



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Abteilung Energiewirtschaft

November 2003

Einfluss von Temperatur- und Globalstrahlungsschwankungen auf den Energieverbrauch der Gebäude



Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

Auftragnehmer:

Prognos AG, Basel

Autoren:

Peter Hofer, Prognos AG

Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE erstellt.

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

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Aufgabenstellung und Zielsetzung	1
2	Ergebnisse und Empfehlungen	4
	2.1 Ergebnisse	4
	2.2 Empfehlungen	14
3	Die derzeit angewandten Verfahren und ihre Problematik	17
4	Methodischer Ansatz	23
5	Zusammenhänge zwischen Temperatur, Strahlung und den Energieverbräuchen für Raumwärme und Warmwasser	29
	5.1 Der Einfluss von Veränderungen von Temperatur und Strahlung auf den Raumwärmebedarf	29
	5.2 Der Einfluss von Veränderungen von Temperatur und Strahlung auf die Nutzungsgrade für Raumwärme und Warmwasser	41
	5.3 Der Einfluss von Veränderungen von Temperatur und Strahlung auf die Energiekennzahlen für Raumwärme und Warmwasser	48
Anhang	Anmerkungen zum Prognos-Bericht	2-8

Tabellenübersicht

2-1: Reaktion des Raumwärmeverbrauchs auf Abweichung der Gradtage, Heizgradtage und Globalstrahlung von den längerfristigen Mittelwerten (=1) für die Schweiz, 1990-2002	9
2-2: Reaktion des Energieverbrauchs Warmwasser auf Abweichung der Gradtage, Heizgradtage und Globalstrahlung von den längerfristigen Mittelwerten (=1) für die Schweiz, 1990-2002	13

Grafikübersicht

2-1: Gradtage und Energieverbrauch Raumwärme (temperatur- und strahlungsneutraler Verbrauch = 1, Differenzierung der monatlichen Elastizitäten nach Richtung und Ausmass der Gradtagabweichung vom längerfristigen Mittelwert)	7
2-2: Gradtage, Globalstrahlung und Energieverbrauch Raumwärme (temperatur- und strahlungsneutraler Verbrauch = 1, Differenzierung der monatlichen Elastizitäten nach Richtung und Ausmass der Gradtag- bzw. Strahlungsabweichung vom längerfristigen Mittelwert)	8
2-3: Gradtage, Heizgradtage und Globalstrahlung, Jahresabweichung vom längerfristigen Mittelwert (1984/2002=1)	10
2-4: Bereinigungsfaktoren für den Raumwärmeverbrauch 1990-2002 (Elastizitätsansatz, Elastizitäten abhängig von Richtung und Ausmass der Veränderung)	11
2-5: Bereinigungsfaktoren für den Raumwärmeverbrauch 1990-2002 (Variable [Richtung und Ausmass der Veränderung von Temperatur und Strahlung berücksichtigende] Elastizitäten im Vergleich mit monatlich konstanten Elastizitäten)	12
2-6: Bereinigungsfaktoren für den Energieverbrauch Warmwasser 1990-2002 (monatlich konstante Elastizitäten)	14
3-1: Abweichung der Gradtage und Heizgradtage 12_20/10_18 vom Durchschnitt 1984/2002 in % (Schweiz gesamt)	21
3-2: Abweichung der Gradtage und Heizgradtage 12_20/10_18 vom Durchschnitt 1984/2002 in %(Klima Lugano)	21
3-3: Abweichung der Gradtage und Heizgradtage 12_20/10_18 vom Durchschnitt 1984/2002 in %(Klima La Chaux de Fonds)	22
5-1: Gradtage ($t_i=20^{\circ}\text{C}$) und Heizgradtage 12_20 in der Schweiz, 1984-2002	32
5-2: Solarstrahlung und Solarstrahlung an Heiztagen in der Schweiz, 1984-2002	32
5-3: Monatsanteil am Jahresraumwärmebedarf in Mehrfamilienhäusern ($t_i=20^{\circ}\text{C}$)	33

5-4: Monatsanteil am Jahresraumwärmebedarf in Industriegebäuden ($t_i=18^\circ\text{C}$)	34
5-5: Monatsanteil am Jahresraumwärmebedarf in Hallenbädern ($t_i=28^\circ\text{C}$)	34
5-6: Elastizität des Raumwärmebedarfs auf monatliche Gradtagänderungen in MFH (Prinzipbild)	36
5-7: Elastizität des Raumwärmebedarfs auf monatliche Gradtagänderungen in Spitälern (Prinzipbild)	36
5-8: Elastizität des Raumwärmebedarfs auf Gradtagänderungen innerhalb eines Monats in MFH (Prinzipbild)	37
5-9: Elastizität des Raumwärmebedarfs auf Gradtagänderungen in Spitälern (Prinzipbild)	37
5-10: Elastizität des Raumwärmebedarfs auf monatliche Änderungen der Globalstrahlung MFH (Prinzipbild)	39
5-11: Elastizität des Raumwärmebedarfs auf monatliche Gradtagänderungen in MFH (Prinzipbild)	39
5-12: Elastizität des Raumwärmebedarfs bei unterschiedlichen Gradtagsänderungen innerhalb eines Monats in MFH (Prinzipbild)	40
5-13: Elastizität des Raumwärmebedarfs bei unterschiedlichen Gradtagsänderungen innerhalb eines Monats in der Industrie (Prinzipbild)	40
5-14: Nutzungsgrade verschiedener Wärmeerzeuger in Abhängigkeit der Kesselauslastung (in %)	42
5-15: Nutzungsgrade Heizung und Warmwasser in einem MFH mit einem durchschnittlichen Raumwärmebedarf bei verschiedenen Wärmeerzeugern in Abhängigkeit der Kesselauslastung (in %), gekoppelte Erzeugung Raumwärme und Warmwasser	43
5-16: Nutzungsgrade Heizen in einem MFH mit durchschnittlichem Raumwärmebedarf bei verschiedenen Wärmeerzeugern in Abhängigkeit der Kesselauslastung (in %), gekoppelte Erzeugung Raumwärme und Warmwasser	44
5-17: Nutzungsgrade Warmwasser in einem MFH mit durchschnittlichem Raumwärmebedarf bei verschiedenen Wärmeerzeugern in Abhängigkeit der Kesselauslastung (in %), gekoppelte Erzeugung Raumwärme und Warmwasser	44
5-18: Elastizität des Nutzungsgrades Heizen auf Temperaturveränderung, Konstanttemperaturkessel (75°C)	45
5-19: Elastizität des Nutzungsgrades Heizen auf Temperaturveränderung, Niedertemperaturleitkessel	46

5-20: Elastizität des Nutzungsgrades Heizen auf Temperaturveränderung, Brennwertkessel Gas	46
5-21: Elastizität des Nutzungsgrades Heizen auf Globalstrahlungsveränderung (Niedertemperaturleitkessel)	47
5-22: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Gradtagveränderungen im Januar bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 1990	48
5-23: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Gradtagveränderung im Januar bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2000	49
5-24: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Gradtagveränderung im Januar bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2010	49
5-25: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Gradtagveränderung im Juni bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 1990	50
5-26: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit von Ausmass der Gradtagveränderung im Juni bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2000	51
5-27: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Gradtagveränderung im Juni bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2010	51
5-28: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Veränderung der Globalstrahlung im Januar bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 1990	52
5-29: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Veränderung der Globalstrahlung im Januar bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2000	53
5-30: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme auf Veränderungen der Globalstrahlung im Januar bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2010	53
5-31: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Veränderung der Globalstrahlung im Juni bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 1990	54
5-32: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Veränderung der Globalstrahlung im Juni bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2000	54

5-33: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Veränderung der Globalstrahlung im Juni bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2010

55

1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Analysen und Prognosen des Raumheizungs- und Warmwasserverbrauchs erfordern immer wieder die Umsetzung statistisch ermittelter oder tatsächlich gemessener Energieverbrauchswerte in von jährlichen „Klima-“, „Wetter“- oder „Witterungsschwankungen“¹ bereinigte Werte oder umgekehrt. Bei dieser Umrechnung wird meist eine ausschliesslich temperaturbezogene Korrektur der Energieverbräuche vorgenommen. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird diese Korrektur häufig mit „Klimabereinigung“ oder „Temperaturbereinigung“ bezeichnet. Die EU schlägt bei einer ausschliesslichen Temperaturbereinigung den Begriff temperaturbezogene Korrektur des Energieverbrauchs vor.

Das Umsetzungsproblem stellt sich in allen Sektoren, die Energieverbräuche für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser aufweisen². Zuvorderst sind dies die privaten Haushalte, deren Energieverbrauch derzeit³ („temperaturneutral“) zu gut 74% auf Raumwärme, zu 11% auf Warmwasser und zu knapp 15% auf die restlichen (Elektrizitäts-)Verbräuche entfällt. Auch in den Sektoren Handel/Gewerbe/Dienstleistungen /Landwirtschaft (75 PJ) und Industrie (30 PJ) sind die absoluten Energieverbräuche für Raumwärme und Warmwasser nicht unbedeutend.

Die quantitative Bedeutung der Bereinigung wird ersichtlich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass in den letzten 20 Jahren die Heizgradtage (an denen in den bisherigen Untersuchungen die Temperaturschwankungen um einen längerfristig ex-post zu beobachtenden Mittelwert gemessen werden) und damit die mittleren Aussentemperaturen an Heiztagen auf Jahresbasis in einem Korridor von rund $\pm 10\%$ um den längerfristigen Mittelwert schwankten und dass auf Monatsbasis die Schwankungen sowohl in den Wintermonaten wie auch in der Übergangszeit noch erheblich grösser sind. Bei einem gegenwärtigen Energieverbrauch für Raumwärme

-
- 1 Gemeint ist, dass z.B. die in der Gesamtenergiestatistik ausgewiesenen Energieverbräuche um die jährlichen Schwankungen in den klimatischen Verhältnissen bereinigt werden, um „temperatur-/klimaneutrale“ Verbräuche zu generieren, die dann als Basis für Verbrauchsprojektionen, für Evaluierungsrechnungen o.ä. dienen. Umgekehrt können „temperatur-/klimaneutrale“ (Modell-)Verbräuche durch Einrechnen der relevanten Klimafaktoren in „temperaturabhängige“) „Ist“-Verbräuche transformiert werden, die die tatsächlichen Temperatur-/Klimabedingungen berücksichtigen. Als wichtigste Einflussfaktoren wurden die Schwankungen in der Aussentemperatur und der Globalstrahlung ermittelt. Dem gegenüber ist der Einfluss der anderen Parameter bei grossräumiger Betrachtung (v.a. Wind, Luftfeuchtigkeit) vernachlässigbar gering (vgl. E.A.Müller et.al., Klimanormierung Gebäudemodell Schweiz, im Auftrag des BFE, 1995).
 - 2 Die Bereinigung der Temperatureinflüsse ist im Niedertemperaturbereich wegen der niedrigeren Temperaturdifferenzen naturgemäss deutlich grösser als bei der Prozesswärme (bei Prozesstemperaturen um 100°C oder mehr spielen einige wenige °C/K Aussentemperaturdifferenz keine grosse Rolle).
 - 3 Der Endenergieverbrauch betrug im Jahr 2002 insgesamt nicht Temperatur bereinigt ca. 245 PJ, „temperaturneutral“ ca. 264 PJ. Darin sind Verbrauchsanteile enthalten, die in der GEST den Dienstleistungen zugeordnet werden (Abgrenzung landwirtschaftliche Haushalte, genutzte Zweit- und Ferienwohnungen, Gemeinschaftsverbräuche an Elektrizität für Pumpen, Brenner, Gebläse und einen Teil des Verbrauchs für Beleuchtung/Gefriergeräte). Gemessen an den Ist-Werten liegen die Verbrauchsanteile Raumwärme derzeit bei ca. 72%, Warmwasser bei ca. 12% und übrige bei ca. 16%. Die unterschiedlichen Anteile ergeben sich deshalb, weil die übrigen Verbräuche absolut konstant bleiben, da sie nicht temperaturabhängig sind.

und Warmwasser von rund 300 PJ bzw. „temperaturbereinigt ca. 330 PJ (Anteil Raumwärme ca. 88%) resultieren hieraus temperaturbedingte Schwankungen des Energieverbrauchs von erheblicher Grösse.

Die Bereinigung vorhandener¹ Energieverbräuche ist zur Gewinnung „klimabereinigter“ Ausgangswerte bzw. deren ex-post-Veränderung als Input für langfristige Energieverbrauchsprognosen unerlässlich (z.B. Energieperspektiven). Jeder zeitliche Vergleich von Energieverbräuchen zu Analysezielen sollte gleichfalls ausschliesslich „temperatur-“ bzw. „klima-“ bzw. „witterungsbereinigte“ Werte verwenden, z.B. bei der empirischen Überprüfung der Effizienz von politischen Massnahmen (etwa zur CO₂-Minderung). Umgekehrt kann die Bereinigung auch dazu verwendet werden, aus „klimabereinigten“ prognostizierten Trendwerten aktuelle „Ist-Verbrauchswerte“ (durch Einrechnen der Temperatur- bzw. Klimaeffekte) zu generieren, die helfen können, Lücken in der Statistik zu schliessen, wie es derzeit im Rahmen der Arbeiten zum Heizölpanel angewandt wird² (Einrechnung monatlicher Temperatur- und Preiseinflüsse auf temperaturneutrale Trendreihen).

Zur Bereinigung von effektiven **Raumwärme- bzw. Warmwasser-verbräuchen** werden von den „Klimaparametern“ *Heizgradtage*³, *Globalstrahlung*⁴, *Windverhältnisse* und *Luftfeuchtigkeit* üblicherweise nur die Heizgradtage herangezogen, da die Temperatur bzw. die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Aussentemperatur nach E.A. Müller den weitaus grössten Einfluss ausübt, mit deutlichem Abstand vor der Globalstrahlung. Gegenüber diesen beiden Effekten spielen die Windverhältnisse eine sehr kleine und die Luftfeuchtigkeit praktisch keine Rolle.

Berechnungen des Temperatureinflusses auf den Energieverbrauch finden derzeit Anwendung in den BfE-Arbeiten zum Heizölpanel und im Rahmen der jährlichen ex-post-Analysen. Derzeit werden in der ex-post-Analyse und im Heizölpanel teilweise unterschiedliche Verfahren eingesetzt, die zu Inkonsistenzen bei der Berechnung des Klima- bzw. Temperatureinflusses führen können. Dies hat einerseits historische Ursachen, andererseits ergeben sich aufgrund der Zielsetzungen unterschiedliche Schwer-

-
- 1 Die Verbräuche können dabei sowohl statistische Verbräuche (aus Erzeugung, Export und Import nach Berücksichtigung allfälliger Lagerbestandsveränderungen bei den lagerbaren Energieträgern) als auch empirisch für einzelne Objekte gemessene Verbräuche sein.
 - 2 Prognostisch ist dieses Verfahren nicht anwendbar, weil Klima bzw. Temperaturverläufe nicht zu prognostizieren sind. Allerdings kann mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit mit einem zukünftig auf längere Frist insgesamt etwas höheren mittleren Aussentemperaturniveau gerechnet werden, sollten die derzeitigen Klimamodelle Recht behalten.
 - 3 Die *Heizgradtagzahl* oder auch die *Gradtagzahl* ergibt sich als Summe der Differenzen zwischen mittlerer Raumtemperatur und mittlerer Aussentemperatur an allen Heiztagen bzw. an allen Kalendertagen. Beide Grössen stellen eine statistische Grösse dar. Kleinstes Messintervall ist üblicherweise der Tag, wobei die Tageswerte üblicherweise zu Monatswerten aggregiert werden. Von wesentlichem Einfluss auf die Heizgradtagzahl ist die Heizgrenze. Das ist die Aussentemperatur, ab der ein Gebäude nicht mehr beheizt werden muss. Üblicherweise wird die sog. HGT 20°/12° benutzt. Im Gegensatz zu den Heizgradtagen kennt die Gradtagzahl keine Heizgrenze.
 - 4 Die *Globalstrahlung* wird differenziert nach mindestens 5 Ausrichtungen (Horizontal, Süd, West, Nord, Ost).

punkte. Während in den ex-post-Analysen von den Sektorbearbeitern zumindest für den Raumwärmebereich weitgehend die gleichen Verfahren angewandt werden, unterscheiden sich die gewählten Verfahren und Methoden beim Heizölpanel. Anders als in der ex-post-Analyse, die die jährlichen Veränderungen der Energieverbräuche auf Basis von Jahresstatistiken analysiert, geht es beim Heizölpanel darum, aus temperaturbereinigten Jahrestrendwerten (auf Basis der Arbeiten zu den Energieperspektiven und der jährlichen ex-post-Analysen) monatliche Ist-Verbräuche unter Berücksichtigung der tatsächlichen monatlichen Temperaturverläufe und der tatsächlichen monatlichen Preisentwicklungen zu ermitteln. Die Sektoralergebnisse der Bearbeiter (Haushalte; Handel/Gewerbe/ Dienstleistungen; Industrie) werden addiert, um die Lagerbestandsveränderungen ergänzt und abschliessend mit den statistisch vorliegenden monatlichen Absatzzahlen verglichen. Ziel ist dabei eine möglichst geringe Abweichung ohne säkulare Über- bzw. Unterschätzungen zwischen den berechneten und den empirisch-statistisch ermittelten Verbräuchen.

