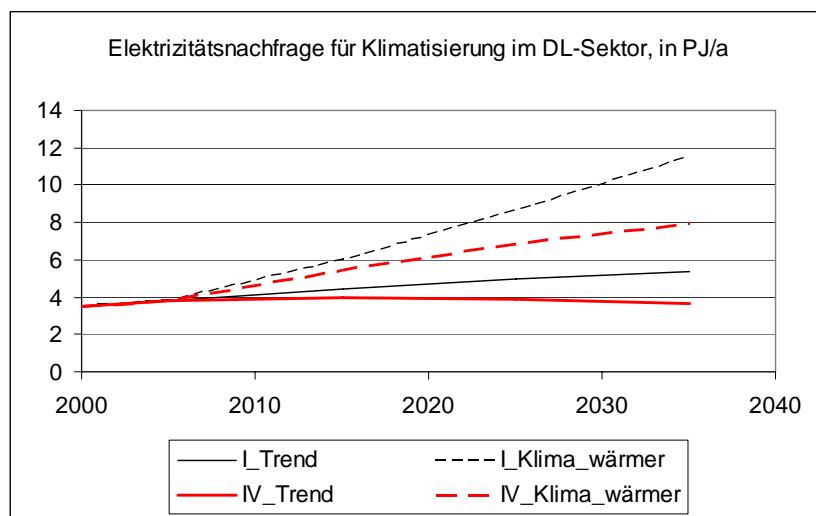
	TJ/Jahr	TJ/Jahr	TJ/Jahr	TJ/Jahr	TJ/Jahr	Veränderung in 2035 relativ zum Szenario Ia
	2000	2005	2015	2025	2035	
Büro	1062	1196	1313	1301	1189	-38%
Laden	1055	1173	1254	1276	1249	-26%
Gastg.	133	149	161	166	166	-26%
Schulen	116	138	164	174	176	-26%
Gesundh.	198	222	229	218	201	-39%
Übrige	900	937	871	791	704	-26%
DL+LWT	3463	3815	3991	3927	3685	-31%

Quelle: CEPE, Strom\_Klima\_Refenenz.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario IV\Sensitivitäten\IV\_2\_Klima\_wärmer\_final\modell

Tabelle 8-20 Stromnachfrage für die Raumkühlung (Kälteproduktion, Be-/Entfeuchtung, Kälteverteilung) in den Dienstleistungsgebäuden im Szenario IV\_Klima\_wärmer und Vergleich mit der Stromnachfrage im Jahre 2035 im Szenario IV\_Trend

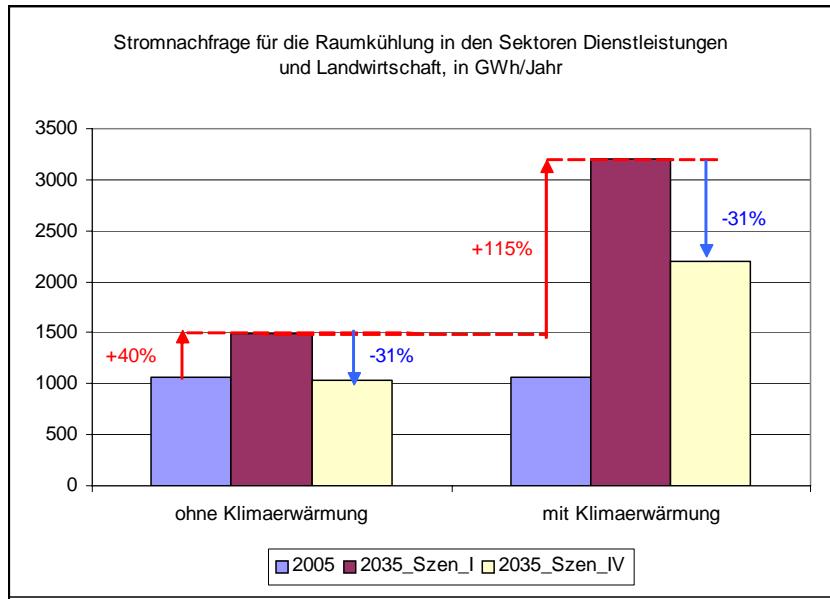
	TJ/Jahr 2000	TJ/Jahr 2005	TJ/Jahr 2015	TJ/Jahr 2025	TJ/Jahr 2035	Veränderung "Kli- ma_wärmer" 2035
Büro	1062	1196	1771	2251	2546	114%
Laden	1055	1173	1485	1737	1914	53%
Gastg.	133	149	243	340	437	163%
Schulen	116	138	309	483	650	270%
Gesundh.	198	222	410	593	759	279%
Übrige	900	937	1170	1375	1540	119%
LWT	0	0	25	50	73	--
<b>DL+LWT</b>	<b>3463</b>	<b>3816</b>	<b>5412</b>	<b>6828</b>	<b>7920</b>	<b>115%</b>

Quelle: CEPE, Strom\_Klima\_Ia\_Klima\_Wärmer.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Szenario IV\Sensitivitäten\IV\_2\_Klima\_wärmer\_final\modell



Quelle: CEPE, Klimatisierung\_I-IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\Berichte\Schlussbericht

Figur 8-24 Vergleich der Elektrizitätsnachfragen für die Klimatisierung in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft in den Szenarien I\_Trend (keine Klimaerwärmung), I\_Klima\_wärmer, IV\_Trend (keine Klimaerwärmung) und IV\_Klima\_wärmer



Quelle: CEPE, Mehr\_Strom\_Klimatisierung.xls und Abbildung\_BFE\_2.ppt in H:\Cape\Vorträge\Energie\_forum\_ZH

Figur 8-25 Elektrizitätsnachfrage für die Raumkühlung (Kälteproduktion, Be-/Entfeuchtung, Kälteverteilung) in den Sektoren Dienstleistung und Landwirtschaft in den Szenarien I und IV in den Jahren 2005 und 2035 ohne und mit Klimaerwärmung

Tabelle 8-21 Ergebnis der Modellrechnungen (ohne Normierung auf Energiestatistik) für die Entwicklung der Energienachfrage 1990-2035 der wichtigsten Energieträger in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ/Jahr, und durchschnittliche jährliche Veränderung der Nachfrage zwischen 2005 und 2035, in Prozent pro Jahr; Variante IV\_Klima\_wärmer

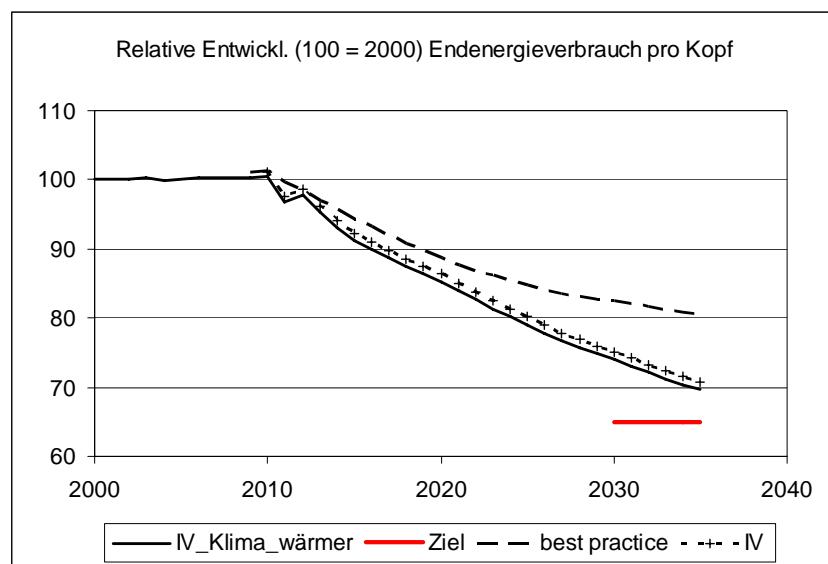
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
Jahr	PJ/Jahr							
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	128.1
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	135.7
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	132.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	142.2
2010	67.0	42.1	23.7	7.5	3.5	0.2	0.0	144.0
2015	64.9	33.4	21.9	7.4	3.4	0.3	0.0	131.3
2020	64.2	26.7	20.8	7.6	3.4	0.4	0.0	123.2
2025	62.9	21.1	19.1	7.4	3.4	0.4	0.0	114.3
2030	61.9	16.8	17.6	7.3	3.3	0.5	0.0	107.3
2035	60.0	13.4	16.1	7.2	3.1	0.5	0.0	100.4
	%/Jahr							
2005/35	-0.1%	-4.1%	-1.1%	0.0%	-0.1%	4.4%	-0.8%	-1.2%

Quelle: CEPE, Tab\_Fig\_SzIb\_EnergiemitHH-DL.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\Sensitivität\_IV\IV\_Klima\_wärmer\modell

Tabelle 8-22 Relative Veränderung gegenüber dem Szenario IV\_Trend der Energienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft (inkl. Transfer HH-DL) in der Variante IV\_Klima\_wärmer

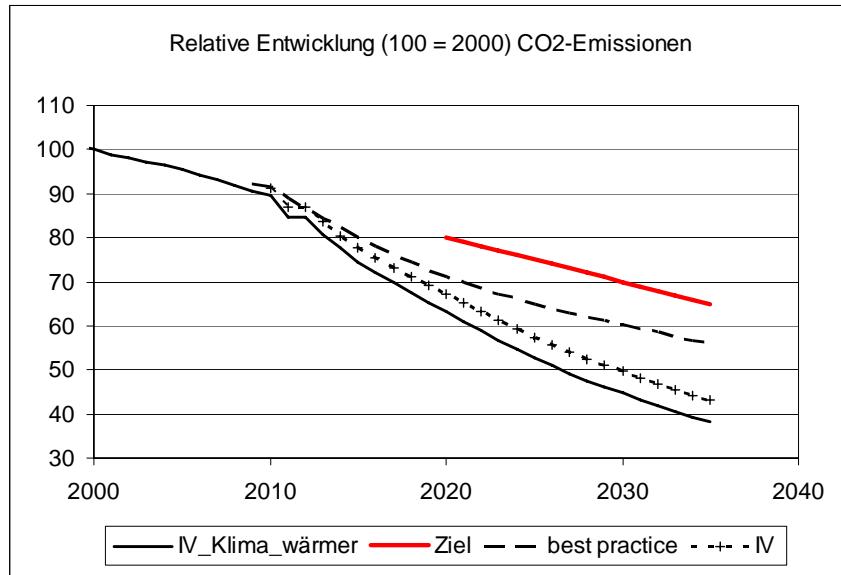
	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	TOTAL
2005	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2010	1%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-1%
2015	2.2%	-4.0%	-4.0%	-4.0%	-4.0%	-4.0%	-4.0%	-1.0%
2020	3.4%	-6.0%	-6.0%	-6.0%	-6.0%	-6.0%	-6.0%	-1.3%
2025	4.6%	-8.0%	-8.0%	-8.0%	-8.0%	-8.0%	-8.0%	-1.4%
2030	5.8%	-10.0%	-10.0%	-10.0%	-10.0%	-10.0%	-10.0%	-1.5%
2035	7.1%	-12.0%	-12.0%	-12.0%	-12.0%	-12.0%	-12.0%	-1.5%

Quelle: CEPE, Energie\_und\_CO\_la\_und\_lb.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\Sensitivität\_IV\IV\_Klima\_wärmer\modell



Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\Sensitivität\_IV\IV\_Klima\_wärmer\modell

Figur 8-26 Vergleich der Entwicklung des Endenergieverbrauchs pro Kopf in der Variante IV\_Klima\_wärmer mit der Entwicklung in IV\_Trend, mit der Entwicklung bei der „best practice“ Potentialbetrachtung und mit der Zielvorgabe (ohne Umweltwärme)



Quelle: CEPE, Test\_Resultatfiles\_für\_Almut\_ohneUW.xls in  
 H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Szenario\_IV\Sensitivität\_IV\IV\_Klima\_wärmer\modell

Figur 8-27 Vergleich der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Variante IV\_Klima\_wärmer mit der Entwicklung in IV\_Trend, mit der Entwicklung bei der „best practice“ Potentialbetrachtung und mit der Zielvorgabe

### 8.3 Szenario IV: Instrumente

Die in Szenario IV ergriffenen Massnahmen und die eingesetzten Instrumente unterscheiden sich kaum von denen in Szenario III. In Szenario IV identifiziert sich aber die Wirtschaft und die Zivilgesellschaft mit der Zielsetzung den Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft anzugehen, unterstützen aus Eigeninteresse die hoheitlichen Massnahmen und tragen mit eigenen ergänzenden Instrumenten zu deren Umsetzung bei. Analog zu Szenario II arbeiten die verschiedenen energierelevanten Akteure aus den Dienstleistungsbetrieben, aus der Energiewirtschaft und aus Politik und Verwaltung zusammen. Die einzelnen Massnahmen werden Teil eines umfassenden Energieeffizienzprogramms, das von allen Akteuren mitgetragen wird. Die Finanzierung des Programms erfolgt aus den Erträgen der Energieabgabe. Wie in Szenario II handelt es sich nicht primär um ein Subventionsprogramm. Es geht vielmehr um die Senkung der Transaktionskosten und um die zeitlich beschränkte Finanzierung von Anschubprogrammen, womit innovativen Technologien der Markteintritt erleichtert wird.

Auf einige weitere Unterschiede zu Szenario III wird im Folgenden stichwortartig eingegangen. Die wichtigste betrifft die Erhöhung der Abgabe auf Elektrizität und Fernwärme, womit für diese Energieträger/Heizsysteme eine aus Konsumentensicht prozentual gleich starke Verteuerung wie für die fossilen Energien erreicht wird.

#### Alle Bereiche

##### 1. Höhere Investitionen in Effizienzverbesserung.

Einführung einer Energieabgabe. Die Einführung dieser Abgabe wird durch eine umfassende Informationskampagne und durch Ausbildungs- und Motivationsprogrammen begleitet.

2. *Verhaltensänderung*: energieoptimales Verhalten, energieoptimierter Betrieb der Geräte und Anlagen und energieoptimierte Betriebsabläufe.

Gleicher Instrumentenset wie in Szenario III. Die stärkere Verteuerung von Elektrizität führt zu höheren Stromeinsparungen.

## Wärmenachfrage

1. *Neubauten*: Reduktion des Heizwärmebedarfs auf „best practice“ Niveau.

Gleicher Instrumentenset wie in Szenario III. Aber höhere Wirkung der Instrumente und beschleunigte Umsetzung der Massnahme.

Einbettung der Massnahmen in ein umfassendes Energieeffizienzprogramm, das von allen Akteuren mitgetragen wird. Schwerpunktziel des Programms ist die Senkung der Transaktionskosten. Die Massnahme wird weitgehend aus eigenem Interesse umgesetzt, denn der Energieverbrauch hat auf dem Immobilienmarkt eine grosse Bedeutung und auch bei der Qualifikation (Nachhaltigkeits-Rating u.ä.) der Firmen ist er ein wichtiges Kriterium. *Diese Unterschiede zu Szenario III treffen sinngemäß auch für alle weiteren Massnahmen zu und werden nicht jedes Mal wiederholt.*

2. *Sanierungen*: Überführung von „Pinselsanierungen“ zu energetisch wirksamen Sanierungen und Verdoppelung der Energieeinsparungen bei den energetisch wirksamen Sanierungen.

Gleicher Instrumentenset wie in Szenario III. Aber höhere Wirkung der Instrumente und beschleunigte Umsetzung der Massnahme.

3. *Neuinstallierte Heizsysteme*: beschleunigte Markteinführung- und Marktakzeptanz von effizienten Heizsystemen; Minimierung der Verteilverluste.

Gleicher Instrumentenset wie in Szenario III.

4. *Energieträgeranteile*: beschleunigter Ersatz von Heizöl extraleicht durch andere Energieträger.

Gleicher Instrumentenset wie in Szenario III. Aber höhere Wirkung der Instrumente und beschleunigte Umsetzung der Massnahme.

Das globale Umfeld von Szenario IV wird durch eine gegenüber Szenario III weitergehende Abkehr von den fossilen Energieträgern geprägt. Das drückt sich durch die gegenüber dem Szenario III höheren Marktanteile der erneuerbaren Energien aus. Die höhere Energieabgabe auf Elektrizität als in Szenario III bewirkt andererseits, dass der Einsatz der elektrischen Wärmepumpen tiefer ausfällt. Weiterhin erfolgreich sind insbesondere auch dank der günstigen Wärmepumpentarife die hocheffizienten Wärmepumpen.

## Stromnachfrage

1. *Neubauten*: Planung und Ausführung der neuen Gebäude entsprechend den Zielwerten der SIA 380/4-Empfehlung.

Die weltweite Technologieoffensive führt zu beschleunigten Effizienzverbesserungen bei den Elektrogeräten und bei den zentralen Anlagen. Neue Lichttechnologien (LED) und

„intelligente“ Fenster reduzieren den Energiebedarf für Beleuchtung und Raumkühlung. Die Zielwerte der SIA 380/4 werden stetig angepasst. Ansonsten gleicher Instrumenten- set wie in Szenario III. Ebenso schnelle Umsetzung der Massnahme, obwohl Anforde- rung strenger. Die höheren Elektrizitätspreise tragen wesentlich dazu bei.

2. *Sanierungen:* Effizienzverbesserungen entsprechend den Grenzwerten der SIA 380/4- Empfehlungen.

Sehr viel strengere hoheitliche energetische Anforderungen bei Sanierungen. Der Vollzug ist ebenso erfolgreich wie in Szenario III bei kleineren Anforderungen. Der höhere Elektrizitätspreis aber auch ein umfassendes Aus- und Weiterbildungsprogramm mit Schwer- punkt „Elektrizität“ sind wesentliche Elemente dieser Entwicklung. Wie in Szenario II skizziert orientiert sich die Elektrizitätswirtschaft am Prinzip des „Least Cost Planning“ und honoriert Effizienzverbesserungen durch finanzielle Begünstigungen. Die Informati- ons- und Kommunikationstechnologien spielen dabei eine wichtige Rolle. Der End- verbraucher wird zu einem wesentlichen Player im Lastmanagement.

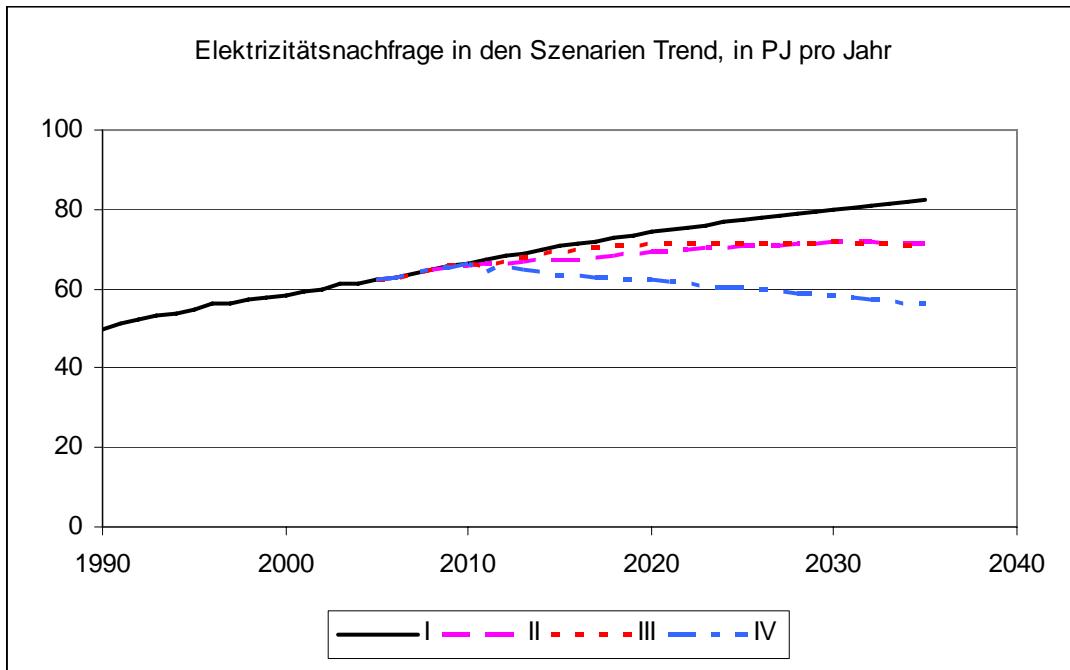
## 9 Vergleich der Energienachfrage nach Szenarien

Nachdem in den Kapiteln 5 bis 8 die Energienachfragen der Szenarien I bis IV jeweils mit den drei Sensitivitätsvarianten behandelt wurden, werden im vorliegenden Kapitel die Ergebnisse der Szenarien I bis IV jeweils für eine vorgegebene Rahmenvariante miteinander verglichen. Für jede dieser vier Rahmenvarianten: Trend (Kapitel 9.1), höheres Wirtschaftswachstum (Kapitel 9.2), höhere Energiepreise (Kapitel 9.3), wärmeres Klima (Kapitel 9.4), werden die Ergebnisse in folgenden Figuren und Tabellen miteinander verglichen:

- In den beiden ersten Figuren werden die Elektrizitätsnachfrage und die Nachfrage nach allen anderen Energieträgern zusammengenommen (inklusive Umweltwärme) jeweils für alle (politischen) Szenarien I bis IV miteinander verglichen.
- In den nachfolgenden vier Figuren wird dann jeweils für ein Szenario die Entwicklung der relativen Anteile der Energieträger an der gesamten Energienachfrage in diesem Szenario dargestellt.
- Es folgen dann vier Tabellen – eine Tabelle pro Szenario – mit den Zahlenwerten für die Nachfrage der verschiedenen Energieträger. Darin finden sich unter „ELEKT“ die Zahlenwerte zur ersten Figur (Elektrizitätsnachfrage) und unter „nicht\_El“ die Werte zur zweiten Figur (Nachfrage nach allen anderen Endenergieträgern). Die gesamte Endenergienachfrage ist mit „Summe“ bezeichnet.
- In den letzten drei Tabellen schliesslich wird die Nachfrage nach den einzelnen Energieträgern in den Szenarien II bis IV mit der Nachfrage in Szenario I verglichen.

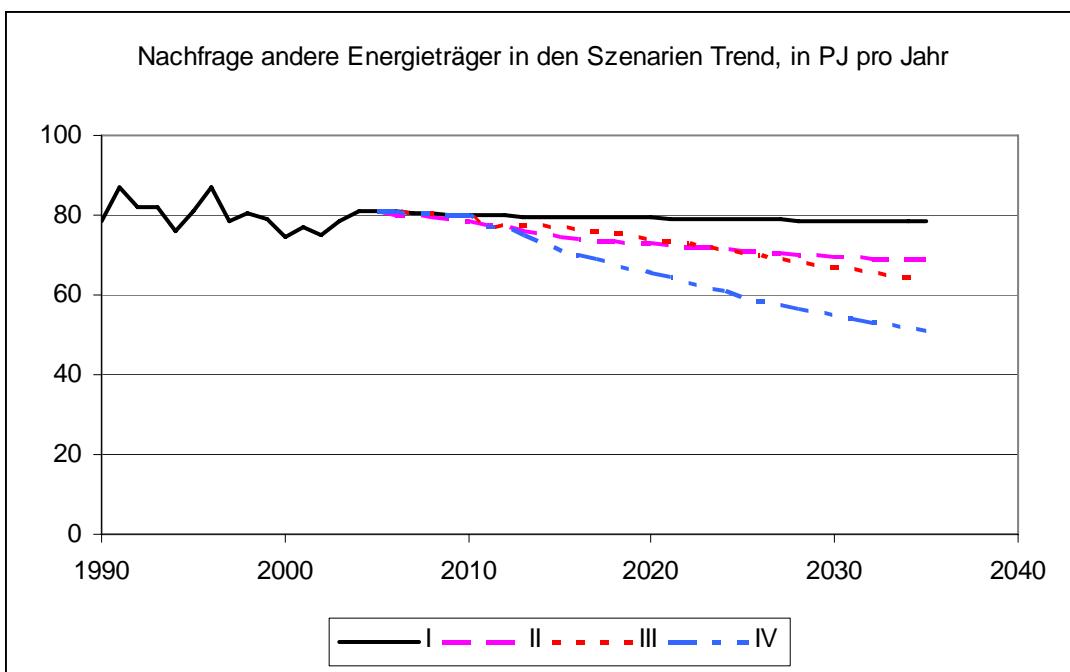
Ein Vergleich der Ergebnisse in den vier Rahmenvarianten Trend, höheres Wirtschaftswachstum, höhere Energiepreise und wärmeres Klima zeigt, dass sich die relativen Differenzen dieser vier Rahmenvarianten in allen „Policy“-Szenarien I bis IV nur wenig voneinander unterscheiden. Dies ist in erster Näherung sicher plausibel. Tatsächlich dürften die Unterschiede aber deutlicher sein. Eine Quantifizierung von Effekten zweiter Ordnung bedingt jedoch detailliertere Untersuchungen und wahrscheinlich andere Modellansätze.

## 9.1 Szenarien I bis IV: Trend



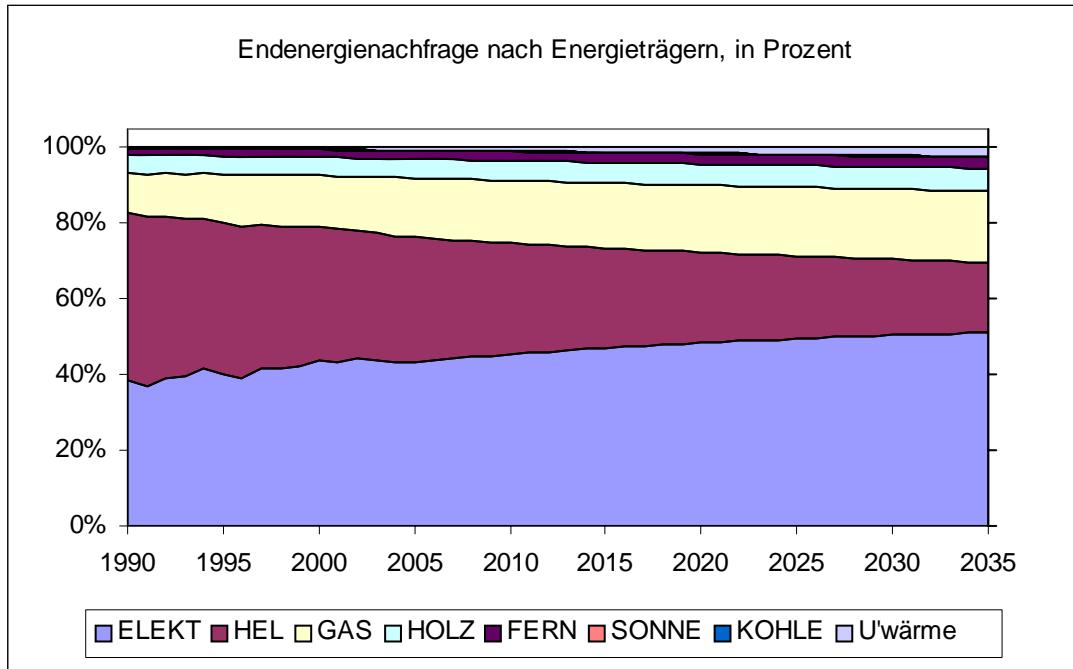
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Trend.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Trend

Figur 9-1 Sz. I - IV: Elektrizitätsnachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr



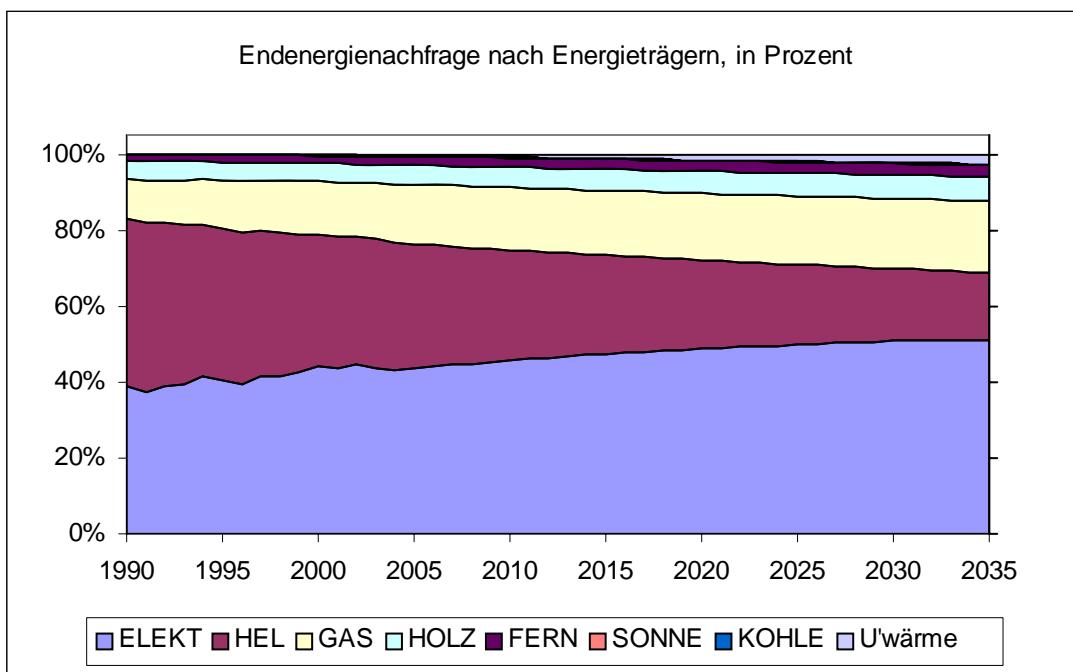
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Trend.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Trend

Figur 9-2 Sz. I - IV: Nachfrage nach allen anderen Endenergieträgern als Elektrizität in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr



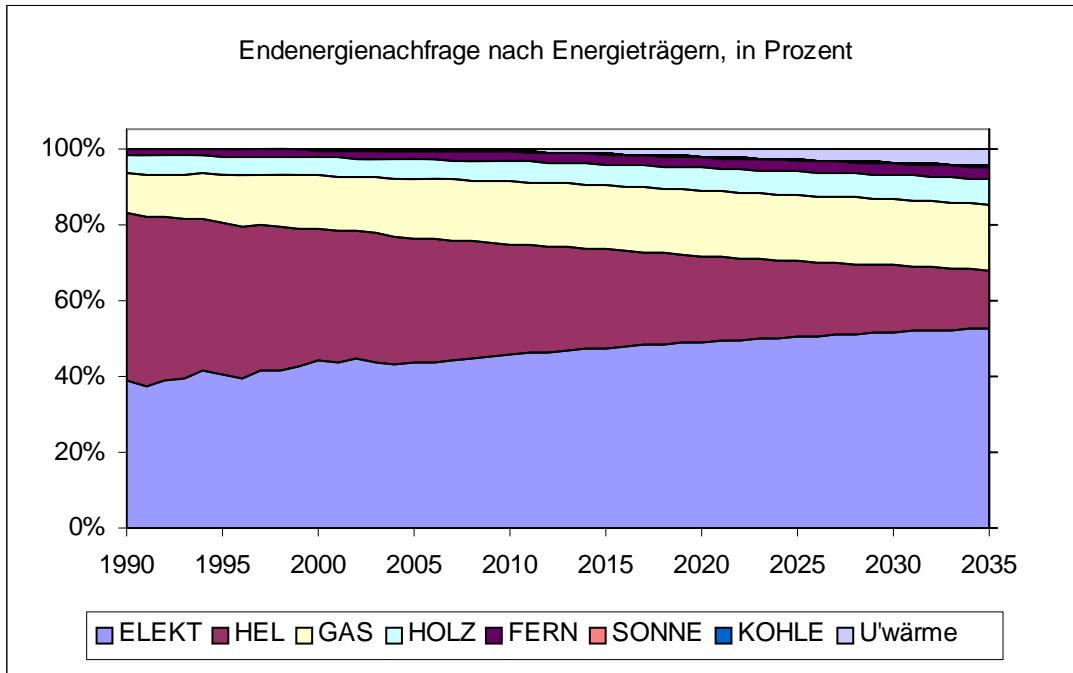
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Trend.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Trend

Figur 9-3 **Sz. I:** Aufteilung der gesamten Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent



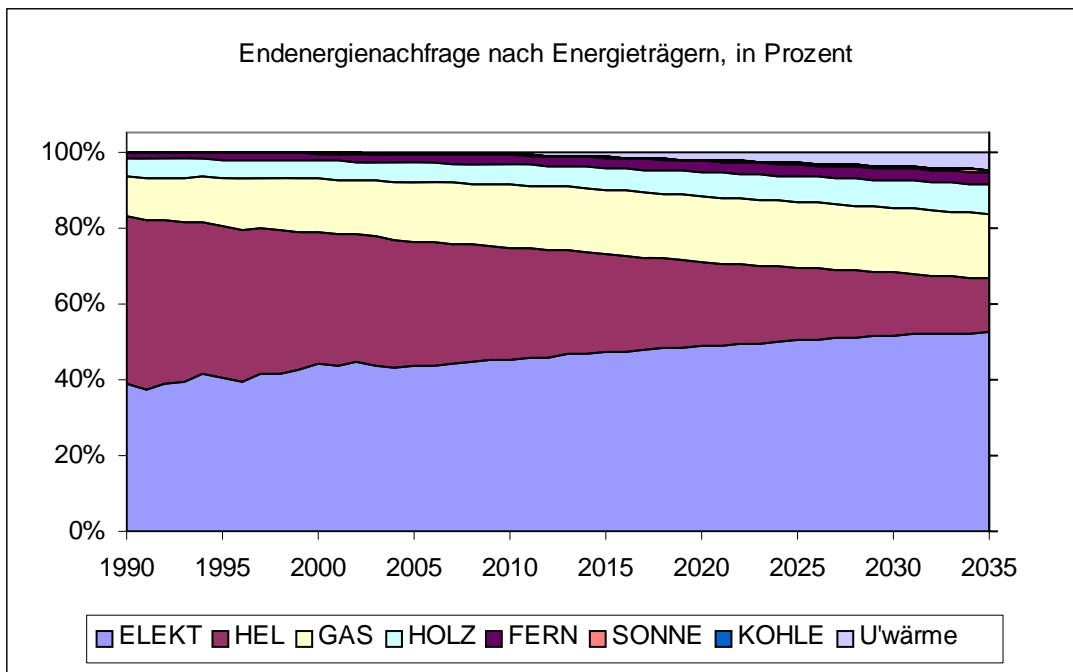
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Trend.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Trend