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist es, die Informationsbasis für die Bereinigung des Energieverbrauchs um Temperatur- und Globalstrahlungseinflüsse zu verbessern. Aufbauend auf den bisherigen Arbeiten zur Klimaabhängigkeit von Gebäuden sollen die neueren Erkenntnisse eingearbeitet werden, um darauf aufbauend sektorübergreifende Berechnungsverfahren und sektorspezifische Berechnungsformeln für die Bereiche Haushalte, Handel/Gewerbe/ Dienstleistungen und Industrie zu erarbeiten, die gegenüber dem bisherigen Vorgehen eine Konsistenz zwischen der Jahres- und der Monatsbetrachtung gewährleisten.

Methodisch ist der Untersuchungsansatz im Prinzip einfach: Für die einzelnen Gebäude eines für die verschiedenen Standardnutzungen repräsentativen Gebäudebestandes werden mit Modell von SIA 380/1 die Heizwärmebedarfe berechnet. Mit einem zweiten Teilmodell werden zur Bestimmung der Energiekennzahl Wärme die Nutzungsgrade unter Berücksichtigung der Warmwasserbedarfe der Standardnutzungen nach SIA 380/4 ermittelt. Anschliessend werden monatsweise die Elastizitäten des Heizenergiebedarfs und der Nutzungsgrade auf variierende Temperaturverhältnisse (Gradtage) resp. Strahlungsbedingungen (Globalstrahlung) berechnet und zusammengeführt (gemeinsamer Einfluss variierender Temperatur- und Strahlungsbedingungen).

Der ausführliche Tabellenanhang kann beim Auftraggeber bezogen werden.

2 Ergebnisse und Empfehlungen

2.1 Ergebnisse

Lässt man das individuelle Nutzerverhalten innerhalb einer Standardnutzung (Wohnen MFH, Wohnen EFH, Verwaltung, Schule etc., d.h. innerhalb einzelner Verbrauchssegmente/-sektoren) ausser Betracht, so sind es im wesentlichen drei Faktorenbündel, die den Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser auf Veränderungen von Temperatur und/oder Globalstrahlung unterschiedlich reagieren lassen:

- Die **spezifischen Eigenschaften des Gebäudes** (Grösse, Aussenflächen-/Energiebezugsflächenverhältnis, Fensterflächenanteile und Ausrichtung der Fenster, energetische Qualität des Gebäudes etc.).
- Die **Art und Qualität der Anlagentechnik für Raumheizung und Warmwasser.**
- Die **Art und Weise, in der das Gebäude genutzt wird** (Nutzungsbedingungen). In den (Standard-)Nutzungen sind die relevanten Kenngrössen festgelegt, die - zusammen mit den Gebäudeeigenschaften und der installierten Anlagentechnik – die Verbrauchsreagibilität bestimmen.

Von den drei Einflussbündeln ändern sich zwei mit der Zeit wesentlich:

- Die energetische Qualität der Gebäude nimmt im Zeitablauf zu, weil neue Gebäude im allg. geringere Heizwärmebedarfe aufweisen als ältere und weil darüber hinaus im Gebäudealtbestand energetisch saniert wird. Als Konsequenz daraus ergibt sich eine im Zeitablauf zunehmende Konzentration der Heizenergiebedarfe auf die kälteren Monate des Jahres. In den Sommer- und zunehmend auch in den Übergangsmonaten reichen die Wärmegewinne aus Personen, Elektrizität und Strahlung immer mehr aus, den noch verbleibenden Transmissions- und Lüftungswärmebedarf auszugleichen oder sogar über zu kompensieren, womit im Mittelland der Heizwärmebedarf im Sommer Null und in den Übergangsmonaten zunehmend kleiner wird.
- Die Qualität der zentralen Heizanlagen (v.a. bei Öl und Gas), gemessen am mittleren Nutzungsgrad des Anlagenbestandes, hat im letzten Jahrzehnt um fast 10%-Punkte zugenommen. Auch in Zukunft wird der Trend anhalten (weiteres Bestandswachstum Niedertemperaturkessel, Brennwerttechnik bei Gas

und seit etwa 2000 auch bei Öl). Erreichten die Heizanlagen der 70er Jahre ihren maximalen Nutzungsgrad erst bei Volllast, so zeigten bereits Kessel aus den 80er Jahren und noch stärker die der 90er Jahre bereits im Teillastverhalten hohe Nutzungsgrade, die sich mit steigender Auslastung nur wenig verbesserten. Aktuelle und zukünftige Brennwertkessel erreichen bereits bei sehr niedrigen Lasten ihren maximalen Nutzungsgrad; mit steigender Ausnutzung sinkt der Nutzungsgrad sogar. Als Konsequenz ergibt sich daraus, dass der in der Vergangenheit zu beobachtende kompensatorische Effekt bei der Heizenergie (der Verbrauchsanstieg aufgrund sinkender Temperaturen wurde durch den Nutzungsgradanstieg durch höhere Auslastungsgrade gebremst) in Zukunft entfällt oder sogar ins Gegenteil umschlägt. Zum andern resultiert auch eine geringere Reagibilität des Nutzungsgrades für Warmwasser, weil der Gesamtnutzungsgrad in den Übergangs- und Sommermonaten nicht mehr so stark „einknickt“.

Diese längerfristig wirkenden Veränderungen werden von den unterjährigen Einflüssen überlagert, die sich aus der variierenden Zusammensetzung der einzelnen Einflüsse ergeben. Hier sind insbesondere die Relation Transmission-/Lüftungswärmebedarf zu Wärmegewinnen von Personen, Elektrizität und Strahlung einerseits und der Relation von Heizwärmebedarf und Energiebedarf Warmwasser andererseits zu nennen. Letztere divergiert mit den Standardnutzungen zusätzlich.

- Die Elastizität des Energieverbrauchs für Raumheizung (Energiekennzahl Raumwärme) in Bezug auf eine prozentual gleiche Veränderungen der Temperatur – gemessen als Abweichung der effektiven monatlichen Gradtagzahl von der längerfristigen mittleren monatlichen Gradtagzahl – ist in den kälteren Monaten deutlich kleiner als in der Übergangszeit, d.h. eine 10%ige Erhöhung der Gradtage bewirkt im Januar eine Erhöhung von gleichfalls rund 10% (wenn die Innenraumtemperatur 20°C beträgt), im Juni dagegen um rund 40-50%, je nach Standardnutzung. Ausserdem sind die Elastizitäten abhängig von Richtung und Ausmass der Veränderung: die Elastizität ist bei negativen Abweichungen eher grösser als bei gleich positiven Abweichungen. Zu beachten ist dabei, dass Gebäude mit von der normalen Innentemperatur von 20°C abweichenden Innentemperaturen anders auf Gradtageveränderungen (definiert als über die Kalendertage kumulierte Differenz von 20°C Innentemperatur und mittlerer Tagesausserentemperatur) reagieren: bei Gebäuden mit niedriger Innentemperatur sind die Elastizitäten höher, bei Gebäuden mit hohen Innentemperaturen dagegen niedriger.
- Die Elastizität des Energieverbrauchs für Raumheizung (Energiekennzahl Raumwärme) in Bezug auf eine prozentual gleiche Veränderung der Globalstrahlung – gemessen als Abwei-

chung der effektiven monatlichen Globalstrahlung von der längerfristigen mittleren monatlichen Globalstrahlung – ist in den kälteren Monaten deutlich kleiner als in der Übergangszeit, d.h. eine 10%ige Erhöhung der Globalstrahlung bewirkt im Januar eine Reduktion des Verbrauchs um rund 1-1.5%, im Juni dagegen um rund 20-30%, je nach Gebäudetyp und Standardnutzung. Ausserdem sind auch hier die Elastizitäten abhängig von Richtung und Ausmass der Veränderung: eine 10% niedrigere Globalstrahlung wirkt vergleichsweise stärker verbrauchs-fördernd als eine 10% höhere Globalstrahlung verbrauchsmin-dernd wirkt.

- Der Energieverbrauch für Warmwasser reagiert kaum auf Ver-änderungen der Gradtage und/oder der Solarstrahlung. Dies liegt zum einen daran, dass der spezifische Warmwasserbe-darf selbst nicht aussentemperaturabhängig ist: der Nutzener-giebedarf ist durch das Nutztemperaturniveau des Warmwas-sers und die (erdtemperaturbedingt jahreszeitenabhängige) Zuflusstemperatur des zu erwärmenden Kaltwassers gegeben. Zum andern sind bei den Speicher- und Verteilverlusten die a priori (gegenüber der Heizanlage) höheren Temperaturdiffe-renziale zu berücksichtigen: weil die mittleren Aussentempera-turschwankungen im Verhältnis zu diesen Temperaturdifferen-tialen sehr gering sind, ist deren relativer Einfluss vergleichs-weise klein. Rechnet man die Verluste bei der gemeinsamen Erzeugung von Wärme für Heizung und Warmwasser auslas-tungsanteilig den beiden Komponenten zu, so reagiert der Nutzungsgrad der Warmwassererzeugung kaum.

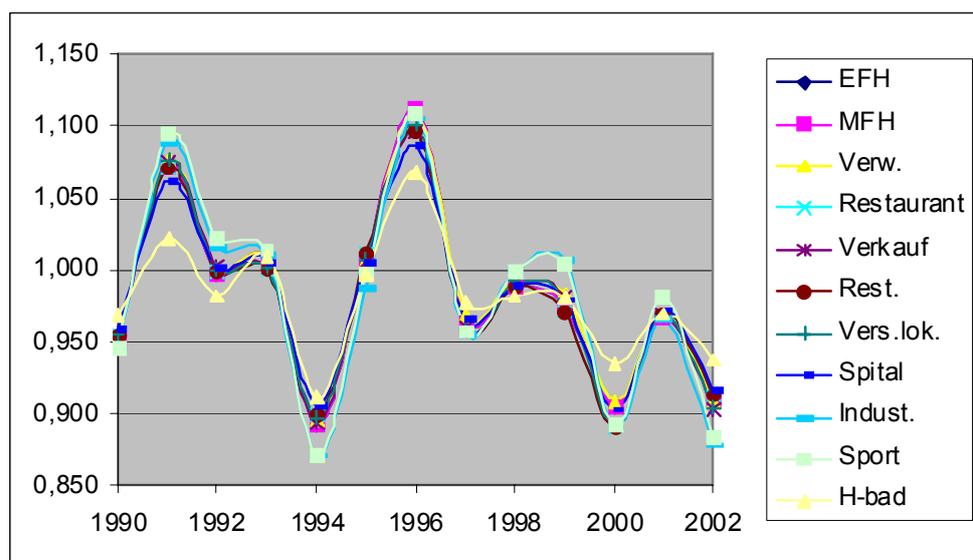
Für die Energiekennzahl Raumwärme und die Energiekennzahl Warmwasser werden die sich gesamthaft ergebenden Reagibilitä-ten in Form von monatlichen Elastizitäten für Temperatur und Strahlung für den Zeitraum 1990-2010 und für die einzelnen Stan-dardnutzungen ausgewiesen (vgl. Anhang). Diese Elastizitäten beschreiben den relativen Zusammenhang zwischen der prozen-tualen Verbrauchsänderung und einer prozentualen Änderung der tatsächlichen monatlichen Aussentemperatur (in der Definition Gradtagveränderung) bzw. Globalstrahlung im Verhältnis zu den im längerfristigen schweizerischen Mittel geltenden Temperatur- und Globalstrahlungsbedingungen. Mittels dieser Elastizitäten und den tatsächlichen Temperatur- (Gradtage im Monat x des Jahres y) und Strahlungsbedingungen (Globalstrahlung im Monat x des Jahres y) kann der relative Einfluss beider Grössen auf den Ver-brauch berechnet und zusammengeführt werden. Da ausserdem eine Verteilungsfunktion (trendmässiger Verbrauchsanteil des Mo-nats x im Jahr y , getrennt für Raumwärme und Warmwasser) be-reitgestellt wird, ist es dadurch auch möglich, die absoluten Mo-natsverbräuche und damit auch die kumulierten Jahresverbräuche sektor- bzw. standardnutzungsspezifisch zu berechnen. Damit ist die Kompatibilität zwischen Monats- und Jahresbetrachtung ge-währleistet.

Wie oben bereits angedeutet, haben die Berechnungen gezeigt, dass sich die Elastizitäten nicht nur von Monat zu Monat – und dies in den einzelnen Standardnutzungen mehr oder weniger unterschiedlich – unterscheiden, sondern – in geringerem Masse – auch innerhalb eines Monats von Richtung und Ausmass der Veränderung abhängig sind. Aus diesem Grunde werden die Elastizitäten in zweierlei Form bereitgestellt. Zum einen ohne Berücksichtigung dieser Zusammenhänge (d.h. als mittlere Elastizität des Monats x im Jahr y), zum andern als funktional von Richtung und Ausmass der Veränderung abhängige Elastizität. Auf Jahresbasis wirkt sich die Differenzierung kaum aus, auf Monatsbasis können die Auswirkungen deutlich grösser sein.

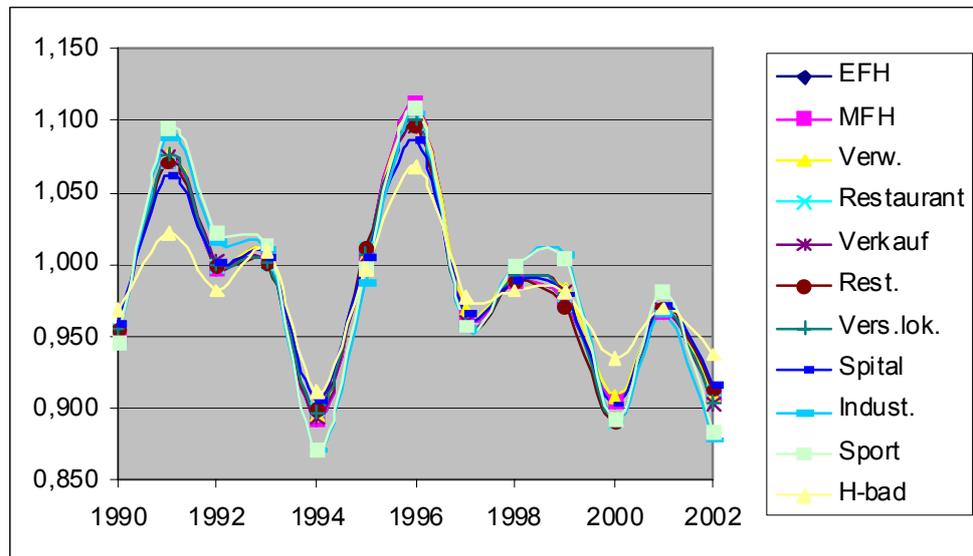
Es hat sich gezeigt, dass trotz aller Unterschiede in den Standardnutzungen zumindest ex-post auf Jahresbasis über die Standardnutzungen hinweg sehr ähnliche Reaktionsmuster zu beobachten sind.

In nachstehenden Grafiken sind die auf Monatsbasis ermittelten und auf Jahresbasis kumulierten Bereinigungs-faktoren (Abweichung der Energiekennzahl Raumwärme bzw. des Energieverbrauchs für Raumwärme) nach Standardnutzungen für den Zeitraum 1990-2002 dargestellt, und zwar einmal, wenn nur der Einfluss der Temperatur einfließt, zum andern, wenn Temperatur und Strahlung den Verbrauch beeinflussen.

Grafik 2-1: Gradtage und Energieverbrauch Raumwärme (temperatur- und strahlungsneutraler Verbrauch = 1, Differenzierung der monatlichen Elastizitäten nach Richtung und Ausmass der Gradtagabweichung vom längerfristigen Mittelwert)



Grafik 2-2: Gradtage, Globalstrahlung und Energieverbrauch
Raumwärme (temperatur- und strahlungsneutraler Verbrauch = 1, Differenzierung der monatlichen Elastizitäten nach Richtung und Ausmass der Gradtag- bzw. Strahlungsabweichung vom längerfristigen Mittelwert)



Wenn die Temperaturabweichung vom längerfristigen Mittelwert (1984/2002) sehr gross ist, kann die Strahlung das Ergebnis nicht wesentlich beeinflussen. Ist die Abweichung der Temperatur vom längerfristigen Mittelwert aber nicht sehr gross, gewinnt die Strahlung an Bedeutung. Dann kann das Ausmass und die Richtung der Abweichung der effektiven monatlichen Globalstrahlung vom längerfristigen Mittel durchaus darüber entscheiden, ob die allein aus Temperatur- bzw. Gradtagabweichungen zu erwartende Veränderung des Verbrauchs auch tatsächlich eintritt oder ob diese nicht durch den Strahlungseinfluss verstärkt, abgeschwächt oder sogar überkompensiert wird.