Figur 9-4 **Sz. II:** Aufteilung der gesamten Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent



Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Trend.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Trend

Figur 9-5 Sz. III: Aufteilung der gesamten Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent



Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Trend.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Trend

Figur 9-6 Sz. IV: Aufteilung der gesamten Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent

Tabelle 9-1 **Sz. I:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0
2010	66.5	43.2	24.2	7.7	3.5	0.2	0.0	1.3	147	80.0
2015	70.6	39.7	25.8	8.1	3.8	0.2	0.0	1.7	150	79.4
2020	74.3	36.9	27.1	8.6	4.1	0.3	0.0	2.2	154	79.3
2025	77.3	34.4	28.3	9.0	4.3	0.3	0.0	2.7	156	79.0
2030	80.1	31.9	29.3	9.4	4.4	0.3	0.0	3.2	159	78.6
2035	82.3	29.8	30.3	9.8	4.6	0.4	0.0	3.8	161	78.7

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Trend.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Trend

Tabelle 9-2 **Sz. II:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0
2010	65.8	41.9	23.8	7.6	3.5	0.2	0.0	1.4	144	78.4
2015	67.3	36.7	24.3	7.9	3.7	0.2	0.0	1.9	142	74.6
2020	69.3	33.0	25.0	8.3	3.8	0.3	0.0	2.4	142	72.8
2025	70.6	29.9	25.6	8.6	4.0	0.3	0.0	2.9	142	71.2
2030	71.7	27.1	26.0	8.8	4.1	0.3	0.0	3.3	141	69.7
2035	71.6	24.9	26.6	9.1	4.2	0.4	0.0	3.9	141	69.0

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Trend.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Trend

Tabelle 9-3 **Sz. III:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0
2010	66.6	43.0	24.2	7.7	3.5	0.2	0.0	1.3	147	79.9
2015	69.4	37.8	24.9	8.1	3.8	0.3	0.0	2.1	146	76.9
2020	71.3	32.9	25.1	8.6	4.0	0.3	0.0	3.2	146	74.2
2025	71.4	28.3	24.8	8.8	4.1	0.4	0.0	4.3	142	70.6
2030	71.7	24.1	24.1	8.9	4.1	0.4	0.0	5.3	139	67.0
2035	71.0	20.7	23.5	9.1	4.2	0.5	0.0	6.3	135	64.3

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Trend.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Trend

Tabelle 9-4 **Sz. IV:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0
2010	66.3	43.0	24.2	7.7	3.5	0.2	0.0	1.3	146	79.9
2015	63.5	34.8	22.8	7.7	3.5	0.3	0.0	2.0	135	71.1
2020	62.2	28.4	22.1	8.0	3.7	0.4	0.0	2.9	128	65.6
2025	60.1	22.9	20.8	8.1	3.6	0.5	0.0	3.7	120	59.6
2030	58.5	18.6	19.5	8.1	3.6	0.5	0.0	4.5	113	54.9
2035	56.1	15.2	18.3	8.1	3.6	0.6	0.0	5.2	107	51.1

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Trend.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Trend

Tabelle 9-5 **Sz. II:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft relativ zur Endenergiennachfrage im Szenario I, in Prozent

	ELEKT rel. Sz. I	HEL rel. Sz. I	GAS rel. Sz. I	HOLZ rel. Sz. I	FERN rel. Sz. I	SONNE rel. Sz. I	KOHLE rel. Sz. I	U'wärme rel. Sz. I	Summe rel. Sz. I	nicht_El rel. Sz. I
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	99	97	98	100	100	99	100	105	98	98
2015	95	92	94	97	96	96	99	106	95	94
2020	93	89	92	96	95	94	99	106	92	92
2025	91	87	90	95	93	93	99	105	91	90
2030	90	85	89	93	92	91	99	104	89	89
2035	87	83	88	93	91	90	99	103	87	88

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Trend.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Trend

Tabelle 9-6 **Sz. III:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft relativ zur Endenergiennachfrage im Szenario I, in Prozent

	ELEKT rel. Sz. I	HEL rel. Sz. I	GAS rel. Sz. I	HOLZ rel. Sz. I	FERN rel. Sz. I	SONNE rel. Sz. I	KOHLE rel. Sz. I	U'wärme rel. Sz. I	Summe rel. Sz. I	nicht_El rel. Sz. I
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	100	100	100	100	100	100	100	101	100	100
2015	98	95	97	99	99	111	98	122	98	97
2020	96	89	93	99	99	121	97	145	95	94
2025	92	82	88	97	97	124	95	157	91	89
2030	89	76	82	95	94	124	93	164	87	85
2035	86	69	78	93	91	123	91	167	84	82

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Trend.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Trend

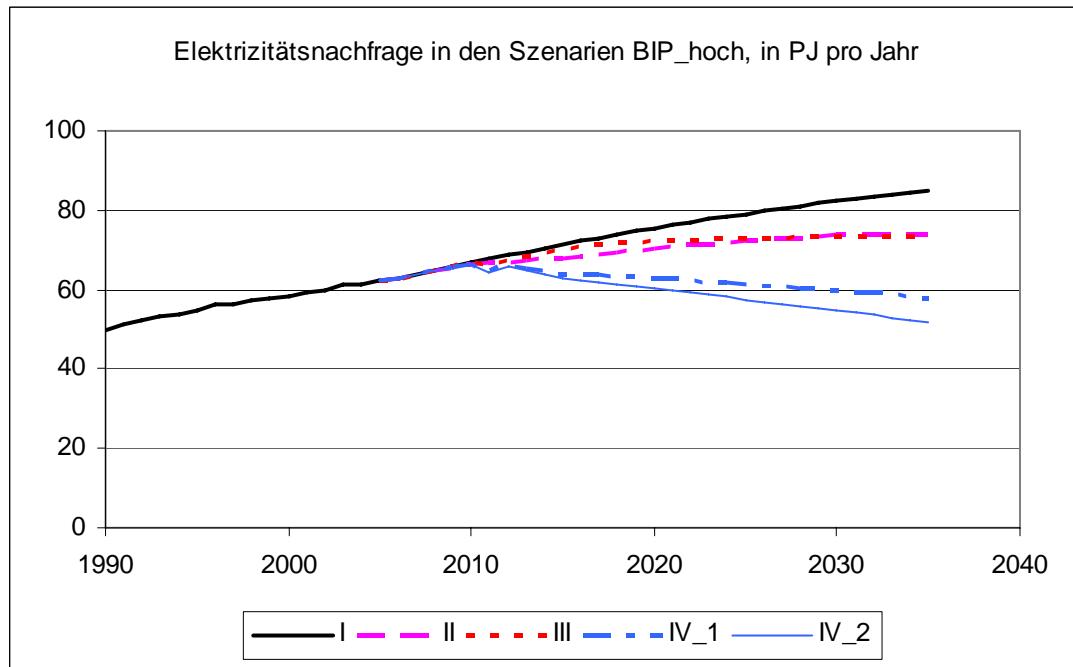
Tabelle 9-7 **Sz. IV:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft relativ zur Endenergiennachfrage im Szenario I, in Prozent

	ELEKT rel. Sz. I	HEL rel. Sz. I	GAS rel. Sz. I	HOLZ rel. Sz. I	FERN rel. Sz. I	SONNE rel. Sz. I	KOHLE rel. Sz. I	U'wärme rel. Sz. I	Summe rel. Sz. I	nicht_EI rel. Sz. I
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100
2015	90	88	89	94	93	121	95	113	90	89
2020	84	77	82	93	90	145	90	130	83	83
2025	78	67	73	89	86	153	85	136	77	75
2030	73	58	67	86	82	156	79	139	71	70
2035	68	51	60	83	78	155	73	139	67	65

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Trend.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Trend

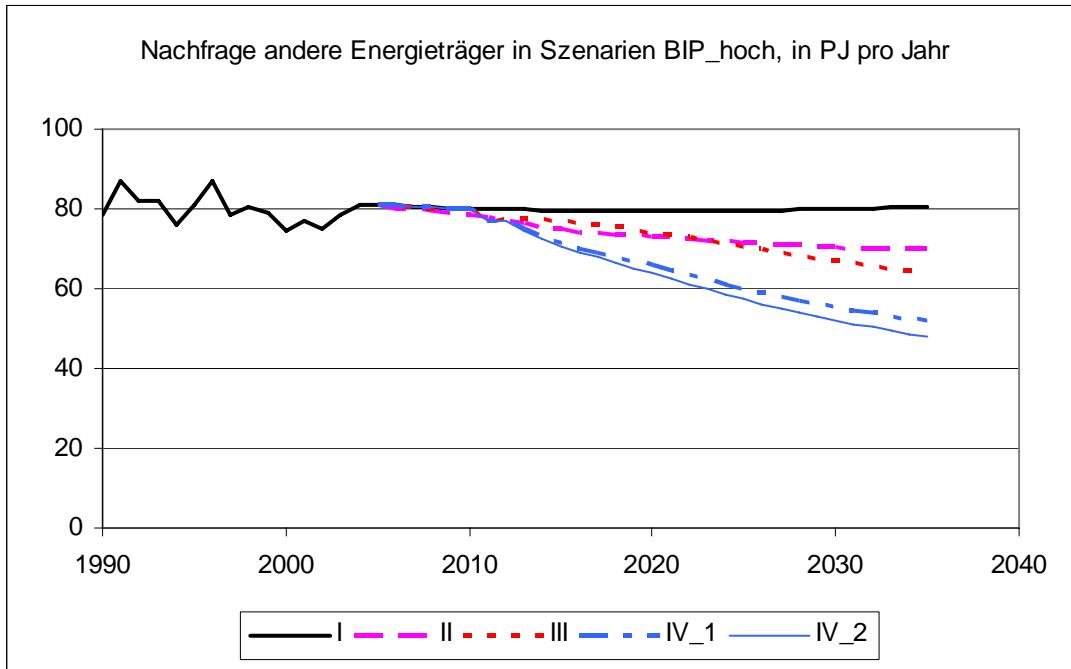
## 9.2 Szenarien I bis IV: BIP hoch

Im Szenario IV werden für die Sensitivitätsbetrachtung BIP\_hoch zwei Varianten berechnet (siehe Kapitel 3.2.1 und 8.2.2).



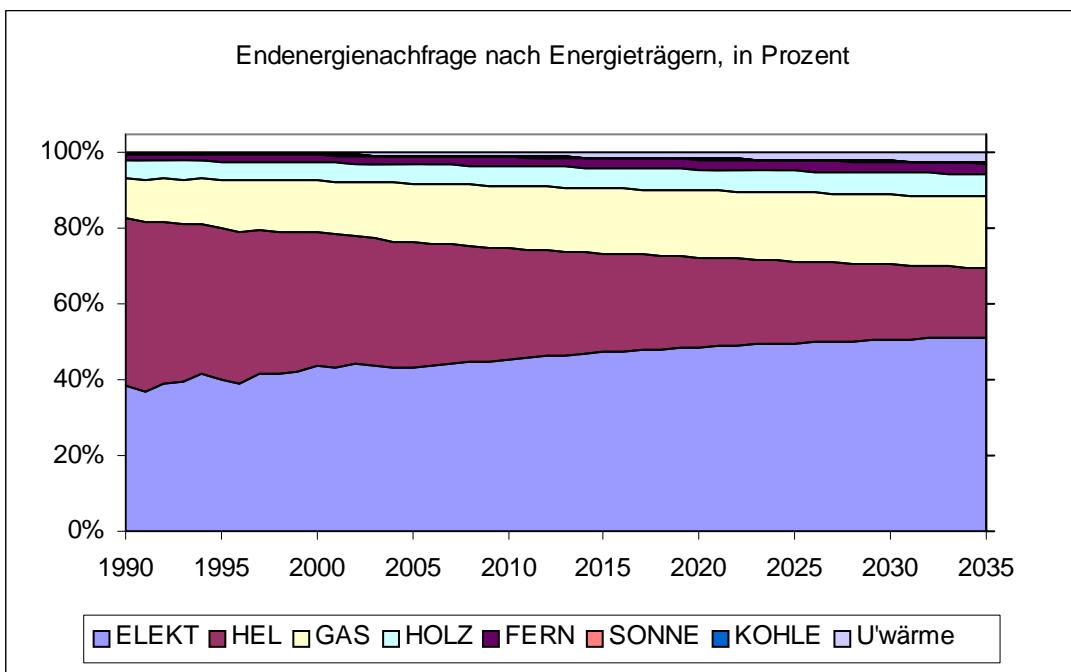
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_2.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_2

Figur 9-7 **Sz. I - IV:** Elektrizitätsnachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr



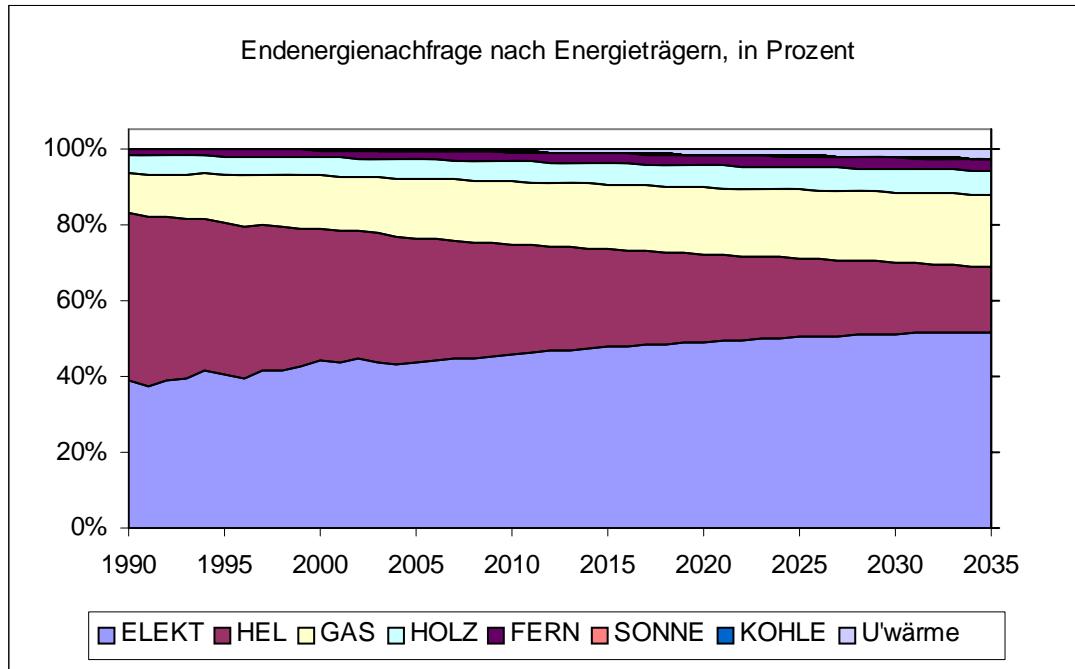
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_2.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_2

Figur 9-8 Sz. I - IV: Nachfrage nach allen anderen Endenergieträgern als Elektrizität in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr



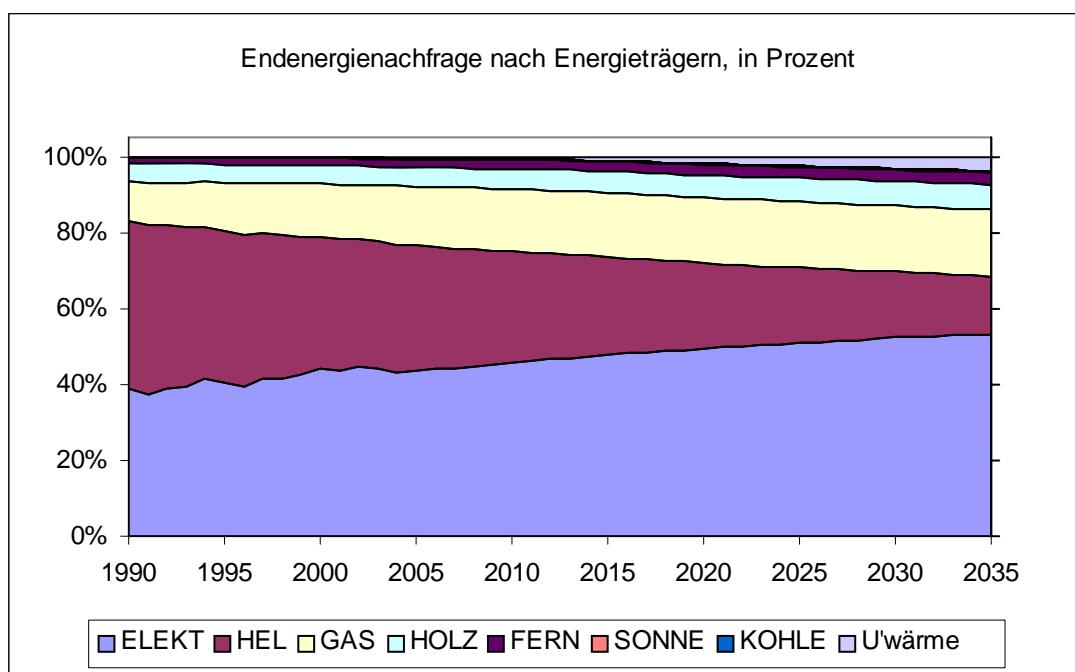
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_1.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_1

Figur 9-9 Sz. I: Aufteilung der gesamten Endenergienachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent



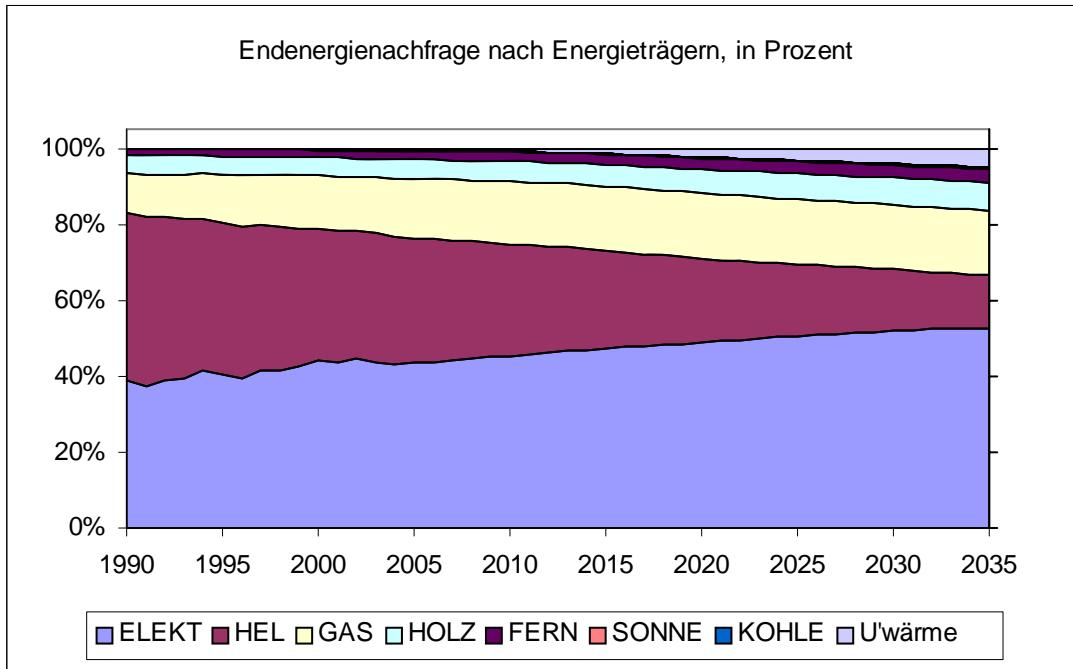
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_1.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_1

Figur 9-10 **Sz. II:** Aufteilung der gesamten Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent



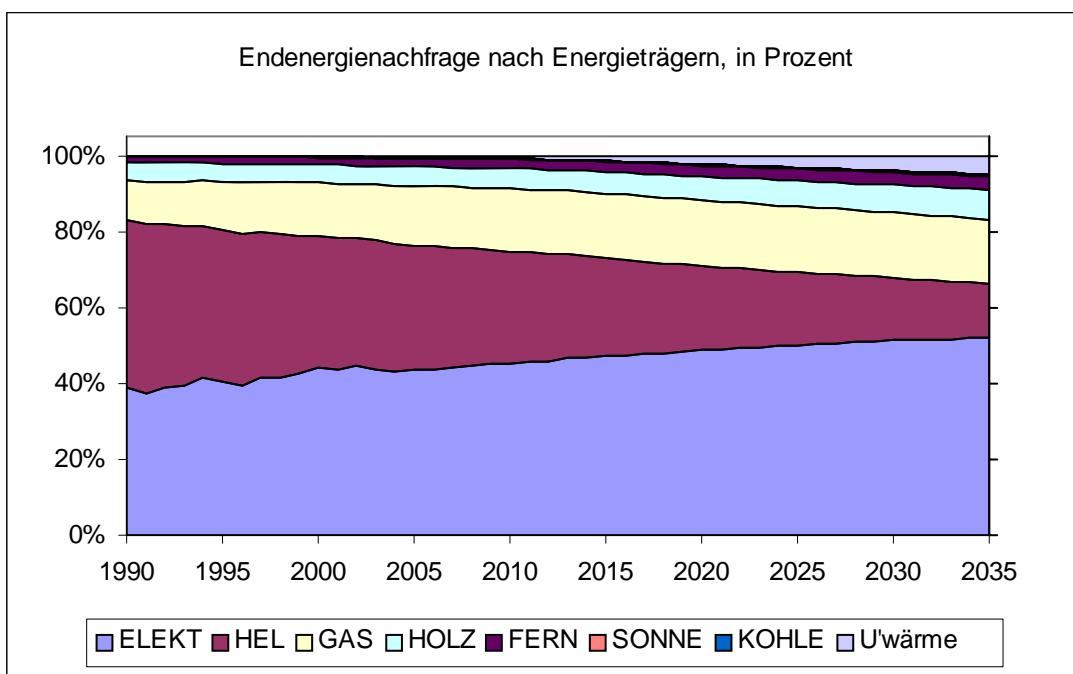
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_1.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_1

Figur 9-11 **Sz. III:** Aufteilung der gesamten Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent



Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_1.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_1

Figur 9-12 Sz. IV\_1: Aufteilung der gesamten Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent



Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_2.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_2

Figur 9-13 Sz. IV\_2: Aufteilung der gesamten Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent

Tabelle 9-8 **Sz. I:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.1	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0
2010	66.8	43.2	24.2	7.7	3.5	0.2	0.0	1.3	147	80.1
2015	71.3	39.7	25.9	8.2	3.8	0.2	0.0	1.8	151	79.6
2020	75.5	37.0	27.4	8.7	4.1	0.3	0.0	2.3	155	79.7
2025	79.1	34.4	28.7	9.1	4.3	0.3	0.0	2.8	159	79.7
2030	82.3	32.2	29.9	9.6	4.5	0.4	0.0	3.4	162	80.0
2035	85.1	30.2	31.1	10.1	4.7	0.4	0.0	4.0	166	80.5

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_1.xls in  
H:\Cepé\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_1

Tabelle 9-9 **Sz. II:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.1	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0
2010	66.1	41.9	23.9	7.6	3.5	0.2	0.0	1.4	145	78.5
2015	68.0	36.6	24.4	7.9	3.7	0.2	0.0	1.9	143	74.8
2020	70.4	33.0	25.2	8.3	3.9	0.3	0.0	2.4	143	73.1
2025	72.2	29.9	25.9	8.6	4.0	0.3	0.0	2.9	144	71.7
2030	73.6	27.2	26.5	8.9	4.1	0.3	0.0	3.4	144	70.4
2035	74.0	25.0	27.2	9.2	4.3	0.4	0.0	3.9	144	69.9

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_1.xls in  
H:\Cepé\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_1

Tabelle 9-10 **Sz. III:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.2	128	78.5
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.5	133	74.5
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.7	139	78.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.8	143	80.9
2010	66.7	43.1	24.3	7.7	3.6	0.2	0.0	1.1	147	79.8
2015	70.0	37.9	25.0	8.1	3.8	0.3	0.0	1.8	147	76.9
2020	72.3	33.0	25.3	8.6	4.1	0.3	0.0	2.8	147	74.2
2025	72.9	28.4	25.0	8.9	4.2	0.4	0.0	3.7	143	70.6
2030	73.5	24.3	24.4	9.1	4.2	0.5	0.0	4.5	140	67.0
2035	73.3	20.9	23.9	9.3	4.2	0.5	0.0	5.4	137	64.2

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_1.xls in  
H:\Cepé\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_1

Tabelle 9-11 **Sz. IV\_1:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	IV ELEKT PJ/Jahr	IV HEL PJ/Jahr	IV GAS PJ/Jahr	IV HOLZ PJ/Jahr	IV FERN PJ/Jahr	IV SONNE PJ/Jahr	IV KOHLE PJ/Jahr	IV U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0
2010	66.5	43.0	24.2	7.7	3.6	0.2	0.0	1.3	146	80.0
2015	64.0	34.8	22.9	7.7	3.6	0.3	0.0	2.0	135	71.3
2020	62.9	28.4	22.2	8.1	3.7	0.4	0.0	3.0	129	65.9
2025	61.3	22.9	20.9	8.2	3.7	0.5	0.0	3.9	121	60.1
2030	60.0	18.6	19.7	8.2	3.7	0.6	0.0	4.7	116	55.5
2035	57.8	15.2	18.5	8.3	3.7	0.7	0.0	5.6	110	51.9

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_1.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_1

Tabelle 9-12 **Sz. IV\_2:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0
2010	66.3	43.0	24.2	7.7	3.6	0.2	0.0	1.3	146	79.9
2015	62.8	34.4	22.6	7.6	3.5	0.3	0.0	2.0	133	70.4
2020	60.5	27.7	21.5	7.9	3.6	0.4	0.0	2.9	124	64.0
2025	57.5	21.9	19.9	7.9	3.5	0.5	0.0	3.7	115	57.3
2030	55.0	17.6	18.4	7.8	3.5	0.5	0.0	4.4	107	52.2
2035	51.7	14.2	17.0	7.8	3.4	0.6	0.0	5.1	100	48.0

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_2.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_2

Tabelle 9-13 **Sz. II:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft relativ zur Endenergiennachfrage im Szenario I, in Prozent

	ELEKT rel. Sz. I	HEL rel. Sz. I	GAS rel. Sz. I	HOLZ rel. Sz. I	FERN rel. Sz. I	SONNE rel. Sz. I	KOHLE rel. Sz. I	U'wärme rel. Sz. I	Summe rel. Sz. I	nicht_El rel. Sz. I
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	99	97	98	100	100	99	100	104	98	98
2015	95	92	94	97	96	96	100	105	95	94
2020	93	89	92	96	95	94	99	104	92	92
2025	91	87	90	95	93	92	99	103	91	90
2030	89	84	89	93	92	91	94	100	89	88
2035	87	83	87	92	91	89	92	98	87	87

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_1.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_1

Tabelle 9-14 **Sz. III:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft relativ zur Endenergiennachfrage im Szenario I, in Prozent

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
	rel. Sz. I									
1990	100	100	100	100	100	100	100	88	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	88	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	86	100	100
2010	100	100	100	100	100	100	100	83	100	100
2015	98	95	96	99	99	112	99	102	97	97
2020	96	89	92	99	99	122	97	122	94	93
2025	92	83	87	97	97	125	96	131	90	89
2030	89	75	82	94	93	124	90	135	87	84
2035	86	69	77	92	91	122	86	135	83	80

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_1.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_1

Tabelle 9-15 **Sz. IV\_1:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft relativ zur Endenergiennachfrage im Szenario I, in Prozent

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
	rel. Sz. I									
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	99	100	100	100	101	101	99	101	100	100
2015	90	88	89	94	93	122	95	114	90	90
2020	83	77	81	93	91	147	90	131	83	83
2025	77	66	73	90	86	155	83	138	76	75
2030	73	58	66	86	82	157	73	140	71	69
2035	68	50	59	82	79	156	66	139	66	64

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_1.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_1

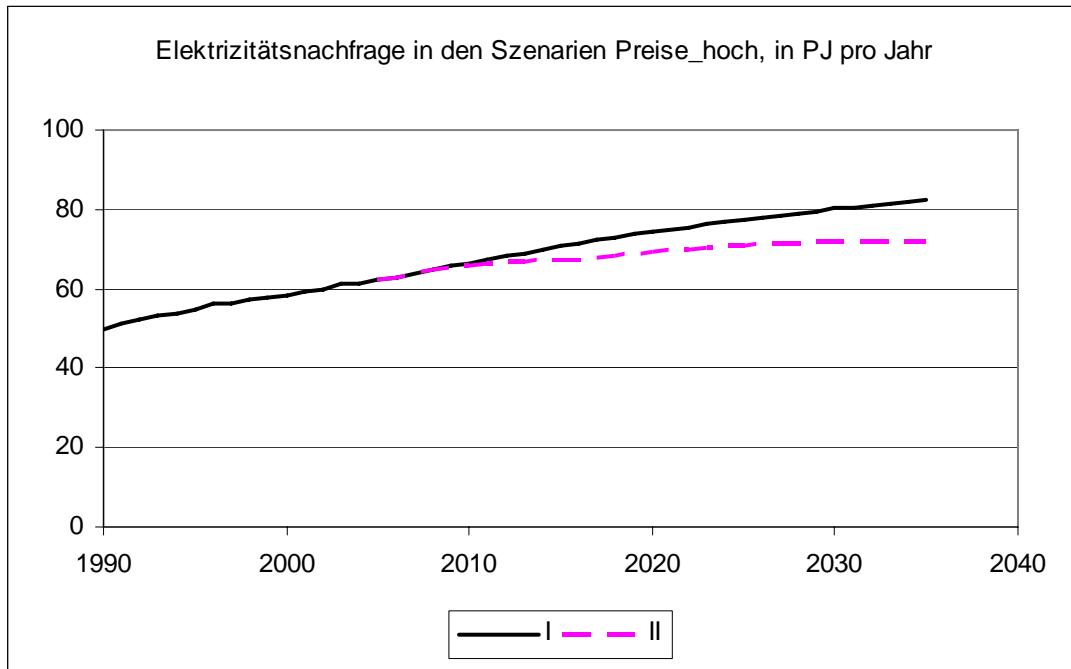
Tabelle 9-16 **Sz. IV\_2:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft relativ zur Endenergiennachfrage im Szenario I, in Prozent

	ELEKT	HEL	GAS	HOLZ	FERN	SONNE	KOHLE	U'wärme	Summe	nicht_El
	rel. Sz. I									
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	99	100	100	100	100	100	99	100	99	100
2015	88	87	87	93	92	118	95	112	88	88
2020	80	75	79	91	88	139	90	127	80	80
2025	73	64	69	86	82	143	83	131	72	72
2030	67	55	62	82	77	141	73	129	66	65
2035	61	47	55	77	72	136	66	126	60	60

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_BIP\_hoch\_2.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\BIP\_hoch\_2

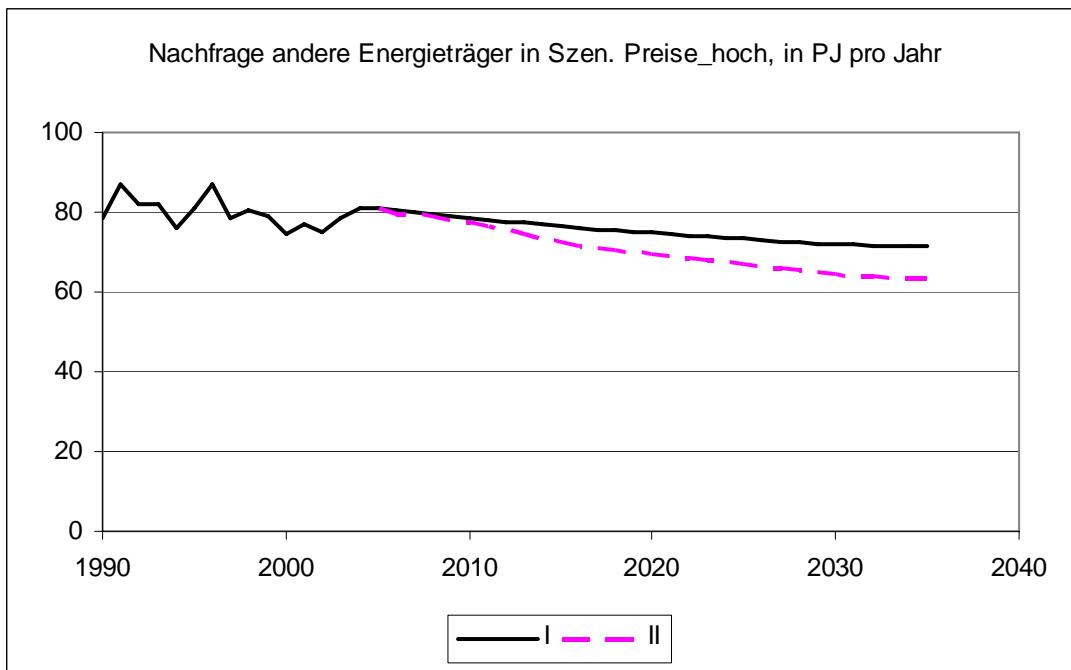
### 9.3 Szenarien I bis II: Preise hoch

Für die Szenarien III und IV machen Preissensitivitätsrechnungen keinen Sinn (siehe Kapitel 7.2.3 und 8.2.3)



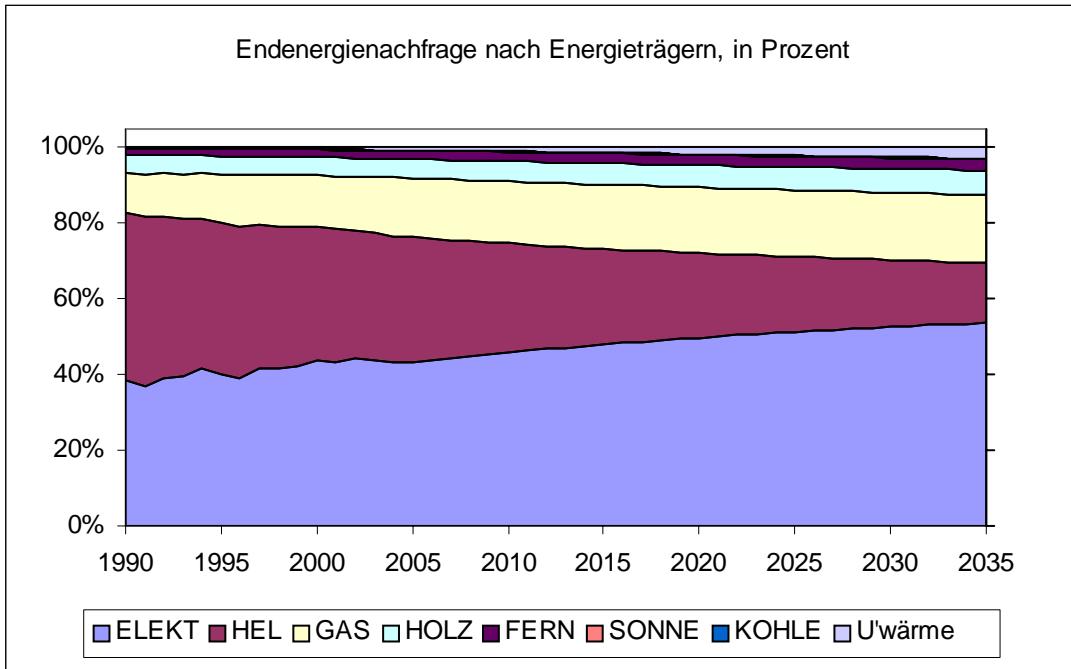
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Preise\_hoch.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Preise\_hoch

Figur 9-14 Sz. I - II: Elektrizitätsnachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr



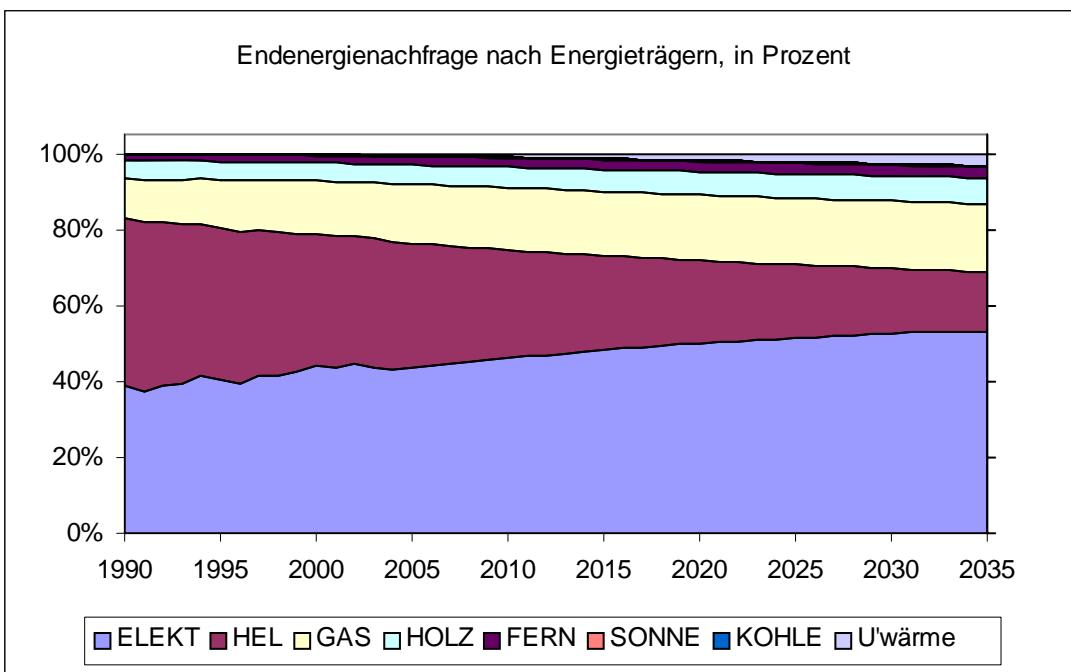
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Preise\_hoch.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Preise\_hoch

Figur 9-15 Sz. I - II: Nachfrage nach allen anderen Endenergiträgern als Elektrizität in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr



Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Preise\_hoch.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Preise\_hoch

Figur 9-16 **Sz. I:** Aufteilung der gesamten Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent



Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Preise\_hoch.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Preise\_hoch

Figur 9-17 **Sz. II:** Aufteilung der gesamten Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent

Tabelle 9-17 **Sz. I:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0
2010	66.6	41.8	23.9	7.7	3.5	0.2	0.0	1.4	145	78.5
2015	70.7	37.2	25.0	8.3	3.8	0.3	0.0	1.9	147	76.4
2020	74.4	33.3	25.9	8.8	4.0	0.3	0.0	2.5	149	74.9
2025	77.4	29.9	26.5	9.2	4.1	0.4	0.0	3.1	151	73.3
2030	80.2	26.9	27.1	9.6	4.3	0.4	0.0	3.7	152	71.9
2035	82.4	24.4	27.7	10.0	4.4	0.5	0.0	4.4	154	71.3

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Preise\_hoch.xls in  
H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Preise\_hoch

Tabelle 9-18 **Sz. II:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	II ELEKT PJ/Jahr	II HEL PJ/Jahr	II GAS PJ/Jahr	II HOLZ PJ/Jahr	II FERN PJ/Jahr	II SONNE PJ/Jahr	II KOHLE PJ/Jahr	II U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0
2010	65.9	40.9	23.5	7.7	3.5	0.2	0.0	1.5	143	77.3
2015	67.4	34.7	23.7	8.1	3.6	0.3	0.0	2.0	140	72.4
2020	69.5	30.3	24.0	8.5	3.7	0.3	0.0	2.6	139	69.6
2025	70.9	26.6	24.2	8.8	3.8	0.4	0.0	3.2	138	67.0
2030	72.1	23.3	24.2	9.0	3.9	0.4	0.0	3.8	137	64.6
2035	72.1	20.8	24.4	9.3	3.9	0.5	0.0	4.4	135	63.3

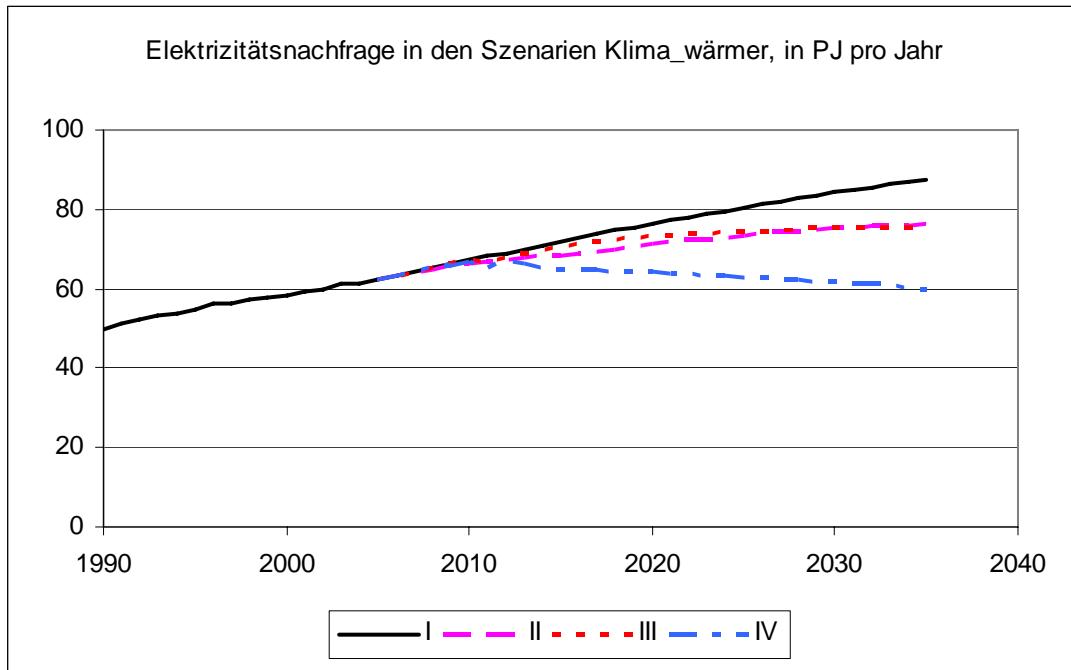
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Preise\_hoch.xls in  
H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Preise\_hoch

Tabelle 9-19 **Sz. II:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft relativ zur Endenergiennachfrage im Szenario I, in Prozent

	ELEKT rel. Sz. I	HEL rel. Sz. I	GAS rel. Sz. I	HOLZ rel. Sz. I	FERN rel. Sz. I	SONNE rel. Sz. I	KOHLE rel. Sz. I	U'wärme rel. Sz. I	Summe rel. Sz. I	nicht_El rel. Sz. I
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	99	98	99	100	99	104	100	104	99	98
2015	95	93	95	98	96	102	100	104	95	95
2020	93	91	93	97	94	102	100	104	93	93
2025	92	89	91	96	92	101	99	103	91	91
2030	90	87	89	94	91	99	99	102	90	90
2035	88	85	88	94	90	98	99	101	88	89

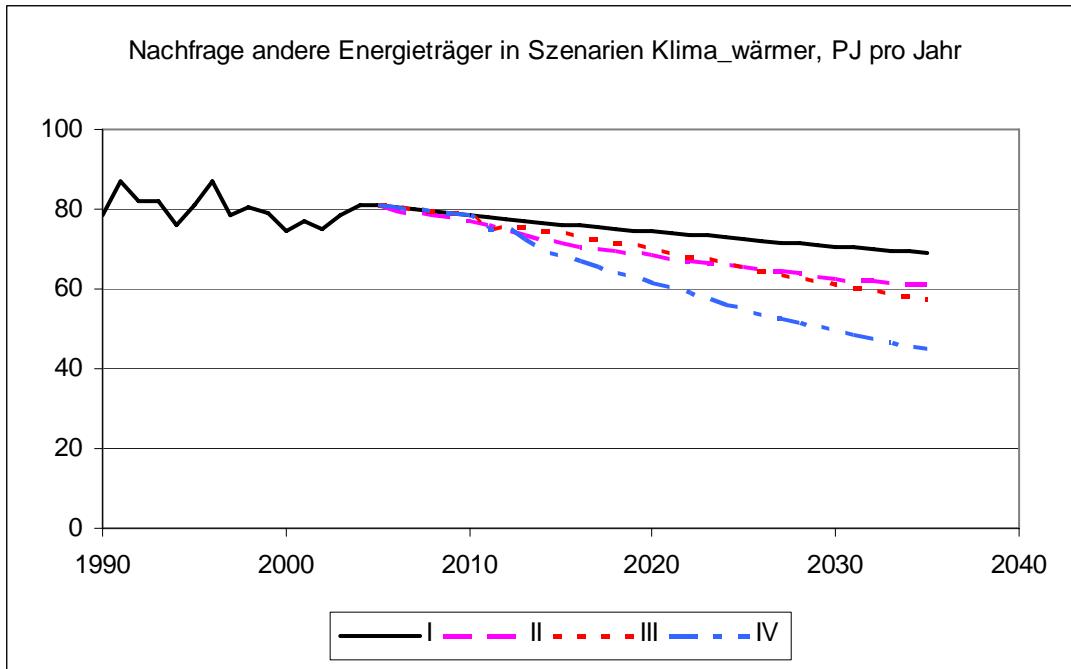
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Preise\_hoch.xls in  
H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Preise\_hoch

#### 9.4 Szenarien I bis IV: Klima wärmer



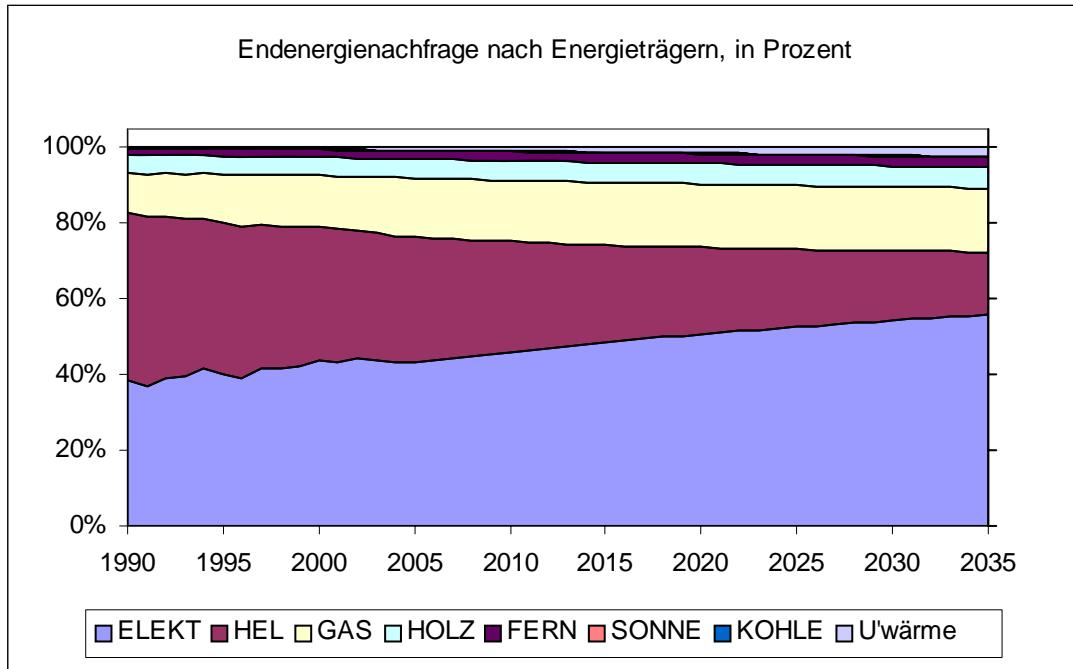
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Klima\_wärmer

Figur 9-18 Sz. I - IV: Elektrizitätsnachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr



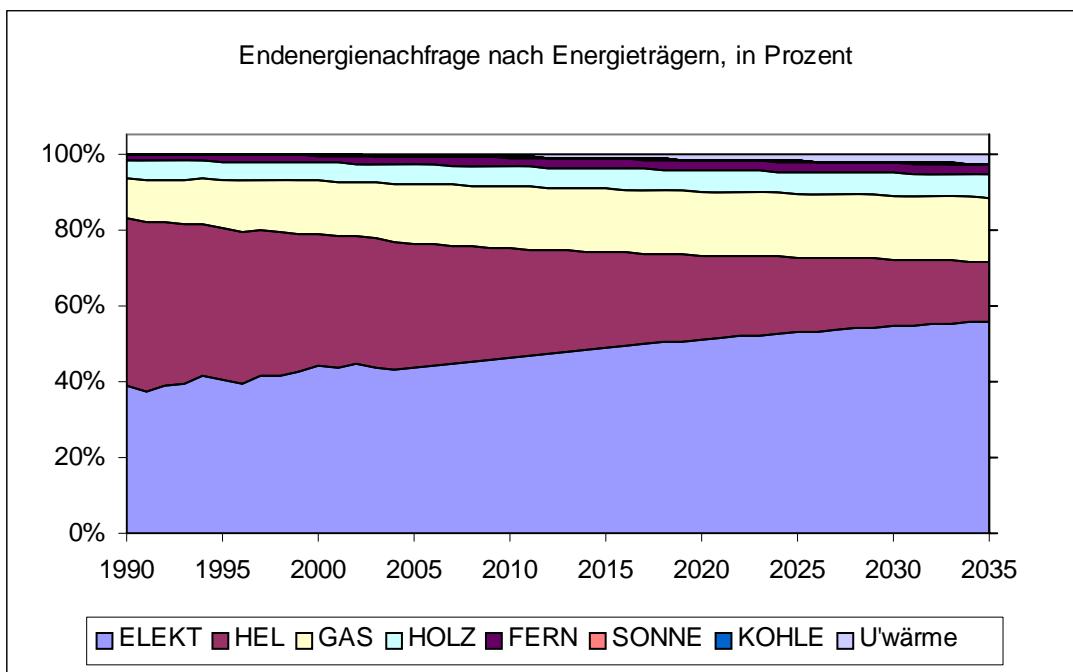
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Klima\_wärmer

Figur 9-19 Sz. I - IV: Nachfrage nach allen anderen Endenergieträgern als Elektrizität in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ Jahr



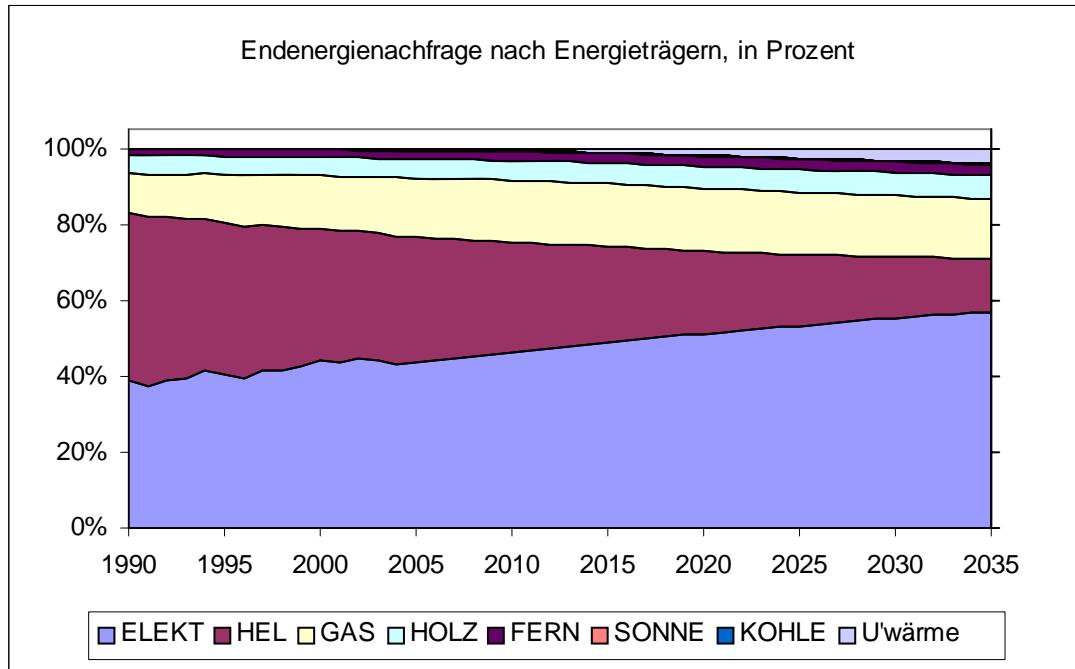
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Klima\_wärmer

Figur 9-20 Sz. I: Aufteilung der gesamten Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent



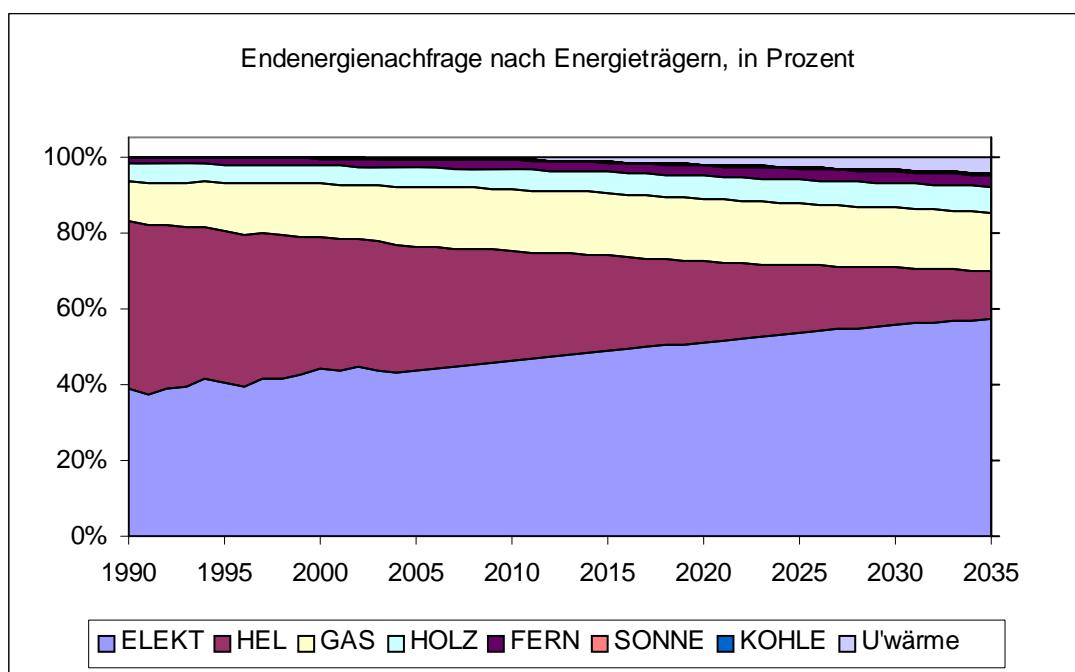
Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Klima\_wärmer

Figur 9-21 Sz. II: Aufteilung der gesamten Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent



Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Klima\_wärmer

Figur 9-22 **Sz. III:** Aufteilung der gesamten Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent



Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Klima\_wärmer

Figur 9-23 **Sz. IV:** Aufteilung der gesamten Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft auf die verschiedenen Endenergieträgern, in Prozent

Tabelle 9-20 **Sz. I:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0
2010	67.2	42.2	23.6	7.5	3.5	0.2	0.0	1.3	146	78.4
2015	71.9	38.0	24.6	7.8	3.6	0.2	0.0	1.7	148	76.1
2020	76.5	34.6	25.4	8.2	3.8	0.3	0.0	2.2	151	74.4
2025	80.4	31.5	25.8	8.4	3.9	0.3	0.0	2.7	153	72.6
2030	84.3	28.5	26.1	8.6	3.9	0.3	0.0	3.2	155	70.7
2035	87.5	26.1	26.4	8.8	4.0	0.3	0.0	3.7	157	69.2

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cepé\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Klima\_wärmer

Tabelle 9-21 **Sz. II:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0
2010	66.5	41.0	23.3	7.5	3.4	0.2	0.0	1.4	143	76.8
2015	68.6	35.1	23.3	7.6	3.5	0.2	0.0	1.8	140	71.5
2020	71.3	30.9	23.4	7.8	3.6	0.2	0.0	2.3	140	68.3
2025	73.4	27.4	23.4	8.0	3.6	0.3	0.0	2.8	139	65.4
2030	75.4	24.3	23.2	8.0	3.6	0.3	0.0	3.3	138	62.7
2035	76.1	21.8	23.1	8.1	3.6	0.3	0.0	3.8	137	60.8

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cepé\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Klima\_wärmer

Tabelle 9-22 **Sz. III:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.2	128	78.5
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.5	133	74.5
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.7	139	78.2
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.8	143	80.9
2010	67.2	42.2	23.7	7.6	3.5	0.2	0.0	1.1	145	78.3
2015	70.7	36.5	23.9	7.8	3.6	0.2	0.0	1.8	145	74.0
2020	73.4	31.2	23.7	8.2	3.8	0.3	0.0	2.8	143	70.0
2025	74.4	26.3	22.9	8.3	3.8	0.4	0.0	3.7	140	65.4
2030	75.4	22.0	21.9	8.3	3.8	0.4	0.0	4.5	136	60.9
2035	75.5	18.5	20.9	8.4	3.7	0.4	0.0	5.4	133	57.4

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cepé\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Klima\_wärmer

Tabelle 9-23 **Sz. IV:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft, in PJ pro Jahr

	ELEKT PJ/Jahr	HEL PJ/Jahr	GAS PJ/Jahr	HOLZ PJ/Jahr	FERN PJ/Jahr	SONNE PJ/Jahr	KOHLE PJ/Jahr	U'wärme PJ/Jahr	Summe PJ/Jahr	nicht_El PJ/Jahr
1990	49.8	56.9	13.2	6.2	1.9	0.0	0.0	0.3	128	78.6
1995	54.9	54.4	17.3	6.6	2.4	0.1	0.0	0.4	136	81.2
2000	58.2	46.6	18.3	6.3	2.6	0.1	0.0	0.6	133	74.6
2003	61.1	47.0	20.6	6.9	3.0	0.1	0.0	0.8	139	78.3
2005	62.1	47.2	22.4	7.2	3.2	0.1	0.0	0.9	143	81.0
2010	67.0	42.1	23.7	7.5	3.5	0.2	0.0	1.3	145	78.3
2015	64.9	33.4	21.9	7.4	3.4	0.3	0.0	1.9	133	68.2
2020	64.2	26.7	20.8	7.6	3.4	0.4	0.0	2.7	126	61.6
2025	62.9	21.1	19.1	7.4	3.4	0.4	0.0	3.4	118	54.9
2030	61.9	16.8	17.6	7.3	3.3	0.5	0.0	4.0	111	49.4
2035	60.0	13.4	16.1	7.2	3.1	0.5	0.0	4.6	105	45.0

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cepé\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Klima\_wärmer

Tabelle 9-24 **Sz. II:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft relativ zur Endenergiennachfrage im Szenario I, in Prozent

	ELEKT rel. Sz. I	HEL rel. Sz. I	GAS rel. Sz. I	HOLZ rel. Sz. I	FERN rel. Sz. I	SONNE rel. Sz. I	KOHLE rel. Sz. I	U'wärme rel. Sz. I	Summe rel. Sz. I	nicht_El rel. Sz. I
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	99	97	98	100	100	99	100	105	98	98
2015	95	92	94	97	96	96	100	106	95	94
2020	93	89	92	96	95	94	99	106	93	92
2025	91	87	90	95	93	93	99	105	91	90
2030	89	85	89	94	92	91	99	104	89	89
2035	87	84	88	93	91	90	99	103	87	88

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cepé\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Klima\_wärmer

Tabelle 9-25 **Sz. III:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft relativ zur Endenergiennachfrage im Szenario I, in Prozent

	ELEKT rel. Sz. I	HEL rel. Sz. I	GAS rel. Sz. I	HOLZ rel. Sz. I	FERN rel. Sz. I	SONNE rel. Sz. I	KOHLE rel. Sz. I	U'wärme rel. Sz. I	Summe rel. Sz. I	nicht_El rel. Sz. I
1990	100	100	100	100	100	100	100	88	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	88	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	86	100	100
2010	100	100	100	101	101	101	101	83	100	100
2015	98	96	97	100	100	112	101	104	98	97
2020	96	90	94	100	100	122	101	125	95	94
2025	93	84	89	99	98	126	100	137	91	90
2030	90	77	84	97	95	126	99	144	88	86
2035	86	71	79	96	93	126	98	147	85	83

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cepé\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Klima\_wärmer

Tabelle 9-26 **Sz. IV:** Endenergiennachfrage in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft relativ zur Endenergiennachfrage im Szenario I, in Prozent

	ELEKT rel. Sz. I	HEL rel. Sz. I	GAS rel. Sz. I	HOLZ rel. Sz. I	FERN rel. Sz. I	SONNE rel. Sz. I	KOHLE rel. Sz. I	U'wärme rel. Sz. I	Summe rel. Sz. I	nicht_EI rel. Sz. I
1990	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2010	100	100	100	100	101	101	99	99	100	100
2015	90	88	89	94	93	121	94	109	90	90
2020	84	77	82	92	91	146	88	123	83	83
2025	78	67	74	89	86	155	82	127	77	76
2030	73	59	67	85	83	157	76	128	72	70
2035	69	51	61	82	79	157	69	125	67	65

Quelle: CEPE, Fig\_Tabs\_Klima\_wärmer.xls in  
H:\Cepé\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\RUNS\_August\_06\Klima\_wärmer

## 10 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die im Einführungskapitel erwähnten Fragestellungen:

- Wie können die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2035 um 20 bis 30 Prozent und mehr reduziert werden?
- Welche Stromversorgungslücke ergibt sich mittel- und langfristig?
- Wie kann der Weg in Richtung 2000 Watt Gesellschaft eingeleitet werden und wie kann ein solcher Weg bis 2035 aussehen?

können nur für alle Verbrauchersektoren und inklusive des Produktionssektors untersucht und beantwortet werden. Die in diesem Bericht für den Dienstleistungssektor möglichen Schlussfolgerungen beziehen sich deshalb nicht direkt auf diese übergeordneten Fragestellungen. Es sind Ergebnisse, die für diesen Sektor wichtig und aufschlussreich sind.

### *Referenzentwicklung*

Eine wichtige, wenn auch nicht neue und auch für alle Sektoren zusammengenommen gültige Beobachtung ist der stetige Anstieg von Elektrizität und der Rückgang der Wärmenachfrage. Im Referenzszenario I steigt die Elektrizitätsnachfrage von 2005 bis 2035 um 32 Prozent oder durchschnittlich 0.9 Prozent pro Jahr; die Nachfrage nach allen anderen Energieträgern zusammen genommen (ohne Umweltwärme) nimmt in diesem Zeitraum um 7 Prozent ab. Dieser Rückgang beträgt noch 3 Prozent, falls die Umweltwärme mitgezählt wird. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sinken sogar um 18 Prozent. Diese gegensätzliche Entwicklung von Elektrizitäts- und Wärmenachfrage fällt im Fall einer Klimaerwärmung noch deutlicher aus (siehe Sensitivitätsbetrachtungen weiter unten).

Die Wärmenachfrage sinkt, weil die Reduktion der durchschnittlichen Energiekennzahl Wärme von 28 Prozent die Zunahme der Energiebezugsfläche von 25 Prozent überkompensiert.

Für die einzelnen homogenen Gruppen sinkt zwar die Energiekennzahl Elektrizität um durchschnittlich rund 12 Prozent aber infolge des Strukturwandels zwischen und innerhalb der Wirtschaftsbranchen, der im Allgemeinen zu einer höheren Technisierung führt, wird diese Effizienzverbesserung überkompensiert und die durchschnittliche Energiekennzahl Elektrizität für die gesamten Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft steigt in der gleichen Zeitperiode 2005 bis 2035 um 10 Prozent an. Die Elektrizitätsnachfrage steigt deshalb im Szenario I sogar etwas stärker an als die Energiebezugsfläche.

Die höhere Technisierung ist meistens eine Folge von neuen zusätzlichen Energiedienstleistungen für den Kunden, wie z.B. die Tiefkühl- und Fertigprodukte in modernen Lebensmittelläden und die Wellnessangebote in der Hotellerie. Ein weiterer Teil dieser „Technisierung“ ist eine indirekte Folge von Massnahmen zu Wärmeeinsparungen. Jakob et al. (2006) zeigen aber, dass die Wärmeeinsparungen in den meisten Fällen selbst bei einer Primärenergiebetrachtung die zusätzliche Erhöhung des Elektrizitätsverbrauchs übersteigen. Eine direkte Substitution von Brennstoffen durch Elektrizität, wie sie z.B. im Industriesektor durch den Einsatz von neuen Technologien bei Wärmeanwendungen häufig vorkommt oder im Haushaltsektor durch die Marktgewinne der elektrischen Wärmepumpen beobachtet wird, ist im Dienstleistungssektor von untergeordneter Bedeutung.

Dieser Beobachtung einer Elektrifizierung steht aber die Tatsache gegenüber, dass auch im Jahre 2035 die Bereitstellung der Raumwärme von allen Energiedienstleistungen mit rund 40 Prozent

der Gesamtenergiennachfrage bei weitem am meisten Energie benötigt. Bezogen auf die Wärmeenergie nimmt der Anteil von Energie zur Warmwasserbereitstellung und für Prozesswärme über die Periode von 2005 und 2035 von 14 auf 18 Prozent zu.

Die elektrizitätsspezifischen Anwendungen sind extrem vielfältig und deren Energienachfrage nur annähernd bekannt. Für den Betrieb der Gebäude und für den Komfort der Beschäftigten und der Kunden (Beleuchtung, Lüftung, Klimatisierung, ...) werden heute und auch in 2035 etwas über 60 Prozent der bezogenen Elektrizität eingesetzt. Die Geräte und Anlagen, die in SIA 380/4-Terminologie als Arbeitshilfen und für zentrale Dienste eingesetzt werden, sind zwar in gewissen Branchen sehr bedeutende Energieverbraucher aber über den ganzen Dienstleistungssektor betrachtet tragen sie „nur“ mit weniger als 10 Prozent respektive 30 Prozent zum gesamten Elektrizitätsverbrauch bei.

### *Sensitivitätsbetrachtungen*

Die Sensitivitätsrechnung „Klima wärmer“ ist sicher ein Höhepunkt der Arbeit. Zum ersten Mal überhaupt wurde der Stromverbrauch für die Raumkühlung in der Schweiz abgeschätzt und publiziert. Die Berechnung der Auswirkung einer Klimaerwärmung auf die Energienachfrage und die CO<sub>2</sub>-Emissionen wurde nach unserem Wissen erstmals für ein Land vorgenommen. Die im Rahmen dieses Projekts erarbeitete Methode wurde auf verschiedene Klimaregionen in Europa angewendet (Aebischer et al., 2006/2) und ist in internationalen Fachkreisen auf grosses Interesse gestossen. Nach unserer Meinung hätte die Variante „Klima wärmer“ mit einer in 2035 um rund 6 Prozent höheren Stromnachfrage und einer um 13 Prozent tieferen Wärmenachfrage als klimatische Referenzentwicklung definiert werden können, denn die Entwicklung der mittleren Tagestemperaturen und der Indikatoren Gradtag, Heizgradtag und Kühlgradtag zeigen alle seit mindestens den achtziger Jahren eine klar sinkende respektive für die Kühlgradtag steigende Tendenz.

Ganz ähnlich stellt sich die Frage zu den Energiepreisen. Ist es sinnvoll die Variante mit 30 USD/bbl als Referenzentwicklung festzulegen, oder sind nicht doch die 50 USD/bbl für die nächsten Dezennien wahrscheinlicher? Nun, die Fragestellung ist aus zwei Gründen nicht sehr relevant:

1. Die Referenzentwicklung hat nicht die primäre Bedeutung einer wahrscheinlichsten Entwicklung.
2. Die Ergebnisse der beiden Varianten Preise tief (30 USD/bbl) und Preise hoch (50 USD/bbl) sind gleichwertig dokumentiert und die eventuellen Nutzer der Arbeit können diese oder jene Variante benutzen.