Lässt man die Standardnutzungen mit von der üblichen Innentemperatur von 20°C abweichenden Innentemperaturen ausser Betracht (Industriebauten, Lager, Spitäler, Sportbauten und Hallenbäder), so zeigt sich ein sehr homogenes Verhalten (ähnliche Heizenergiebedarfe, ähnliche Heizanlagentechniken). Dadurch sind die Bereinigungs-faktoren relativ unempfindlich gegenüber dem hinter den Standardnutzungen liegenden Gewichtungssystem (d.h. den absolute Raumwärmeenergieverbräuche nach Sektoren bzw. Standardnutzungen)¹, so dass für die Schweiz insgesamt der

1 Die Standardabweichungen der kumulierten Jahreswerte über die Standardnutzungen (mit Innentemperaturen von 20°C) liegen i.allg. unter 1.5%.

ungewichtete Mittelwert sehr nahe beim gewichteten Mittelwert liegt.

Auf Basis der ungewichteten Mittelwerte ergeben sich folgende Bereinigungs-faktoren für Gebäude mit normaler Innentemperatur (20°C).

Tabelle 2-1: Reaktion des Raumwärmeverbrauchs auf Abweichung der Gradtage, Heizgradtage und Globalstrahlung von den längerfristigen Mittelwerten (=1) für die Schweiz, 1990-2002

Jahr	Grad-tage (t _i =20 °C)	Global-strahlung (MJ/m ²)	Nachr: Heiz-grad-tage 12_20	Faktor 1 Temperatur und Strahlung	Faktor 1 Temperatur allein	Faktor 2 Temperatur und Strahlung	Faktor 2 Temperatur allein	Nachr: Faktor nach Müller (75% HGT-Abhängigkeit)
1990	0,959	1,026	0,933	0,944	0,952	0,946	0,953	0,949
1991	1,039	1,022	1,083	1,065	1,082	1,073	1,074	1,061
1992	0,986	0,983	0,997	1,003	1,001	1,005	1,000	0,998
1993	1,007	0,983	0,997	1,010	1,007	1,008	1,004	0,998
1994	0,892	0,957	0,898	0,910	0,899	0,913	0,895	0,921
1995	0,999	1,005	0,990	1,001	1,004	1,005	1,007	0,993
1996	1,079	1,000	1,094	1,102	1,103	1,106	1,104	1,069
1997	0,971	1,039	0,956	0,941	0,962	0,943	0,961	0,967
1998	0,980	1,017	0,991	0,980	0,991	0,983	0,991	0,993
1999	0,977	0,970	0,965	0,982	0,999	0,983	0,978	0,974
2000	0,914	1,020	0,898	0,890	0,898	0,893	0,898	0,921
2001	0,965	1,000	0,949	0,965	0,963	0,973	0,968	0,961
2002	0,918	0,998	0,914	0,906	0,909	0,907	0,908	0,934

Faktor 1: Einflussfaktor mit konstanten monatlichen Durchschnittselastizitäten;

Faktor 2: Einflussfaktor mit nach Richtung und Ausmass der Temperatur- bzw. Strahlungsabweichungen vom längerfristigen Mittelwert variierenden Elastizitäten.

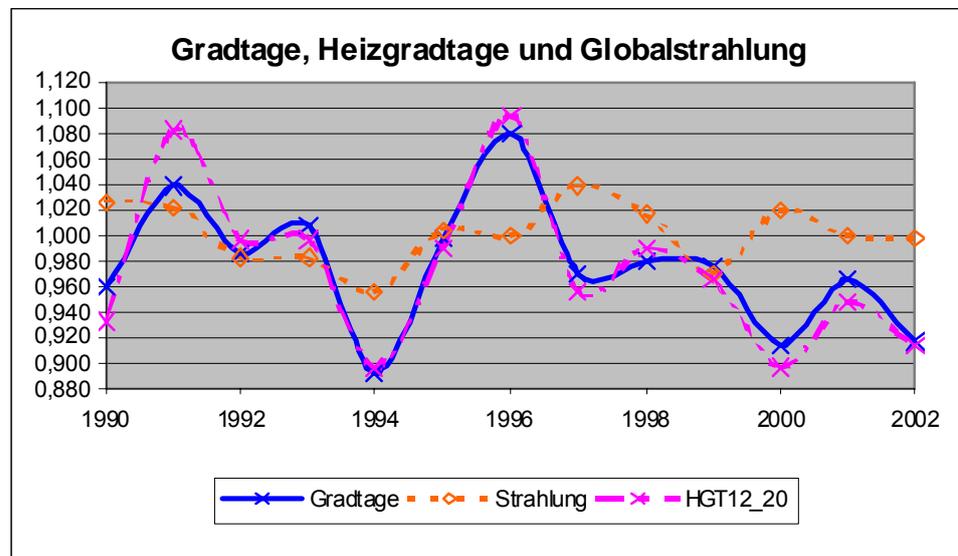
Die nachstehende Grafik verdeutlicht die Zusammenhänge zwischen Gradtagen, Heizgradtagen und Globalstrahlung anhand der Jahreswerte:

- Gradtage und Heizgradtage zeigen zwar insgesamt eine vergleichsweise gute Übereinstimmung; im Einzelfall sind die Abweichungen dessen, was „kälter“ oder „wärmer“ als der Durchschnitt ist, aber vergleichsweise gross und in der Zeit nicht stabil: das Jahr 1991 war in **Heizgradtagen** gemessen um 8% kälter als der Durchschnitt der Jahre 1984/2002 – in **Gradtagen** gemessen dagegen nur um 4%. In der jüngeren Vergangenheit sind die in Gradtagen gemessenen Abweichungen stets niedriger als die in Heizgradtagen gemessenen Abweichungen.

- Zwar ist die Globalstrahlung mit der Temperatur korreliert: Diese Korrelation zeigt aber den Zusammenhang der Saisonfigur, d.h. dass im Winter niedrige Temperaturen und wenig Strahlung und im Sommer hohe Temperaturen und viel Strahlung zusammenkommen. Untersucht man die Abweichungen von diesem Muster, so zeigt es sich, dass für diese Abweichungen weder auf Monatsbasis noch auf Jahresbasis für den Zeitraum 1984 bis 2002 ein statistischer Zusammenhang vorhanden ist (Korrelationskoeffizient ist Null). Aus diesem Grunde kann die Strahlung den gradtagbedingten Verbrauchseffekt sowohl verstärken als auch abschwächen oder gar nicht beeinflussen.

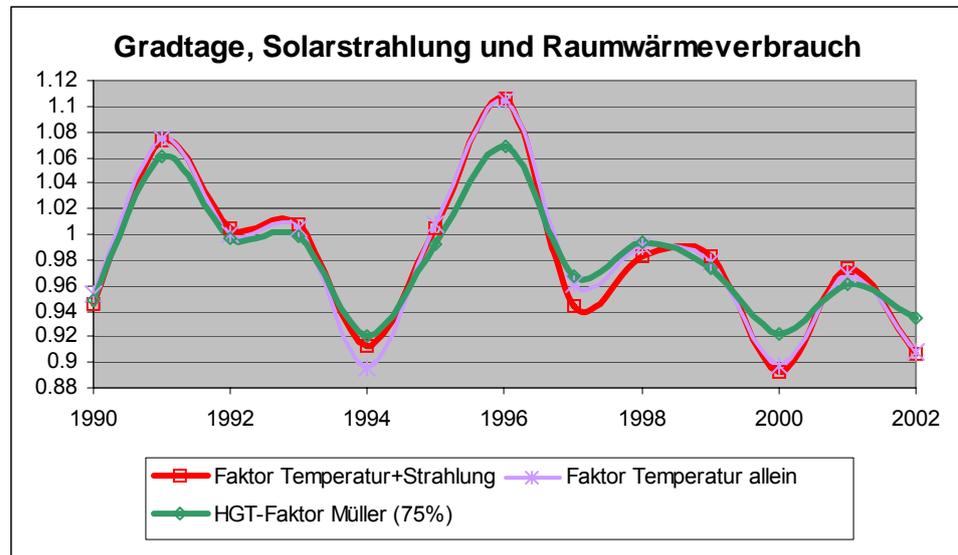
Auf Basis der Monatswerte sind die Schwankungen wie bereits erwähnt weitaus stärker: Die Gradtage bewegen sich im Januar und Dezember in einem Bereich von rund -12% bis $+10\%$ und im Juni von -74% bis $+30\%$ um den längerfristigen Monatsmittelwert, während die Globalstrahlung im Januar und Dezember in einem Bereich um -30% bis $+20\%$ und in den Monaten Juni bzw. September eine Schwankungsbreite von -13% / -19% bis $+14\%$ / $+17\%$ um den längerfristigen Monatsmittelwert aufweist.

Grafik 2-3: Gradtage, Heizgradtage und Globalstrahlung, Jahresabweichung vom längerfristigen Mittelwert (1984/2002=1)



Nachstehende Grafiken zeigen die ermittelten Bereinigungs-faktoren für Temperatur bzw. Gradtage und Globalstrahlung für den Bereich Raumwärme.

Grafik 2-4: Bereinigungsfaktoren für den Raumwärmeverbrauch 1990-2002 (Elastizitätsansatz, Elastizitäten abhängig von Richtung und Ausmass der Veränderung)



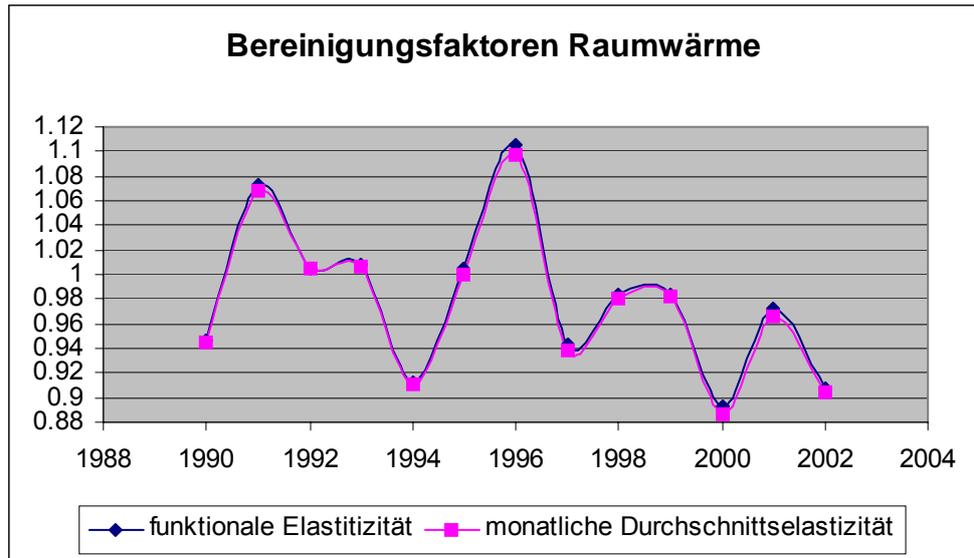
Deutlich sichtbar wird die noch bis Mitte der 90er Jahre relativ gute Übereinstimmung mit den bisher verwendeten Bereinigungsverfahren nach Müller (vgl. Kapitel 3), obwohl nach den vorliegenden Berechnungen die Reagibilität stets etwas grösser ist. Ab Mitte der 90er Jahre werden die Differenzen jedoch deutlich grösser. Zwar bleiben die grundlegenden Bewegungen weitgehend erhalten, jedoch sind die „Ausschläge“ gerade in der jüngsten Zeit deutlicher ausgeprägt. Ursächlich dafür sind zum einen die Veränderungen in der Gebäudestruktur und deren spezifische Reagibilitäten auf Veränderungen von Temperatur und/oder Strahlung, zum andern auch der Effekt aus den Veränderungen der Heizanlagentechnik. Deutlich sichtbar wird auch, dass die Globalstrahlung die durch die Temperaturveränderungen ausgelösten Verbrauchsänderungen in den einzelnen Jahren unterschiedlich beeinflusst. In 1994 wurde der temperaturbedingte Effekt durch die Strahlung deutlich abgemildert, während 1997 eine Verstärkung eintrat¹.

Ein auf Jahresbasis weitgehend identisches Bild ergibt sich dann, wenn der Bereinigungsfaktor für Temperatur und Strahlung mit den monatlichen Durchschnitts-Elastizitäten gerechnet wird, d.h. nicht berücksichtigt wird, dass die Elastizitäten innerhalb eines Monats auch abhängig sind von Richtung und Ausmass der Abweichung der Gradtage bzw. Globalstrahlung von den längerfristi-

1 Zu beachten ist, dass die aufgeführten Verbrauchswirkungen kumulierte Monatsergebnisse sind, also nicht unmittelbar aus den Jahresdaten für Gradtage und Strahlung ersichtlich sind.

gen Durchschnittswerten. Nachstehende Grafik zeigt den Vergleich auf Jahresbasis.

Grafik 2-5: Bereinigungsfaktoren für den Raumwärmeverbrauch 1990-2002 (Variable [Richtung und Ausmass der Veränderung von Temperatur und Strahlung berücksichtigende] Elastizitäten im Vergleich mit monatlich konstanten Elastizitäten)



Für den Warmwasserbereich sind die Bereinigungsfaktoren wie bereits mehrfach erwähnt sehr gering.

Tabelle 2-2: Reaktion des Energieverbrauchs Warmwasser auf Abweichung der Gradtage, Heizgradtage und Globalstrahlung von den längerfristigen Mittelwerten (=1) für die Schweiz, 1990-2002

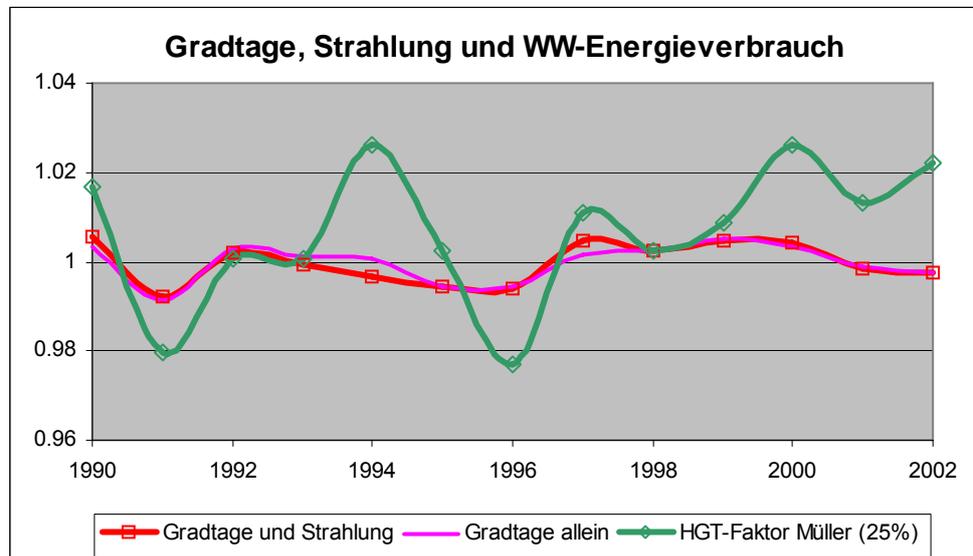
Jahr	Gradtage (t _i =20 °C)	Globalstrahlung (MJ/m ²)	Nachr: Heizgradtage 12_20	Faktor Temperatur und Strahlung	Faktor Temperatur allein	Nachr: Faktor nach Müller (25% HGT-Abhängigkeit)
1990	0,959	1,026	0,933	1.004	1.003	1.017
1991	1,039	1,022	1,083	0,993	0.990	0.980
1992	0,986	0,983	0,997	1,001	1.004	1.001
1993	1,007	0,983	0,997	0,999	1.003	1.001
1994	0,892	0,957	0,898	0,998	1.004	1.026
1995	0,999	1,005	0,990	0,996	0.991	1.002
1996	1,079	1,000	1,094	0,996	0.993	0.977
1997	0,971	1,039	0,956	1,004	1.002	1.011
1998	0,980	1,017	0,991	1,002	1.004	1.002
1999	0,977	0,970	0,965	1,003	1.008	1.009
2000	0,914	1,020	0,898	1,003	1.007	1.026
2001	0,965	1,000	0,949	0,999	0.999	1.013
2002	0,918	0,998	0,914	0,998	0.999	1.022

Gegenüber den Ergebnissen von Müller sind nach unseren Berechnungen die Einflüsse von Temperatur und Strahlung auf die Energiekennzahl Warmwasser deutlich kleiner. Die Differenzen liegen vermutlich in der Zurechnung der Energiewirkungen der gemeinsamen Nutzungsgradveränderungen auf Heizung und Warmwasser (ähnlich der Zurechnungsproblematik bei der gekoppelten Strom-/Wärmeerzeugung)¹.