Die Veränderung der Energienachfrage infolge höherer Energiepreise ist geprägt von den relativen Differenzen bei den Preisen der einzelnen Energieträger. Heizöl geht gegenüber der Variante Preise tief fast doppelt so stark zurück als die gesamte Wärmenachfrage, die im Jahre 2035 rund 10 Prozent tiefer liegt als in der Variante mit tiefen Energiepreisen. Der leicht höhere Einsatz von elektrischen Wärmepumpen überkompenziert die kleinen Effizienzverbesserungen infolge des nur wenig höheren Elektrizitätspreises; die Auswirkung der höheren Energiepreise auf die Elektrizitätsnachfrage ist aber marginal. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen im Jahre 2035 um 15 Prozent tiefer als in der Referenzvariante. Davon ist rund ein Viertel auf die beschleunigte Substitutionen zwischen Energieträgern zurückzuführen; die restlichen drei Viertel sind das Ergebnis der Effizienzverbesserungen.

Im Dienstleistungssektor zeigt ein höheres Wirtschaftswachstum eine überraschend kleine Wirkung: im Jahre 2035 liegt die Wertschöpfung rund 18% über dem Wert bei tiefem Wirtschaftswachstum, aber die gesamte Endenergienachfrage liegt nur um knapp 3% höher; bei der Wärmenachfrage sind es sogar nur etwas über 2% und bei der Elektrizitätsnachfrage 3.5%. Insbesondere für die Elektrizitätsnachfrage ist die resultierende „Elastizität“ von knapp 0.2 nicht gerade plausibel, wenn sie mit der konstanten Elektrizitätsintensität in der Referenzentwicklung I\_Trend verglichen wird (Figur 5-15). Andererseits handelt es sich bei diesem beschleunigten Wirtschaftswachstum um ein Wachstum, das von anderer Natur ist, als das „reguläre“ Wirtschaftswachstum von 2005 bis 2035: das höhere Wirtschaftswachstum ergibt sich infolge einer beschleunigten Produktivitätssteigerung bei quasi konstanten Beschäftigungszahlen und Energiebezugsflächen. Und weil der Grossteil des heutigen Stromverbrauchs und der zukünftigen Stromverbrauchszunahme bei der Gebäudeinfrastruktur und nicht bei den Produktionsmitteln anfällt, ist eine Entkopplung der Elektrizitätsnachfrage vom Wirtschaftswachstum im Dienstleistungssektor für ein Szenario, wo die Produktivitätssteigerung mit nur sehr geringem Flächenwachstum der treibende Wachstumsfaktor ist, keine Überraschung. Ergänzend sei hier darauf hingewiesen, dass bei der Erarbeitung des Referenzszenarios der intrasektorale Strukturwandel weitgehend von Wirtschaftswachstum entkoppelt wurde, was in etwa eine Halbierung der zusätzlichen Elektrizitätsnachfrage bedeutet (Anhang 5). Trotz diesen Plausibilitäten ist die Unsicherheit auf diesen Ergebnissen zur BIP-Sensitivität gross und ein Vergleich mit Ergebnissen alternativer Methoden angezeigt.

Vorsicht ist angebracht, wenn aus den Ergebnissen der drei beschriebenen Sensitivitätsbetrachtungen auf die Energienachfrage in einem Szenario mit Klimaerwärmung, mit hohen Preisen und mit einem hohen Wirtschaftswachstum geschlossen werden soll. Qualitative Aussagen sind sicher statthaft, aber die Effekte sind nicht additiv.

### *Szenarien II, III und IV*

Wie die Untersuchungen zu den Sensitivitätsvarianten von der Trendvariante ausgehen und Veränderungen relativ zu dieser Trendvariante quantifizieren, so basieren die Aussagen zu den sogenannten „Policy“-Szenarien II, III und IV auf den Ergebnissen des Referenzszenarios I. Wir verwenden die Bezeichnung „Policy“-Szenario und nicht „Politik“-Szenario, denn eine „verstärkte Zusammenarbeit“ oder „neue Prioritäten“ können nicht durch die Politiker allein beschlossen werden. Es geht um gesellschaftliche Veränderungen, die durch energierelevante und andere politische Massnahmen angeregt, unterstützt und vielleicht konsolidiert werden können. Sie können aber nicht einfach beschlossen werden. Energiepolitische Entscheide können durchaus wesentliche oder vielleicht sogar entscheidende Impulse für eine gesellschaftliche Neuorientierung geben. Aber erst wenn diese gesellschaftlichen Prämissen „stehen“, kann darauf aufbauend ein entsprechendes politisches Szenario ausgestaltet werden. Die Tatsache, dass verschiedene Szenarioannahmen auf einer internationalen oder sogar globalen Abstimmung basieren, z.B. die Energieabgabe in den Szenarien III und IV oder die in Szenario IV unterstellte Technologieoffensive mit dem primären Ziel eines rationelleren Einsatzes der natürlichen Ressourcen, relativiert die Bedeutung von traditionellen energiepolitischen Massnahmen in der Schweiz für einen wirklich fundamentalen Wandel. Andererseits kann eine Vorreiterrolle der Schweiz, z.B. der Energie 2000 Label für Bürogeräte in den neunziger Jahren, durchaus ein wichtiges Zeichen setzen.

Im Gegensatz zu früheren Perspektivarbeiten, wo sich die Untersuchungen fast immer auf die Auswirkung von hoheitlichen Massnahmen beschränkten, wird im Szenario II „Verstärkte Zusammenarbeit“ die mögliche Wirkung von freiwilligen Massnahmen auf die Energienachfrage untersucht. Von staatlicher Seite sind gegenüber dem Referenzszenario im Wesentlichen nur die CO<sub>2</sub>-Abgabe mit der Möglichkeit des Erlasses der Abgabe mittels eines Abschlusses von Zielver-

einbarungen, der Klimarappen und eine ähnliche Abgabe im Elektrizitätsbereich vorgegeben. Die hoheitlichen Massnahmen im Referenzszenario werden nur unwesentlich verschärft. Die Reduktion der Energienachfrage in 2035 von mehr als 10 Prozent verglichen mit der Referenzentwicklung und die Stabilisierung der Elektrizitätsnachfrage sind grossmehrheitlich auf zusätzliche freiwillige Massnahmen zurückzuführen, die dank den angenommenen Erfolgen der Programme zur Senkung der Transaktionskosten realisiert werden.

Szenario III „Neue Prioritäten“ orientiert sich an „best practice“. Mit einer international abgestimmten Energieabgabe, die zu einer starken Verteuerung der Endverbraucherpreise führen, und radikal verschärften hoheitlichen Anforderungen im Bereich der Gebäude und Geräte werden von den vorgegebenen Zielen einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Endenergiennachfrage pro Person um je 20 Prozent bis 2035 nur das erste deutlich übertroffen, das zweite aber deutlich verpasst. Im Wärmebereich sind die Einsparungen um einen Drittel höher als in Szenario II. Die Effizienzverbesserungen im Elektrizitätsbereich liegen aber nur unwesentlich höher als im Szenario II; die „best practice“ Potentiale werden nur etwa zur Hälfte ausgeschöpft. Insgesamt zeigt die mehrheitlich auf hoheitlichen Massnahmen basierende Strategie in Szenario III nur eine relativ kleine Reduktion der Energienachfrage gegenüber Szenario II, wo die freiwilligen Massnahmen im Zentrum stehen.

In Szenario IV „Auf dem Weg zur 2000 Watt Gesellschaft“ werden diese beiden komplementären Ansätze, hoheitliche und freiwillige Massnahmen, zusammen verfolgt. Die hoheitlichen Massnahmen werden vor allem bezüglich den energetischen Anforderungen an die Sanierungen deutlich verschärft. Entscheidend ist aber, dass diese Massnahmen auch besser umgesetzt werden. Dies ist die Folge der Akzeptanz und Unterstützung der hoheitlichen Programme durch die Wirtschaft und die Zivilgesellschaft. Wie in Szenario II wird nicht nur bei Investitionsentscheiden, sondern auch beim Einsatz, Betrieb und Unterhalt der Gebäude, Anlagen und Gerät energie- und umweltbewusst vorgegangen. Neue Technologien, die gezielt für die effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen entwickelt und eingesetzt werden, erleichtern und verbessern die Betriebsoptimierung. Das Ergebnis dieser umfassenden Strategie ist überzeugend: die vorgegebenen Ziele einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Endenergiennachfrage pro Person um je 35 Prozent bis 2035 werden im ersten Fall deutlich übererfüllt und im zweiten Fall fast erfüllt. Die Einsparungen gegenüber der Referenzentwicklung erreichen in 2035 für die Elektrizitäts- und die Wärmenachfrage zwischen 30 und 35 Prozent; die CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen sogar 45 Prozent tiefer. Es ist klar, dass auch andere Wege als der hier vorgestellte in Richtung einer 2000 Watt Gesellschaft führen. Ein Beispiel dafür ist vielleicht das „Dezentral“-Szenario des PSI (Gantner et al., 1999). Andere Vorschläge sind häufig nicht durchgedacht, weil sie nur die Ebene der theoretischen Potentiale (für Energieeffizienz wie für die Nutzung der erneuerbaren Energien) betrachten und die Hemmnisse zu deren Umsetzung vergessen, oder weil sie auf eine einzige Technologie, z.B. die elektrische Wärmepumpen mit Wärme- und Kältenetzen, setzen, was längerfristig zu einer „lock-in“ Situation führen kann. Andere Überlegungen beschränken sich mit dem Ziel „1 Tonne CO<sub>2</sub> pro Kopf“ auf das Problem der Klimaerwärmung und vergessen andere ebenso wichtige Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung, wofür die Idee der 2000 Watt Gesellschaft als eine erste Konkretisierung steht.

Die vielleicht wichtigsten Ergebnisse dieser politischen Szenarioüberlegungen im Dienstleistungssektor sind:

- Die Effizienzverbesserungen in den Szenarien II, III und IV gemessen relativ zum Referenzszenario sind im Elektrizitäts- und im Wärmebereich vergleichbar. Da aber die Elektrizitätsnachfrage im Referenzszenario um durchschnittlich fast 1%/Jahr steigt und die Effizienzverbesserungen eine gewisse Zeit brauchen – sei es weil sie im Rahmen von

regulären Investitionszyklen erfolgen oder weil die Programme zur Senkung der Transaktionskosten eine Anlaufzeit benötigen – bis sie eine flächendeckende Wirkung zeigen, kann die Stromnachfrage in den Szenarien II und III erst längerfristig auf einem Niveau stabilisiert werden, das beträchtlich über der heutigen Nachfrage liegt. Erst im Szenario IV ergibt sich auch für die Stromnachfrage nach 2010 ein Rückgang, wie er für die Wärmenachfrage seit den achtziger Jahren errechnet wird. Im Vergleich zu den anderen Verbrauchersektoren sind die Effizienzverbesserungen im Strombereich insbesondere im Szenario II deutlich höher (BFE, 2007, Tabelle 3.1-2). Das ist darauf zurückzuführen, dass im Gegensatz zum Haushaltssektor, wo die Mehrheit des Stromverbrauchs bei den einzelstehenden serienmäßig hergestellten Geräten anfällt, die Haustechnik der dominierende Stromverbraucher ist. Bei der Optimierung dieser Systeme sind besonders grosse Einsparungen möglich. Und im Industriesektor wird aus Kostengründen generell mehr auf einen effizienten Einsatz von Strom geschaut. Kommt dazu, dass im Haushalt- und im Industriesektor die Substitution von fossilen Brennstoffen durch Elektrizität vermehrt als Strategie zum Energiesparen eingesetzt wird als im Dienstleistungssektor und dort Stromeinsparungen teilweise kompensieren.

- Der Energieverbrauch ist eine, die Energiekosten eine andere Betrachtungsweise. Für den Besitzer, Betreiber und den Mieter sind die Energiekosten natürlich näherliegender als TJ und MWh. Und infolge der 2 bis 3 mal höheren Preise für Elektrizität als für fossile und andere Wärmeenergieträger, die sich in einem typischen Dienstleistungsgebäude in Elektrizitätskosten zeigt, die zwei oder drei mal höher liegen als die Wärmekosten, sind für diese Akteure Elektrizitätseinsparungen viel interessanter als Einsparungen beim Wärmeverbrauch. Infolge der vielfältigen Energieanwendungen und den unübersichtlichen Märkten sind die Transaktionskosten aber häufig sehr hoch. Verbesserte Information und Ausbildung im Elektrizitätsbereich sind gefragt. Aber auch bei den hoheitlichen Massnahmen gibt es im Strombereich gegenüber dem Wärmebereich einen klarer Nachholbedarf. Im Rahmen von EnergieSchweiz gibt es gute Ansätze, die aber vorwiegend auf die Geräte abzielen. Gefordert sind insbesondere die Kantone, die heute für den Gebäudebereich zuständig sind.
- Unter Voraussetzungen wie im Szenario II „verstärkte Zusammenarbeit“ kann die Wirkung von freiwilligen Massnahmen durchaus in der Grössenordnung von hoheitlich vorgeschriebenen Massnahmen wie in Szenario III liegen. Szenario IV ist eine Kombination der Ideen der Szenarien II und III: anspruchsvolle hoheitliche Massnahmen werden mit freiwilligen Massnahmen ergänzt und umgesetzt. Die Wirkung ist überzeugend: der 2000 Watt Pfad wird erreicht. Nun sind aber die Voraussetzungen für Szenario IV so formuliert, dass dieses Szenario kaum die Basis für die kurzfristige Realpolitik – sehr wohl aber für eine mittel- und längerfristige Strategie - im Bereich der Dienstleistungen sein kann. Es fehlt vielleicht ein Szenario II\_Plus, das die freiwilligen Massnahmen von Szenario II mit hoheitlichen Massnahmen kombiniert, die deutlich anspruchsvoller sind als in Szenario II, aber die Voraussetzung einer international abgestimmten Effizienzinitiative ausklammert und die Umsetzung der Massnahmen kurzfristig etwas weniger optimistisch einschätzt.
- Die wirksamsten Massnahmen zur Reduktion der Energienachfrage und der CO<sub>2</sub>-Emissionen sind im Wärmebereich die Durchsetzung von mehr energetisch wirksameren Sanierungen und im Elektrizitätsbereich die Umsetzung der Empfehlungen 380/4 des SIA. Beide Massnahmen sind schwierig zu operationalisieren und umzusetzen. In beiden Fällen ist dazu ein umfassendes Instrumentenbündel notwendig, das alle relevanten Akteure anspricht und zur Zusammenarbeit überzeugt.

- Die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahre 2035 bezogen auf 2005 liegen in den Szenarien I bis IV zwischen knapp 20 Prozent und 60 Prozent. Im Referenzszenario I tragen Effizienzverbesserungen zu etwa 55% und die Substitutionen zu 45% zur Reduktion bei. Aber in allen energiepolitisch anspruchsvoller Szenarien II bis IV erfolgt die Reduktion zu rund 70 Prozent über Effizienzverbesserungen (Aebischer, 2006/3). Die Verdrängung von Heizöl und in Szenario IV auch von Gas durch weniger CO<sub>2</sub>-haltige oder CO<sub>2</sub>-freie Energieträger ist für die restlichen 30 Prozent der Reduktion verantwortlich<sup>52</sup>. Voraussetzung dafür ist eine CO<sub>2</sub>-freie Elektrizitätsproduktion. Das grösste Potential um die CO<sub>2</sub>-Emissionen noch schneller zu reduzieren liegt im Ersatz der fossilen Heizungen, denn selbst in 2035 werden noch zwischen 77 Prozent (Szenario I) und 68 Prozent (Szenario IV) der Energiebezugsfläche mit Heizöl oder Erdgas beheizt.

#### *Empfehlungen für ergänzende Arbeiten*

Im Folgenden skizzieren wir ergänzende Arbeiten, welche teils alle Sektoren teils nur den Dienstleistungssektor betreffen und die nach unserer Meinung prioritär weiter verfolgt werden sollten. Für alle Sektoren schlagen wir zwei ergänzende Szenarien, eine Ausweitung des Zeithorizonts bis 2050 und die Modellierung der elektrischen Lastkurve vor. Für den Dienstleistungssektor steht die Integration der Ergebnisse von Martin Jakob zu den Kosten bei forcierten Energie-Effizienzmassnahmen (Jakob, 2006) im Fordergrund. Und schliesslich empfehlen wir, die möglichen strukturellen Entwicklungen in den Wirtschaftssektoren auszuloten.

- *Szenario II\_Plus:* Bei der Definition der policy Szenarien I bis IV standen vor allem langfristige strategische Fragestellungen im Zentrum des Interesses. Kurzfristige Themen wurden nur am Rande betrachtet. Es könnte aber sinnvoll sein die freiwilligen Massnahmen aus Szenario II mit ausgewählten hoheitlichen Massnahmen aus Szenario III zu einem neuen Szenario II\_Plus zu kombinieren, das dann sehr wohl Folgerungen zulässt und Inputs liefern kann für die aktuelle Planung einer auf die nächsten 10 bis 15 Jahre ausgelegten Energiestrategie.
- *Szenario Anpassung an Klimaerwärmung:* In der Sensitivitätsvariante „Klima wärmer“ wurde die Auswirkung der stetig ansteigenden durchschnittlichen Temperatur auf die Wärme- und Kältenachfrage in den Wohn- und Wirtschaftsgebäuden, die für das heutige Klima geplant und gebaut wurden, quantifiziert. Seit kurzem wird von Berufsverbänden und Politikern die Klimaerwärmung als eine wahrscheinliche Entwicklung angesehen und erste Schritte in Richtung einer Anpassung von Empfehlungen, Richtlinien und Förderungen an diese Gegebenheit wird sichtbar: der SIA und gewisse kantonale Verwaltungen sehen z.B. die Vermeidung der Klimatisierung nicht mehr als die einzige richtige Strategie; Förderung von effizienter Klimatisierung ist auch in der Schweiz salonzfähig geworden. Mit zunehmender Temperatur werden auch Extremereignisse wie der Sommer 2003 deutlich wahrscheinlicher und ein oder zwei weitere solche Ereignisse werden genügen, den Trend zu einer generellen Klimatisierung von Wirtschaftsgebäuden – und vielleicht sogar von Wohngebäuden – sprunghaft zu beschleunigen.

Wir schlagen deshalb vor ein Szenario auszuarbeiten, wo einerseits die gesetzlichen und politischen Vorgaben und die Empfehlungen der Berufsverbände die längerfristig zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigen, gleichzeitig aber auch die Massnahmen zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen und zum rationellen Einsatz der natür-

---

<sup>52</sup> Dieses Ergebnis ist vergleichbar mit den Resultaten einer früheren Studie: 74% Effizienzverbesserung und 26% „Dekarbonisierung“ in 2010 relativ zu 1990 (Jochem und Jakob, 2004, S. 24)

lichen Ressourcen eine hohe Priorität haben. CEPE ist im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts ADAM (2007) in diesem Themenkomplex „Adaptation and Mitigation“ tätig.

- *Zeithorizont 2050:* Ursprünglich war geplant, die Perspektiven über das Jahr 2035 hinaus bis 2050 weiterzuführen. Das Simulationsmodell SERVE04 ist aber nicht für längere Zeiträume als 50 Jahre (1990-2040) konzipiert. Deshalb hat CEPE der Projektleitung verschiedene alternative Modellansätze angeboten. Im Rahmen der vorgegebenen Projekttermine wäre im Dienstleistungssektor aber nur eine simple Trendextrapolation möglich gewesen, was wenig Mehrwert geboten hätte. Wir sind aber der Meinung, dass ein Ausblick bis 2050 aus verschiedenen offensichtlichen Gründen (Kraftwerkplanung, langfristige CO<sub>2</sub>-Reduktionspotentiale, Effizienzverbesserungen bei Erneuerung von Gebäuden, die vor 2010 gebaut oder erstmals erneuert wurden) sinnvoll ist. Es sollten aber insbesondere spezifische langfristig relevante Fragen – eventuell mit ergänzenden Modellen und neuen Ansätzen – untersucht werden und nicht einfach die für 2035 ausgedachten Szenariowelten weiter geführt werden.
- *Modellierung Lastkurven:* Für leitungsgebundene und nicht speicherbare Energieträger ist neben der zukünftigen Nachfrage pro Jahr auch die zeitliche Verlauf dieser Nachfrage (Lastkurven) von Bedeutung, insbesondere wenn Fragen wie Produktions- und Durchleitungskapazität, Produktionsmix und Versorgungssicherheit thematisiert werden.

Wir empfehlen, für typische Tage Lastkurven über die Prognoseperiode 2003-2035 zu erarbeiten. Ausgehend von diesen Lastverläufen kann z.B. die Nachfrage im Sommer- und im Winterhalbjahr berechnet werden. Diese Kurven würden für Szenario I entwickelt und davon ausgehend die Veränderungen in den weiteren Szenarien II, III und IV untersucht.

Mit diesem Modell könnten aber auch die Auswirkungen von tariflichen Massnahmen oder von Zulassungsbedingungen von Geräten oder von veränderten relativen Energiepreise auf den Lastverlauf untersucht werden (Aebischer, 2005/4).

- *Grenzkosten:* Etwa zeitgleich mit den Energieperspektiven ist das Forschungsprojekt „Grenzkosten bei forcierten Energie-Effizienzmassnahmen und optimierter Gebäude-technik bei Wirtschaftsbauten“ (Jakob et al., 2006) abgelaufen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind vielfältig und ohne Zweifel eine wichtige neue Quelle für das Verständnis und die Modellierung der Energienachfrage im Dienstleistungssektor. Die Integration dieser Ergebnisse in das Energienachfragemodell SERVE04 ist jedoch nicht einfach. Insbesondere die Wechselwirkungen zwischen Wärme- und Elektrizitätsnachfrage bedingen entweder einen ganz neuen Modellaufbau oder aber ein separates Rechenmodul, wo diese Rückkopplungen berücksichtigt werden können.
- *Strukturwandel:* Die für die Perspektivarbeiten vorgegebenen Entwicklungen der branchenspezifischen Wertschöpfungen und der Anzahl Beschäftigten entsprechen einer Fortführung der in der Vergangenheit beobachteten Trends. Ebenso wurde bei den intrasektoralen Veränderungen eine Weiterentwicklung der vergangenen Trends angenommen. Es ist aber denkbar, dass neue Technologien und insbesondere deren neuen Anwendungsfelder aber auch die „Globalisierung“ die Arbeitswelt und die Wirtschaftsstruktur sehr viel stärker verändern werden als in der Vergangenheit. Diese möglichen Entwicklungen sollten ausgelotet und deren Einfluss auf die Energienachfrage untersucht werden. Dies dürfte insbesondere bei einer Betrachtung über das 2035 hinaus von grosser Bedeutung sein.

## Glossar

*Best practice:* Darunter verstehen wir den Einsatz der energieeffizientesten Technologien, die zu einem gegebenen Zeitpunkt unter bestimmten Rahmenbedingungen „marktfähig“ sind, d.h. keine unzumutbaren Zusatzkosten bedingen, respektive sich unter Berücksichtigung der Zusatznutzen über die Lebensdauer der Technologien und Massnahmen (Wärmedämmung, Fenster, Geräte, Anlagen) aus betriebswirtschaftlicher Sicht rechnen.

*BIP hoch:* Bezeichnet die Sensitivitätsvariante „höheres Wirtschaftswachstum“

*IRP:* Integrated resource planning. The integrated resource planning approach is one that considers both supply and demand-side options to meet the need for a resource, while minimising the costs accruing to the firm and to society.

*Klima wärmer:* Bezeichnet die Sensitivitätsvariante „Klimaerwärmung“

„lock-in“: In den Wirtschaftswissenschaften werden als Lock-In Effekt alle Ursachen bezeichnet, die eine Änderung der aktuellen Situation unwirtschaftlich machen. Unternehmen versuchen Kunden durch Lock-In Effekte an sich zu binden und selber mögliche Lock-In Effekte zu vermeiden. Problematisch werden Lock-In Effekte, wenn sie zu verlustbehaftetem Verhalten zwingen, um noch größere Verluste abzuwenden.

*Pinselsanierung:* Bezeichnet die heute noch häufig beobachtete Praxis, dass bei der Erneuerung der Fassade nur auf die Werterhaltung geachtet wird und die Gelegenheit (z.B. Baugerüste) verpasst wird, gleichzeitig eine energetische Sanierung (z.B. Isolation) durchzuführen.

*Preise hoch:* Bezeichnet die Sensitivitätsvariante „höhere Energiepreise“

Trend: Szenariovariante mit den Rahmenentwicklungen tiefe Energiepreise, tiefes BIP, keine Klimaerwärmung.

*Vollzeitäquivalente:* Die Beschäftigung in Vollzeitäquivalenten resultiert aus der Umrechnung des Arbeitsvolumens (gemessen als Beschäftigte oder Arbeitsstunden) in Vollzeitbeschäftigte. Die Beschäftigung in Vollzeitäquivalenten ist definiert als das Total der geleisteten Arbeitsstunden dividiert durch das Jahresmittel der Arbeitsstunden, die durch Vollzeitbeschäftigte erbracht werden. (BFS:

[http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen\\_quellen/blank/blank/statistique\\_de\\_1\\_empl\\_oi/anhang.ContentPar.0006.DownloadFile.tmp/AMI\\_Definition%202006\\_D.pdf](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen_quellen/blank/blank/statistique_de_1_empl_oi/anhang.ContentPar.0006.DownloadFile.tmp/AMI_Definition%202006_D.pdf)

*2000 Watt Gesellschaft:* Gesellschaft mit einer durchschnittlichen (Primärenergie-)Leistung pro Kopf von 2000 Watt. Diese durchschnittliche Leistung entspricht einer Primärenergienachfrage von 63 GJ pro Person und Jahr. Mehr dazu findet sich im Exkurs „2000 Watt Gesellschaft“ (Gutzwiller et al., 2007).

## Literatur und Quellenangaben

- Aalbers, R. et al., 2004. Effectiveness of Subsidizing Energy Saving Technologies: Evidence from Dutch panel data. Proceedings of 6th IAEE European Energy Conference on "Modelling in Energy Economics and Policy", 2-3 September, Zurich  
[http://www.saee.ch/saee2004/Aalbers\\_DeGroot\\_Vollebergh\\_IAEE.pdf](http://www.saee.ch/saee2004/Aalbers_DeGroot_Vollebergh_IAEE.pdf)
- ADAM, 2007. Adaptation and Mitigation Strategies: supporting European climate policy  
[www.adamproject.org](http://www.adamproject.org)
- Adnot, J. et al., 2003. Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EEC-CAC). Paris, April
- Aebischer, B. und J. Roturier, 2006. Infrastructures de la Société de l'Information : un gigantesque défi énergétique. Contribution des auteurs à "Infrastructures et énergie" (2006) à paraître dans la collection "Energie, Environnement et Société" du CUEPE, Université de Genève <http://www.unige.ch/cuepe/html/pub.php?mjc=128>
- Aebischer, B., G. Henderson und G. Catenazzi, 2006/2. Impact of climate change on energy demand in the Swiss service sector - and application to Europe. Paper presented at the International Conference on Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings (IEECB'06), Frankfurt, Germany, 26 / 27 April  
[http://www.cepe.ch/research/projects/projections/IEECB%2706\\_paper\\_Aebischer\\_9-3-06.pdf](http://www.cepe.ch/research/projects/projections/IEECB%2706_paper_Aebischer_9-3-06.pdf)
- Aebischer, B., 2006/3. Towards Rational Energy Use: a basis for a sustainable energy system. Scientific Workshop "Frontiers of Research in Industrial Ecology", Université Lausanne, 27 novembre – 1 décembre 2006, Lausanne  
[http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_Lausanne\\_29-11-06.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_Lausanne_29-11-06.pdf)
- Aebischer, B., 2005. Spezialauswertung der Daten in Weber (2002)
- Aebischer, B., 2005/2. Inputpapier Dienstleistungssektor z.Hd. AG Geräte, Sitzung vom 29. April 2005 (unvollständiges internes Dokument)
- Aebischer, B., 2005/3. Zum Energieverbrauch für Klimatisierung bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen und für verschiedene Gebäudenutzungen. Internes Arbeitsdokument. Zürich, Juli (Update März 2006)
- Aebischer, B., 2005/4. Projektskizze "Lastkurven". Unterlage z.Hd. der AG Energieperspektiven. 14. März, Zürich
- Aebischer, B., 2004. Protokoll zur Sitzung mit Peter Hofer: Inputdaten in HH- und DL-Sektor. Basel, 21. September
- Aebischer, B., G. Catenazzi und M. Kaufmann, 2004. CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990-2003 von Industrie und Dienstleistungen. Teil Dienstleistungen. Interne Bericht des CEPE z. Hd. des BUWAL, ETH Zürich, Zürich

- Aebischer, B. et al., 2002. CO<sub>2</sub> Reduktionspotential Erdgas. Projektphase 1: Referenzszenario. Schlussbericht. Studie im Auftrag und in Kooperation mit der Schweizer Gaswirtschaft. ETH Zürich, Zürich
- Aebischer, B., 2000. Electricité dans les services: déterminants de long terme. In "Quels systèmes énergétiques pour le XXIe siècle?", J.-L. Bertholet et al. (édts.), No 3 dans la collection Energie, Environnement et Société, CUEPE, Université de Genève, Genève (ISBN 2-940220-02-6)
- Aebischer, B., A. Huser, 2000. Monatlicher Verbrauch von Heizöl extra-leicht im Dienstleistungssektor. CEPE Working Paper Nr. 4, ETH Zürich, Zürich  
[http://www.cepe.ethz.ch/publications/workingPapers/CEPE\\_WP04.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/workingPapers/CEPE_WP04.pdf)
- Aebischer, B. et al., 2000. Energie und Informationstechnik. Energiesparer oder Energiefresser?. Bulletin der ETH Zürich, Nr. 276 (Januar), 40-42. <http://fm-cc.ethz.ch/cc/bulletin/FMPro?db=bulletin.fp5&format=bulletin%5fdetail%5fde.html&lay=html&sortfield=seite&op=eq&Heftnummer=276&max=2147483647&recid=120&find=>
- Aebischer, B., 1999. Veränderung der Elektrizitätskennzahlen im Dienstleistungssektor in der Stadt Zürich und im Kanton Genf. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie. CEPE Report Nr. 1, Zürich, November  
[http://www.cepe.ethz.ch/publications/cepeReports/CEPE\\_RP1.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/cepeReports/CEPE_RP1.pdf)
- Aebischer, B., 1999/2. Analyse und Entwicklung des Energieverbrauchs im Dienstleistungssektor. In "Energie, Wirtschaft, Nachhaltigkeit", R. Meier, M. Renggli, P. Previdoli (Hrsg.), Verlag Ruegger, Chur/Zürich (ISBN 3 7253 0665 6)
- Aebischer, B., D. Spreng, 1999/3. Veränderung 1990-19998 des Energieverbrauchs in der Verbrauchergruppe Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen (GLD): Analyse ex-post. ETH Zürich, Zürich
- Aebischer, B., J. Schwarz, 1998. Dokumentation zur Studie "Perspektiven der Energienachfrage des tertiären Sektors für Szenarien I bis III 1990-2030". Bundesamt für Energie, Bern, März
- Aebischer, B., J. Schwarz, D. Spreng, 1996. Perspektiven der Energienachfrage des tertiären Sektors für Szenarien I bis III 1990-2030. Bundesamt für Energie, Bern, Oktober
- Aebischer, B., D. Spreng, 1994. Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs im Dienstleistungssektor einer grösseren Stadt. Sozioökonomische Energieforschung, BEW, Januar (siehe auch Aebischer et al., 1994/2)
- Aebischer, B., J. Mutzner, D. Spreng, 1994/2. Strombedarfsentwicklung im Dienstleistungssektor. Bulletin SEV/VSE 16/1994
- Aebischer, B. et al., 1988. Perspectives de la demande d'énergie en Suisse, 1985-2025. Groupe d'experts scénarios énergétiques. Série de publications no 18. EDMZ, Nr. 805.818, Bern
- Amstein+Walthert, 2005. Energieeffizienz statt CO<sub>2</sub>-Abgabe. z.B. 29. Amstein+Walthert, Zürich, Mai

- Balthasar, A., 1999. Zusammenfassung Energie 2000. Programmwirkungen und Folgerungen aus der Evaluation. Interface, Luzern, 6. Mai
- Banfi-Frost, S., 2005. Preiselastizitäten: Kurzfristige und langfristige Wirkung. Beitrag zum vorliegenden Bericht, CEPE, Zürich
- Baumgartner, W., 2005/2. Instrumente zur Förderung des effizienten Energieeinsatzes in Szenario II. Industrie. Präsentation Sitzung AG Elektrizität, 29. 4. 2005. Internes unveröffentlichtes Dokument.
- Baumgartner, W., C. Bucher, A. Ruef, 2002. Evaluation der energetischen Wirkung der Luftreinhalteverordnung. Im Auftrag des BFE, Bern
- BCA, 2005. Website of Building Commissioning Association <http://www.bcx.org/index.htm>
- BFE, 2007. Die Energieperspektiven 2035 – Band 1. Synthese. Entwurf vom 5. Januar 2007.
- Benner, N. et al., 1995. Market Transformation the Right Way: Innovative Programs Deliver Buildings that Work. Proceedings of eceee summer study 1995. Mandelieu, France [http://www.eceee.org/library\\_links/proceedings/1995/abstract/ece95052.lasso](http://www.eceee.org/library_links/proceedings/1995/abstract/ece95052.lasso)
- Berkhout, F. and J. Hertin, 2001. Impacts of Information and Communication Technologies on Environmental Sustainability: speculations and evidence. Report to the OECD. SPRU, University of Sussex, UK, 25 May
- BFS, 2006. Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2005–2050. Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel, <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/news/publikationen.html?publicationID=2411>
- Claridge D., 2001. Cutting heating and cooling use almost in half without capital expenditure in a previously retrofit building. Proceedings of eceee summer study 2001. Mandelieu, France [http://www.eceee.org/library\\_links/proceedings/2001/abstract/Panel4/01p4\\_4\\_090.lasso](http://www.eceee.org/library_links/proceedings/2001/abstract/Panel4/01p4_4_090.lasso)
- Cremer, Clemens et al., 2003. Der Einfluss moderner Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010 – Möglichkeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Energieeinsparung in diesen Bereichen Projektnummer 28/01 Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. Karlsruhe/Zürich, Januar <http://www.cepe.ethz.ch/download/projects/INFO-KOM/ISI%2BCEPEIuK-Abschlussbericht.pdf>
- Dettli, R. et al., 2004. Evaluation energho. Bundesamt für Energie. Bern, September <http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/energiepolitik/evaluationen/veroeffentlichungen/13.pdf>
- EGES (Expertengruppe Energieszenarien), 1988. Energieszenarien. Möglichkeiten, Voraussetzungen und Konsequenzen eines Ausstiegs der Schweiz aus der Kernenergie. Bundesamt für Energie, Bern
- EnDK, 2000. Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEN), Ausgabe 2000. Bundesamt für Energie, Bern

- EnDK/EnFK, 2005. Energiepolitische Strategie der Kantone. Teilstrategie „Gebäude“ für die zweite Hälfte von EnergieSchweiz (2006 - 2011). Verabschiedet von der gemeinsamen Frühjahrskonferenz der EnDK (Konferenz Kantonaler Energiedirektoren) und EnFK (Konferenz Kantonaler Energiefachstellen) am 29. April 2005 in Bern <http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/energieinkanton/energiepolitik/4.pdf>
- EnergieSchweiz, 2006. Sektion Öffentliche Hand und Gebäude. Jahresbericht 2005. Bundesamt für Energie, Bern
- EWZ, 2004. Geschäftsbericht 2004. Erfolgreich in einem bewegten Jahr. Dienstabteilung des Departementes der Industriellen Betriebe der Stadt Zürich  
[http://www3.stzh.ch/internet/ewz/home/unternehmen/geschaeftsbericht.ParagraphContainerList.ParagraphContainer0.ParagraphList.0003.File.pdf/ewz\\_72dpi.pdf](http://www3.stzh.ch/internet/ewz/home/unternehmen/geschaeftsbericht.ParagraphContainerList.ParagraphContainer0.ParagraphList.0003.File.pdf/ewz_72dpi.pdf)
- Gantner, U., M. Jakob und S. Hirschberg, 1999. Methoden und Analysen - Grundlagen sowie ökologische und ökonomische Vergleiche von zukünftigen Energieversorgungsvarianten der Schweiz. Schlussentwurf, Beitrag zum VSE-Projekt "Dezentral - Möglichkeiten, Grenzen und Auswirkungen einer verstärkt dezentralen Stromproduktion aus nicht erneuerbaren Energieträgern". Arbeitsmaterial, PSI, Villigen
- Geller, H. and S. Attali, 2005. The experience with energy efficiency policies and programmes in IEA countries. Learning from the critics. IEA Information Paper. International Energy Agency, Paris, August
- Gutzwiller, L., 2007. 21. Exkurs: 2000-Watt-Gesellschaft. Bundesamt für Energie, Bern  
[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_568571546.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_568571546.pdf)
- Harris, J., B. Aebischer et al., 2005. Public sector leadership: Transforming the market for efficient products and services. Proceedings of eceee summer study 2005. Mandelieu, France  
[http://www.eceee.org/library\\_links/proceedings/2005/abstract/4248harris.lasso](http://www.eceee.org/library_links/proceedings/2005/abstract/4248harris.lasso)
- Heiskanen, E. et al., 2001. Dematerialisation: The Potenzial of ICT and Services. Ministry of the Environment. Helsinki
- Helbling/TransferPlus, 2002. Evaluation der Energie 2000 Betriebsoptimierung komplexer Anlagen. Bundesamt für Energie, Bern, Bestell-Nr. 805.536 d
- Henderson, G., 2005. Cooling degree days, Mitteilung per E-Mail, 12. Juni
- Hofer, P., 2006. 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, Dezember
- Hofer, P., 2005. Ergebnisse Szenario Ia/Ib (Sektor Haushalte). Stand: August 2005. Prognos AG, Basel
- Hofer, P., 2005/2: Bereinigungsfaktoren. Mitteilung per E-Mail, 14. Juni 2005
- Hofer, P., 2005/3: Klimadaten. Mitteilung per E-Mail, 22. Juni 2005

- Hofer, P., 2003. Einfluss von Temperatur- und Globalstrahlungsschwankungen auf den Energieverbrauch der Gebäude. Bericht für das Bundesamt für Energie, Basel, 6. Juni (BERICHT.PDF in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\Witterungsbereinigung)
- IEA, 2005. Energy Efficiency: Policies and Measures. Interactive Website of recent government actions to improve energy efficiency in the IEA member countries.  
<http://www.iea.org/textbase/effi/index.asp>
- IEA, 2004. Energy Policies of IEA Countries. 2004 Review. Special 30th anniversary edition. International Energy Agency, Paris
- IEA, 2002. The Future Impact of Information and Communication Technologies on the Energy System. Workshop, 21-22 February, Paris  
[http://www.iea.org/Textbase/work/workshopdetail.asp?WS\\_ID=60](http://www.iea.org/Textbase/work/workshopdetail.asp?WS_ID=60)
- Ishida, H., 2003. Impact Assessment of Advancing ICT orientation on Energy Use – Consideration of a Macro Assessment Method – Executive Summary. The Energy Data and Modeling Center, IEEJ, The Institute of Energy Economic, Japan  
<http://eneken.ieej.or.jp/en/data/pdf/196.pdf>
- Iten, R. et al., 2005. Wirkungsanalyse EnergieSchweiz 2004. Wirkungen der freiwilligen Massnahmen und der Förderaktivitäten von EnergieSchweiz auf Energie, Emissionen und Beschäftigung. Schlussbericht. Bundesamt für Energie, Bern, August (H:\Cepe\Begleitgruppen, Expertisen\EnergieSchweiz\_2005)
- Iten, R. et al., 2004. Wirkungsanalyse Kantonale Förderprogramme im Rahmen von Art. 15 EnG. Ergebnisse der Erhebung 2003. EnergieSchweiz. Bundesamt für Energie, Bern
- Jakob, M. et al., 2006. Grenzkosten bei forcierter Energie-Effizienz-Massnahmen und optimierter Gebäudetechnik bei Wirtschaftsbauten. Schlussbericht. Bundesamt für Energie, Bern, November  
[http://www.cepe.ethz.ch/publications/BFE\\_EWG\\_GrenzkostenNutzenEnergieEffizienz\\_WirtschaftsbautenJakobBaumgartnerMentiPluessCEPE\\_A\\_W\\_HTA\\_Luzern\\_4717.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/BFE_EWG_GrenzkostenNutzenEnergieEffizienz_WirtschaftsbautenJakobBaumgartnerMentiPluessCEPE_A_W_HTA_Luzern_4717.pdf)
- Jakob, M. et al., 2005. Zwischenbericht Grenzkosten bei forcierter Energie-Effizienzmassnahmen und optimierter Gebäudetechnik bei Wirtschaftsbauten. Inputpapier zur 3. Begleitgruppensitzung vom 7. April
- Jakob, M., E. Jochem, 2003. Erneuerungsverhalten im Bereich Wohngebäude. Im Auftrag des Forschungsprogramms "Energiewirtschaftliche Grundlagen (EWG) des Bundesamts für Energie (BFE), Bern, Dezember
- Jakob, M. et al., 2002. Grenzkosten bei forcierter Energieeffizienzmassnahmen bei Wohngebäuden. ETH Zürich, Studie im Auftrag des Forschungsprogramms EWG des Bundesamts für Energie (BFE), Bern
- Jochem, E. (Hrsg), 2004. Steps towards a sustainable development. A White Book for R&D of energy-efficient technologies. Novatlantis, Zürich, March

- Jochem, E., M. Jakob (Hrsg.), 2004. Energieperspektiven und CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenziale in der Schweiz bis 2010. Energieeffizienz sowie Substitution durch Erdgas und erneuerbare Energien. vdf Verlag, Zürich (ISBN 3 7281 2916 X)
- Jochem/Jakob, 2004/2. Kosten und Nutzen Wärmeschutz bei Wohnbauten, Bundesamt für Energie, Bern, 2004, Art.-Nr. 805.330.d <http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/energieinkanton/infoundausstellung/2.pdf>
- Jochem, E., B. Aebischer, 2003. Begleitende Evaluation der Wirkungsanalyse 2002 von EnergieSchweiz. Bundesamt für Energie, Bern <http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/energiepolitik/evaluationen/veroeffentlichungen/9.pdf>
- Jochem, E., 2000. Energy End-Use Efficiency. Chapter 6 in World Energy Assessment. Energy and the Challenge of Sustainability. UNDP, UNDESA, WEC. United Nations Development Programme, Bureau for Development Policy, New York. (ISBN 92-1-126126-0) <http://www.undp.org/seed/eap/activities/wea/drafts-frame.html>
- Jochem, E. und H. Bradke, 1996: Energieeffizienz, Strukturwandel und Produktionsentwicklung der deutschen Industrie. Monographien des Forschungszentrums Jülich, Band 19/1996, Jülich (ISBN 3-89336-172-3; ISSN 0938-6505)
- Kägi, W. et al., 2004. Best Practice. Marktordnung, Markttransparenz und Marktregelung zugunsten der Durchsetzung energieeffizienter Lösungen am Markt. Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen (EWG), Bundesamt für Energie, Bern, Dezember <http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/politikundrecht/energiepolitik/ewg/56.pdf>
- Kehl, A., 2005. Energieperspektiven: Zukünftige Entwicklung der Energieholzpreise. Schreiben z.Hd. Herrn Andrist, 13. 1. 2005
- Kirchner, A., A. Ley und V. Rits, 2006. Auswertung I des Kompakt-Delphi-Prozesses. Thesen zur langfristigen Technologieentwicklung für das Szenario IV „Wege zur 2000-Watt-Gesellschaft“. Auswertung des Rücklaufs I. Arbeitsbericht, Basel, 7. Februar
- Kuster, J. und G. Cavelti, 1999. Energie 2000 Betriebsoptimierung haustechnischer Anlagen (Evaluation ausgewählter Produkte für den Bereich der einfachen Heizungsanlagen), Bundesamt für Energie, Bern, Bestell-Nr. 805.513 d
- Laitner, J., 2003; Information Technology and U.S. Energy Consumption. Energy Hog, Productivity Tool, or Both? Journal of Industrial Ecology, Volume 6, Number 2 <http://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/108819802763471753?cookieSet=1> (siehe auch Präsentation <http://www.environmentalfutures.org/Images/laitner.PDF>)
- LBL, 2005. High Performance Commercial Building Systems. Integrated Commissioning and Diagnostics. [http://buildings.lbl.gov/hpcbs/Element\\_5/02\\_E5.html](http://buildings.lbl.gov/hpcbs/Element_5/02_E5.html)
- Lund, P.D., 1997. Evaluation of the swedish programme for energy efficiency - successful examples of market transformation through technology procurement. Proceedings of eceee summer study 1997. Mandelieu, France [http://www.eceee.org/library\\_links/proceedings/1997/abstract/ece97044.lasso](http://www.eceee.org/library_links/proceedings/1997/abstract/ece97044.lasso)

- Madlener, R., 2006. Diffusion innovativer Energietechnologien aus der Sicht der Ökonomie. Die Volkswirtschaft, 3-2006  
<http://www.dievolkswirtschaft.ch/de/editions/200603/Madlener.html>
- Meier, R. und W. Ott, 2005. Grundlagen für eine Strategie Gebäudepark Schweiz, Bundesamt für Energie, Bern, November [http://www.energie-cluster.ch/grundlagen\\_gebaeudestrategie.pdf](http://www.energie-cluster.ch/grundlagen_gebaeudestrategie.pdf)
- Menti, Urs-Peter, 1999. „Standby-Verbrauch“ von Dienstleistungsgebäuden. Verbrauchsmessungen an 32 Objekten. Bundesamt für Energie, Forschungsprogramm Elektrizität, Bern, September (standbyverbrauch\_DL\_Gebäude.pdf in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Szenario\_II\BO)
- Müller, A. und R. van Nieuwkoop, 2005. Branchenszenarien Schweiz. Langfristszenarien zur Entwicklung der Wirtschaftsbranchen mit einem rekursiv-dynamischen Gleichgewichtsmodell (SWISSGEM). BFE, Bern, März  
[http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00538/00836/index.html?lang=de&dossier\\_id=00831](http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00538/00836/index.html?lang=de&dossier_id=00831)
- Nordmann, Th., S. Mehlfeld, 2005. Nachbefragung und Erfolgskontrolle Investitionsprogramm Energie 2000. Schlussbericht, BFE, 28. Februar <http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/energiepolitik/evaluationen/veroeffentlichungen/14.pdf>
- Nordmann, Th., 1999. Erfahrungen aus der Vollzugsorganisation und –abwicklung des Investitionsprogramms Energie 2000. Bundesamt für Energie, Bern, Oktober
- Nordmann, Th., 1998. Das Investitionsprogramm Energie 2000. In „Jahresveranstaltung 1998. Energie 2000. Tagungsband zur Veranstaltung vom 10./11. September 1998“. Programmleitung Energie 2000, Bern
- Ott, W., Jakob M., Baur M., Kaufmann Y., Ott A., Binz A., 2005. Mobilisierung der energetischen Erneuerungspotenziale im Wohnbaubestand. Forschungsprogramm "Energiewirtschaftliche Grundlagen (EWG)". Bundesamt für Energie, Bern, November  
<http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/politikundrecht/energiepolitik/ewg/80.pdf>
- Ott, W., Iten R., Dettli R., Kessler S., Maibach M., Schenkel PH., 1999. Förderstrategien für den Einsatz einer Energieabgabe. Bundesamt für Energie, Bern, Oktober
- Prognos, 2005. Bundesratsvarianten zur Umsetzung des CO<sub>2</sub>-Gesetzes. Arbeitspapier zu Modellrechnungen auf der Basis der neuen Referenzentwicklung der Energieperspektiven des BFE. Im Auftrag des BFE und des BUWAL, Bern  
[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_371117512.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_371117512.pdf)
- Prognos, 2004. Politikvarianten und Szenarien (Entwurf). Basel, 17. März

- Prognos, 2002. Die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs serienmäßig hergestellter Elektrogeräte in der Schweiz unter Status-quo-Bedingungen und bei Nutzung der sparsamsten Elektrogeräte bis 2010 mit Ausblick auf das Jahr 2020. Bundesamt für Energie, Bern  
[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_428700967.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_428700967.pdf)
- Prognos, 2001. Szenarien zu den Initiativen "Strom ohne Atom" sowie "MoratoriumPlus". Bundesamt für Energie, Bern  
<http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000007093.pdf&name=210093.pdf>
- Prognos, 1996. Energieperspektiven der Szenarien I bis III 1990-2030. Synthesebericht. Bundesamt für Energie, Bern
- PUC, 2005. PUC launches the most ambitious energy efficiency and conservation campaign in the history of the utility industry  
[http://www.cpuc.ca.gov/static/spotlight/050922\\_egyefficiencyprogram.htm](http://www.cpuc.ca.gov/static/spotlight/050922_egyefficiencyprogram.htm)
- Rieder, S., 1999. Evaluation Investitionsprogramm Energie 2000. Analyse der Vollzugsstrukturen und Reaktionen der Zielgruppen. Interface, Luzern, 11. November
- Rieder, S., 1998. Zwischenevaluation des Investitionsprogramms Energie 2000. In „Das Investitionsprogramm Energie 2000“. Jahrbuch und Tagungsband zur Veranstaltung vom 3. Juni 1998 an der ETH Zürich
- Rolfstam, M., 2005. Public Technology Procurement as a Demand-side Innovation Policy Instrument – an Overview of Recent Literature and Events. Lund University, Lund, Sweden  
<http://www.druid.dk/ocs/viewpaper.php?id=329&print=1&cf=2>
- Roth, K. et al., 2004. Energy Consumption by Office and Telecommunications Equipment in Commercial Buildings - Volume II: Energy Savings Potenzial, TIAX LLC, Cambridge, MA, USA, 2004  
[http://www.tiaxllc.com/aboutus/pdfs/DOE\\_Energy\\_Consumption\\_1204\\_Rpt\\_033105.pdf](http://www.tiaxllc.com/aboutus/pdfs/DOE_Energy_Consumption_1204_Rpt_033105.pdf)
- Schadegg, E. und P. Baggi, 2006. Studie zu Klimaanlagen und Raumkonzepten in Bürogebäuden im Kanton Zürich. Entwurf 28. Juli. Zürich.
- Schneider, Ch. et al., 2005. Wirkungsanalyse Kantonale Förderprogramme im Rahmen von Art. 15 EnG. Ergebnisse der Erhebung 2004. EnergieSchweiz. Bundesamt für Energie, Bern
- Seco, 2004. Scénarios de croissance du PIB à long terme. Note explicative. Staatssekretariat für Wirtschaft , 7 septembre, Berne  
[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=fr&name=fr\\_536890798.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=fr&name=fr_536890798.pdf)
- sec, 2001. Investitionsprogramm 1997. Schlussbericht des seco über die besonderen konjunkturpolitischen Massnahmen zur Substanzerhaltung der öffentlichen Infrastruktur und zur Förderung privater Investitionen im Energiebereich. Bern, Juni
- SIA, 2005. Elektrische Energie im Hochbau. Entwurf 5/05 für 2. Vernehmlassung. Ersetzt den technischen Teil der Empfehlung SIA 380/4, Ausgabe 1995. Interne Dokumentation. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich

- SIA, 1995. Elektrische Energie im Hochbau. SIA Empfehlung 380/4. Ausgabe 1995. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich
- Spierer, Ch., 1988. Modélisation économétrique et perspectives à long terme de la demande d'énergie en Suisse. Groupe d'experts scénarios énergétiques. Série de publications no 17. EDMZ, Nr. 805.817, Bern
- Varone, F., 1998. Le choix des instruments des politiques publiques - Une analyse comparée des politiques d'efficience énergétique du Canada, du Danemark, des Etats-Unis, de la Suède et de la Suisse. Berner Studien zur Politikwissenschaft. Band Nr. 6. Verlag Paul Haupt, Bern. ISBN 3-258-05942-X
- Warthmann, P., 2006. Energiesparen dank Free Cooling. 5. Veranstaltung im Rahmen der Events 2005/2006 vom Forum-Energie-Zürich (FEZ). HK-Gebäudetechnik 5/06, Aarau
- Weber, L., 2002. Energie in Bürogebäuden. Verbrauch und energierelevante Entscheidungen. vdf Verlag, Zürich (ISBN 3 7281 2819 8)
- Weber, L., U.-P. Menti und I. Keller, 1999. Energieverbrauch in Bürogebäuden, Bundesamt für Energie, Bern Mai
- Westling, H., 1999. Technology Procurement for Efficient Systems. Promandat AB, Stockholm, Sweden <http://www.iea-shc.org/task24/pdf/success1.pdf>
- Wüest und Partner, 2004. Zukünftige Entwicklung der Energiebezugsflächen. Perspektiven bis 2035. Bundesamt für Energie, Bern  
[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_290409551.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_290409551.pdf)

## Anhang 1: Wirtschaftsbranchen und Untergruppen

Die Korrespondenz der Wirtschaftsbranchen laut NOGA und der Gruppierungen (CEPE), wie sie in SERVE04 definiert sind, ist aus Tabelle A1-1 ersichtlich.

Tabelle A1-1 Korrespondenz zwischen NOGA-Klassifikation und Gruppierungen wie sie im Energienachfragemodell SERVE des CEPE verwendet werden

	<b>NOGA</b>	<b>NOGA</b>	<b>CEPE</b>	<b>CEPE</b>
<b>Sektor 3</b>	<b>G-Q</b>	<b>50-95</b>		
Handel, Rep. Autos/Gebrauchsgüter	<b>G</b>	<b>50-52</b>	<b>Handel</b>	<b>100</b>
Autos, Tankstellen		50		
Handelsverm, Grosshandel		51		
Detailh, Rep Gebrauchsgüter		52		
Gastgewerbe	<b>H</b>	<b>55</b>	<b>Gastgewerbe</b>	<b>300</b>
Verkehr, Nachrichtenübermittlung	<b>I</b>	<b>60-64</b>	<b>Verkehr</b>	<b>630</b>
Landv, Rohrfernleitungen		60		
Schiffahrt		61		
Luftfahrt		62		
Neben, Reisebüros		63		
Nachrichtenübermittlung		64		
Kredit-, Versicherungsgewerbe	<b>J</b>	<b>65-67</b>	<b>Banken/Vers</b>	<b>200</b>
Kreditgewerbe		65		
Versicherungsgewerbe		66		
verbundene Tätigkeiten		67		
Immo, Verm, Info, F&E	<b>K</b>	<b>70-74</b>		
Immobilienwesen		70	<b>übrige Büro 1</b>	<b>610</b>
Vermietung bewegl. Sachen		71	<b>übrige Büro 2</b>	<b>610</b>
Informatikdienste		72	<b>übrige Büro 3</b>	<b>610</b>
F&E		73	<b>übrige Büro 4</b>	<b>610</b>
DL für Unternehmen		74	<b>übr Gewerbe 1</b>	<b>622</b>
Öffentl V, Landesv, Sozialversicherung	<b>L</b>	<b>75</b>	<b>übrige Büro 5</b>	<b>610</b>
Unterrichtswesen	<b>M</b>	<b>80</b>	<b>Unterrichtsw.</b>	<b>400</b>
Gesundh, Sozialwesen	<b>N</b>	<b>85</b>	<b>Gesundheitsw.</b>	<b>500</b>
sonst. DL	<b>O</b>	<b>90-93</b>		
Abwasser, Abfall u.ä.		90	<b>übr andere</b>	<b>623</b>
Interessensvertretungen		91	<b>übrige KSK 1</b>	<b>621</b>
Unterh, Kultur, Sport		92	<b>übrige KSK 2</b>	
persönliche DL		93	<b>übr Gewerbe 2</b>	<b>622</b>
Private HH	<b>P</b>	<b>95</b>	<b>übr Gewerbe 3</b>	<b>622</b>

Die nächste Tabelle zeigt die Aufteilung der Wirtschaftsbranchen in Unterbranchen und in die homogenen Gruppen sowie die im Text und in Tabellen und Figuren häufig verwendeten Bezeichnungen mittels drei Ziffern, "x00" für Branchen, "xy0" für Unterbranchen und "xyz" für homogene Gruppen. Die Bezeichnung gewisser homogenen Gruppen kann etwas irreführend sein. Für ein Objekt der Gruppe 113 als Beispiel genommen wäre – in Analogie zu den bei Hotels verwendeten Bezeichnungen – eine Bezeichnung wie "fünf Stern Bürogebäude" korrekter als die Bezeichnung "hoch technisiertes Bürogebäude".

Tabelle A1-2 Erläuterung der CEPE-Bezeichnung für die Branchen, Unterbranchen und homogenen Gruppen

<b>Branchen</b>	<b>Unterbranchen</b>	<b>Homogene Gruppe</b>
<b>100 Handel</b>		
	<b>110 Büro</b>	111 Bürogebäude wenig technisiert 112 Bürogebäude mittel technisiert 113 Bürogebäude hoch technisiert
	<b>120 Laden/Detailhandel</b>	121 Warenhaus 122 Laden mit Nebenräumen hoch techn. 123 Laden wenig technisiert
	<b>130 Lager/Grosshandel</b>	
<b>200 Banken/Versich.</b>		
	<b>210 Hochtech. Geb. mit Rechenz.</b>	
	<b>220 Büro</b>	221 Bürogebäude wenig technisiert 222 Bürogebäude mittel technisiert 223 Bürogebäude hoch technisiert
<b>300 Gastgewerbe</b>		
	<b>310 Hotel</b>	311 Hotel techn., Freizeitmöglichkeiten 312 Hotel einfach, nur Beherbergung
	<b>320 Restaurant</b>	321 Restaurant, techn., intens. Küche 322 Restaurant einfach, Gasthof
<b>400 Schulen</b>		
	<b>410 Höhere Schule</b>	411 Höhere Schule, techn. mit Labor 412 Höhere Schule, techn. ohne Labor 413 Höhere Schule wenig technisiert
	<b>420 Volksschule/Kindergarten</b>	
<b>500 Gesundheit</b>		
	<b>510 Spital</b>	511 Spital hoch technisiert 512 Spital mittel technisiert 513 Spital wenig technisiert
	<b>520 Heim</b>	521 Krankenheime 522 andere Heime
<b>600 Uebrige DL</b>		
	<b>610 Büro</b>	611 Bürogebäude wenig technisiert 612 Bürogebäude mittel technisiert 613 Bürogebäude hoch technisiert
	<b>620 Verschiedene Gebäude</b>	621 Kultur/Sport/Kirchen 622 Gewerbliche Gebäude 623 Diverse Gebäude
	<b>630 Verkehrsgebäude</b>	
<b>700 Landwirtschaft</b>		

## Anhang 2: Inputdaten und Annahmen in Tabellenform

### 1. Energiebezugsflächen

Tabelle A2-1 Entwicklung der Energiebezugsflächen in den Wirtschaftsbranchen des Dienstleistungssektors und im Landwirtschaftssektor.

	Handel	Kreditw./ Versich.	Gastgew.	Unterrichts- wesen	Geundheits- wesen	Übrige DL	Prim.Sektor	Prim.+ Tert. Sektor
	Mio. m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>
1990	18.3	6.7	11.4	22.6	14.8	45.2	6.1	125.2
1995	19.9	7.3	11.6	23.3	15.6	50.1	6.3	134.2
2000	21.0	7.3	11.6	24.1	16.5	53.0	6.4	140.0
2005	22.1	7.2	11.8	25.0	17.7	56.5	6.4	146.7
2010	23.3	7.3	12.1	26.3	18.9	60.1	6.5	154.5
2015	24.5	7.5	12.5	27.5	20.0	63.8	6.6	162.4
2020	25.5	7.6	12.9	28.5	21.0	67.0	6.7	169.3
2025	26.3	7.6	13.2	29.3	21.8	69.7	6.8	174.9
2030	26.9	7.7	13.5	30.0	22.5	72.0	6.9	179.3
2035	27.4	7.6	13.7	30.6	23.1	74.1	6.9	183.4

Quelle: Wüst+Partner, CEPE

### 2. Nutzenergie Heizen in Neubauten

Tabelle A2-2 Nutzenergie Heizen des durchschnittlichen neuen Dienstleistungsgebäudes.

Bauperiode	MJ/m <sup>2</sup> .Jahr
vor 1947	420
1947-60	425
1970	450
1975	432
1980	400
1985	380
1990	361
1995	342
2000	319
2005	286
2010	256
2015	229
2020	206
2025	195
2030	181
2035	167

Quelle Prognos, CEPE, Kopie\_Neue\_Inputs\_21.9.04.xls in  
[\\cepes121195\users\aebis\Cepe\Projekte\Perspektiven\2004\Berichte\Dok\\_3.11.04\Tabellen+Figuren](\\cepes121195\users\aebis\Cepe\Projekte\Perspektiven\2004\Berichte\Dok_3.11.04\Tabellen+Figuren)

Diese durchschnittlichen Werte ergeben sich aus den Anteilen der neuen Gebäude, welche die gesetzlichen Anforderungen, respektive die Empfehlungen der SIA, erreichen, und den energetisch schlecht gebauten Gebäuden (Tabelle A2-3). Diese durchschnittlichen Werte können auch

mittels der Anteile der Gebäude interpretiert werden, welche besser (z.B. sehr energieeffiziente Gebäude), schlechter oder entsprechend den gesetzlichen Vorschriften erstellt werden (Tabelle A2-4).

Tabelle A2-3 Der Durchschnitt des Heizwärmebedarfs der Neubauten interpretiert mit dem Anteil der Gebäude, die den Ziel-/Grenzwert erfüllen, und den übrigen Gebäuden, welche den Wert eines Referenzwerts haben. Der Ziel-/Grenzwert reduziert sich nach 1995 um -1.8%/Jahr, der Referenzwert um -0.5%/Jahr.

Jahr	Ziel-/Grenzwert	Referenzwert	Anteil Ziel-/Grenzwert	Durchschnitt
	MJ/m2.a	MJ/m2.a	%	MJ/m2.a
1980	340	450	46%	400
1985	330	450	58%	380
1990	330	450	74%	361
1995	300	450	72%	342
2000	275	439	73%	319
2005	251	428	81%	286
2010	230	417	86%	256
2015	211	407	91%	229
2020	193	397	94%	206
2025	177	387	91%	195
2030	162	378	91%	181
2035	148	368	91%	167

Quelle CEPE, Nutzenergie\_Neubaute.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Final\_Ia,lb\_März.05\Bericht

Tabelle A2-4 Der Durchschnitt des Heizwärmebedarfs der Neubauten interpretiert mit dem Anteil der Gebäude, welche die Anforderungen von sehr effizienten Neubauten erfüllen, den Ziel-/Grenzwert erfüllen und den übrigen Gebäuden, welche den Wert eines Referenzwerts haben. Der Ziel-/Grenzwert reduziert sich nach 1995 um -1.8%/Jahr, der Referenzwert um -0.5%/Jahr.

Jahr	Sehr effizient	Vorschrift	Referenz	Sehr effizient	Vorschrift	Referenz
	MJ/m2.a	MJ/m2.a	MJ/m2.a	Anteil an allen Neubaute		
1980	58	340	450	0%	46%	54%
1985	58	330	450	0%	58%	42%
1990	58	330	450	0%	74%	26%
1995	58	300	450	2%	68%	30%
2000	58	275	439	3%	66%	31%
2005	58	251	428	5%	70%	25%
2010	58	230	417	10%	67%	23%
2015	58	211	407	13%	68%	19%
2020	58	193	397	18%	65%	18%
2025	58	177	387	20%	60%	20%
2030	58	162	378	22%	59%	19%
2035	58	148	368	25%	56%	19%

Quelle CEPE, Wärmebedarf\_Neubaute\_korr.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2005\22-11-05\Berichte\Bericht+II\_11.05

### 3. Energetische Sanierungen

Die kumulierten *Voll- und Teilsanierungsraten* für einzelne Bauperioden finden sich in den zwei nächsten Tabellen. Für die Altbauten wurde angenommen, dass energetisch wirksame Sanierungen ab 1980 stattfinden.

Tabelle A2-5 Anteile der Energiebezugsflächen der verschiedenen Bauperioden und insgesamt, die nicht energetisch wirksam saniert sind, in Prozent der gesamten Energiebezugsflächen der jeweiligen Bauperiode.

Bauperiode	<b>Energetisch nicht sanierte Flächen</b>									
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
-1960	65%	54%	43%	34%	26%	19%	14%	9%	4%	1%
1970	77%	54%	35%	24%	19%	14%	9%	3%	0%	0%
1980	98%	95%	86%	68%	45%	30%	22%	17%	12%	6%
1990	100%	100%	99%	98%	95%	88%	79%	73%	70%	68%
1995		100%	100%	99%	97%	93%	84%	74%	68%	65%
2000			100%	100%	99%	98%	94%	86%	77%	72%
2005				100%	100%	99%	98%	96%	90%	84%
2010					100%	100%	99%	96%	90%	78%
2015						100%	100%	99%	96%	90%
2020							100%	100%	99%	96%
2025								100%	100%	99%
2030									100%	100%
2035										100%
Alle	80%	72%	64%	56%	51%	46%	41%	36%	32%	28%

Tabelle A2-6 Anteile der Energiebezugsflächen der verschiedenen Bauperioden und insgesamt, die seit 1980 einmal energetisch wirksam teilsaniert wurden; in Prozent der gesamten Energiebezugsflächen der jeweiligen Bauperiode.

Bauperiode	<b>Teilsanierte Flächen (1. Zyklus)</b>									
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
-1960	17%	22%	26%	30%	23%	16%	12%	9%	6%	4%
1970	11%	21%	27%	30%	25%	19%	11%	5%	2%	1%
1980	1%	2%	7%	15%	23%	28%	28%	24%	16%	8%
1990	0%	0%	0%	1%	3%	6%	9%	11%	11%	9%
1995		0%	0%	0%	1%	4%	8%	11%	12%	12%
2000			0%	0%	0%	1%	3%	7%	10%	11%
2005				0%	0%	0%	1%	2%	5%	7%
2010					0%	0%	1%	2%	5%	10%
2015						0%	0%	1%	2%	5%
2020							0%	0%	1%	2%
2025								0%	0%	1%
2030									0%	0%
2035										0%
Alle	10%	13%	16%	19%	17%	15%	13%	12%	10%	9%

Tabelle A2-7 Anteile der Energiebezugsflächen der verschiedenen Bauperioden und insgesamt, die seit 1980 einmal energetisch wirksam vollsaniert wurden; in Prozent der gesamten Energiebezugsflächen der jeweiligen Bauperiode.

Bauperiode	<b>Vollsanierte Flächen (1. Zyklus)</b>									
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
-1960	18%	25%	31%	36%	41%	46%	50%	54%	58%	51%
1970	12%	25%	38%	46%	51%	54%	59%	65%	69%	64%
1980	1%	2%	7%	17%	31%	42%	48%	52%	56%	61%
1990	0%	0%	0%	1%	3%	6%	12%	16%	19%	20%
1995		0%	0%	0%	1%	4%	9%	15%	20%	22%
2000			0%	0%	0%	1%	3%	7%	13%	17%
2005				0%	0%	0%	1%	2%	5%	9%
2010					0%	0%	1%	2%	5%	12%
2015						0%	0%	1%	2%	5%
2020							0%	0%	1%	2%
2025								0%	0%	1%
2030									0%	0%
2035										0%
Alle	11%	15%	20%	25%	28%	32%	35%	39%	43%	43%

Tabelle A2-8 Anteile der Energiebezugsflächen der verschiedenen Bauperioden und insgesamt, die seit 1980 zweimal energetisch wirksam teilsaniert wurden; in Prozent der gesamten Energiebezugsflächen der jeweiligen Bauperiode.