Diese Differenz ist in der Realität u.E. jedoch weniger gravierend. Zum einen liegt der Anteil des Energieverbrauchs für Warmwasser – von wenigen Ausnahmen abgesehen – im Allgemeinen bei deutlich weniger als einem Fünftel des Heizenergieverbrauchs, zum andern erfolgt ein grosser Teil der Warmwasserbereitstellung nicht über gekoppelte Erzeugungsanlagen für Heizung und Warmwasser, sondern über ungekoppelte dezentrale und zentrale Systeme, für die tendenziell andere Charakteristika gelten als für die hier modellmässig unterstellten zentralen gekoppelten Versorgungssysteme.

¹ Das von uns benutzte Berechnungsmodell verteilt die gemeinsamen Erzeugerverluste auslastungsantellig.

Grafik 2-6: Bereinigungsfaktoren für den Energieverbrauch Warmwasser 1990-2002 (monatlich konstante Elastizitäten)



2.2 Empfehlungen

Die Ergebnisse – und das sind zunächst Modellergebnisse, die aber zumindest nach Aussage von Mitgliedern der entsprechenden SIA-Kommissionen die wirkliche Welt recht gut beschreiben – zeigen eine gegenüber den bisher angewandten Verfahren stärkere Reagibilität des Verbrauchs auf Schwankungen der Gradtage. Der zusätzliche Einfluss der Strahlung kann bei sehr starken Abweichungen die durch den Gradtageinfluss gegebene Richtung der Verbrauchsreaktion nicht grundsätzlich verändern, sie kann sie jedoch verstärken oder abschwächen. Bei kleineren Abweichungen von den längerfristig vorherrschenden Temperatur- und Strahlungsbedingungen können die Strahlungsbedingungen hingegen sogar die Richtung verändern, wenn die Einflüsse monatlich und nicht auf Basis der Jahreswerte berechnet werden.

Durch das vorliegende Verfahren der monatlichen Berechnung der Gradtag- und Globalstrahlungseinflüsse wird die Problematik der latenten oder effektiven Inkonsistenz zwischen monatlicher und jährlicher Betrachtung aufgehoben. Gleichzeitig erhalten alle Sektoralbearbeiter jährliche Berechnungsvorgaben für die Verteilung der in den Sektoralmodellen ermittelten temperaturbereinigten Jahresverbräuche für Heizung und/oder Warmwasser; dadurch ist gewährleistet, dass die Verteilung der sektoralen Jahresergebnisse auf die einzelnen Monate nach einheitlichen Berechnungsverfahren erfolgt. Auf die so ermittelten „temperatur- und strahlungs-

neutralen“ Monatsverbräuche wird anschliessend der Temperatur- und Strahlungseinfluss monatsweise eingerechnet und zu einem Jahreskorrekturfaktor für einzelne Standardnutzungen aggregiert.

Da die vorliegenden Ergebnisse derzeit nicht durch Messungen an Gebäuden in grösserem Umfang empirisch abgesichert werden können, sollten die vorliegenden Ergebnisse in das Heizölpanel integriert werden. Nach einer Testphase kann dann überprüft werden, ob mit dem vorliegenden Bereinigungsverfahren eine bessere Übereinstimmung zwischen Verbrauch, Absatz und Lagerbestandsveränderungen erreicht werden kann¹.

Der Temperatur- bzw. Globalstrahlungseinfluss auf den Energieverbrauch für Raumwärme und/oder Warmwasser unterliegt – wie gezeigt – eine Vielzahl teils gegenläufiger Einflüsse, die sich zu- meist im Zeitablauf auch noch ändern. Wir haben versucht, einen Teil dieser Effekte modellmässig abzubilden und die Auswirkungen von Veränderungen zu isolieren. Dennoch kann derzeit nicht auf alle offenen Fragen eine Antwort gegeben werden. So wurden, wie ausführlich dargelegt, für die Berechnungen des Einflusses der Heizanlagen zentrale Öl- bzw. Gasheizungen zu Grunde gelegt. Reagieren die Nutzungsgrade anderer Heiz-/Warmwassersysteme anders auf Temperatur- und/oder Globalstrahlungsveränderungen, so können auch etwas andere Korrekturfaktoren resultieren. Es ist z.B. zu vermuten, dass Systeme (bzw. Gebäude und Nutzer) mit hohem Einzelofenanteil (Holz, Kohle, Elektrizität) andere Verbrauchsreaktionen zeigen, sei es, weil die Systeme weniger aus- sentemperaturgesteuert sind, sei es, weil der Nutzer anders als bei zentral gesteuerten Systemen direkter eingreift. Dies würde es nahelegen, mit energieträger- oder heizsystemspezifischen Bereini- gungsfaktoren zu arbeiten. Allerdings fehlen hierzu u.E. wichtige Basisinformationen.

Trotz dieser Unsicherheit glauben wir, mit dem vorliegenden Un- tersuchungsansatz einen Schritt weiter gekommen zu sein.

Ergänzend sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass im Rah- men der Diskussion um die „Klima- und/oder Temperaturbereini- gung“ sich immer wieder zwei Aspekte vermischen: Zum einen der eher kurz- und mittelfristige Aspekt der Temperatur- bzw. Tempe- ratur- und Strahlungsbereinigung (der sich vielleicht am besten durch den Begriff „Witterungsbereinigung“ beschreiben lässt), zum andern der eher länger- und langfristige Aspekt des sich abzeich- nenden mittleren globalen Temperaturanstiegs. Beide Aspekte

¹ Es wäre auch möglich, anhand eines „Erdgas-Panels“ (analog zum Heizöl-Panel) das Verfahren bzw. dessen Ergeb- nisse an einem leitungsgebundenen Energieträger, der keine oder praktische keine Differenz zwischen Absatz und verbrauch, d.h. keine Lagerbestandsproblematik kennt, zu „testen“. Allerdings können auch hier sektorielle Zuordnun- gen und unterbrechbarer Verträge (bei der Industrie und bei grossen Gewerbe-/Dienstleistungsbetrieben) Probleme bereiten.

sind nicht unabhängig voneinander (weil über die Wahl des ex-post-Normierungs- bzw. Bereinigungszeitraums miteinander verbunden), sollten aber in der Diskussion unterschieden und bei der Anwendung von Bereinigungen getrennt werden. Wir haben zur Klärung eine kurze Stellungnahme für den interessierten Leser als Anhang angefügt.

3 Die derzeit angewandten Verfahren und ihre Problematik

Die derzeit angewandten Bereinigungsverfahren basieren für die Jahresbetrachtung alle auf dem von E.A. Müller¹ vorgeschlagenen Berechnungsverfahren:

Raumwärme:

$$E_{h_{\text{norm}}} = E_{h_{\text{ist}}} \cdot \alpha \cdot \text{HGT}_{\text{norm}} / \text{HGT}_{\text{ist}} + E_{h_{\text{ist}}} \cdot (1 - \alpha)$$

Warmwasser:

$$E_{ww_{\text{norm}}} = E_{ww_{\text{ist}}} \cdot \beta \cdot \text{HGT}_{\text{ist}} / \text{HGT}_{\text{norm}} + E_{ww_{\text{ist}}} \cdot (1 - \beta)$$

Dabei bedeuten E_h bzw. E_{ww} die Energieverbräuche für Heizen bzw. Warmwasser (ist bzw. auf längerfristigen Durchschnitt normiert [=temperaturneutraler Verbrauch]), HGT die Zahl der Heizgradtage (im vorliegenden Fall als HGT 12_20 mit 12°C Heizgrenztemperatur und einer Innenraumtemperatur von 20°C) ist bzw. normiert. α und β sind Faktoren, die den Anteil temperaturabhängiger Verbräuche am Gesamtverbrauch für Raumwärme (nach E.A. Müller 60-90% für ein mittleres Mehrfamilienhaus in der Schweiz) bzw. Warmwasser (50-70% für ein mittleres Mehrfamilienhaus in der Schweiz) wiedergeben. Während Raumwärmeverbrauch und Heizgradtage positiv korrelieren, ist der Zusammenhang zwischen Energieverbrauch Warmwasser und Heizgradtagen negativ korreliert.

In der Industrie (Bearbeiter: basics) wird in der ex-post-Analyse ebenso wie beim Heizölpanel mit obigen Ansätzen gerechnet. Im Rahmen der ex-post-Analysen wird nicht differenziert zwischen Raumwärme und Warmwasser, da der Verbrauchsanteil von Warmwasser am gesamten Raumwärme- und Warmwasserverbrauch sehr gering ist. Für α (inkl. β) wird ein Wert von 0,8 verwendet. Dazu kommt ein klimainduzierter Wirkungsanteil über die unterbrechbaren Gasverträge. Bei den Arbeiten zum Heizölpanel werden für die Transformation der „klimaneutralen“ Trendwerte in temperaturabhängige Werte monatlich differenzierte Koeffizienten (bzw. Elastizitäten) verwendet.

Im primären und tertiären Sektor Handel/Dienstleistungen und Landwirtschaft (Bearbeiter: CEPE) wird bei der Bereinigung in der ex-post-Analyse nicht differenziert zwischen Raumwärme und

¹ E.A.Müller et.al., Klimanormierung Schweiz, S. 24 und Text S. 22. Nach dem Text auf S. 22 sind 50-90% des Raumwärmeverbrauchs (je nach Gebäudetyp) mit den Heizgradtagen zu normieren, 10-50% sind nicht zu bereinigen. Die Formel auf S. 24 normiert aber nur den kleineren Teil, deshalb wurde sie entsprechend korrigiert.

Warmwasser und auch nicht zwischen Verwendungssektoren und Energieträgern. Mit $E=E_{h+ww}$ wird wie folgt korrigiert:

$$E_{norm} = E_{ist} * \alpha * HGT_{norm} / HGT_{ist} + E_{ist} (1 - \alpha), \text{ wobei } \alpha = 0.7.$$

Im Rahmen des Heizölpanels wird zwischen Raumwärme und Warmwasser (resp. Prozesswärme) differenziert und der Anteil am gesamten Wärmeverbrauch für die Zubereitung von Warmwasser und Prozesswärme ist für die verschiedenen Branchen unterschiedlich und variiert mit den Jahreszeiten. Bei der Korrektur, die mit $\alpha=1$ und $\beta=0$ erfolgt, wird nicht zwischen den Monaten differenziert, d.h. die einzelnen Monate werden mit den gleichen Bereinigungs-faktoren bzw. Elastizitäten belegt.

Im Sektor Private Haushalte (Prognos) wird in der ex-post-Analyse zwischen Raumwärme und Warmwasser differenziert. Zusätzlich wird zwischen Strom ($\alpha = 0,65$) bzw. übrigen Energieträgern ($\alpha = 0,75$) im Falle Raumwärme und zwischen zentralen und dezentralen Warmwassersystemen unterschieden: bei Energieträgern mit einem hohen Zentralversorgungsanteil (wie Öl, Fernwärme) wird $\beta = 0,3$ und bei Energieträgern mit hohem Anteil dezentraler Versorgung (wie Gas, Elektrizität, Holz) $\beta = 0,15$ gesetzt. Für das Heizölpanel wird zur Ermittlung der Ausgangsverteilung des Raumwärmebedarfs auf die einzelnen Monate neben dem Temperatur- auch der Strahlungseinfluss berücksichtigt. Der Einbezug des Strahlungseinflusses konzentriert den Nutzenergieverbrauch stärker als bei ausschliesslicher Berücksichtigung des Temperatureinflusses (in Form von Heizgradtagen) auf die Heizperiode. Der Nutzenergiebedarf für Warmwasser wird im Heizölpanel als temperaturunabhängig betrachtet, da es keine belastbaren Informationen für eine Differenzierung gibt. Der Einfluss der Gradtage eines Monats wurde mittels monatlich variierender Bereinigungs-faktoren berechnet¹. Für den (für Raumwärme und Warmwasser insgesamt geltenden) Nutzungsgrad wurde dasselbe Verfahren angewandt. Im Ergebnis führt diese Berechnung zu tendenziell etwas stärkeren (höheren α - Werten) als nach der Bereinigung gemäss E.A. Müller. Konsequenz war aber auch eine gewisse Inkonsistenz zwischen den Klima- bzw. Temperatureffekten in der ex-post-Analyse und beim Heizölpanel: die über die Monatswerte aufaddierte Bereinigung für das Jahresergebnis weicht mehr oder weniger

1 Die Einfluss der monatlichen Gradtage auf den monatlichen Raumwärmebedarf erfolgte anhand von SIA 380/1 (alt) basierten eigenen Modellrechnungen mit monatlichen Bereinigungs-faktoren, getrennt für Ein- und Mehrfamilienhäuser. Die Bereinigungs-faktoren werden anhand effektiver Gradtage bzw. deren Abweichung vom längerfristigen Durchschnittswert über mathemische Funktionszusammänge (lineare Abhängigkeiten) monatlich ermittelt. Dies deshalb, weil anhand der Modellergebnisse die Auswirkungen von Gradtagänderungen (sprich: die Verbrauchselastizitäten des Raumwärmebedarfs in Abhängigkeit von Gradtagveränderungen) sich in den Wintermonaten als geringer herausstellte als in der Übergangszeit. Die Modellrechnungen zeigten auch, dass der Raumwärmebedarf in allen Heizmonaten (ohne Nutzungsgradeinfluss) zu α -Werten >1 führt.

stark von der Bereinigung in der ex-post-Analyse ab¹. Derzeit wird im Heizölpanel mit einer linearen Abhängigkeit ($\alpha = 1$) für den Raumwärmebedarf gerechnet, um die Differenz zwischen Klima- bzw. Temperatureffekten zwischen ex-post-Analyse und Heizölpanel klein zu halten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass

- alle Bearbeiter derzeit nur die Temperaturveränderungen – einheitlich auf der Basis der jährlichen Heizgradtage 12_20 – als bevölkerungsgewogener Mittelwert von rund 50 Messstationen in der Schweiz² verwenden. Der Strahlungseinfluss wird derzeit nicht berücksichtigt (Ausnahme Heizölpanel Haushalte: hier wird neben den Temperaturen bzw. Heizgradtagen die Strahlung zur Bestimmung des im längerfristigen Durchschnitt auf die einzelnen Monate entfallenden Raumwärmebedarfs herangezogen).
- alle Bearbeiter in der ex-post-Analyse das Bereinigungsverfahren (nach E.A. Müller) verwenden, wobei meist einheitlich für den Raumwärmeverbrauch von einer Temperaturabhängigkeit des Verbrauchs von 75% ($\alpha = 0.75$) ausgegangen wird.
- für den Bereich Warmwasser in der ex-post-Analyse unterschiedlich vorgegangen wird, nicht zuletzt auch aus Gründen der problematischen Datenlage in den Sektoren Handel/Gewerbe/Dienstleistungen sowie Industrie.
- in der ex-post-Analyse im Allgemeinen nicht zwischen den Energieträgern differenziert wird. Ausnahme sind die Privaten Haushalte, wo eine Abhängigkeit vom Energieträger bzw. dem Anteil zentraler Heiz- bzw. Warmwassersysteme angenommen wird.
- im Heizölpanel die Einrechnung „temperaturneutraler“ Verbrauchstrendwerte in monatliche Verbrauchswerte unter Einbezug der tatsächlichen monatlichen Temperaturen bzw. Gradtagen³ grösstenteils nicht mit monatlichen, sondern mit jahresdurchschnittlichen Elastizitäten bzw. Abhängigkeiten erfolgt.

Die Feststellung, ob ein Jahr – gemessen am längerfristigen Durchschnitt – ein kälteres oder ein wärmeres Jahr ist, wird dabei

1 E.A. Müller hat bereits im darauf hingewiesen, dass die prozentual gleiche Veränderung der Gradtage in den einzelnen Monaten unterschiedliche Verbrauchswirkungen haben, dass also im Prinzip eine monatliche Bereinigung und damit ein aggregierter Jahreskorrekturfaktor angebracht ist.

2 Payerne, Wynau, Aigle, Fahy-Boncourt, Montana, Zermatt, Altdorf, Ulrichen, Piozza, Lugano, Samedan, Chur, Sion, Magadino, Neuchatel, Stabio, Interlaken, Hinterrhein, Davos, St.allen, Glarus, Geneve-Cointrin, Zürich-Klozen, Pully, Adelboden, Visp, La Chauds de Fonds, Buchs-Aarau, Luzern, Engelberg, Schaffhausen, Zürich, Basel-Binningen, Scuol, Changin, Bern-Liebefeld, Güttingen, Wädenswil, Täniken, Locarno-Monti.