Bauperiode	<b>Teilsanierte Flächen (2. Zyklus)</b>									
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
-1960					9%	18%	24%	28%	31%	34%
1970					6%	12%	22%	28%	29%	29%
1980					0%	1%	3%	7%	15%	24%
1990						0%	0%	1%	3%	
1995							0%	0%	1%	
2000								0%	0%	
2005									0%	
2010										
2015										
2020										
2025										
2030										
2035										
Alle					4%	8%	10%	13%	15%	17%

Tabelle A2-9 Anteile der Energiebezugsflächen der verschiedenen Bauperioden und insgesamt, die seit 1980 zweimal energetisch wirksam vollsaniert wurden; in Prozent der gesamten Energiebezugsflächen der jeweiligen Bauperiode.

<b>Vollsanierte Flächen (2. Zyklus)</b>									
1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
				0%	0%	0%	0%	0%	10%
				0%	0%	0%	0%	0%	6%
				0%	0%	0%	0%	0%	0%
						0%	0%	0%	0%
							0%	0%	0%
								0%	0%
									0%
				0%	0%	0%	0%	0%	4%

Quelle: CEPE: San\_EBF\_tot.xls in [H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-Final\\_Ia,Ib\\_März.05\Bericht](H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-Final_Ia,Ib_März.05\Bericht)

### *Energieeinsparungen bei Sanierung eines 25 Jahre alten Gebäudes*

Tabelle A2-10 Durchschnittliche Reduktion der Nutzenergie Heizen (Qh) bei einer energetisch wirksamen Voll- und Teilsanierung, in % von Qh der Bauten vor der ersten energetischen Sanierung

Bauperiode	Teilsanierung		Vollsaniierung	
	1. Zyklus	2. Zyklus	1. Zyklus	2. Zyklus
bis 1975	10.1	14.6	18.4	25.9
1976-1980	10.1	12.3	18.4	22.1
1981-1990	7.5	9.9	13.8	17.8
1991-2000	5.0	7.4	9.2	13.4
2001-2035	2.5	5.0	4.6	9.0

Quelle: CEPE, Sanierungseffizienz.xls in [H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-Final\\_Ia,Ib\\_August.05\Bericht](H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-Final_Ia,Ib_August.05\Bericht)

Diese Sanierungseffizienzen gelten für die ersten 25 Jahre nach dem Baujahr. Anschliessend verbessern sich diese Effizienzen um 0.5%/Jahr (autonomer technischer Fortschritt). Für die Gebäude mit Baujahr vor 1970 setzt die technische Verbesserung ab 1990 ein.

#### 4. Heizsysteme

##### Nutzungsgrade

Tabelle A2-11 Nutzungsgrade (inkl. Verteilverluste) der Heizsysteme

Installationsjahr	HEL	GAS	EI.	HOLZ	KOHLE	FW	WP
	%	%	%	%	%	%	%
-1960	58.0	58.0	90.0	50.0	58.0	85.0	200
1965	60.8	60.8	90.0	50.8	60.8	85.0	200
1970	63.6	63.6	90.0	51.3	63.6	85.0	200
1975	67.9	68.1	90.0	52.7	67.9	85.0	200
1980	72.7	73.5	90.0	55.2	72.7	85.2	225
1985	75.8	77.9	90.2	58.5	76.8	85.8	250
1990	78.4	82.0	90.7	62.9	79.2	86.4	275
1995	81.9	86.3	91.4	66.8	80.0	87.0	300
2000	85.4	91.7	92.4	69.7	80.0	87.6	325
2005	87.6	94.1	93.3	71.0	80.0	88.2	339
2010	89.7	96.5	94.2	72.4	80.0	88.8	352
2015	91.4	97.0	94.7	73.1	80.0	89.4	366
2020	92.6	97.3	95.0	73.9	80.0	90.0	379
2025	93.3	97.6	95.0	74.6	80.0	90.6	393
2030	93.8	97.8	95.0	75.2	80.0	91.1	406
2035	94.0	98.0	95.0	75.5	80.0	91.4	420
2050	94.6	99.2	95.0	75.9	80.0	91.9	450

Quelle Inputs\_Wärme\_25.10.04.xls in  
[\\cepes121195\users\aebis\Cope\Projekte\Perspektiven\2004\Berichte\Dok\\_3.11.04\Tabellen+Figuren](\\cepes121195\users\aebis\Cope\Projekte\Perspektiven\2004\Berichte\Dok_3.11.04\Tabellen+Figuren)

##### Überlebenswahrscheinlichkeit der Heizkessel

In den früheren Perspektivrechnungen wurde davon ausgegangen, dass die alten Heizkessel infolge der Luftreinhalteverordnung bis 2010 beschleunigt ersetzt würden. Die Studie von Basics (Baumgartner et al., 2002) zeigt, dass dies kaum der Fall sein wird. In den neuen Rechnungen übernehmen wir diese Einschätzung und limitieren die Beschleunigung des Ersatzes auf die Periode bis 1995.

Tabelle A2-12 Überlebenswahrscheinlichkeit der Öl- und Gaskessel, in Prozent

Alter des Kessels in Jahren	0	5	10	15	20	25	30	35
1980	100	99	98	94	62	17	0	0
1985	100	99	98	94	62	17	0	0
1990	100	99	98	94	62	17	0	0
1995	100	99	98	94	80	42	13	0
2000	100	99	98	94	80	42	13	0
2005	100	99	98	94	80	42	13	0
2010	100	99	98	94	80	42	13	0
2015	100	99	98	94	80	42	13	0
2020	100	99	98	94	80	42	13	0
2025	100	99	98	94	80	42	13	0
2030	100	99	98	94	80	42	13	0
2035	100	99	98	94	80	42	13	0

Quelle in CEPE, Heizkessel.xls in H:\Cope\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-Final\_Ia,Ib\_März.05\Bericht

## 5. Anteile der Energieträger / Heizsysteme an EBF

### Neubauten

Tabelle A2-13 Anteile der Energieträger/Heizsysteme an den Energiebezugsflächen des Gebäudebestandes im Jahre 1985 und der neu erstellten Gebäuden ab 1985.

	HEL %	Gas %	EI. %	Holz %	Kohle %	FW %	WP %	Solar %
Bestand 85	71.0	15.7	5.8	4.2	0.0	2.9	0.4	0.0
Neubauten, Baujahr								
1985	41.9	41.8	4.1	4.8	0.0	3.9	2.5	1.0
1990	41.9	41.8	4.1	4.8	0.0	3.9	2.5	1.0
1995	39.8	45.1	1.3	5.2	0.0	4.8	2.8	1.0
2000	39.1	45.6	0.7	5.6	0.0	4.9	3.1	1.0
2005	38.5	45.5	0.5	6.0	0.0	5.0	3.6	1.0
2010	37.0	45.5	0.4	6.3	0.0	5.0	4.6	1.2
2015	35.5	45.5	0.3	6.7	0.0	5.0	5.7	1.3
2020	34.0	45.5	0.2	7.0	0.0	5.0	6.8	1.5
2025	32.7	45.5	0.0	7.3	0.0	5.0	7.9	1.7
2030	31.1	45.5	0.0	7.7	0.0	5.0	8.9	1.8
2035	29.5	45.5	0.0	8.0	0.0	5.0	10.0	2.0

Quelle CEPE, MA\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cope\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

*Substitutionen zwischen Energieträgern / Heizsystemen*

*Von*

Tabelle A2-14 Anteil der mit dem jeweiligen Energieträger/Heizsystem beheizten EBF, die pro Jahr durch einen anderen Energieträger/Heizsystem ersetzt wird

	HEL %/Jahr	Erdgas %/Jahr	El. %/Jahr	Holz %/Jahr	Kohle %/Jahr	FW %/Jahr	WP %/Jahr	Solar %/Jahr
1990	1.20	0	1.15	0	6.00	0	0	0
1995	1.20	0	1.15	0	5.50	0	0	0
2000	1.20	0	1.15	0	5.50	0	0	0
2005	1.20	0	1.15	0	5.50	0	0	0
2010	1.20	0	1.15	0	0.00	0	0	0
2015	1.20	0	1.15	0	0.00	0	0	0
2020	1.20	0	1.15	0	0.00	0	0	0
2025	1.20	0	1.15	0	0.00	0	0	0
2030	1.20	0	1.15	0	0.00	0	0	0
2035	1.20	0	1.15	0	0.00	0	0	0

Quelle CEPE, Subst\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

*Nach*

Tabelle A2-15 Anteile der Energieträger/Heizsysteme an der Energiebezugsfläche, die mit HEL beheizt wurde und jetzt einen neuen Energieträger/Heizsystem einsetzt

Von HEL nach	HEL %	Erdgas %	El. %	Holz %	Kohle %	FW %	WP %	Solar %
1990	0	70.9	4.7	16.0	0.0	6.8	1.6	0.1
1995	0	70.9	4.7	16.0	0.0	6.8	1.6	0.1
2000	0	60.9	4.8	22.0	0.0	9.6	2.6	0.1
2005	0	59.9	3.6	22.0	0.0	9.6	4.8	0.1
2006	0	59.7	3.5	22.0	0.0	9.6	5.0	0.1
2010	0	59.8	2.4	22.0	0.0	9.6	6.0	0.3
2015	0	59.6	1.2	22.0	0.0	9.6	7.2	0.4
2020	0	59.5	0.0	22.0	0.0	9.6	8.4	0.6
2025	0	58.1	0.0	22.0	0.0	9.6	9.6	0.7
2030	0	56.8	0.0	22.0	0.0	9.6	10.8	0.9
2035	0	55.4	0.0	22.0	0.0	9.6	12.0	1.0

Quelle CEPE, Subst\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

Tabelle A2-16 Anteile der Energieträger/Heizsysteme an der Energiebezugsfläche, die mit elektrischer Widerstandsheizung beheizt wurde und jetzt einen neuen Energieträger/Heizsystem einsetzt

Von EL nach	HEL	Erdgas	EI.	Holz	Kohle	FW	WP	Solar
	%	%	%	%	%	%	%	
1990	10	40	0	10	0	10	30	0
1995	10	40	0	10	0	10	30	0
2000	10	40	0	10	0	10	30	0
2005	10	40	0	10	0	10	30	0
2006	10	40	0	10	0	10	30	0
2010	10	40	0	10	0	10	30	0
2015	10	40	0	10	0	10	30	0
2020	10	40	0	10	0	10	30	0
2025	10	40	0	10	0	10	30	0
2030	10	40	0	10	0	10	30	0
2035	10	40	0	10	0	10	30	0

Quelle CEPE, Subst\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

## 6. Intrasektoraler Strukturwandel

### Flächenanteile und Koeffizient d bei Trendentwicklung (Wirtschaftswachstum wie in den achtziger Jahren)

In Tabelle A2-17 sind für die Jahre 1980 und 1990 die Flächenanteile aufgeführt, welche die homogenen Gruppen an der jeweiligen Fläche der Unterbranche einnehmen. Diese Anteile sind eigene "best guesses". Ebenfalls angegeben sind Flächenanteile im Jahre 2010. Dieser Wert würde nach unserer Einschätzung zu diesem Zeitpunkt erreicht, falls die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung unvermindert dem Trend der achtziger Jahre folgen würde.

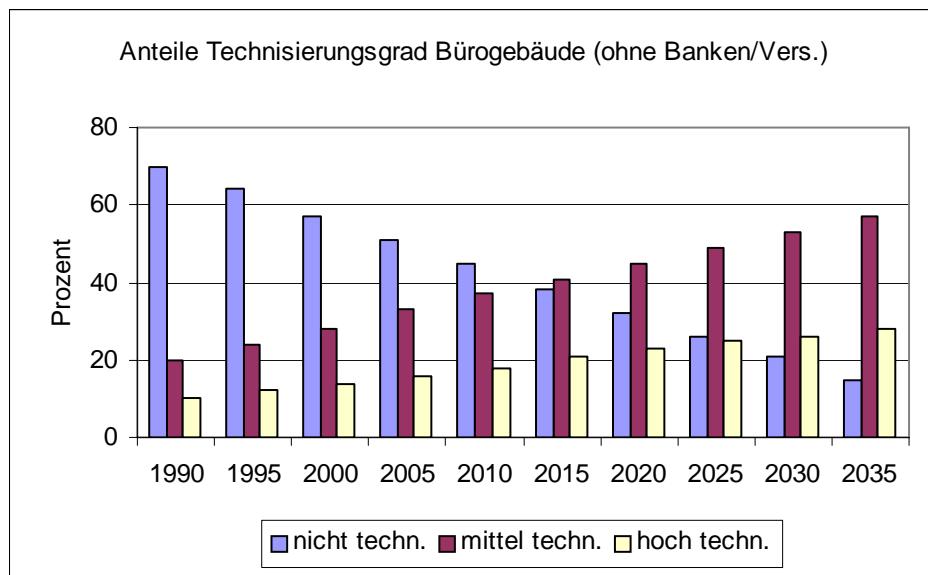
### Kopplung des intrasektoralen Strukturwandels mit dem Wirtschaftswachstum

Um der gegenüber den achtziger Jahren langsameren Wirtschaftsentwicklung Rechnung zu tragen, wurde in früheren Perspektivarbeiten (Aebischer et al., 1996) und (Jochem/Jakob, 2004) ein reduzierter interner Strukturwandel angenommen. Dazu werden die in Tabelle A2-17 vorgeschlagenen Entwicklungen der Flächenanteile und der Wert von 1.5% des Koeffizienten d mit dem Verhältnis der aktuellen Wirtschaftsentwicklung zur Entwicklung in den achtziger Jahren multipliziert. Typische resultierende Flächenentwicklungen und typische Werte von d sind in der Tabelle A2-18 aufgezeigt. Ebenfalls angegeben ist unter "Leitbranche" die Branche, deren Wirtschaftsentwicklung für die Reduktion verwendet wurde. Besonders behandelt werden die hochtechnisierten Bürogebäude mit Rechenzentren (Code 210) in der Branche Kreditwesen/Versicherungen, bei denen kein weiterer interner Strukturwandel mit einer Erhöhung der Elektrizitätsintensität zu erwarten ist. Im Gegensatz dazu gehen wir davon aus, dass die strukturelle Entwicklung in der Landwirtschaft unvermindert und unabhängig von der Entwicklung der Wertschöpfung zu einer höheren Elektrizitätsintensität führt.

Die in Tabelle A2-18 zeigt die Entwicklung der Flächenanteile der homogenen Gruppen im Referenzszenario. So nimmt z.B. der Anteil der wenig klimatisierten oder "ein Stern" Bürogebäude (= homogene Gruppe 611) an der Fläche der Bürobauten (Unterbranche 610) in den Übrigen Dienstleistungen (Branche 600) von heute 51% ab und beträgt in 30 Jahren nur mehr 15%. Die

mittel technisierten ("drei Stern") Gebäude nehmen zu von heute 33% auf 57% und die hoch technisierten ("fünf Stern") Bürogebäude verdoppeln in 30 Jahren beinahe ihren Anteil von 16% auf 28%. Diese Entwicklung ist in Figur A2-1 graphisch dargestellt. Dazu einige Kommentare und Erläuterungen:

- Die Entwicklung ist sehr schnell (und erfolgt unabhängig vom Erneuerungszyklus der Gebäude) und stetig bis 2035 (keine Saturierung).
- Der Trend geht in Richtung mitteltechnisierte Gebäude, die teilweise mechanisch belüftet sind und nur für ausgewählte Nutzungen gekühlt werden, und nicht in Richtung hochtechnisierte (insbesondere vollklimatisierte) Gebäude.
- Verglichen mit der heutigen Struktur in der Branche Kredit- und Versicherungsgewerbe (ohne Rechenzentren): 10% nicht technisierte (homogene Gruppe 221), 50% mittel technisierte (homogene Gruppe 222) und 40% hoch technisiert Bürogebäude (homogene Gruppe 223) ist diese Entwicklung eher konservativ. Eine für die Schweiz für die Zeit um 1990 repräsentative Untersuchung von 100 Bürogebäuden (Weber, 2001; Weber et al. 1999, S. 55) findet folgenden Technisierungsmix: 20% nicht technisiert, 50% mittel technisiert, 30% hoch technisiert. Dies entspricht etwa den in SERVE für 2035 angenommenen Werten. Die in SERVE verwendete heutige Ausgangslage für den Technisierungsgrad ist viel tiefer angesetzt, um die vielen Büroarbeitsplätze in anderen Gebäuden mit einem durchschnittlich tieferen Technisierungsgrad zu berücksichtigen.
- Ergänzend kann erwähnt werden, dass der Technisierungsgrad auch im Haushaltsektor stetig zunimmt: Stichwort "Komfortlüftung in Minergiebauten".



Quelle: CEPE, Perspektiven\_DL\_18.3.05.ppt in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Sitzung\_18.3.05\Präsentation\_SzenarioIa+Ib

Figur A2-1 Vergleich der neuen durchschnittlichen Grenzkosten der eingesparten Energie (Wärmebedarf) für Sanierungen in den Jahren 2005 (neu(2005)) und 2025 (neu(2025)) mit den in früheren Arbeiten benützten Kurven (alt(2005)) und (alt(2025)). Die gestrichelte Kurve (neu\_ohne(2005)) entspricht der Kurve (neu(2025)) vor Gewichtung mit den im Jahre 2025 durchgeführten Sanierungen.

Tabelle A2-17 Anteile der homogenen Gruppen an der Energiebezugsfläche der entsprechenden Unterbranche und Koeffizient d bei einem Wirtschaftswachstum wie in den achtziger Jahren.

Branche	Unterbranche	Homog. Gruppe	Flächenanteil der homogene Gruppe an der Unterbranche bei Konjunktur 80-90			Koeffizient d
			Code	Code	Code	
100	110	111		80%	70%	40%
100	110	112		10%	20%	40%
100	110	113		10%	10%	20%
100	120	121		10%	10%	15%
100	120	122		30%	40%	50%
100	120	123		60%	50%	35%
100	130	—		-	-	-
200	210	—		-	-	-
200	220	221		30%	10%	10%
200	220	222		40%	50%	50%
200	220	223		30%	40%	40%
300	310	311		30%	40%	60%
300	310	312		70%	60%	40%
300	320	321		20%	20%	35%
300	320	322		80%	80%	65%
400	410	411		20%	30%	35%
400	410	412		10%	20%	30%
400	410	413		70%	50%	35%
400	420	—		-	-	-
500	510	511		10%	10%	20%
500	510	512		60%	60%	60%
500	510	513		30%	30%	20%
500	520	521		10%	10%	15%
500	520	522		90%	90%	85%
600	610	611		80%	70%	40%
600	610	612		10%	20%	40%
600	610	613		10%	10%	20%
600	620	621		-	-	-
600	620	622		-	-	-
600	620	623		-	-	-
600	630	—		-	-	-
700	700	—		-	-	-

Quelle: Aebischer et al., 1996, Kopie\_Report\_6\_FOGA\_EL.doc in  
[\\cepes121195\users\aebis\Cope\Projekte\Perspektiven\2004\Berichte\Dok\\_3.11.04](\\cepes121195\users\aebis\Cope\Projekte\Perspektiven\2004\Berichte\Dok_3.11.04)

Tabelle A2-18 Flächenanteile der homogenen Gruppen an der entsprechenden Unterbranche  
Werte des Koeffizienten d im Referenzszenario Ia und Ib (unter Berücksichtigung  
einer 25%-Koppelung an das Wirtschaftswachstum der entsprechenden Leitbran-  
che)

Unter- Branche			Homog Gruppe	Fläche resp. d <sub>o</sub>	Flächenanteil der hom. Gruppe an der Unterbranche, respektive Koeffizient d, moduliert mit dem aktuellem Wirtschaftswachstum										Leit- branche
Code	Code	Code		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035		
100	110	111		70%	64%	57%	51%	44%	37%	31%	25%	19%	13%		Handel
100	110	112		20%	24%	29%	33%	38%	42%	46%	50%	54%	58%		Handel
100	110	113		10%	12%	14%	16%	19%	21%	23%	25%	27%	29%		Handel
100	120	121		10%	11%	12%	13%	14%	15%	17%	17%	18%	19%		Handel
100	120	122		40%	42%	44%	46%	49%	51%	53%	55%	57%	59%		Handel
100	120	123		50%	47%	44%	40%	37%	34%	30%	28%	25%	22%		Handel
100	130	—		1.5	1.2	1.4	1.3	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2		Handel
200	210	—		1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		Spezial
200	220	221		10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%		Banken
200	220	222		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%		Banken
200	220	223		40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%		Banken
300	310	311		40%	44%	48%	53%	58%	63%	67%	71%	75%	80%		Gastgew.
300	310	312		60%	56%	52%	47%	42%	37%	33%	29%	25%	20%		Gastgew.
300	320	321		20%	23%	26%	30%	33%	37%	40%	43%	47%	50%		Gastgew.
300	320	322		80%	77%	74%	70%	67%	63%	60%	57%	53%	50%		Gastgew.
400	410	411		30%	31%	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%		Übrige
400	410	412		20%	22%	24%	26%	28%	31%	33%	35%	36%	38%		Übrige
400	410	413		50%	47%	44%	41%	37%	34%	31%	28%	25%	22%		Übrige
400	420	—		1.5	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		Übrige
500	510	511		10%	12%	15%	17%	19%	21%	23%	25%	27%	30%		Gesundh.
500	510	512		60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%		Gesundh.
500	510	513		30%	28%	25%	23%	21%	19%	17%	15%	13%	10%		Gesundh.
500	520	521		10%	11%	12%	13%	14%	15%	17%	18%	19%	20%		Gesundh.
500	520	522		90%	89%	88%	87%	86%	85%	83%	82%	81%	80%		Gesundh.
600	610	611		70%	64%	57%	51%	45%	38%	32%	26%	21%	15%		Übrige
600	610	612		20%	24%	28%	33%	37%	41%	45%	49%	53%	57%		Übrige
600	610	613		10%	12%	14%	16%	18%	21%	23%	25%	26%	28%		Übrige
600	620	621		1.5	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		Übrige
600	620	622		1.5	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		Übrige
600	620	623		1.5	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		Übrige
600	630	—		1.5	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		Übrige
700	700	—		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5		Spezial

Quelle: CEPèE, EBF\_tsss\_5.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\AGs\Elektr\_Geräte\EI-Anwendungen\_homogene\_Gruppen\_Szla,6c-b+El1 (GC)

## 7. Energiekennzahlen Elektrizität

Die durchschnittlichen Energiekennzahlen um 1990 und die Zielwerte für die Neubauten und Sanierungen sind in Tabelle A2-19 zusammengefasst. Es sind die Kennzahlen, die für die Perspektivarbeiten in den neunziger Jahren von Amstein+Walthert zusammengestellt wurden (siehe Aeischer et al., 1996, S. 58). Die wenigen neuen uns bekannten Erhebungen von Kennzahlen, z.B. für Bürogebäude (Weber, 2002), sind mit diesen Werten kompatibel. Diese Zielwerte reduzieren sich im Szenario Ia\_Trend um -0.5% pro Jahr.

Tabelle A2-19 Energiekennzahlen Bestand 1990 und Zielwerte für Neubauten und Sanierungen, in MJ/m<sup>2</sup>.Jahr

Homogene Gruppe	Energiekennzahl Elektrizität		Homogene Gruppe	Energiekennzahl Elektrizität	
	Bestand	Zielwert		Bestand	Zielwert
	MJ/m <sup>2</sup> .Jahr			MJ/m <sup>2</sup> .Jahr	
111	150	110	420	50	40
112	300	170	511	350	190
113	500	200	512	270	150
121	900	655	513	200	120
122	1000	860	521	190	130
123	400	180	522	120	75
130	200	200	611	150	110
210	1200	360	612	300	170
221	150	110	613	500	200
222	300	170	621	180	120
223	500	200	622	360	250
311	550	450	623	150	100
312	200	200	630	270	180
321	1500	1100	700	200	200
322	750	650			
411	700	400			
412	290	160			
413	130	75			

Quelle: Aeischer et al., 1996, Inputs\_Wärme\_25.10.04.xls, in  
[\\cepes121195\users\aebis\Cepe\Projekte\Perspektiven\2004\Berichte\Dok\\_3.11.04\Tabellen+Figuren](\\cepes121195\users\aebis\Cepe\Projekte\Perspektiven\2004\Berichte\Dok_3.11.04\Tabellen+Figuren)

Den Anteil der neuen Gebäude, die den Zielwert erreichen, zeigt Tabelle A2-20. Die restlichen Gebäude erreichen den Durchschnittswert des Bestandes im Jahre 1990.

Für die Sanierungen wird angenommen, dass die Hälfte der Einsparungen bei den Neubauten erreicht wird. Das ist deutlich vorsichtiger als bei früheren Arbeiten, wo davon ausgegangen wurde, dass bei Sanierungen die Zielwerte für Neubauten erreicht werden können.

Tabelle A2-20 Anteil der neuen Gebäude, die den Zielwert erreichen.

Jahr	Anteil Zielwert, in %
1990	5%
1995	10%
2000	17%
2005	26%
2010	35%
2015	45%
2020	55%
2025	65%
2030	74%
2035	81%

Quelle: CEPE\_S\_el\_nachKorr\_30.7.05.xls, in H:\Cepc\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Final' la,lb August.05\Bericht

Die nicht sanierten Flächen und die kumulierten *Sanierungsquoten* für einzelne Bauperioden finden sich in den nächsten fünf Tabellen.

Tabelle A2-21 Anteile der Energiebezugsflächen der verschiedenen Bauperioden und insgesamt, die (elektrisch) nicht saniert sind, in Prozent der gesamten Energiebezugsflächen der jeweiligen Bauperiode.

Tabelle A2-22 Anteile der Energiebezugsflächen der verschiedenen Bauperioden und insgesamt, die seit 1980 (elektrisch) einmal saniert wurden; in Prozent der gesamten Energiebezugsflächen der jeweiligen Bauperiode.

Tabelle A2-23 Anteile der Energiebezugsflächen der verschiedenen Bauperioden und insgesamt, die seit 1980 (elektrisch) zweimal saniert wurden; in Prozent der gesamten Energiebezugsflächen der jeweiligen Bauperiode.

Tabelle A2-24 Anteile der Energiebezugsflächen der verschiedenen Bauperioden und insgesamt, die seit 1980 (elektrisch) dreimal saniert wurden; in Prozent der gesamten Energiebezugsflächen der jeweiligen Bauperiode.

	<b>San3</b>										
	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	
<b>-1960</b>	0%	0%	0%	0%	18%	38%	51%	63%	73%	75%	
<b>1970</b>	0%	0%	0%	0%	13%	26%	47%	63%	63%	59%	
<b>1980</b>	0%	0%	0%	0%	1%	2%	5%	16%	35%	56%	
<b>1990</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	6%	
<b>1995</b>		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	4%	
<b>2000</b>			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	
<b>2005</b>				0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
<b>2010</b>					0%	0%	0%	0%	0%	0%	
<b>2015</b>						0%	0%	0%	0%	0%	
<b>2020</b>							0%	0%	0%	0%	
<b>2025</b>								0%	0%	0%	
<b>2030</b>									0%	0%	
<b>2035</b>										0%	

Tabelle A2-25 Anteile der Energiebezugsflächen der verschiedenen Bauperioden und insgesamt, die seit 1980 (elektrisch) viermal saniert wurden; in Prozent der gesamten Energiebezugsflächen der jeweiligen Bauperiode.

	<b>San4</b>										
	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	
<b>-1960</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%
<b>1970</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%
<b>1980</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
<b>1990</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>1995</b>		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>2000</b>			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>2005</b>				0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>2010</b>					0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>2015</b>						0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>2020</b>							0%	0%	0%	0%	0%
<b>2025</b>								0%	0%	0%	0%
<b>2030</b>									0%	0%	0%
<b>2035</b>										0%	

Quelle: CEPE: sanEL\_nachKorr\_29.7.05.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Final\_Ia,Ib\_August.05\Bericht

## 8. Elektrizitätsanwendungen

Die Aufteilung der Energiekennzahlen Elektrizität nach den SIA-Konventionen sind in Tabelle A2-26 dokumentiert.

Tabelle A2-26 Aufteilung Energiekennzahlen nach SIA-Konventionen

Homogene Gruppe	Arbeits-hilfen %	Zentrale Dienste %	Beleucht-tung %	Klima/ Lüftung %	Haus-technik %	Elektro-wärme %
111	21	4	30	20	15	10
112	17	10	27	34	9	3
113	10	25	18	40	5	2
121	6	17	40	30	5	2
122	4	55	17	20	3	1
123	4	7	55	25	6	3
130	5	20	35	20	10	10
210	5	35	15	41	3	1
221	21	4	30	20	15	10
222	17	10	27	34	9	3
223	10	25	18	40	5	2
311	10	48	16	15	6	5
312	21	19	39	3	6	12
321	2	62	13	20	2	1
322	2	59	9	24	5	1
411	15	16	13	51	5	0
412	5	5	30	50	10	0
413	5	10	40	30	10	5
420	10	6	44	15	15	10
511	10	15	20	45	10	0
512	10	15	20	45	10	0
513	15	20	30	25	10	0
521	15	20	30	25	10	0
522	10	15	40	20	10	5
611	21	4	30	20	15	10
612	17	10	27	34	9	3
613	10	25	18	40	5	2
621	5	20	30	10	10	25
622	5	40	25	15	5	10
623	5	35	30	10	10	10
630	5	25	40	10	5	15
700	5	0	5	30	10	50

Quelle: Aebrischer et al., 1996, Inputs\_Wärme\_25.10.04.xls, in  
[\\cepes121195\users\aebris\Cepe\Projekte\Perspektiven\2004\Berichte\Dok\\_3.11.04\Tabellen+Figuren](\\cepes121195\users\aebris\Cepe\Projekte\Perspektiven\2004\Berichte\Dok_3.11.04\Tabellen+Figuren)

### Anhang 3: Substitutionen zwischen Energieträgern im Szenario Ib

Die folgenden drei Tabellen zeigen die Inputdaten, welche die beschleunigte Substitution im Szenario Ib beschreiben. Sie können mit den ebenfalls gezeigten Inputdaten im Referenzszenario Ia (Tabellen A2-14 bis A2-16) verglichen werden.

*Von*

Tabelle A3-1 Anteil der mit dem jeweiligen Energieträger/Heizsystem beheizten EBF, die pro Jahr durch einen anderen Energieträger/Heizsystem ersetzt wird

	HEL %/Jahr	Erdgas %/Jahr	El. %/Jahr	Holz %/Jahr	Kohle %/Jahr	FW %/Jahr	WP %/Jahr	Solar %/Jahr
1990	1.20%	0%	1.15%	0%	6.0%	0%	0%	0%
1995	1.20%	0%	1.15%	0%	5.5%	0%	0%	0%
2000	1.20%	0%	1.15%	0%	5.5%	0%	0%	0%
2005	1.20%	0%	1.15%	0%	5.5%	0%	0%	0%
2010	<b>1.37%</b>	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2015	<b>1.36%</b>	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2020	<b>1.35%</b>	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2025	<b>1.34%</b>	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2030	<b>1.33%</b>	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2035	<b>1.31%</b>	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%

Quelle: CEPE, Subst\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

*Nach*

Tabelle A3-2 Anteile der Energieträger/Heizsysteme an der Energiebezugsfläche, die mit HEL beheizt wurde und jetzt einen neuen Energieträger/Heizsystem einsetzt

Von HEL nach	HEL %	Erdgas %	El. %	Holz %	Kohle %	FW %	WP %	Solar %
1990	0	71	4.7	16	0	6.8	1.6	0.1
1995	0	71	4.7	16	0	6.8	1.6	0.1
2000	0	61	4.8	22	0	9.6	2.6	0.1
2005	0	59.9	3.6	22.0	0	9.6	4.8	0.1
2006	0	55.2	4.3	22.7	0	10.3	7.3	0.1
2010	0	55.5	3.2	22.6	0	10.3	8.1	0.3
2015	0	55.7	1.9	22.6	0	10.2	9.2	0.4
2020	0	55.8	0.7	22.6	0	10.2	10.2	0.6
2025	0	54.7	0.6	22.5	0	10.2	11.3	0.7
2030	0	53.6	0.6	22.5	0	10.1	12.4	0.9
2035	0	52.7	0.5	22.4	0	10.0	13.4	1.0

Quelle: CEPE, Subst\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

Tabelle A3-3 Anteile der Energieträger/Heizsysteme an der Energiebezugsfläche, die mit elektrischer Widerstandsheizung beheizt wurde und jetzt einen neuen Energieträger/Heizsystem einsetzt

Von EL nach	HEL	Erdgas	EI.	Holz	Kohle	FW	WP	Solar
	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	10	40	0	10	0	10	30	0
1995	10	40	0	10	0	10	30	0
2000	10	40	0	10	0	10	30	0
2005	10	40	0	10	0	10	30	0
2006	10	40	0	10	0	10	30	0
2010	10	40	0	10	0	10	30	0
2015	10	40	0	10	0	10	30	0
2020	10	40	0	10	0	10	30	0
2025	10	40	0	10	0	10	30	0
2030	10	40	0	10	0	10	30	0
2035	10	40	0	10	0	10	30	0

Quelle: CEPE, Subst\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

## Anhang 4: Preiselastizitäten: Kurzfristige und langfristige Wirkung.

### Einige theoretische Überlegungen von Dr. Silvia Banfi-Frost, CEPE, ETHZ, 18.1.05

Die Hauptwirkungen von preislichen Massnahmen, wie zum Beispiel die Einführung einer Abgabe, werden anhand von Elastizitäten geschätzt. In der Regel stehen die Preiselastizitäten der Nachfrage im Mittelpunkt des Interesses. Diese geben an, wie stark sich die Nachfrage reduziert, wenn sich der Preis eines Gutes oder einer Dienstleistung erhöht. Bei einem sogenannt normalen Gut wird eine Preiserhöhung eine Verringerung der nachgefragten Menge bewirken. Die Elastizitäten geben die Wirkung von (infinitesimalen) Preisänderungen an. Eine Preiselastizität von -0.6 bedeutet, dass eine 1%-ige Preiserhöhung zu einer 0.6%-igen Verringerung der Nachfrage führt.