3 Daneben werden die monatliche Preiseinflüsse eingerechnet. Auch hier ist im übrigen nicht zwangsläufig sicher gestellt, dass die Ergebnisse der Preiswirkungen bei monatlicher und jährlicher Betrachtung immer übereinstimmen.

nicht nur in der Schweiz anhand von Heizgradtagen oder Gradtagzahlen ermittelt. Allerdings existiert offensichtlich weder eine einheitliche international anerkannte Definition und Verwendung dieser Grössen im Rahmen der Temperatur-, Klima- oder Witterungsbereinigungen von Energieverbräuchen in kalten oder warmen Jahren und noch viel weniger ein einheitliches oder gar verbindliches Verfahren zur Bereinigung, wie eine kurze Internetrecherche ergab.

In den deutschsprachigen Ländern wird – wenn es um die Temperatur-, Klima- bzw. Witterungsbereinigung von Energieverbräuchen geht – im Allgemeinen immer nur temperaturbereinigt, selbst wenn darauf hingewiesen wird, dass – vor allem bei kleinräumiger Betrachtung – neben der Temperatur auch andere Klimafaktoren zu berücksichtigen seien. Allerdings werden die Temperaturschwankungen um einen längerfristigen Mittelwert unterschiedlich berechnet¹. In Deutschland wird meist mit den „G15“ Werten gerechnet.

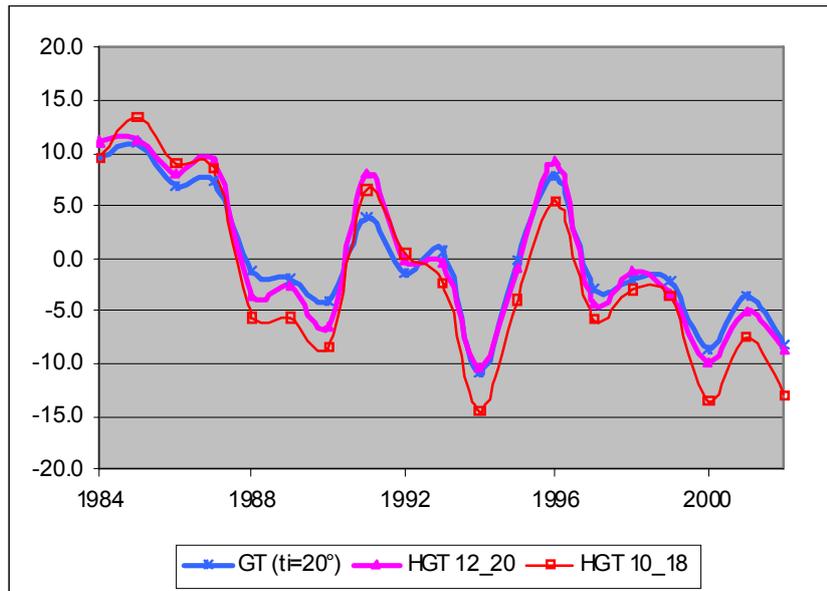
Die Gradtagzahl (GTZ bzw. G) wird dort als Summenprodukt von Heiztagen (Tage mit einer mittleren Aussentemperatur < 15°C) und der mittleren Temperaturdifferenz (20°C Innentemperatur [fest] minus Aussentemperatur an Heiztagen), üblicherweise auf Basis kumulierter Tageswerte, berechnet. Der dimensionslose Klimakorrekturfaktor ergibt sich als $k_{15} = G_{15}/G_{15\text{ mittel}}$, d.h. die Elastizität des Raumwärmeverbrauchs auf Veränderungen der so definierten Gradtagzahlen ist eins, oder anders ausgedrückt, es wird eine direkte Proportionalität zwischen Gradtagveränderungen und Verbrauchsveränderungen unterstellt.²

Dass die Wahl der Temperaturmessung bzw. der Temperaturveränderungen anhand von Gradtagmessungen nicht ohne Einfluss auf das Bereinigungsergebnis ist, zeigt sich bereits daran, dass – für die Schweiz insgesamt – die Temperaturveränderung zwar im Grossen und Ganzen ähnlich verläuft, wenn unterschiedliche Messansätze für die Gradtage (z.B. Gradtage definiert ohne Heizgrenze³ [Gradtage (20°)], als Heizgradtage 12_20 oder 10_18) verwendet werden, dass sich im Einzelfall jedoch durchaus unterschiedliche Verläufe ergeben können, vor allem dann, wenn einzelne Standorte betrachtet werden (vgl. nachstehende Grafiken). Es zeigt sich, dass die Unterschiede der Abweichungen vom längerfristigen Mittelwert zwischen den verschiedenen Messansätzen im gemittelten Durchschnitt für die Schweiz tendenziell kleiner sind als an den einzelnen Standorten. Dies ist auch zu erwarten, werden doch kleinräumigere Temperaturschwankungen durch die Mit-

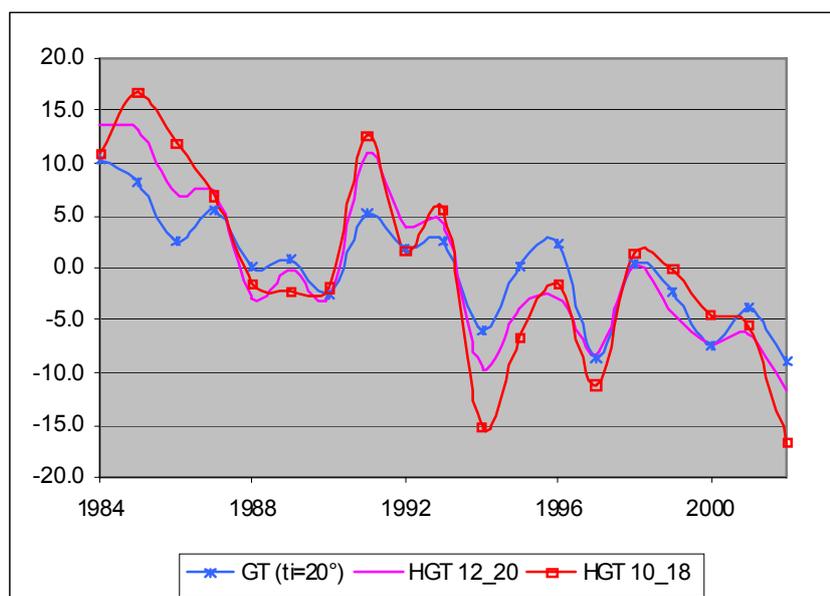
-
- 1 In den Unternehmen der Energiewirtschaft in Deutschland wird teilweise über (Heiz-)Gradtage, teilweise aber auch über die Abweichung absoluter Temperaturen bzw. -differenzen bereinigt
 - 2 Vgl. Ein Gütesiegel für die Sanierung des Gebäudebestandes (eine Initiative von Greenpeace e.V., Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt unter Mitarbeit der ArbeitsGruppe Energie); E.V.A. Kommunale Energiebuchhaltung
 - 3 Wie etwa in der neuen SIA 380/1: Anzahl Kalendertage * (Innentemperatur[20°C] – mittlere Aussentemperatur pro Kalendertag), als Monats- bzw. Jahreswerte.

telwertbildung nivelliert. Dies bedeutet aber auch, dass zur Temperaturbereinigungen an einzelnen Standorten (z.B. in den einzelnen Kantonen oder in den verschiedenen Klimazonen) nicht die gesamtschweizerischen Temperatur- bzw. Gradtagveränderungen verwendet werden dürfen.

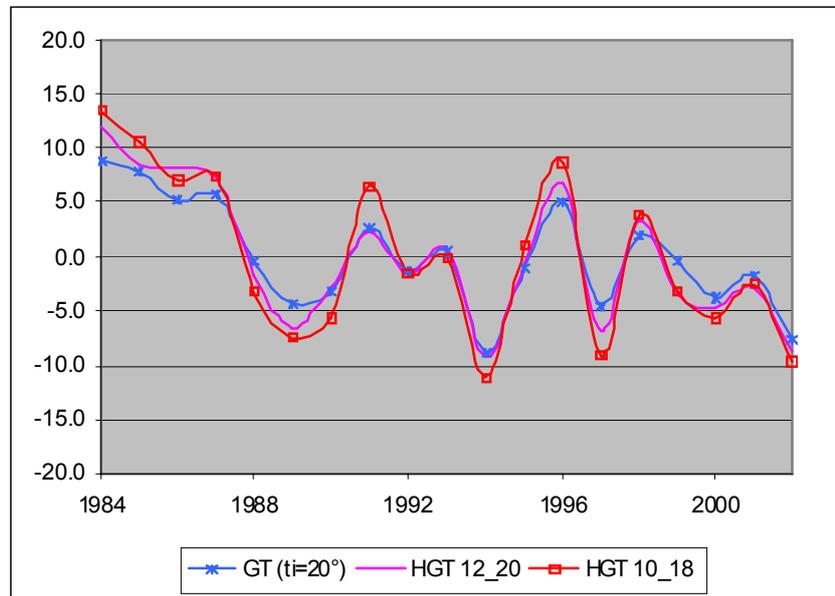
Grafik 3-1: Abweichung der Gradtage und Heizgradtage 12_20/10_18 vom Durchschnitt 1984/2002 in % (Schweiz gesamt)



Grafik 3-2: Abweichung der Gradtage und Heizgradtage 12_20/10_18 vom Durchschnitt 1984/2002 in % (Klima Lugano)



Grafik 3-3: Abweichung der Gradtage und Heizgradtage 12_20/10_18 vom Durchschnitt 1984/2002 in % (Klima La Chaux de Fonds)



Die neue SIA 380/1 hat wohl nicht zuletzt auch aus der Überlegung heraus, dass die Basis Heizgradtage, Heiztage, mittlere Aussentemperatur und Strahlung an Heiztagen zur Berechnung des Energieverbrauches von Gebäuden zunehmend weniger geeignet ist, die Berechnungsverfahren auf die monatlichen bzw. jährlichen¹ Aussentemperaturen an allen Kalendertagen eines Monats bzw. Jahres umgestellt: zum einen werden die Gebäude energetisch zunehmend besser (niedrigere Wärmedurchgangswerte der Bauteile, dickere Dämmungen, bessere Nutzung der Strahlungswärme u.a.), zum andern ist es ein Unterschied für das Heizverhalten und damit den Energieverbrauch, ob die Aussentemperatur die Heizgrenze an einzelnen Tagen eines Monats oder während mehrerer aufeinander erfolgender Tage unterschreitet. Im ersten Fall braucht ein normales massives Gebäude üblicherweise nicht beheizt werden, weil die gespeicherte Wärme die Temperaturdifferenz kurzfristig ausgleichen kann. Nicht so dagegen im zweiten Fall. Hinzu kommt, dass vor allem in den Übergangszeiten die Strahlungsgewinne wachsenden Einfluss gewinnen, so dass die Aussentemperatur allein zur Beurteilung nicht (mehr) ausreicht.

1 Die SIA 380/4 beruht nur auf monatlichen Daten.

4 Methodischer Ansatz

Für die Berechnung des Klimaeinflusses auf den Raumwärme- bzw. Warmwasserverbrauch wurde ein Rechenmodell verwendet, das auf Basis der neuen SIA 380/1 Berechnungsgrundlagen für verschiedene Gebäude und Standardnutzungen die Heizwärmebedarfe ermittelt. Der Wärmebedarf Warmwasser ist für die verschiedenen Standardnutzungen durch die SIA 380/1 festgelegt. Ebenso festgelegt sind weitere Kennziffern für die verschiedenen Standardnutzungen, die den Heizwärmebedarf mit beeinflussen: Innentemperaturen, Personenflächen, Wärmeabgabe pro Person, Präsenzzeiten von Personen, Elektrizitätsverbrauch und Reduktionsfaktor Elektrizität, energiebezugsflächenbezogene Aussenluft-Volumenströme.

Da die neue SIA 380/1 keine Berechnungsvorgaben für die Ermittlung der Nutzungsgrade von Heizanlagen (wie die „alte SIA 380/1“) mehr enthält, wurde die Ermittlung der Nutzungsgrade (von Öl- bzw. Gasheizungen) nach den alten Berechnungsvorschriften modelliert¹. Wegen des enormen technischen Fortschritts bei den Heizanlagen sind die Erzeugerverluste davon abweichend nach aktuellen Angaben eines Heizkesselherstellers und nicht nach der „alten SIA 380/1“ modelliert.

Alle Einflussgrößen werden monatlich betrachtet.

Definitiv ist der Heizwärmebedarf der Saldo von Gesamtwärmeverlusten und den genutzten Wärmegewinnen eines Gebäudes.

Die Gesamtwärmeverluste entsprechen der Summe von Transmissions- und Lüftungsverlusten. In die Berechnung der Transmissionsverluste gehen die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Aussentemperatur und die Länge der Berechnungsperiode, die Gebäudehüllflächen (Dach, Wand, Boden, Fenster nach Ausrichtungen), die Länge der Wärmebrücken, die spezifischen Wärmedurchgangskoeffizienten der einzelnen Bauteile und einzelne weitere Faktoren (u.a. Gesamtenergiedurchlassgrade und Abschattungsfaktoren für Fenster) ein. Die Lüftungswärmeverluste berücksichtigen die Temperaturdifferenzen zwischen Innen- und Aussentemperatur, die Länge der Berechnungsperiode, den flächenbezogenen Aussenluft-Volumenstrom und die Wärmespeicherfähigkeit der Luft. Anrechenbare Transmissions- und Lüftungswärmeverluste treten auf, solange die Aussenlufttemperatur unter der Innentemperatur liegt.

¹ Die Vorschriften für Zentralheizungen werden derzeit überarbeitet. Allerdings wird es noch geraume Zeit dauern, bis die neuen Vorgaben publiziert bzw. wirksam werden. Bis dahin können die alten Rechenwerte und -verfahren angewandt werden.

Die Wärmegewinne wiederum bestehen aus drei Komponenten: Wärmegewinne Elektrizität, Wärmegewinne Personen („Abwärme“) und Wärmegewinne aus der Solarstrahlung (differenziert nach den 5 Ausrichtungen Horizontal, Süd, West, Ost und Nord). Die ersten beiden Komponenten sind durch die Standardnutzungen vorgegeben und temperaturunabhängig. Die solaren Brutto-Wärmegewinne hängen von den Fensterflächen, deren Ausrichtung, Wärmedurchgangskoeffizienten, Verschattungsfaktoren und Gesamtenergiedurchlassgraden sowie der Solareinstrahlung nach Ausrichtung ab. Von den Wärmegewinnen insgesamt wird jedoch nur ein Teil genutzt. Dieser wird über den Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne ermittelt.

Für die Berechnung der Lüftungsverluste wurden monatlich variierende Luftwechselraten unterstellt. Dies deshalb, weil ein Teil der Lüftungsverluste Fugenverluste sind, die durch den Nutzer nicht beeinflussbar sind (ca. 50%). Ein Teil der Lüftungsverluste (Fensterlüftung) ist jedoch nutzer- bzw. temperaturabhängig. Analog zum Vorgehen von E.A. Müller wird unterstellt, dass die Fensterlüftung im Sommer doppelt so hoch ist wie im Winter. Abhängig von der Aussentemperatur wurde deshalb ein aussentemperaturabhängiger Luftwechsel (genauer aussentemperaturabhängiger energiebezugsflächenbezogener Aussenluft-Volumenstrom) modelliert. Dies hat zur Folge, dass zum einen der Luftwechsel und damit auch der Lüftungswärmebedarf im Winter geringer, im Sommer dagegen höher wird als bei zeitlich konstanter Rate¹, zum andern, dass der Lüftungswärmebedarf auf Temperaturveränderungen in den Übergangs- und Sommermonaten stärker reagiert als in den Wintermonaten.

Gebäudeseitig werden unterschiedlicher Gebäudetypen (Grösse, energetische Qualität, Fensterflächenanteile etc.) betrachtet. Die Daten zu den Gebäuden wurden teilweise von Herrn Lenzlinger² bereitgestellt, teilweise wurde auf ältere Daten von Basler & Hofmann zurückgegriffen. Der modellierte Gebäudepark umfasst rund 40 verschiedene Gebäude mit sehr verschiedenen Gebäudegeometrien, Oberflächen /Energiebezugsflächenverhältnissen, Fensteranteilen und unterschiedlichen energetischen Qualitätsstandards.

Der Wärmebedarf Warmwasser ist wie erwähnt durch die neue SIA 380/1 für die einzelnen Standardnutzungen festgelegt. Die Ermittlung der Monatverbräuche erfolgte durch Umlegung der Jahreswerte anhand der monatlichen Kalendertage. Darüber hinaus wird berücksichtigt, dass die nutzenergiemässig auszugleichende

-
- 1 Im Jahresdurchschnitt eines Normaljahres (langjähriges Mittel für Temperatur und Strahlung) resultiert der der SIA 380/1 zugrundeliegende nutzungsabhängige Luftwechsel.
 - 2 Da die energetische Qualität der Gebäudedaten, die von Lenzlinger im Rahmen der neuen SIA 380/1 verwendet wurden, im Durchschnitt deutlich besser ist als der bestehende Gebäudebestand, wurden die Wärmedurchgangskoeffizienten erhöht.

Temperaturdifferenz (Temperaturniveau Warmwasser abzüglich Vorlauftemperatur Kaltwasser) im Sommer etwas kleiner ist als im Winter). Die monatlichen Schwankungen sind damit sehr klein (28-31 Kalendertage/Monat). Da es keine belastbaren Informationen für eine darüber hinausgehende Differenzierung gibt, ist dieses Verfahren angebracht.

Der Nutzungsgrad wird aus den Komponenten Erzeugerverluste, den Verlusten des Heizungsverteilsystems, des Warmwasserspeichers und des Warmwasserverteilsystems (Zirkulationssystem, Stichleitungen) ermittelt. Die erzeugerseitigen Verluste werden entsprechend der jeweiligen Kesselauslastungen durch Heizung bzw. Warmwasser den Verteil- bzw. Speicher- und Verteilverlusten von Heizungs- bzw. Warmwassersystem zugerechnet. Damit lassen sich Nutzungsgrade und Nutzungsgradänderungen für Heizung und Warmwasser berechnen.

Unterschieden werden dabei auf der Erzeugerseite verschiedene Kategorien von Heizanlagen: Altanlagen (Stand Mitte 70er Jahre) mit konstant angehobener Kesseltemperatur (75°C), Heizkessel mit gleitender Temperatur, aber mit unterer Temperaturbegrenzung (40°C, Stand Mitte 80er Jahre), Niedertemperaturheizkessel mit gleitender Temperatur ohne untere Temperaturbegrenzung und Brennwertkessel Gas (Aktuelle Technik), da die Nutzungsgrade dieser Anlagen recht unterschiedlich auf Laständerungen reagieren. Die Kesselleistung wird in Abhängigkeit der maximalen Heizleistung (Referenz-Auslegetemperatur –8°C) sowie eines kleinen Überdimensionierungszuschlags berechnet.

Pro SIA-Standardnutzung (Wohnen MFH, Wohnen EFH, Verwaltung, Schulen, Verkauf, Restaurants, Versammlungslokale, Spitäler, Industrie, Lager, Sportbauten und Hallenbäder) werden jeweils mehrere qualitativ unterschiedliche Gebäude betrachtet, so dass pro Standardnutzung unterschiedliche Gebäude mit identischen Nutzungsbedingungen belegt werden. Damit kann die kombinierte Wirkung von Gebäudeeigenschaften und Nutzungsbedingungen auf den Heizenergiebedarf simuliert werden.

Die Vielzahl der einzelnen Berechnungen wird pro Standardnutzung auf drei Durchschnittsgebäude und drei Heizanlagen reduziert, die stellvertretend stehen für die Situation in 1990, 2000 und 2010. Das Durchschnittsgebäude (für jede Standardnutzung) wird dabei aus mehreren Einzelgebäuden mit unterschiedlichen energetischen Qualitäten und entsprechend unterschiedlichen Heizenergiebedarfen und Reaktionsmustern auf Temperatur- bzw. Strahlungsveränderungen „zusammengesetzt“. Die Gewichte wurden dabei so gewählt, dass die mittleren Jahresheizwärmebedarfe bzw. die mittleren Jahresnutzungsgrade den derzeit verfügbaren

aktuellen Werten der Sektorbearbeiter entspricht¹. Auf diese Weise wird erreicht, dass

- pro Standardnutzung mehrere Gebäude bzw. Heizanlagen mit unterschiedlichem Verhalten auf Temperatur- und Strahlungsveränderungen einbezogen werden.
- im Zeitablauf der mittlere Raumwärmebedarf und der mittlere Energieverbrauch für Raumwärme bzw. Warmwasser sinken, weil ältere Gebäude/Anlagen verschwinden und/oder saniert werden und die Neuzugänge niedrige Heizwärmebedarfe als der Bestand aufweisen.
- die unterschiedlichen Reaktionen von älteren/schlechteren und von neueren/besseren Gebäuden/Anlagen dynamisch berücksichtigt werden kann.

Die Basisrechnungen (die Referenzfälle) beziehen sich auf das gesamtschweizerische „Durchschnittsklima“. Die von Meteo Schweiz bereitgestellten Klimaparameter Aussentemperaturen und Globalstrahlung von rund 50 Messstationen wurden mittels des vom BFE auch bislang verwendeten Gewichtungssystem zu zwei für die Gesamtschweiz geltenden Mittelwerten verdichtet. Betrachtungsperiode für das längerfristige Mittel ist der Zeitraum 1984-2002. „Referenzklima“ ist damit der Zeitraum 1984-2002². Die Solarstrahlung für die vier Himmelsrichtungen wurde mit dem Programm MeteoNorm berechnet.

Die Berechnungen wurden getrennt für die folgenden Komponenten durchgeführt: Raumwärme, Warmwasser, Nutzungsgrad Raumwärme, Nutzungsgrad Warmwasser.

Die Reaktion der Gebäude bei unterschiedlichen Nutzungsbedingungen bzw. der Anlagen auf Veränderungen von Temperatur bzw. Strahlung wurden wie folgt ermittelt. Ausgehend vom Referenzklima werden die monatlichen Referenzbedarfe, Referenznutzungsgrade und entsprechend die Referenzverbräuche ermittelt (pro Standardnutzung jeweils drei gemittelte Werte für 1990, 2000, 2010 für Raumwärmebedarf, Wärmebedarf Warmwasser (konstant), Nutzungsgrad Heizen und Nutzungsgrad Warmwasser. Daraus werden die Energiekennzahlen Heizen und Warmwasser monatlich berechnet. Daraus resultiert eine Monatsverteilung der Energieverbräuche für die drei Stichjahre.

1 Basis Prognos (Wohnen): Aufdatierte, nicht veröffentlichte Daten zum Heizölpanel; CEPE (Gewerbe/Handel/Dienstleistungen): Erdgas-Studie aus 2002; basics (Industrie) Energieperspektiven, mangels detaillierter aktueller Gebäudedaten eigene Schätzung auf Basis der Sektor Daten Haushalte und Dienstleistungen.

2 Nur für diesen Zeitraum liegen für die genannten Stationen Messwerte vor.

Durch Variation der Temperatur und der Strahlung (jeweils um +5%, +10%, +15%, +30% bzw. -5%, -10%, -15%, -30%) werden für alle Gebäude, Anlagen und Nutzungsbedingungen die daraus resultierenden Veränderungen berechnet, wiederum gewichtet und mit der Referenzentwicklung verglichen. Das Ergebnis wird in Form von monatlichen Elastizitäten, getrennt für den Temperatur- und den Strahlungseinfluss, ausgewiesen.

Im letzten Arbeitsschritt werden die ex-post aufgetretenen jährlichen Schwankungen von Temperatur und Strahlung mit den ermittelten Elastizitäten verknüpft. Mit der daraus resultierenden Veränderungsrate ist der temperatur- und strahlungsnormierte Monatsverbrauch(-anteil) zu multiplizieren. Ergebnis ist der Temperatur- und Strahlungseinflüsse berücksichtigende Monatsverbrauchs(-anteil). Summiert über die Monate resultiert der Jahresverbrauch (als Index, wobei 100 dem normierten Jahresverbrauch entspricht).

Der gewählte Untersuchungsansatz versucht, den vielfältigen teils gegenläufigen Einflüssen von Temperatur und Strahlung auf den Energieverbrauch Rechnung zu tragen.

Wir haben bereits darauf hingewiesen, dass im Gegensatz zur alten SIA 380/1 die neue SIA 380/1

- gradtagbasiert und nicht heizgradtagbasiert ist. Die Temperaturdifferenzen werden anhand der Gradtage und nicht der Heizgradtage gemessen. Bei den Gradtagen wird die mittlere Monatsdifferenz zwischen Innen- und Aussentemperaturen mit der Zahl der Kalendertage multipliziert. Bei den Heizgradtagen wurde die mittlere monatliche Aussentemperatur an Heiztagen mit der Zahl der monatlichen Heiztage multipliziert. Die Gradtagkurve zeigt im Vergleich zur Heizgradtagkurve etwas geringere Ausschläge (vgl. Kapitel 2).
- analog dazu auch die jährliche Globalstrahlung insgesamt in die Berechnungen eingeht, während früher nur die Globalstrahlung an Heiztagen berücksichtigt wurde. Durch Korrekturfaktoren (Wärmegewinn/-verlustverhältnis, Zeitkonstante, Parameter für Ausnutzungsgrad) wird sicher gestellt, dass nur der „verwertbare Teil“ zur Anrechnung kommt.
- das Luftaustauschvolumen deutlich niedriger ansetzt als früher. Dieser Effekt ist jedoch gewollt und gibt nach Aussage des Präsidenten der SIA-Kommission 380/4 den Lüftungsbedarf realitätsnäher wieder als die alte Berechnung.

Insgesamt zeigt der Vergleich nach unserer Berechnung, dass der Heizwärmebedarf im Niveau durch die neue Berechnung leicht niedriger ist und dass der Heizenergiebedarfsanteil in den Übergangsmontaten (April, Mai, September, Oktober) grösser und in

den Sommer- (Juni, Juli, August) und Wintermonaten (Januar, Februar, Dezember) kleiner ist als nach der alten Berechnung. Allerdings entfallen bei MFH-Wohngebäuden beispielsweise nach wie vor rund 4/5 des Raumwärmebedarfs auf die Monate November bis März. Spürbar höher ist der Anteil der Übergangsmo-nate, wesentlich niedriger der auf die Sommermonate entfallende Anteil.

5 Zusammenhänge zwischen Temperatur, Strahlung und den Energieverbräuchen für Raumwärme und Warmwasser

5.1 Der Einfluss von Veränderungen von Temperatur und Strahlung auf den Raumwärmebedarf

Der Transmissionswärmebedarf ist bei gegebenen Gebäudemerkmalen direkt proportional zu den Gradtagen bzw. in der alten SIA 380/1 zu den Heizgradtagen¹. Dies gilt dann, wenn die Innentemperaturen im Gebäude und die Innentemperatur bei der Gradtagdefinition identisch sind (i.allg. 20°C). Ist die Gebäudeinnentemperatur niedriger (z.B. Industrie, Lager, Sportbauten) oder höher (Spital, Hallenbad), so reagiert der Transmissionsbedarf auf die Gradtagzahl (mit $t_i = 20^\circ\text{C}$) über- bzw. unterdurchschnittlich. Wenn sich die Gradtagzahl (mit $t_i = 20^\circ\text{C}$) um x% ändert, verändert sich bei Gebäuden mit 20°C Innentemperatur auch der Transmissionswärmebedarf um x%.

Der Lüftungswärmebedarf ist abhängig vom Luftwechsellvolumen während der Länge des Betrachtungszeitraums und von der Wärmespeicherfähigkeit von Luft, die mit der Höhenlage des Gebäudes variiert. Unterstellt man nur einen Luftwechsel über die Fugenverluste der Fenster, so besteht auch hier eine direkte Proportionalität zwischen Gradtagveränderungen und Lüftungswärmebedarf, solange auch hier identische Innentemperaturen bei der Gradtagdefinition und der Gebäudeinnentemperatur verwendet werden. Da der Luftwechsel aber erfahrungsgemäss technischen (Fugenverluste) und verhaltensbedingten (Fensterlüftung) Einflüssen unterliegt, sind die Luftwechselraten jahreszeiten- und damit aussentemperaturabhängig (vgl. methodischer Ansatz). Dies hat zur Folge, dass der Lüftungswärmebedarf auf Gradtagveränderungen nur noch unterproportional, d.h. mit einer Elastizität kleiner als 1 reagiert. Eine 10%ige Veränderung der Gradtage hat (wiederum mit obigern Nebenbedingungen) – über das Jahr gesehen – eine Veränderung des Lüftungswärmebedarfs um rund 7% zur Folge.

Die dem Transmissions- und Lüftungswärmebedarf gegenzurechnenden Komponenten des Raumwärmebedarfs reagieren auf Temperaturveränderungen nicht. Die Wärmegewinne von Perso-

¹ Heizgradtage = Summenprodukt von Kalendertagen bzw. Heiztagen und der mittleren Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Aussentemperatur.

nen bzw. Elektrizität (definiert als MJ/m² Energiebezugsfläche) sind entsprechend den SIA 380/1-Bestimmungen für die einzelnen Standardnutzungen unterschiedlich, aber temperaturunabhängig.¹ Die Brutto-Wärmegewinne aus der Globalstrahlung sind bei zeitkonstanten Verschattungsfaktoren direkt proportional zur Globalstrahlung. Allerdings ändert sich aufgrund des sich verschiebenden Verhältnisses von Wärmeverlusten und Wärmegewinnen das Gewinn-Verlust-Verhältnis.

Festzuhalten bleibt, dass

- der Transmissionswärmebedarf von normalen Gebäuden mit Innentemperaturen von 20°C auf die Gradtagzahl² direkt proportional reagiert.
- unter den obigen Nebenbedingungen der Lüftungswärmebedarf unterproportional auf Veränderungen der Gradtagzahl reagiert.
- die Brutto-Wärmegewinne in normalen Gebäuden nicht auf Temperaturveränderungen reagieren. Die genutzten Wärmegewinne dagegen reagieren infolge des geänderten Gewinn-/Verlustverhältnisses auch gleichgerichtet, aber über das ganze Jahr deutlich weniger als die gesamten Wärmeverluste³.

Daraus folgt zwingend, dass der Raumwärme/Heizenergiebedarf ceteris paribus überproportional auf Temperaturveränderungen reagiert, oder anders ausgedrückt, dass die Elastizität des Raumwärmebedarfs in Bezug auf Gradtagveränderungen stets grösser als Eins ist.

Da der Transmissionsbedarf, der Lüftungswärmebedarf und die Brutto-Wärmegewinne von Personen und Elektrizität strahlungsunabhängig sind, nimmt die Veränderung der Globalstrahlung direkt Einfluss nur auf diesen Strahlungsanteil an den Brutto-Wärmegewinnen. Die Brutto-Wärmegewinne aus der Globalstrahlung sind zu dieser direkt proportional, reagieren als mit einer Elastizität von Eins. Da die neuen Berechnungsgrundlagen auf der monatlichen bzw. jährlichen Globaleinstrahlung basieren (und nicht mehr auf der Einstrahlung nur an Heiztagen), wird der nicht nutzbare Teil der Wärmegewinne insgesamt (also einschliesslich der Wärmegewinne Personen und Elektrizität) durch einen Ausnutzungsgrad Wärmegewinne herausgerechnet: vor allem in den Übergangs- und Sommermonaten sinkt dieser mit zunehmender Globalstrahlung. Die Veränderung des Raumwärmebedarfs bei variie-

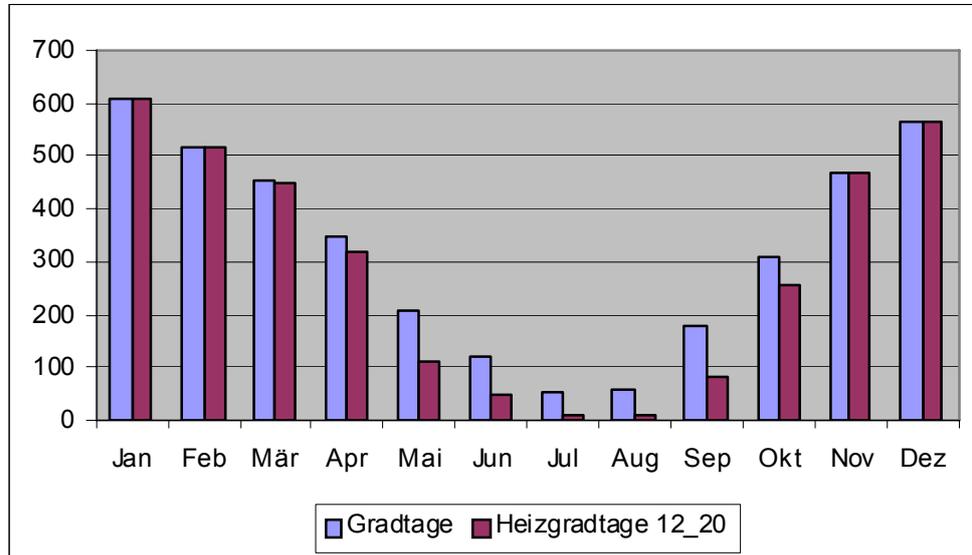
1 Die gilt nicht für Gebäude mit extremen elektrischen Leistungen (z.B. Rechenzentren). Dort ist die Komponente Wärmegewinn Elektrizität als nicht temperaturunabhängig anzusehen.
 2 Definiert als Summenprodukt von [20°C – täglicher mittlerer Aussentemperatur] über die Länge des Betrachtungszeitraums. Ist die tägliche Aussentemperatur grösser als die Innentemperatur, wird die Differenz = Null gesetzt.
 3 In den Sommermonaten reagieren sie maximal in gleichem Ausmass wie die Zunahme der Gesamtverluste.

render Strahlung hängt stark ab von den Gebäudeeigenschaften, aber auch von den Nutzungsbedingungen, die im Gebäude vorliegen. Entscheidend für das Ausmass der Reaktion des Raumwärmebedarfs auf Veränderungen der Globalstrahlung sind hier letztlich die Relationen zwischen den einzelnen Komponenten des Raumwärmebedarfs und des zeitlichen Anfalls von mehr oder weniger Strahlung. Obwohl im Winter zusätzliche Strahlungswärme nahezu „verlustfrei“ in genutzte Wärmegewinne umgesetzt wird und in den Übergangsmonaten und vor allem im Sommer die Ausnutzungsgrade deutlich geringer sind, führt zusätzliche Strahlungswärme in den Übergangs- und Sommermonaten (soweit in diesen Monaten überhaupt ein Raumwärmebedarf besteht) zu einer prozentual grösseren Reduktion als im Winter. In jedem Fall aber sind Raumwärmebedarf und Strahlungsveränderung negativ korreliert: zusätzliche Strahlung reduziert den Raumwärmebedarf, soweit dieser nicht bereits Null ist, reduzierte Strahlung erhöht den Raumwärmebedarf.