In welchem Ausmass die Nachfrage auf eine Preiserhöhung reagiert, hängt von verschiedenen Elementen ab. Zu erwähnen sind:

- die Möglichkeit, einer preislichen Massnahme auszuweichen d.h. das Vorhandensein und von guten Substituten und die Kenntnis darüber;
- das Ausmass der Veränderung, d.h. ob es sich um eine kleinere oder grösse Preisveränderung handelt;
- das Ausgangsniveau, d.h. die Wirkung einer preislichen Massnahme hängt vom anfänglichen Preisniveau ab.

Normalerweise sind die Ausweich- und Substitutionsmöglichkeiten - mindestens im Energiebereich - kurz nach Einführung einer preislichen Massnahme geringer als langfristig. Die Substitute müssen zuerst gesucht und gefunden werden. Oft sind damit auch Investitionsentscheide verbunden, die einen langfristigen Charakter aufweisen. Besteht die Erwartung, dass die Preiserhöhung langfristiger (und nicht nur vorübergehender) Natur ist, werden gezielt Substitutionsmöglichkeiten gesucht und eingesetzt. Aus diesem Grund sind die langfristigen Preiselastizitäten in der Regel höher als die kurzfristigen.

Die Grenzen zwischen kurz- und langfristigen Elastizitäten verwischen sich, wenn die Individuen über eine Preisanpassung lange im Voraus informiert sind und erwarten können, dass diese Preiserhöhung einen permanenten Charakter hat. Bereits zum Zeitpunkt der tatsächlichen Einführung einer solchen preislichen Massnahme werden Verhaltensänderungen zu beobachten sein. Diese sind bedeutend grösser, als wenn die Preiserhöhung plötzlich oder nur mit kurzer Ankündigungszeit erfolgte. Wenn die Wirkung einer langfristig geplanten preislichen Massnahme anhand von kurzfristigen Elastizitäten modelliert wird, kann es somit zu einer Unterschätzung der tatsächlich erfolgten Verhaltensänderung führen. Da allerdings meistens genaue Informationen zur korrekten Höhe der Preiselastizität in solchen Fällen fehlen, stellt die Verwendung von kurzfristigen Preiselastizitäten eine durchaus sinnvolle – und dem Vorsichtsprinzip entsprechende - Lösung dar.

## Anhang 5: Daten und Ergebnisse der Sensitivitätsrechnungen

### Anhang 5-1: Sensitivitätsrechnung BIP\_hoch

Tabelle A5-1 Vergleich der Branchen-Wertschöpfungen in der Variante BIP-hoch relativ zur Variante Trend (vor Abstimmung der kleinen Differenzen im Ausgangsjahr 2005)

Nr.	Bezeichnung	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
100	Handel	1.5%	4.1%	6.8%	9.5%	12.3%	15.2%	18.1%
200	Banken/ Versich.	1.5%	4.1%	6.8%	9.5%	12.3%	15.1%	18.1%
300	Gastgew.	1.5%	4.0%	6.5%	9.2%	11.9%	14.6%	17.5%
400	Unterricht	1.5%	4.1%	6.7%	9.4%	12.2%	15.0%	17.9%
500	Gesundh.	1.4%	3.9%	6.4%	9.0%	11.6%	14.3%	17.0%
600	übrige DL	1.5%	4.1%	6.8%	9.5%	12.3%	15.2%	18.2%
700	Landwirtschaft	1.6%	4.3%	7.2%	10.1%	13.1%	16.2%	19.4%

Quelle: Ecoplan, CEPE; WS\_hoch-tief.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Sensitivität\_la\BIP\_hoch

Tabelle A5-2 Vergleich der Vollzeitäquivalente Beschäftigte in den einzelnen Branchen in der Variante BIP-hoch relativ zur Variante Trend (vor Abstimmung der kleinen Differenzen im Ausgangsjahr 2005)

Nr.	Bezeichnung	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
100	Handel	-0.4%	-0.2%	-0.1%	0.1%	0.2%	0.4%	0.5%
200	Banken/ Versich.	-0.4%	-0.2%	-0.1%	0.0%	0.2%	0.3%	0.4%
300	Gastgew.	-0.4%	-0.4%	-0.3%	-0.2%	-0.1%	-0.1%	0.0%
400	Unterricht	-0.4%	-0.3%	-0.1%	0.0%	0.1%	0.3%	0.4%
500	Gesundh.	-0.5%	-0.4%	-0.4%	-0.3%	-0.3%	-0.3%	-0.3%
600	übrige DL	-0.3%	-0.2%	0.0%	0.2%	0.4%	0.6%	0.7%
700	Landwirtschaft	-0.3%	0.0%	0.3%	0.6%	1.0%	1.3%	1.7%

Quelle: Ecoplan, CEPE; VZAe\_hoch-tief.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Sensitivität\_la\BIP\_hoch

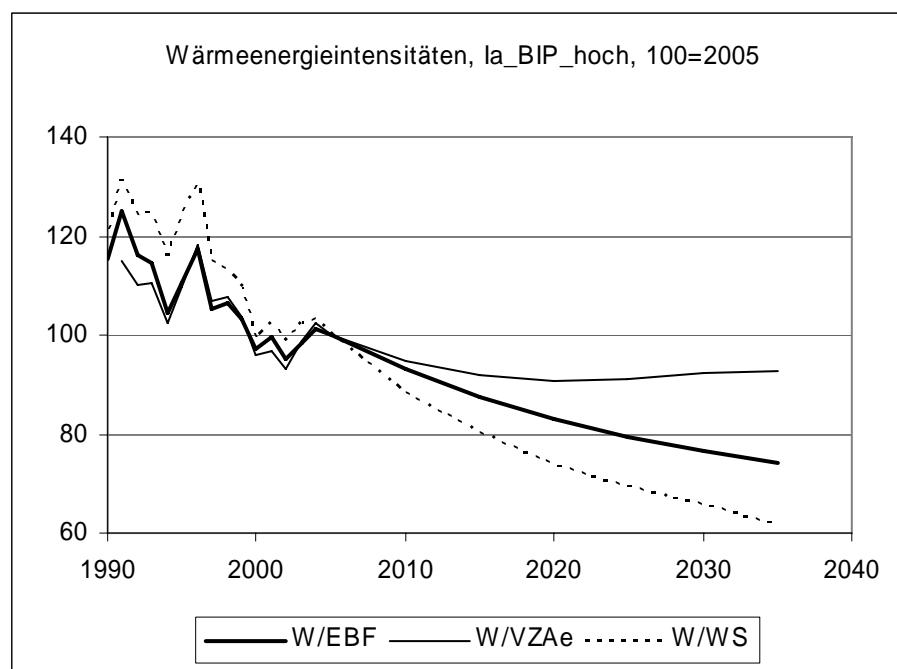
Tabelle A5-3 Vergleich der Energiebezugsflächen in den einzelnen Branchen in der Variante BIP-hoch relativ zur Variante Trend

Nr.	Bezeichnung	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
100	Handel	0.0%	0.3%	0.7%	1.1%	1.7%	2.4%	3.2%
200	Banken/ Versich.	0.0%	0.4%	0.8%	1.3%	2.1%	2.9%	3.9%
300	Gastgew.	0.0%	0.1%	0.3%	0.6%	0.9%	1.3%	1.9%
400	Unterricht	0.0%	0.2%	0.5%	1.0%	1.5%	2.1%	2.9%
500	Gesundh.	0.0%	0.3%	0.7%	1.2%	1.9%	2.8%	3.9%
600	übrige DL	0.0%	0.2%	0.5%	0.9%	1.4%	2.0%	2.7%
700	Landwirtschaft	0.0%	0.1%	0.2%	0.4%	0.5%	0.7%	1.0%

Quelle: Wüst+Partner, CEPE; EBF\_hoch-tief.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\1.05-\Sensitivität\_la\BIP\_hoch

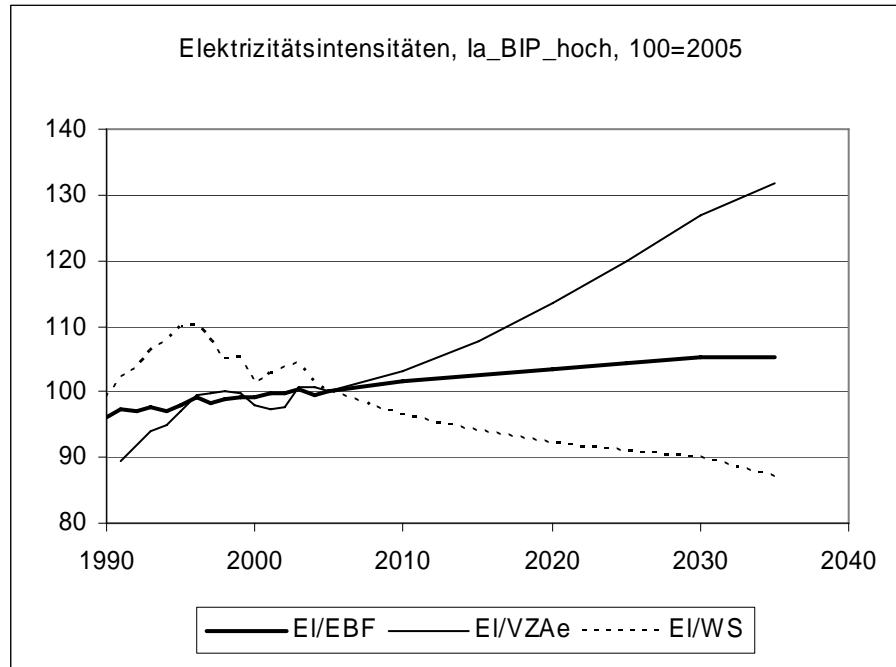
In den nächsten vier Abbildungen werden drei Indikatoren für die Entwicklung der Energieintensität im Szenario Ia\_BIP\_hoch mit denselben Indikatoren im Szenario Ia\_Trend verglichen. Wärmeenergie und Elektrizität werden wegen ihrer sehr verschiedenen „Natur“ separat ausgewiesen. Die Entwicklungen sind in den beiden Szenarien sehr ähnlich mit Ausnahme des Energieverbrauchs pro Wertschöpfung, was eine direkte Folge der Wertschöpfungssteigerung ohne Flächenzunahme in der Variante BIP\_hoch ist. Es werden die folgenden Bezeichnungen verwendet:

- $W$  = Wärmeenergie (inkl. Elektrowärme für Raumheizung und Warmwasserzubereitung),  $E$  = Elektrizität
- $W/EBF$  = Wärmeenergie pro Energiebezugsfläche (Energiekennzahl Wärme),  $E/EBF$  = Elektrizität pro Energiebezugsfläche (Energiekennzahl Elektrizität)
- $W/VZAE$  = Wärmeenergie pro Vollzeitäquivalent Beschäftigte,  $E/VZAE$  = Elektrizität pro Vollzeitäquivalent Beschäftigte
- $W/WS$  = Wärmeenergie pro Wertschöpfungseinheit (Energieintensität im üblichen Sinn),  $E/EBF$  = Elektrizität pro Wertschöpfungseinheit (Energieintensität im üblichen Sinn)



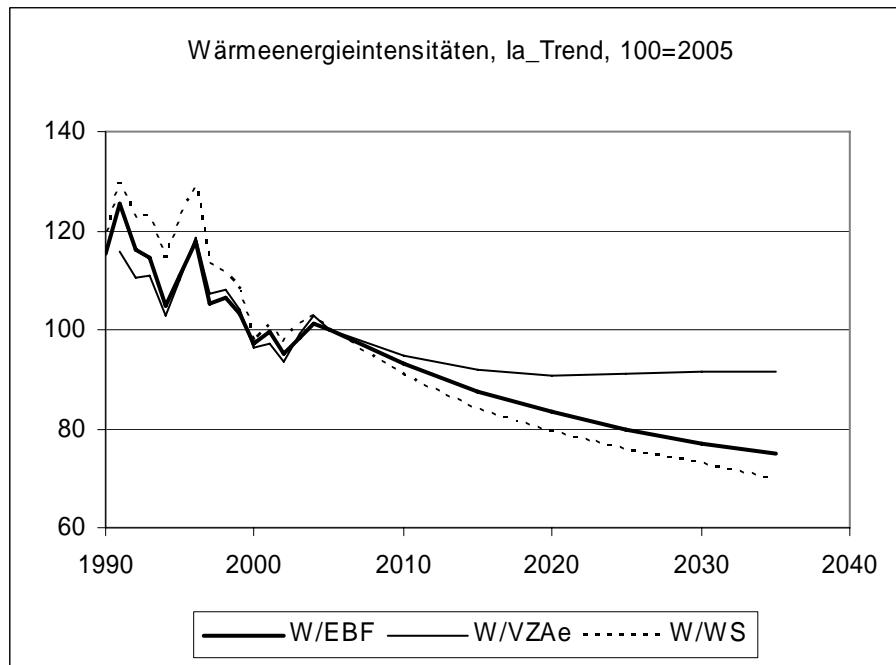
Quelle: CEPE, Energieintensitäten\_Ia\_BIP\_hoch\_Ia\_Trend.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Sensitivität\_Ia\BIP\_hoch\Ergebnisse\_BIP\_hoch\SzIa,BIP\_hoch

Figur A5-1 Relative Entwicklung der Indikatoren für die Wärmeenergieintensität im Szenario Ia\_BIP\_hoch



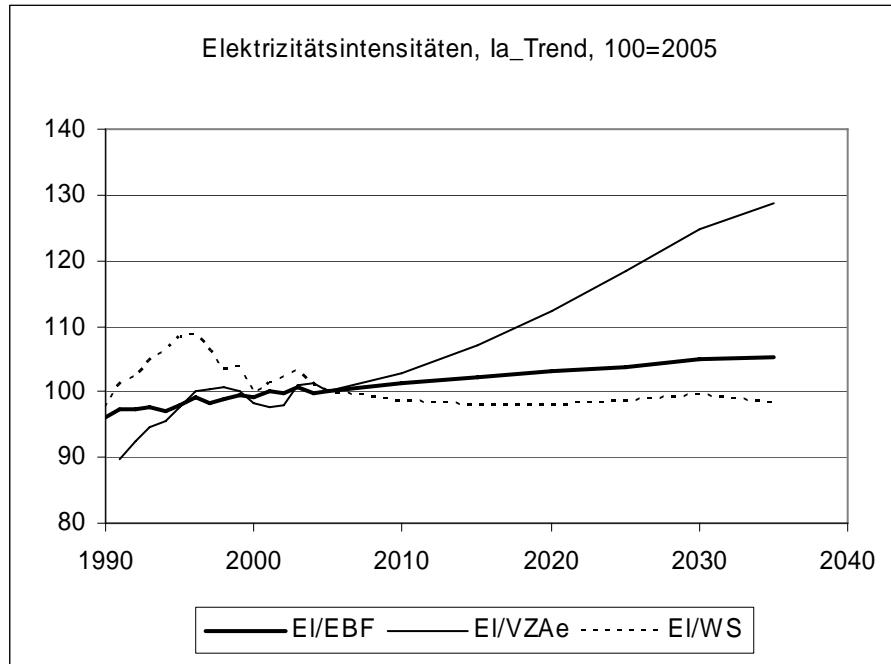
Quelle: CEPE, Energieintensitäten\_Ia\_BIP\_hoch\_Ia\_Trend.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Sensitivität\_Ia\BIP\_hoch\Ergebnisse\_BIP\_hoch\SzIa,BIP\_hoch

Figur A5-2 Relative Entwicklung der Indikatoren für die Elektrizitätsintensität im Szenario Ia\_BIP\_hoch



Quelle: CEPE, Energieintensitäten.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Final\_Ia,Ib\_August.05\SzIa,DEF

Figur A5-3 Relative Entwicklung der Indikatoren für die Wärmeenergieintensität im Szenario Ia\_Trend



Quelle: CEPE, Energieintensitäten.xls in H:\Cope\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-Final\_Ia,Ib\_August.05\SzIa,DEF

Figur A5-4 Relative Entwicklung der Indikatoren für die Elektrizitätsintensität im Szenario Ia\_Trend

Im Kapitel 2.2.1 wurde darauf hingewiesen, dass die im Nachfragemodell SERVE04 vorgenommene weitgehende Entkopplung des intrasektoralen Strukturwandels vom Wirtschaftswachstum ein wichtiger Grund dafür ist, dass die Zunahme der Elektrizitätsnachfrage in der Variante BIP\_hoch im Vergleich zur Variante Trend nicht höher ausfällt. Ergänzende Rechnungen haben tatsächlich gezeigt, dass bei einer sehr starken Koppelung des intrasektoralen Strukturwandels an das Wirtschaftswachstum die Zunahme der Elektrizitätsnachfrage in der Variante BIP\_hoch im Vergleich zur Variante Trend nicht bei 3% sondern bei 7% liegen würde. Das ist jedoch immer noch deutlich weniger als die 18% Wertschöpfungswachstum und die Elektrizitätsnachfrage pro Wertschöpfungsanteil würde immer noch abnehmen. Für diesen Rückgang ist – beim Modellansatz, wie er in SERVE04 angewendet wird – die Entkopplung des Wirtschaftswachstums von den Vollzeitäquivalenten Beschäftigte und von der Energiebezugsfläche verantwortlich.

## Anhang 5-2: Sensitivitätsrechnung Preise\_hoch

Die Verschiebungen der Marktanteile der Energieträger/Heizsysteme bei Neubauten (Tabelle A5-4) und die Beschleunigung der Substitution von Heizöl durch andere Energieträger /Heizsysteme (Tabellen A5-5 bis A5-7) werden analog zum Vorgehen bei der CO<sub>2</sub>-Abgabe (Kapitel 2.2.2) berechnet

### Ia\_Preise\_hoch

Tabelle A5-4 Anteile der Energieträger/Heizsysteme bei den Neubauten in den Szenarien Ia\_Trend und Ia\_Preise\_hoch

Baujahr	HEL	Gas	EI.	Holz	Kohle	FW	WP	Solar
I								
2005	38.5%	45.5%	0.5%	6.0%	0.0%	5.0%	3.6%	1.0%
2010	37.0%	45.5%	0.4%	6.3%	0.0%	5.0%	4.6%	1.2%
2015	35.5%	45.5%	0.3%	6.7%	0.0%	5.0%	5.7%	1.3%
2020	34.0%	45.5%	0.2%	7.0%	0.0%	5.0%	6.8%	1.5%
2025	32.7%	45.5%	0.0%	7.3%	0.0%	5.0%	7.9%	1.7%
2030	31.1%	45.5%	0.0%	7.7%	0.0%	5.0%	8.9%	1.8%
2035	29.5%	45.5%	0.0%	8.0%	0.0%	5.0%	10.0%	2.0%
I_Preise_hoch								
2005	38.5%	45.5%	0.5%	6.0%	0.0%	5.0%	3.6%	1.0%
2010	35.6%	45.5%	0.4%	7.0%	0.0%	5.0%	5.1%	1.3%
2015	32.8%	45.5%	0.3%	7.9%	0.0%	5.1%	6.8%	1.6%
2020	30.1%	45.5%	0.2%	8.7%	0.0%	5.1%	8.5%	1.9%
2025	27.6%	45.5%	0.0%	9.5%	0.0%	5.2%	10.1%	2.2%
2030	25.1%	45.5%	0.0%	10.1%	0.0%	5.2%	11.7%	2.4%
2035	22.8%	45.5%	0.0%	10.6%	0.0%	5.2%	13.3%	2.7%

Quelle: CEPE, MA\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

Tabelle A5-5 Anteil der mit dem jeweiligen Energieträger/Heizsystem beheizten EBF, die pro Jahr durch einen anderen Energieträger/Heizsystem ersetzt wird

	HEL %/Jahr	Erdgas %/Jahr	El. %/Jahr	Holz %/Jahr	Kohle %/Jahr	FW %/Jahr	WP %/Jahr	Solar %/Jahr
1990	1.20%	0%	1.15%	0%	6.0%	0%	0%	0%
1995	1.20%	0%	1.15%	0%	5.5%	0%	0%	0%
2000	1.20%	0%	1.15%	0%	5.5%	0%	0%	0%
2005	1.20%	0%	1.15%	0%	5.5%	0%	0%	0%
2010	1.45%	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2015	1.45%	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2020	1.45%	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2025	1.45%	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2030	1.45%	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2035	1.45%	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%

Quelle: CEPE; Subst\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

Tabelle A5-6 Anteile der Energieträger/Heizsysteme an der Energiebezugsfläche, die mit HEL beheizt wurde und jetzt einen neuen Energieträger/Heizsystem einsetzt

Von HEL nach	HEL %	Erdgas %	El. %	Holz %	Kohle %	FW %	WP %	Solar %
1990	0	70.9	4.7	16	0	6.8	1.6	0.1
1995	0	70.9	4.7	16	0	6.8	1.6	0.1
2000	0	60.9	4.8	22	0	9.6	2.6	0.1
2005	0	59.9	3.6	22	0	9.6	4.8	0.1
2006	0	53.6	4.1	24.1	0	9.6	7.8	0.7
2010	0	53.6	3.0	24.2	0	9.6	8.8	0.9
2015	0	53.4	1.8	24.2	0	9.6	10.0	1.0
2020	0	53.3	0.6	24.2	0	9.6	11.2	1.2
2025	0	51.9	0.6	24.2	0	9.6	12.4	1.3
2030	0	50.6	0.6	24.2	0	9.6	13.6	1.5
2035	0	50.3	0.5	23.8	0	9.6	14.3	1.5

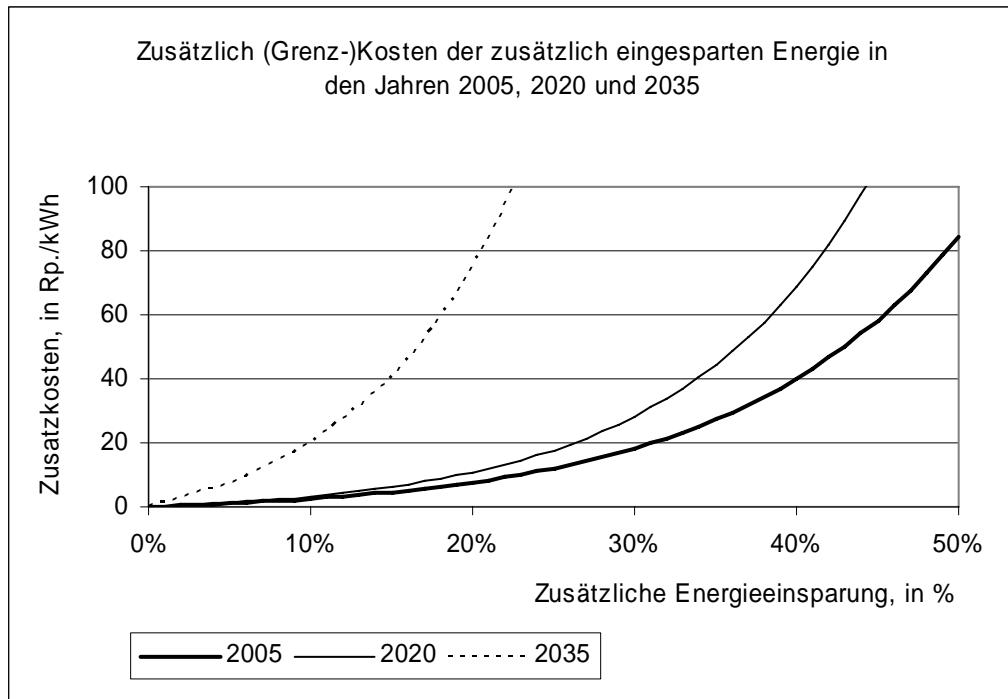
Quelle: CEPE; Subst\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

Tabelle A5-7 Anteile der Energieträger/Heizsysteme an der Energiebezugsfläche, die mit elektrischer Widerstandsheizung beheizt wurde und jetzt einen neuen Energieträger/Heizsystem einsetzt

Von EL nach	HEL	Erdgas	EI.	Holz	Kohle	FW	WP	Solar
	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	10	40	0	10	0	10	30	0
1995	10	40	0	10	0	10	30	0
2000	10	40	0	10	0	10	30	0
2005	10	40	0	10	0	10	30	0
2006	10	40	0	10	0	10	30	0
2010	10	40	0	10	0	10	30	0
2015	10	40	0	10	0	10	30	0
2020	10	40	0	10	0	10	30	0
2025	10	40	0	10	0	10	30	0
2030	10	40	0	10	0	10	30	0
2035	10	40	0	10	0	10	30	0

Quelle: CEPE; Subst\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

Für die Berechnung der bei höheren Strompreisen eingesparten Energie werden die Grenzkostenkurven der eingesparten Elektrizität in Figur A5-5 verwendet.



Quelle: CEPE, KostenKurvenEL\_GROSS\_1.8.05.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\Sensitivität\_Ia

Figur A5-5 Durchschnittliche Grenzkosten der zusätzlichen Elektrizitätseinsparungen bei neuen Gebäuden in den Jahren 2005, 2020 und 2035.

### Ib\_Preise\_hoch

Tabelle A5-8 Anteile der Energieträger/Heizsysteme bei den Neubauten in den Szenarien Ib\_Trend und Ib\_Preise\_hoch

Baujahr	HEL	Gas	EI.	Holz	Kohle	FW	WP	Solar
Ib								
2005	38.5%	45.5%	0.5%	6.0%	0.0%	5.0%	3.6%	1.0%
2010	36.4%	45.8%	0.4%	6.5%	0.0%	5.1%	4.7%	1.2%
2015	34.4%	46.0%	0.3%	6.9%	0.0%	5.2%	5.9%	1.4%
2020	32.4%	46.3%	0.2%	7.3%	0.0%	5.2%	7.0%	1.6%
2025	30.7%	46.5%	0.0%	7.7%	0.0%	5.2%	8.2%	1.7%
2030	28.8%	46.7%	0.0%	8.0%	0.0%	5.2%	9.3%	1.9%
2035	27.0%	46.9%	0.0%	8.3%	0.0%	5.2%	10.4%	2.1%
Ib_Preise_hoch								
2005	38.5%	45.5%	0.5%	6.0%	0.0%	5.0%	3.6%	1.0%
2010	34.9%	45.5%	0.4%	7.4%	0.0%	5.1%	5.4%	1.4%
2015	31.5%	45.5%	0.3%	8.6%	0.0%	5.1%	7.3%	1.7%
2020	28.3%	45.5%	0.2%	9.5%	0.0%	5.2%	9.2%	2.0%
2025	25.4%	45.5%	0.0%	10.4%	0.0%	5.2%	11.1%	2.4%
2030	22.5%	45.5%	0.0%	11.1%	0.0%	5.3%	12.9%	2.7%
2035	20.0%	45.5%	0.0%	11.7%	0.0%	5.3%	14.6%	2.9%

Quelle: CEPE, MA\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

Tabelle A5-9 Anteil der mit dem jeweiligen Energieträger/Heizsystem beheizten EBF, die pro Jahr durch einen anderen Energieträger/Heizsystem ersetzt wird

	HEL %/Jahr	Erdgas %/Jahr	EI. %/Jahr	Holz %/Jahr	Kohle %/Jahr	FW %/Jahr	WP %/Jahr	Solar %/Jahr
1990	1.20%	0%	1.15%	0%	6.0%	0%	0%	0%
1995	1.20%	0%	1.15%	0%	5.5%	0%	0%	0%
2000	1.20%	0%	1.15%	0%	5.5%	0%	0%	0%
2005	1.20%	0%	1.15%	0%	5.5%	0%	0%	0%
2010	1.56%	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2015	1.56%	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2020	1.55%	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2025	1.54%	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2030	1.54%	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%
2035	1.49%	0%	1.15%	0%	0%	0%	0%	0%

Quelle: CEPE; Subst\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

Tabelle A5-10 Anteile der Energieträger/Heizsysteme an der Energiebezugsfläche, die mit HEL beheizt wurde und jetzt einen neuen Energieträger/Heizsystem einsetzt

Von HEL nach	HEL	Erdgas	EI.	Holz	Kohle	FW	WP	Solar
	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	0	70.9	4.7	16	0	6.8	1.6	0.1
1995	0	70.9	4.7	16	0	6.8	1.6	0.1
2000	0	60.9	4.8	22	0	9.6	2.6	0.1
2005	0	59.9	3.6	22	0	9.6	4.8	0.1
2006	0	50.5	4.4	25.2	0	9.6	9.2	1.1
2010	0	50.6	3.3	25.2	0	9.6	10.1	1.2
2015	0	50.7	2.1	25.1	0	9.6	11.2	1.3
2020	0	50.7	0.9	25.1	0	9.6	12.3	1.4
2025	0	49.5	0.9	25.0	0	9.6	13.5	1.6
2030	0	48.4	0.8	24.9	0	9.6	14.6	1.7
2035	0	48.2	0.7	24.5	0	9.6	15.2	1.7

Quelle: CEPE; Subst\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

Tabelle A5-11 Anteile der Energieträger/Heizsysteme an der Energiebezugsfläche, die mit elektrischer Widerstandsheizung beheizt wurde und jetzt einen neuen Energieträger/Heizsystem einsetzt

Von EL nach	HEL	Erdgas	EI.	Holz	Kohle	FW	WP	Solar
	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	10	40	0	10	0	10	30	0
1995	10	40	0	10	0	10	30	0
2000	10	40	0	10	0	10	30	0
2005	10	40	0	10	0	10	30	0
2006	10	40	0	10	0	10	30	0
2010	10	40	0	10	0	10	30	0
2015	10	40	0	10	0	10	30	0
2020	10	40	0	10	0	10	30	0
2025	10	40	0	10	0	10	30	0
2030	10	40	0	10	0	10	30	0
2035	10	40	0	10	0	10	30	0

Quelle: CEPE; Subst\_Inputs\_I-IV.xls in H:\Cape\Projekte\Perspektiven\2006\2006\_2\Erneuerbare

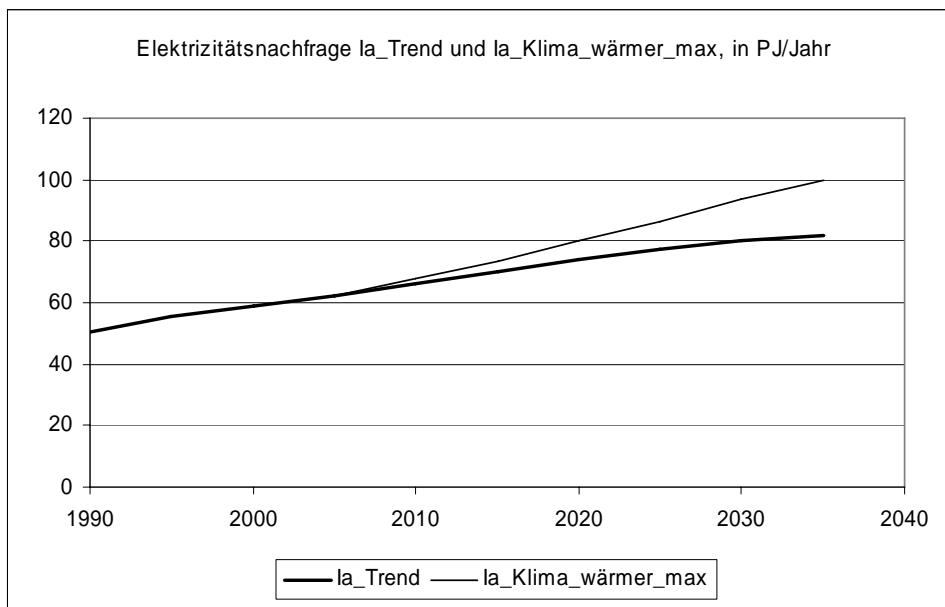
### Anhang 5-3: Sensitivitätsrechnung Klima\_wärmer

Im Sinne einer Potenzialabschätzung untersuchten wir die energetische Auswirkung einer flächendeckenden Klimatisierung. Unter der Annahme, dass die gesamte Energiebezugsfläche der Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft vollklimatisiert werden, liegt der Stromverbrauch für die Raumkühlung im Jahre 2035 um 330% höher als im Szenario Ia (Tabelle A5-129. Das grösste (relative) WachstumsPotenzial liegt – mit Ausnahme der Landwirtschaft, wo im Szenario Ia überhaupt keine Raumkühlung angenommen wurde - in den Schulen und in den Gebäuden des Gesundheitswesens. Bei einer solchen flächendeckenden Raumkühlung erhöht sich die Gesamtstromnachfrage im Jahre 2035 um 22% gegenüber dem Szenario Ia-Trend (Abbildung A5-6).