Die oben aufgeführten grundsätzlichen Zusammenhänge gelten sowohl für das gesamte Jahr wie auch für einzelne Monate. Allerdings ist aufgrund der sich monatsweise unterschiedlich zusammensetzenden Komponenten des Raumwärmebedarfs und deren unterschiedlicher Reaktion auf (an Gradtagen gemessenen) Temperaturveränderungen und auf Veränderungen der Globalstrahlung damit zu rechnen, dass der Raumwärmebedarf in den einzelnen Monaten unterschiedlich reagiert.

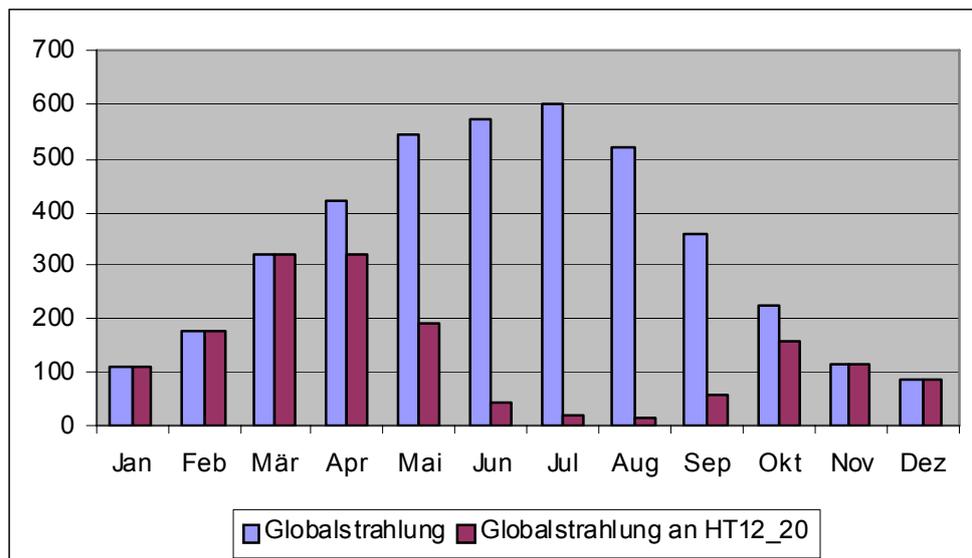
Betrachtet man die Verteilung der Gradtage bzw. der Heizgradtage über das Jahr, zeigt sich, dass – gemessen an den Gradtagen (bei 20°C Innentemperatur) – rund 2/3 auf die Monate November bis März, rund 30% auf die Monate September/Okttober bzw. April bis Juni und 2,5% auf die Sommermonate Juli und August entfallen. Gemessen an den Heizgradtagen ist der Raumwärme-/Heizbedarf stärker auf die Wintermonate (76%) konzentriert. Nur knapp 25% entfallen auf die Übergangsmonate und weniger als 1% auf die beiden Sommermonate.

Grafik 5-1: Gradtage ($t_i=20^{\circ}\text{C}$) und Heizgradtage 12_20 in der Schweiz, 1984-2002



Die Globalstrahlung für die Schweiz im Zeitraum 1984-2002 ist in nachfolgender Grafik dargestellt¹.

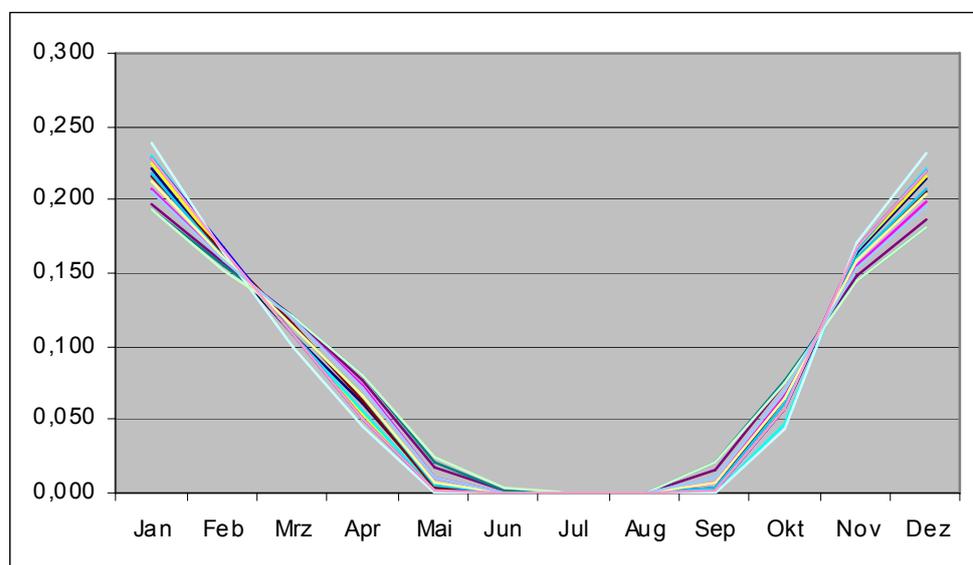
Grafik 5-2: Solarstrahlung und Solarstrahlung an Heiztagen in der Schweiz, 1984-2002



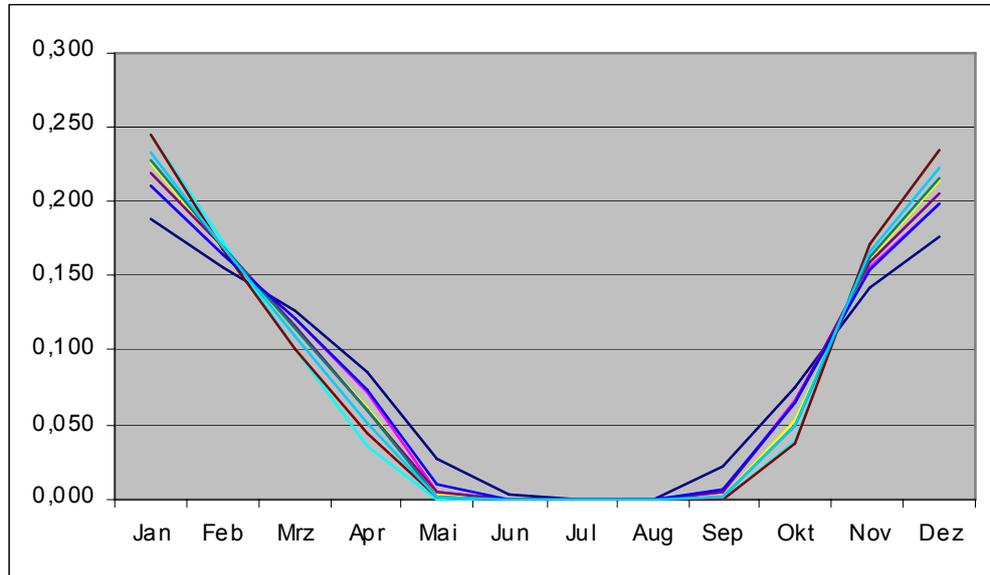
1 Beiden Grafiken liegen die gewichteten Klimadaten der eingangs genannten rund 50 Meteostationen zugrunde.

Berücksichtigt man die Temperaturverteilung und die Strahlungsverteilung über das Jahr und integriert darüber hinaus die nutzungsabhängigen Komponenten des Raumwärmebedarfs, so resultieren für die einzelnen Gebäudetypen und Nutzungen Verteilungen des jährlichen Raumwärmebedarfs, die naturgemäss alle prinzipiell ähnlich sind, aber dennoch im Einzelfall – abhängig von den spezifischen Gebäudeeigenschaften und den Nutzungsbedingungen – mehr oder weniger variieren. Beispielhaft sind hier drei Standardnutzungen mit verschiedenen Gebäuden unterschiedlicher Grösse, energetischer Güte und unterschiedlicher Innentemperatur dargestellt.

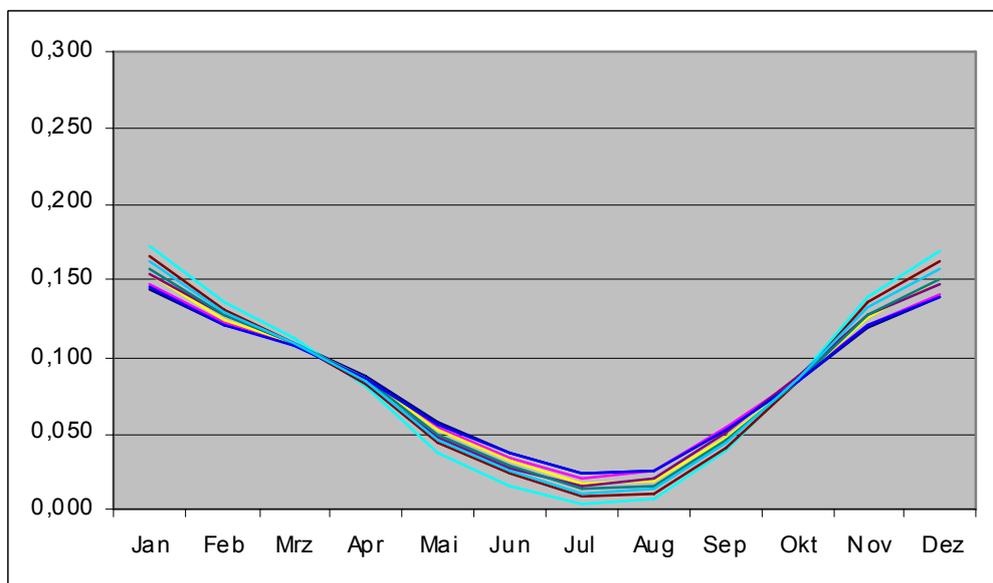
Grafik 5-3: Monatsanteil am Jahresraumwärmebedarf in Mehrfamilienhäusern ($t_i=20^{\circ}\text{C}$)



Grafik 5-4: Monatsanteil am Jahresraumwärmebedarf in Industriegebäuden ($t_i=18^\circ\text{C}$)



Grafik 5-5: Monatsanteil am Jahresraumwärmebedarf in Hallenbädern ($t_i=28^\circ\text{C}$)



Deutlich sichtbar wird, dass der Raumwärmebedarf bei unterschiedlichen Standardnutzungen sich mit steigender Temperaturdifferenz t_i-t_a gleichmässiger auf die Monate verteilt. Dies gilt im Übrigen auch innerhalb einer Standardnutzung, wenn identische Gebäude unterschiedlichen Aussentemperaturverhältnissen (z.B. Klimazonen) ausgesetzt sind. Das gleiche Gebäude weist in Hoch-

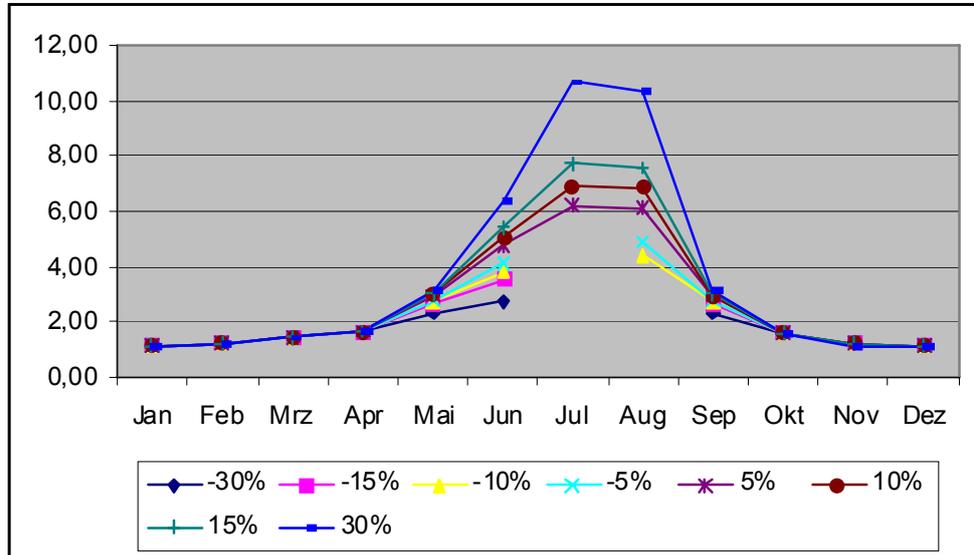
lagen eine andere Monatsverteilung des Raumwärmbedarfs auf als in Tieflagen. Sichtbar wird auch, dass bei schweizerischen Durchschnittstemperaturen und normalen Nutzungen in den Monaten Juli und August die Heizwärmebedarfe auf Null gehen, weil dann die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste durch die internen und die Strahlungswärmegewinne kompensiert bzw. überkompensiert werden¹. Die einzelnen Gebäude innerhalb einer Standardnutzung streuen aufgrund variierender Gebäudeeigenschaften (Grösse, Aussenflächen/Energiebezugsflächenverhältnis, Fensteranteile und Qualitäten, etc.) und der unterschiedlichen Relationen von Wärmegewinnen/Wärmeverlusten. Alte bzw. ineffiziente Gebäude weisen flachere, neuere und meist energieeffizientere Gebäude stärker konzentrierte Verteilungskurven auf. Bei sehr effizienten Gebäude sinkt bei gesamtschweizerischen Durchschnittstemperaturen der letzten 18 Jahre der Raumwärmebedarf von Juni bis September auf Null.

Weichen die Temperaturen von den längerfristigen mittleren Durchschnittstemperaturen ab, so ändern sich die monatlichen Raumwärmebedarfe bei gleicher relativer Temperaturveränderung unterschiedlich: in den Monaten Januar und Februar sowie November und Dezember sind die Elastizitäten nur wenig grösser als 1, nehmen aber dann in der Übergangszeit deutlich zu. Ausserdem sind die Elastizitäten² nicht konstant, sondern variieren in Abhängigkeit der relativen Gradtag-(Temperatur-)veränderung, wie nachstehende Grafiken beispielhaft veranschaulichen.

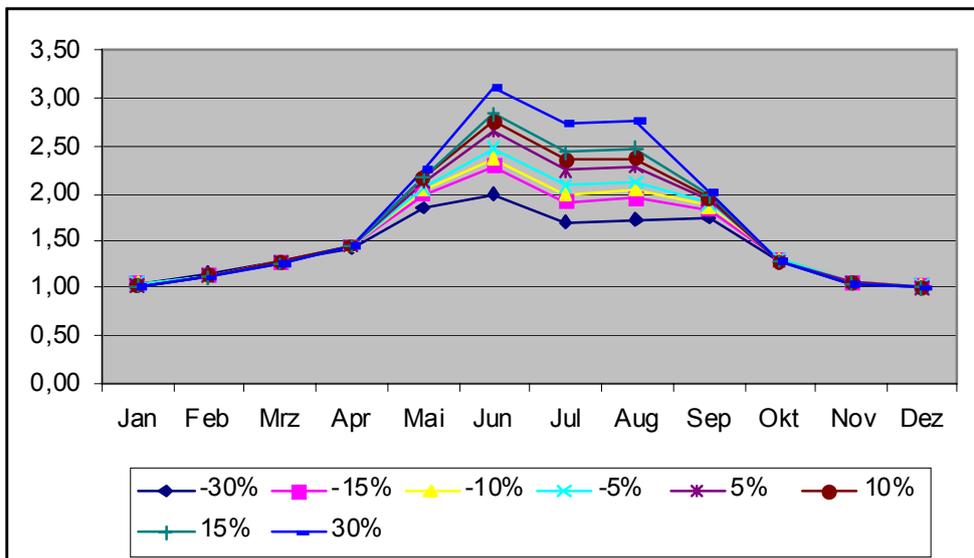
1 Nur etwa 7% der Energiebezugsflächen liegen über 800 m. Sensitivitätsrechnungen zeigen, dass auch in Hochlagen der Raumwärmebedarf der Sommermonate Juli und August am gesamten Jahresheizwärmebedarf für Gebäude mit normalen Innentemperaturen deutlich unter 1% beträgt. Wegen der niedrigeren Aussentemperaturen liegen die Heizwärmebedarfe in Hochlagen (z.B. La Chaux de Fonds) um rund ¼ höher als im Mittelland. Dennoch beträgt der Anteil der Monate Juli und August am gesamtschweizerischen Jahresheizwärmebedarf maximal je 0,1%, eine Gröszenordnung, die auf das Ergebnis nicht spürbar durchschlägt, v.a. dann, wenn man unterstellt, dass Gebäude in diesen Höhenlagen besser als der Durchschnitt isoliert sind.