Tabelle A5-12 Stromnachfrage bei flächendeckender Raumkühlung (Kälteproduktion, Be-/Entfeuchtung, Kälteverteilung) und Vergleich mit der Stromnachfrage im Jahre 2035 im Szenario Ia\_Trend

	TJ/Jahr	TJ/Jahr	TJ/Jahr	TJ/Jahr	TJ/Jahr	Veränderung "Klima_wärmer" 2035
	2000	2005	2015	2025	2035	
Büro	1064	1198	2391	4121	6103	218%
Laden	1055	1173	1779	2586	3513	108%
Gastg.	133	149	367	702	1135	404%
Schulen	116	138	684	1839	3701	1455%
Gesundh.	199	223	760	1754	3256	898%
Übrige	901	939	1631	2789	4497	372%
LWT	0	0	115	383	836	--
DL+LWT	3468	3820	7726	14174	23041	330%

Quelle: CEPE; Strom\_Klima\_Ia\_Klima\_Wärmer\_max.xls in H:\Cope\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\CLIM\15-6-05-\mit\_Banken\_tf=-0.5%Jahr



Quelle: CEPE; Strom\_Klima\_Ia\_Klima\_Wärmer\_max.xls in H:\Cope\Projekte\Perspektiven\2005\25-7-05-\CLIM\15-6-05-\mit\_Banken\_tf=-0.5%Jahr

Figur A5-6 Stromnachfrage im Szenario Ia\_Trend mit konstanter durchschnittlicher Temperatur und bei flächendeckender Raumkühlung im Jahre 2035 „Klima\_wärmer\_max“ mit stetig steigenden durchschnittlicher Temperatur und Strahlung (ohne Veränderungen infolge Klimaerwärmung in HH-> DL)

## Anhang 6: Energetische Wirkung der Massnahmen

Tabelle A6-1 Überblick über die energetische Wirkung der Massnahmen in verschiedenen Szenarien

	Wärme strenger mehr BO	Strom BO	Wärme eff_Neu subv	Wärme mehr_San transakt	Wärme Bauteil subv	Wärme besser_San transakt	Wärme eff_San subv	Strom Grenz-Ziel subv	Strom S 50-75	Strom transakt		
Beschrieb der Massnahme	Standard in 2020 -30% tiefer; Vollzug etwas kleiner	technischer Fortschritt: - 0.5% -> - 1%; Anteil Neubauten mit Bestwert. +10%	Einsparung =10% Total- Nachfrage; 43% der Fläche mit BO = 50% Teilnehmer * 86% EBF	x% Neubauten Mittel > 58 MJ/m2.a	a% Pinsel >- energ. wenig wirksam = 50% durchschnit tl. Wirkung	b% Pinsel >- energ. wenig wirksam -> energetisch etwas mehr (Bauteil) wirksam = durchschn. Wirkung	c% energ. Mittel wirksam -> besser wirksam	d% energ. Mittel wirksam -> besser wirksam -> eff_San	y% Neubau erreichen für Beleuch- tung und Klima/Lüf- tung Zielwert	Anteil Neubauten mit Bestwert. +10%	z% Sanie- rungen 50% -> 75% der Effizienz- verb.der durchsch. Neubauten in Szenario Ia	
Wirkung = f(x,y,t)	Standard vor Mass- nahme, S vor Mass- nahme, Zeit	Gebäu- detyp, Zeit	Zeit; absoluter Wert abhängig von Szenario	Durchsch. Neubau vor Massn. <> 58 MJ/m2.a; abhängig Szenario, Zeit; hoheiliche Massn.	abhängig von Wir- kung durch- schnitl. Sanierung; Szenario, Zeit	abhängig von Wir- kung durch- schnitl. Sanierung; Definition EKZ nach eff_San; Szenario, Zeit	abhängig von Wirk- ung durch- schnitl. Sanierung; Definition EKZ nach eff_San; Szenario, Zeit	Gebäu- detyp, Zeit, hoheiliche Massn.	Gebäu- detyp, Zeit, hoheiliche Massn.	Gebäu- detyp, Zeit		
Wirkung im Szenario IIb	Durchschnit tl. Neubaum: - 6% = -12 MJ/m2.a (2020), - 17% = -28 MJ/m2.a (2035)	Neubauten 10 MJ/m2.a (2010), -28 (2020), -41 (2030)	-4.3% der totalen Wärmennach- frage	-4.3% der totalen Stromnachfr age	-190 MJ/m2.a (2010), -130 (2020), -86 (2030)	-38 MJ/m2.a (2010), -36 (2020), -26 (2030)	-76 MJ/m2.a (2010), -71 (2020), -52 (2030)	-53 MJ/m2.a (2010), -50 (2020), -41 (2030)	-107 MJ/m2.a (2010), -100 (2020), -82 (2030)	Neubauten - 36 MJ/m2.a (2010), -38 (2020), -40 (2030)	Neubauten - 7 MJ/m2.a (2010), -17 (2020), -10 (2030)	Sanierung - 2 MJ/m2.a (2010), -7 (2020), -11 (2030)
Wirkung im Szenario IIb_Preise_hoch	Durchschnit tl. Neubaum: - 11% 0 -23 MJ/m2.a (2020), - 23% = -38 MJ/m2.a (2035), rel. la	Neubauten 10 MJ/m2.a (2010), -28 (2020), -41 (2030)	-4.3% der totalen Wärmennach- frage	-4.3% der totalen Stromnachfr age	-175 MJ/m2.a (2010), -124 (2020), -81 (2030)	-54 MJ/m2.a (2010), -48 (2020), -34 (2030)	-109 MJ/m2.a (2010), -97 (2020), -69 (2030)	-7 MJ/m2.a (2010), -6 (2020), -6 (2030)	-15 MJ/m2.a (2010), -14 (2020), -11 (2030)	Neubauten - 36 MJ/m2.a (2010), -38 (2020), -40 (2030)	Neubauten - 7 MJ/m2.a (2010), -17 (2020), -10 (2030)	Sanierung - 2 MJ/m2.a (2010), -7 (2020), -11 (2030)
Schätzung: Wirkung im Szenario IIa	9% (2020), 20% (2035)	Neubauten - 10 MJ/m2.a (2010), -28 (2020), -41 (2030)	-4.3% der totalen Wärmennach- frage	-4.3% der totalen Stromnachfr age	-190 MJ/m2.a (2010), -110 (2020), -76 (2030)	-26 MJ/m2.a (2010), -25 (2020), -24 (2030)	-52 MJ/m2.a (2010), -51 (2020), -48 (2030)	-80 MJ/m2.a (2010), -70 (2020), -51 (2030)	-131 MJ/m2.a (2010), -120 (2020), -92 (2030)	Neubauten - 36 MJ/m2.a (2010), -38 (2020), -40 (2030)	Neubauten - 7 MJ/m2.a (2010), -17 (2020), -10 (2030)	Sanierung - 2 MJ/m2.a (2010), -7 (2020), -11 (2030)
Schätzung: Wirkung im Szenario IIa_Preise_hoch		Neubauten - 10 MJ/m2.a (2010), -28 (2020), -41 (2030)	-4.3% der totalen Wärmennach- frage	-4.3% der totalen Stromnachfr age					Neubauten - 36 MJ/m2.a (2010), -38 (2020), -40 (2030)	Neubauten - 7 MJ/m2.a (2010), -17 (2020), -10 (2030)	Sanierung - 2 MJ/m2.a (2010), -7 (2020), -11 (2030)	

Quelle CEPE, Spez\_Energieeinsparungen\_Ia-Ib-PH\_1\_korr.xls in H:\Cepe\Projekte\Perspektiven\2005\22-11-05\Berichte\Bericht+II\_11.05

## Anhang 7: Informations- und Kommunikationstechnologien

Der Stromverbrauch der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) ist nur ungefähr bekannt. Cremer et al. (2003) schätzen ihn für Deutschland im Jahre 2001 auf 38 TWh/a. Davon fallen rund 20% auf die Endgeräte in den Dienstleistungsbetrieben, 15% werden im Dienstleistungssektor von den betriebsinternen Infrastruktureinrichtungen (Server, Telefonzentrale u.ä.) benötigt und rund 6% entfallen auf die zentralen Infrastruktur (z.B. Swisscom), deren Stromverbrauch dem DL-Sektor zugeordnet ist. Im Dienstleistungssektor können etwa 10% des Stromverbrauchs den IKT zugeordnet werden. Nicht enthalten sind all die Chips und elektronischen Komponenten in Geräten, die nicht als IKT-Geräte erkannt werden, in elektrotechnischen Anlagen und in den Aktoren/Sensoren zur Steuerung von vielfältigen Prozessen. Der Stromverbrauch dieser Komponenten könnte in der gleichen Größenordnung wie derjenige der IKT-Endgeräte und der Infrastruktur zusammengenommen sein (Aebischer et al., 2000). Laut Cremer et al. (2003) kann bis 2010 ein Wachstum erwartet werden, das im Dienstleistungssektor in der Größenordnung von 60% liegt. Interessant ist, dass die Endgeräte stagnieren und der Strommehrverbrauch bei den betriebsinternen und den zentralen Infrastrukturen anfällt. Aebischer und Roturier (2006) schätzen, dass die Stromnachfrage für die Infrastruktur in nicht allzu langer Zeit – wie bereits heute für die Telefonie – einen Anteil von 50% an der gesamten Stromnachfrage für IKT erreichen könnten. Im Rahmen des Forschungsprogramms Elektrizität soll dieser Frage in den nächsten Jahren nachgegangen werden.

IKT hat aber weitergehende Auswirkungen auf die Energienachfrage als nur den direkten Stromverbrauch der Geräte und der Infrastruktur. Insbesondere im Sommer muss die anfallende Wärme über Fensterlüftung oder durch mechanische Lüftung und Kühlung abgebaut werden und mehr und mehr wird die Stromversorgung durch USV-Anlagen abgesichert. Die IKT spielen aber wahrscheinlich auch eine wichtige Rolle als „Driver“ der inter- und intrasektoralen strukturellen Veränderungen (Aebischer, 2000; Berkhout/Hertin, 2001). Und schliesslich ist in den industrialisierten Ländern auf gesamtwirtschaftlicher Ebene eine IKT-induzierte beschleunigte Reduktion der Energieintensität möglich (Heiskanen et al., 2001; Laitner, 2003; Ishida, 2003, IEA, 2002).

Im langfristigen Energienachfragemodell SERVE des CEPE wird die Stromnachfrage von IKT nicht explizit modelliert. Die Endgeräte und ein Teil der betriebsinternen Infrastruktur werden mit der SIA-Stromanwendung „Arbeitshilfen“ erfasst. Serverräume, Telefonzentralen und weitere betriebsinternen Infrastrukturen sind der Anwendung „zentrale Dienste“ zugeordnet. Diese Anwendungen finden sich in allen Wirtschaftsbranchen. Die zentrale Infrastruktur betrifft laut NOGA-Systematik die Wirtschaftsabteilungen 64 Nachrichtenübermittlung, 72 Informatikdienste und 92 Unterhaltung, Kultur und Sport, die in SERVE alle in der Branche „Übrige Dienstleistungen“ enthalten sind. (Noch) nicht explizit berücksichtigt sind die Infrastrukturen ausserhalb von Gebäuden, z. B. die Mobilfunk-Antennen. Implizit sind sie im Aggregat „Weitere Dienstleistungen“ enthalten, das der Branche „Übrige Dienstleistungen“ zugeordnet ist.

Die Stromnachfrage für die verschiedenen SIA-Anwendungen im Ausgangsjahr basiert auf Daten und Schätzungen aus den neunziger Jahren für die verschiedenen homogenen Gruppen, wie z. B. wenig, mittel und hoch technisierte Bürogebäude.

Die zeitliche Entwicklung dieses Verbrauchs setzt sich für alle SIA-Anwendungen aus drei Komponenten zusammen:

1. dem spezifische Verbrauch (MJ/m<sup>2</sup>.a) innerhalb der verschiedenen homogenen Gruppen,

- 
2. der strukturellen Komponente gegeben durch die Verschiebung der relativen Anteile der verschiedenen homogenen Gruppe an der Energiebezugsfläche der übergeordneten Wirtschaftsbranche, und schliesslich
  3. der Mengenkomponente gegeben durch die Veränderung der Energiebezugsfläche dieser Wirtschaftsbranchen.

In den Szenarien I und II erfolgt die Modellierung des spezifischen Verbrauchs auf der Ebene der Energiekennzahl Elektrizität und die erste der obigen Komponenten ist de facto für alle SIA-Anwendungen gleich. Ebenso sind die Mengenkomponenten für alle Anwendungen identisch. Einzig die strukturellen Komponenten sind für die verschiedenen Anwendungen unterschiedlich und erklären die zeitlichen Veränderungen, die in der folgenden Abbildung für Szenario I gezeigt sind. Die Ergebnisse, relativer Rückgang der Anwendung Arbeitshilfen (inkl. IKT-Endgeräte) und Wachstum der zentralen Dienste (inkl. betriebsinterne IKT-Infrastruktur), sind kompatibel mit den Erwartungen von Cremer et al. (2003).

In den Szenarien III und IV werden unterschiedliche Annahmen für die Entwicklung des spezifischen Verbrauchs der verschiedenen Anwendungen getroffen. In III werden die Effizienzverbesserungen von Klima/Lüftung und Beleuchtung beschleunigt. In IV sind es infolge der globalen Technologieinitiative die Arbeitshilfen und zentralen Dienste (inkl. IKT-Endgeräte und – Infrastruktur) die nachziehen.

Interessanter ist jedoch, dass im Szenario IV erstmals die potenziellen Energieeinsparungen durch einen zielorientierten Einsatz der IKT-Technologien aufgezeigt werden: die Wirkung der Betriebsoptimierung wird mittels IKT verstärkt und ausgeweitet und die Informatisierung der Gesellschaft führt über e-work, e-commerce und e-learning zu einer Flächenreduktion und damit zu einer Reduktion der Energienachfrage im Dienstleistungssektor. Offen bleiben die Auswirkungen in den Haushalten und im Verkehr

**Anhang 8: Anlegbare Kosten**

Zürich, 25. Oktober 2006

## Anlegbare Kosten – eine Methode um ohne detaillierte Kosten-Daten eine Aussage zu den Mehrkosten von Effizienzverbesserungen zu machen.

### 1. Aufgabenstellung

Quantifizierung der Mehrkosten – relativ zum Referenzszenario Ia\_Trend - in den Szenarien III (best practice Potential und Variante Trend mit begrenzter Ausschöpfung des best practice Potentials) und IV (verstärkte Ausschöpfung des best practice Potentials).

### 2. Methodisches Vorgehen zur Berechnung der anlegbaren Kosten

Eine detaillierte Kostenrechnung ist in vielen Bereichen nicht möglich, weil

- die Kosten für spezifische Effizienzverbesserungen nicht bekannt sind – respektive eine Erhebung der Kosten oder deren Herleitung aus anderen Quellen zu aufwändig ist - oder
- weil Bündel von Massnahmen ergriffen werden, wie z.B. der Übergang von SIA 380/4-Grenzwerten zu –Zielwerten, ohne dass die unterstellten Technologien<sup>1</sup> spezifiziert sind, oder
- weil Zusatznutzen nicht quantifiziert werden (können) und damit die Kosten bei einer detaillierten Kostenrechnung viel zu hoch ausfallen würden (Ruedi Meiers Punkt bei den Kostenkurven für Minergiebauten und Banfis et al. Untersuchung zu Zahlungsbereitschaft) oder
- weil ...

Für diese Bereiche bietet sich die im Folgenden dargestellte Methode der anlegbaren Kosten zur Schätzung der zusätzlichen durchschnittlichen Kosten für die Energieeinsparungen an.

#### Ausgangspunkt/Bezeichnungen

$E(r, t)$ : Energienachfrage im Jahre  $t$  im Referenzszenario  $r$

$E(n, t)$ : Energienachfrage im Jahre  $t$  im Szenario  $n$  mit verstärkten Massnahmen für eine rationellere Energienutzung.

$E(n, t) < E(r, t)$  für  $t > t_0$ ,  $t_0$ : erstes Jahr mit verstärkten Massnahmen.

$dE(x, t) = E(x, t) - E(x, t-1)$ ,  $dE(x, t) > = < 0$ : Veränderung der Energienachfrage im Jahre  $t$  gegenüber Vorjahr im Szenario  $x$

$\Delta E(n, r, t) = - (dE(n, t) - dE(r, t))$   $\Delta E(n, r, t)$ : **zusätzliche Energieeinsparungen** im Szenario  $n$  relativ zum Referenzszenario  $r$ .  $\Delta E(n, r, t) > = < 0$ . Bei den hier betrachteten Szenarien Ia\_Trend, III und IV gilt im Allgemeinen<sup>2</sup>  $\Delta E(n, r, t) > 0$  für alle Jahre  $t > t_0$  ( $dE(n, t) < dE(r, t)$ )

$I(r, t)$  Investitionen im Jahre  $t$  für Effizienzverbesserungen im Referenzszenario

$I(n, t)$  Investitionen im Jahre  $t$  für Effizienzverbesserungen im Szenario  $n$  mit verstärkten Massnahmen für eine rationellere Energienutzung.

<sup>1</sup> der Übergang von Grenz- zu Zielwerten kann auf unterschiedlichen Wegen erreicht werden

<sup>2</sup> Für gewisse Jahre können die Energieeinsparungen im Szenario  $n$  kleiner sein als im Referenzszenario, weil z.B. im Szenario  $n$  Massnahmen zeitlich vorgezogen wurden und im Referenzszenario später durchgeführt werden.

$$\Delta I(n, r, t) = I(n, t) - I(r, t)$$

$\Delta I(n, r, t)$ : **zusätzliche Investitionen** im Szenario n relativ zum Referenzszenario r.,  $\Delta I(n, r, t) \geq 0$ . Bei den hier betrachteten Szenarien Ia\_Trend, III und IV gilt im Allgemeinen  
 $\Delta I(n, r, t) > 0$  für alle Jahre  $t > t_0$  ( $I(n, t) > I(r, t)$ )

#### Modellansatz „Anlegbare Kosten“

$$\Delta E(n, r, t) = \Delta I(n, r, t) * (1 / F(\dots))$$
 wobei F(\dots) vorerst eine unbekannte Funktion ist.

Vereinfachender Ansatz von Jochem und Bradke (1996):

$$F(n, r) = R(n) * P(n,t),$$

mit **R(n) = Refinanzierungszeit** und  
 $P(n,t)$  = Energiepreise des Szenarios n im Jahr t.

Die Refinanzierungszeit ist kleiner oder gleich der Lebensdauer der Investitionen (Lebensdauer = Anzahl Jahre für welche die Effizienzverbesserung wirksam ist  $\approx$  Anzahl Jahre bis das Gerät / die Anlage durch eine Neuanschaffung ersetzt wird, respektive bis das Gebäude oder der Bauteil saniert oder erneuert wird). Damit ergibt sich die folgende Formel für die Berechnung der anlegbaren Investitionskosten:

$$\Delta I(n, r, t) = P(n,t) * \Delta E(n, r, t) * R(n)$$

Die Methode der anlegbaren Investitionskosten versucht die implizit unterstellten Investitionen mittels einer einfachen, statischen Paybackmethode zu ermitteln. Dabei werden die – als wirtschaftliche betrachtete – Einsparpotentiale  $\Delta E(n, r, t)$  mit den Energiepreisen  $P(n,t)$  bewertet. Diese Einsparungen müssen sich unter der Refinanzierungszeit  $R(n)$  als rentabel erweisen. Unter diesen Annahmen lässt sich gemäss obiger Gleichung auf die implizit unterstellten, maximal möglichen Investitionen  $\Delta I(n, r, t)$  schliessen.

Der Quotient Refinanzierungszeit/Lebensdauer<sup>3</sup> (R/L) beschreibt das Investitionsverhalten der Betriebe. Dieser Quotient ist mit dem betriebsintern verwendeten Zinssatz (nicht Zinssatz der Bank!) korreliert.

Bei diesem Modellansatz ist entscheidend, dass zusätzliche Energieeinsparungen, die nicht direkt zusätzliche Investitionen bedingen, bei der Berechnung der Investitionen ausgeschlossen werden. Dabei handelt es sich um folgende zusätzliche Einsparungen:

1. Energieeinsparungen, die mittels Verhaltensänderung oder Betriebsoptimierung realisiert werden.,
2. Energieeinsparungen (oder auch Mehrbedarf an Energie), die sich infolge zusätzlicher struktureller Veränderungen zwischen und innerhalb der Wirtschaftsbranchen ergeben,
3. Energieeinsparungen (oder auch Mehrbedarf an Energie), die auf unterschiedliche Mengenkomponenten in den Szenarien r und n, z.B. die reduzierte Büroflächen im Szenario IV (Aebischer und Catenazzi, 2006, **Figur 8-9**) zurückzuführen sind,
4. Energieeinsparungen, die sich aus einer weltweiten Beschleunigung des technischen Fortschritts ergeben.

Diese Forderungen werden wie folgt erfüllt:

1. Die Energieeinsparungen durch Verhaltensänderung oder Betriebsoptimierung können einfach ausgeschlossen werden, da sie nicht im Core-Modul von SERVE04 sondern in Zusatzmodulen berechnet werden.
2. Die strukturellen Effekte werden durch die Berechnung der Investitionskosten auf der Ebene der einzelnen homogenen Gruppen ausgeschlossen.
3. Die Auswirkung von unterschiedlichen Mengenkomponenten wird durch die Berechnung der (spezifischen) Investitionskosten auf der Ebene der spezifischen Energienachfrage vermieden.

---

<sup>3</sup> respektive Nutzungsdauer

Diese spezifischen Investitionskosten werden in einem zweiten Schritt mit der Mengenkomponente im entsprechenden Szenario n hochgerechnet.

4. Um die Wirkung des beschleunigten technischen Fortschritts von den Investitionsrechnungen auszuschliessen, werden die Berechnungen relativ zu einem hypothetischen Referenzszenario mit beschleunigtem technischen Fortschritt wie im Szenario n durchgeführt.

Im Wärmemodul von SERVE04 erfolgt die Berechnung der spezifischen Investitionskosten auf der Ebene des Wärmebedarfs (Nutzenergie). Damit werden automatisch auch Verzerrungen vermieden, die sich aus den Substitutionen zwischen den verschiedenen Energieträgern ergeben können. Eventuelle zusätzliche Investitionen für die Substitution von einem Energieträger durch andere sind bei den hier vorliegenden Berechnungen explizit nicht berücksichtigt.

#### *Behandlung von negativen zusätzlichen Energieeinsparungen*

In der Regel sind die Energieeinsparungen  $\Delta E(n, r, t)$  positiv ( $\Delta E(n, r, t) > 0$ ). Es können jedoch Perioden auftreten, in denen  $\Delta E(n, r, t)$  negativ sind, d.h. das der Rückgang des Energiebedarfs in der Referenzentwicklung r zwischen t und t-1 grösser ist als derjenige im Szenario n (Bsp.: in der Referenz werden verstärkte Massnahmen später ergriffen, während im Szenario n die Massnahmen bereits umgesetzt wurden). Die Frage stellt sich nun, wie solche negativen „Einsparungen“ bewertet werden sollen. Die Methode der anlegbaren Kosten ermittelt die Obergrenze der zusätzlich notwendigen Investitionen, welche im Szenario n implizit unterstellt werden. Dabei werden alle zusätzlichen notwendigen Investitionen wie das marginale, rentable Investitionsprojekt bewertet, d.h. Investitionsprojekte, die sich unter kürzeren Refinanzierungszeiten als rentabel erweisen, werden mit zu hohen Kosten bewertet. In diesem Sinne bilden die anlegbaren Kosten eine Obergrenze. Geht man davon aus, dass die Energiepreise in der Referenz tiefer sind als im Szenario n, dann kann man argumentieren, dass die Effizienzmassnahmen, die unter Referenzpreisen rentabel sind, auch unter den (höheren) Preisen im Szenario n rentieren. Wenn man somit für die Bewertung von negativen „Einsparungen“ Referenzpreise unterstellt, unterschätzt man die Zusatzinvestitionen in der Referenz gegenüber dem Szenario, was in der Gesamtbetrachtung dazu führt, dass negative anlegbare Kosten zu tief bewertet werden und man in der Gesamtbetrachtung die ausgewiesenen Kosten weiterhin als Obergrenze interpretieren kann.

Damit ist die Darstellung und Diskussion der Methode der anlegbaren Investitionskosten abgeschlossen. Einige Gedanken zu den Annahmen für die Parameterwerte bei der Berechnung der anlegbaren Kosten folgen im Kapitel 4.

Im Kapitel 3 folgt eine Darstellung, wie diese anlegbaren Investitionskosten in eine umfassendere Kostenrechnung einfließen können.

### **3. Kostenrechnung anhand der ermittelten Investitionskosten**

Zuerst wird die Kostenrechnung auf betrieblicher Ebene (Kapitel 3.1) dann auf volkswirtschaftlicher Ebene (Kapitel 3.2) behandelt.

#### *3.1 Kostenrechnung auf betriebswirtschaftlicher Ebene*

Mittels der anlegbaren Investitionskosten wurden die impliziten zusätzlichen Investitionen von Energieeffizienzmassnahmen ermittelt, indem das Investitionsverhalten vereinfacht abgebildet wurde (statische Paybackmethode). In der Kostenrechnung, welche die Zusatz- resp. Minderkosten von Energieeffizienzmassnahmen ausweist, werden die ermittelten Investitionskosten mittels der Annuitätenmethode kapitalisiert, d.h. es wird ein Zahlungsstrom über die Lebensdauer des Gebäudes ermittelt, welcher die Verzinsung sowie die Abschreibung bedient. Es wird unterstellt, dass am Ende der Lebensdauer ein Restwert von Null übrig bleibt. Damit ergeben sich die zusätzlichen Kapitalkosten (pro Jahr!)  $\Delta K(n, r, t)$  als

$$\Delta K(n, r, t) = \Delta I(n, r, t) * Z * (1+Z)^L / ((1+Z)^L - 1)$$

mit      Z: realer Zinssatz (Bank),  
              L: Lebensdauer

Weiter können zu den zusätzlichen Investitionskosten zusätzliche (jährliche) Betriebskosten<sup>4</sup> anfallen. Ausserdem sind die eingesparten Energiekosten ebenfalls zu berücksichtigen. Damit ergeben sich als zusätzliche **Nettokosten**  $\Delta C(n,r,t)$ :

$$\Delta C(n,r,t) = \Delta K(n,r,t) + \Delta I(n,r,t) * B(n,t) - \Delta E(n,r,t) * P(n,t)$$

mit  $\Delta K(n,r,t)$ : zusätzliche Kapitalkosten (ermittelt gemäss Annuitätenmethode)

$\Delta E(n,r,t) * P(n,t)$ : (negative) eingesparte Energiekosten auf Grund von Energieeffizienzmassnahmen

$B(n,t)$ : Anteil der jährlichen zusätzlichen Betriebskosten<sup>5</sup> an den gesamten zusätzlichen Investitionskosten

Die zusätzlichen jährlichen Betriebskosten liegen für bestimmte Technologien und Massnahmen bei einigen Prozent der zusätzlichen Investitionskosten (Jakob et al., 2006); d.h. dass die zusätzlichen Betriebskosten über die Lebensdauer der Massnahme betrachtet von der gleichen Größenordnung sein können wie die zusätzlichen Investitionskosten. Vorausgesetzt dass die Firma korrekt rechnet, werden diese Kosten beim Investitionsentscheid berücksichtigt und deshalb in den mit der Methode der anlegbaren Kosten berechneten (Investitions-) Kosten enthalten. Es kann aber auch das Umgekehrte vorliegen, z.B. beim Kauf einer elektrischen Wärmepumpe anstelle einer Ölheizung: die Investitionskosten sind hier zwar höher, aber die Betriebskosten sind tiefer! Bei verstärkten Massnahmen an der Gebäudehülle ist kaum mit zusätzlichen jährlichen Betriebskosten zu rechnen.

Angesichts dieser grossen Unsicherheiten rechnen wir im Folgenden ohne Berücksichtigung eventueller zusätzlicher Betriebskosten:  $B(n,t) = 0$ .

Die zusätzlichen Nettokosten  $\Delta C(n,r,t)$  sind die Zusatzkosten von Massnahmen, welche im Jahre  $t$  getroffen wurden. Diese fallen während der gesamten Lebensdauer des Gebäudes an. Die Kosten aller heutigen und früheren, jetzt noch wirksamen Massnahmen sind als Summe der zusätzlichen Nettokosten dieser Massnahmen definiert. Die kumulierten Nettokosten  $C(n,r,t)$  des Szenarios  $n$  gegenüber der Referenz  $r$  im Jahre  $t$  ergeben sich somit als

$$C(n,r,t) = \sum_{t=L}^t \Delta C(n,r,t')$$

Damit lässt sich nun für jedes Szenario  $n$  die gesamten Zusatzkosten  $V(n,r)$  gegenüber der Referenz  $r$  berechnen. Entweder als kumulierte Kosten über den Zeitraum  $t_0$  bis  $T$  ohne Berücksichtigung des Zeitwertes:

$$V(n,r) = \sum_{t=0}^T C(n,r,t)$$

oder als Kosten ausgedrückt als Gegenwartswert des Referenzjahres  $tR$  (Diskontierung),  $PV(n,r)$ :

$$PV(n,r) = \sum_{t=0}^T (1/(1+Z))^{(t-tR)} C(n,r,t)$$

### 3.2. Kostenrechnung auf volkswirtschaftlicher Ebene

Eine Kostenrechnung auf volkswirtschaftlicher Ebene macht eigentlich nur auf sektorübergreifender Ebene Sinn. Die Projektkoordinatorin und die Sektorbearbeiter haben denn auch beschlossen, auf Sektorebene nur betriebswirtschaftliche Kosten auszuweisen. Andererseits ist es aber auch aus „didaktischen“ Gründen recht interessant im Sinne einer Sensitivitätsanalyse die Auswirkung von tieferen Zinssätzen auf die Nettokosten absolut oder bezogen auf die eingesparte Energie anzuschauen. Deshalb finden sich im Ergebniskapitel einige Beispiele von Rechnungen mit Zinssätzen, die für Berechnungen auf volkswirtschaftlicher Ebene typisch sind.

<sup>4</sup> Falls die Effizienzverbesserung hohe zusätzliche Betriebskosten bedingt, werden diese zusätzlichen Betriebskosten beim Investitionsentscheid natürlich mitberücksichtigt und sind deshalb implizit in den anlegbaren Kosten enthalten.

<sup>5</sup> Die von Jochem und Bradke (1996, S. 31) erwähnten Betriebskosten sind die zusätzlichen betrieblichen Kosten, die beim Kauf und bei der „Installation“ der effizienteren Technologie anfallen. Diese betrieblichen Zusatzkosten sind im Gegensatz zu den jährlichen zusätzlichen Betriebskosten, häufig vernachlässigbar.

## 4. Annahmen für die Parameterwerte

Die zu berechnenden Kosten sind stark abhängig von den zwei folgenden Parametern:

- Refinanzierungszeit (korreliert mit betriebsinternem Zinssatz)
- Zinssatz (Bank)

und natürlich von den Szenarioannahmen zu den Energiepreisen.

Bei der Festlegung der Werte für die Refinanzierungszeit und die Zinssätze wurde in Erwägung gezogen für einzelne Szenarien mit unterschiedlichen Werten zu rechnen. Für unterschiedliche Zinssätze spricht z.B. der Hinweis auf „günstige Zinsen/Darlehen, innovative Finanzierungsmechanismen“ im Beschrieb der Szenarien III und IV. Die Sektorbearbeiter und die Koordinatorin entschieden sich schliesslich für konstante Parameter, die aber in den einzelnen Sektoren unterschiedlich sein können.

Für die Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft wird mit einem (Banken-)Zinssatz von 6% und einer Refinanzierungszeit von 12.5 Jahren gerechnet. Die 12.5 Jahre entsprechen der halben Lebens-/Nutzungsdauer der Technologien/Massnahmen (in SERVE04 werden die Gebäudekomponenten und die elektrischen Anlagen nach 25 Jahren erneuert).

## 5. Interpretation und Präsentation der berechneten anlegbaren Kosten

Die Methode der anlegbaren Kosten ist eine sehr grobe mit vereinfachenden Annahmen über das Investitionsverhalten. In diesem Sinne sind Kostenabschätzungen, welche auf dieser Methode beruhen mit grossen Unsicherheiten behaftet. Diesen Unsicherheiten wird z.T. dadurch begegnet, dass Einsparpotentiale konservativ bewertet werden. Daneben ist jedoch auch die Abschätzung von wirtschaftlichen Einsparpotentialen mit grossen Unsicherheiten verbunden, so neben methodischen Unsicherheiten auch noch Unsicherheiten bezüglich der Grundlagendaten für die Kostenberechnung hinzukommen. Dennoch kann man die anlegbaren Kosten als obere Schranke betrachten, werden doch wichtige, kostensenkende Einflussfaktoren nicht oder nur teilweise berücksichtigt:

- Langfristige Anpassungsprozessen, welche durch markante Energiepreisseigerungen ausgelöst werden (z.B. Prozesssubstitutionen), können auf Grund fehlender empirischer Grundlagen kaum in die Modellrechnungen einbezogen werden. Dies führt zu einem Beharrungsvermögen in den Modellen, die es womöglich so in der Realität nicht gibt und kann dazu führen, dass die Kosten ab einem bestimmten Einsparniveau weniger stark ansteigen. Somit resultiert die Nichtbeachtung von möglichen, langfristigen Anpassungsprozessen tendenziell zu einer Überschätzung der Kosten von Energieeffizienzmassnahmen.
- Für neue Technologien sind bei breiter Anwendung Kostendegressionseffekte auf Grund technischer Fortschritte in höherem Masse zu erwarten als bei etablierten Technologien. Solche Effekte sind jedoch schwer zu quantifizieren. Werden diese jedoch ausgeblendet, dann werden die Kosten von Energieeffizienzmassnahmen tendenziell überschätzt.

Die Aussage der anlegbaren Kosten wird durch das Herausdividieren von nicht-investiven Effizienzverbesserungsmassnahmen (strukturelle Veränderungen, Veränderung der Mengenkomponente, Verhaltensänderungen, beschleunigter technischer Fortschritt) ganz wesentlich verbessert.

Fazit: Die Methode der anlegbaren Kosten liefert eine grobe Abschätzung einer oberen Schranke. Dies erlaubt es, Szenarien bezüglich der Größenordnung der zu erwarteten Kosten einzurichten. Dennoch, wo es immer möglich erscheint, sind vertiefte Analysen unabdingbar, um ein genaueres Bild der tatsächlich zu erwarteten Kosten zu erhalten.

## 6. Literatur

Aebischer, B. und G. Catenazzi, 2006: Energieverbrauch der Dienstleistungen und der Landwirtschaft. Ergebnisse der Szenarien Ia und Ib und Entwurf der Ergebnisse der Szenarien II, III und IV. Stand: 06.06.06 Bundesamt für Energie, Bern

[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_404144966.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_404144966.pdf)

Jakob, M., 2006: Grenzkosten bei forcierten Energie-Effizienzmassnahmen und optimierter Gebäudetechnik bei Wirtschaftsbauten. Schlussbericht (Stand, 13. 7. 2006)

Jochem, E. und H. Bradke, 1996: Energieeffizienz, Strukturwandel und Produktionsentwicklung der deutschen Industrie. Monographien des Forschungszentrums Jülich, Band 19/1996, Jülich (ISBN 3-89336-172-3; ISSN 0938-6505)

Jochem, E. und R. Madlener, 2005: Economics of Technology Diffusion – Applied to New Energy Technologies. Script to the Lecture and Seminar No. 351-0502-00 in Economics and Energy Economics (SS 2005). CEPE/ETHZ, Zürich

Müller, A., 2006: Putting decompositin of energy use and pollution on a firm footing – clarifications on zero and negative values and the residual. To be published in 2006