2 prozentale Veränderung des Raumwärmebedarfs / prozentuale Veränderung der Gradtage

Grafik 5-6: Elastizität des Raumwärmebedarfs auf monatliche Gradtagänderungen in MFH (Prinzipbild)



Grafik 5-7: Elastizität des Raumwärmebedarfs auf monatliche Gradtagänderungen in Spitälern (Prinzipbild)

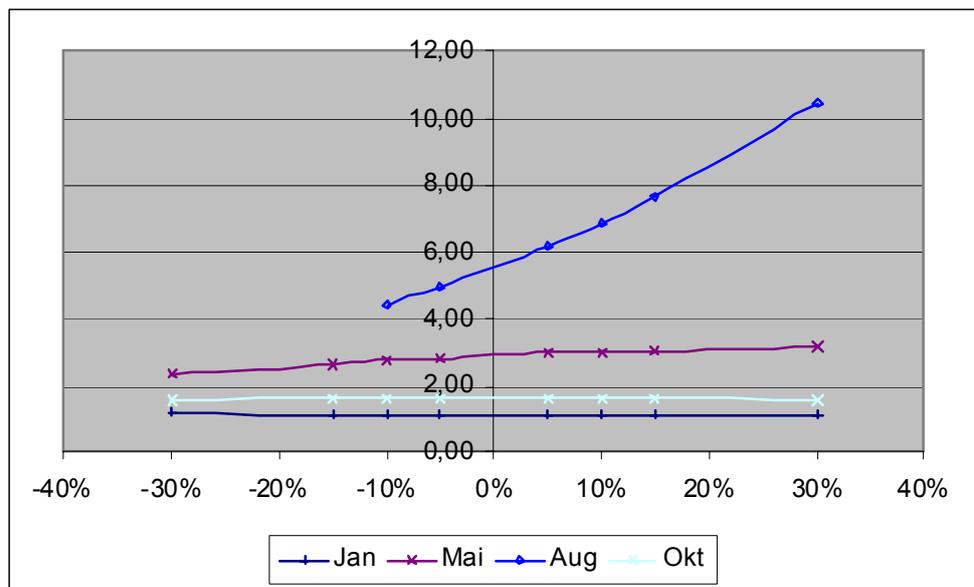


Der Anstieg der Elastizitäten gegen Jahresmitte ist deutlich erkennbar. Sichtbar wird auch, dass bei normaltemperierten Gebäuden ab einer bestimmten Abnahme der Gradtagzahl der Raumwärmebedarf schlagartig auf Null sinkt. Dies ist dann der Fall, wenn die Transmissionsverluste kleiner werden als die genutzten Wärmegewinne. Die Elastizität wird in diesem Punkt unendlich gross. Die insgesamt deutlich flachere Kurve bei Spitälern ist Fol-

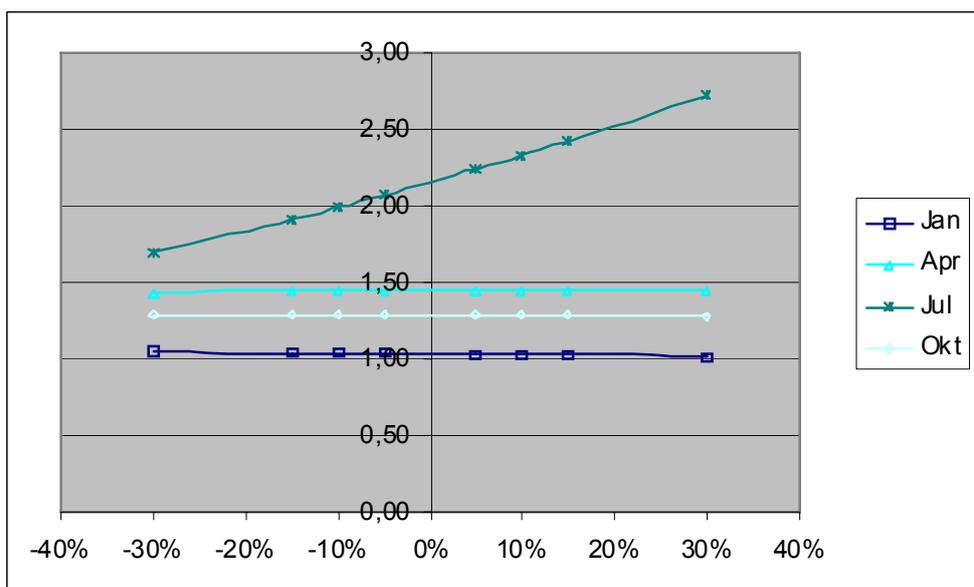
ge der höheren Innentemperaturen (22°C) und der Gradtagdefinition (auf 20°C Innentemperatur berechnet).

Die beiden nachstehenden Grafiken illustrieren die Zunahme der Elastizitäten innerhalb einzelner Monate auf relative Gradtagänderungen.

Grafik 5-8: Elastizität des Raumwärmebedarfs auf Gradtagänderungen innerhalb eines Monats in MFH (Prinzipbild)



Grafik 5-9: Elastizität des Raumwärmebedarfs auf Gradtagänderungen in Spitälern (Prinzipbild)

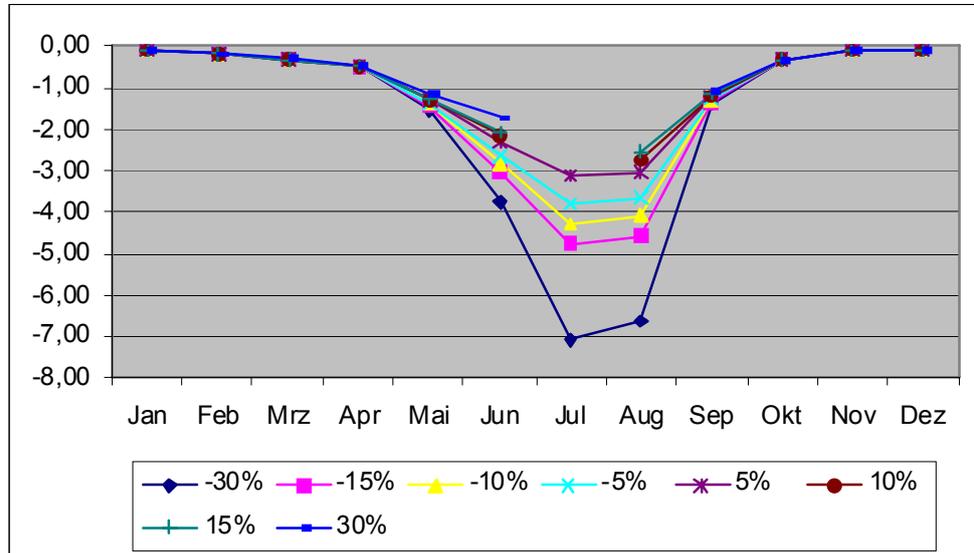


Wie oben erwähnt, sind die Elastizitäten immer grösser als Eins. In den Wintermonaten liegen sie aber nahe Eins¹. Im Laufe des Jahres steigen sie bis zu den Sommermonaten stark an und gehen dann wieder zurück. Zusätzlich ändern sie sich mit dem Ausmass der Gradtagveränderung je nach Jahreszeit mehr oder minder spürbar. Die Veränderung lässt sich dabei mit einem linearen Zusammenhang relativ gut beschreiben. Allerdings darf der Anstieg der Elastizitäten in den Monaten Juni, Juli und August nicht überinterpretiert werden: die starken Veränderungen sind hier das Ergebnis kleiner absoluter Veränderungen der einzelnen Komponenten des Raumwärmebedarfs². Deshalb haben kleine Veränderungen grosse Auswirkungen. Allerdings wirken die (hohen) Elastizitäten auf kleine Mengen bzw. Anteile am Jahresraumwärmebedarf, was deren Einfluss auf das Jahresergebnis wieder relativiert.

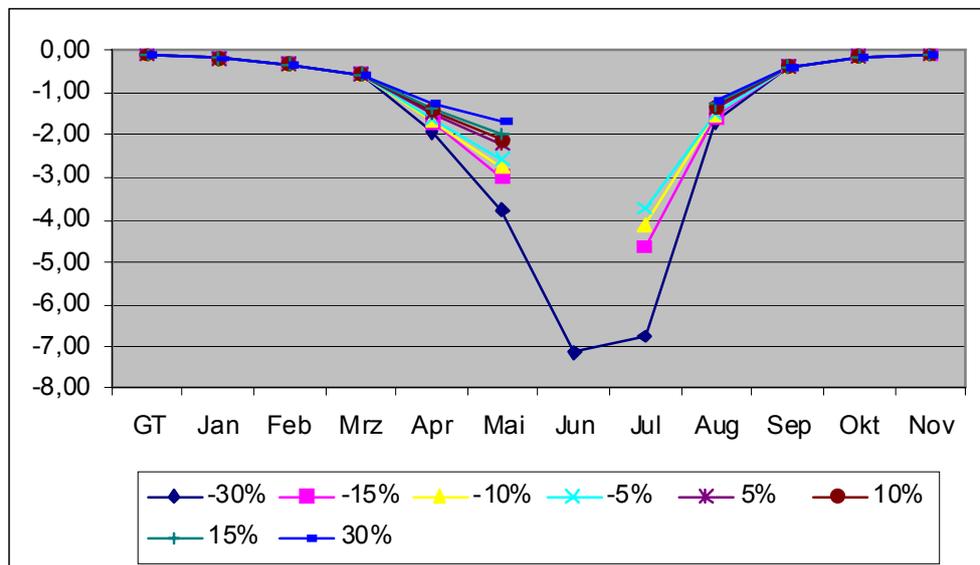
Der Einfluss der Strahlung auf den Raumwärmebedarf ist deutlich geringer als der Einfluss der Temperatur (ca. 1/5). Mit fallender Globalstrahlung steigt der Raumwärmebedarf u.v.v. Die Elastizität ist folglich negativ. Die Abhängigkeiten sind jedoch ähnlich wie bei der Temperatur: Prozentuale Änderungen der Globalstrahlung bewirken im Winter prozentual kleinere Veränderungen als in der Übergangszeit, d.h. die Elastizität ist im Sommer stärker negativ als im Winter. Auch bei der Strahlung gilt, dass die Höhe der Elastizität darüber hinaus abhängig ist vom Ausmass der Strahlungsveränderung. Nächsthende Grafiken veranschaulichen die Zusammenhänge.

1 Voraussetzung ist auch hier: die Innentemperatur bei der Gradtagdefinition entspricht der Gebäudeinnentemperatur.
 2 Die Relationen zwischen Transmissionsverlusten, Lüftungsverlusten, Wärmegewinnen von Personen, Elektrizität und Globalstrahlung verschieben sich massiv: Die Verlustkomponenten nehmen zur Jahresmitte hin massiv ab, die Gewinne erreichen die gleiche Grössenordnung oder übertreffen die Verluste sogar.

Grafik 5-10: Elastizität des Raumwärmebedarfs auf monatliche Änderungen der Globalstrahlung MFH (Prinzipbild)



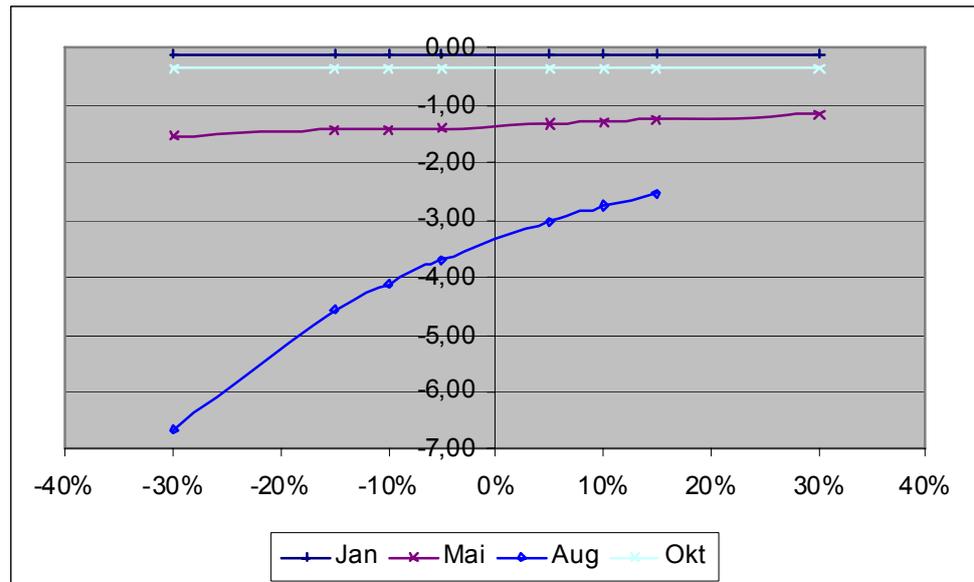
Grafik 5-11: Elastizität des Raumwärmebedarfs auf monatliche Gradtagänderungen in MFH (Prinzipbild)



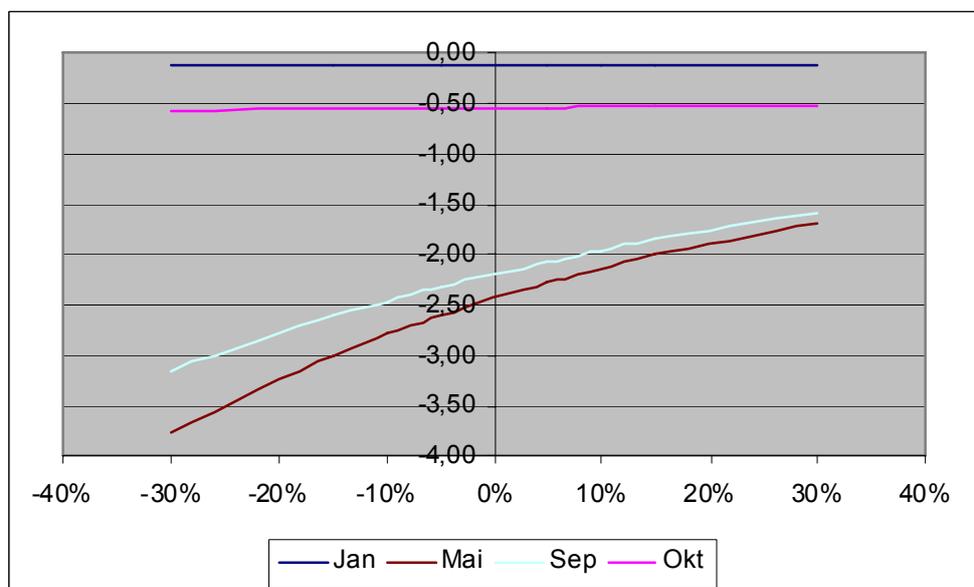
Während eine Veränderung der Globalstrahlung um 10% im Winter den Raumwärmebedarf um etwa 1,2% verändert (Elastizität $-0,08$ bis $-0,18$ je nach Nutzung und Monat), beträgt dieser Effekt im Mai etwa 15% (Elastizität $-1,2$ bis $-1,8$ je nach Gebäudenutzung und Veränderungsrichtung). Allerdings sind die Auswirkungen – absolut gesehen – andere, da der Raumwärmebedarf im Winter deutlich höher ist als im Mai.

Auch bei der Strahlung ist die Elastizität in einem bestimmten Monat abhängig von der Gebäudenutzung und dem Ausmass der Veränderung der Globalstrahlung.

Grafik 5-12: Elastizität des Raumwärmebedarfs bei unterschiedlichen Gradtagsänderungen innerhalb eines Monats in MFH (Prinzipbild)



Grafik 5-13: Elastizität des Raumwärmebedarfs bei unterschiedlichen Gradtagsänderungen innerhalb eines Monats in der Industrie (Prinzipbild)



Während in der kalten Jahreszeit die Reaktion auf Veränderungen der Globalstrahlung nahezu unabhängig ist vom Ausmass der Veränderung, ist diese in der Übergangszeit wesentlich stärker ausgeprägt.

In den Heizmonaten November bis März, wenn fast jeder Kalendertag ein Heiztag ist, sind die Elastizitäten mit $-0,08$ bis $-0,2$ sehr klein. In der Übergangszeit und in den Sommermonaten in Hochlagen steigen sie auf deutlich grössere negative Werte. Allerdings sind auch hier die absoluten Auswirkungen nicht allein an der Elastizität zu messen: der tatsächliche Einfluss auf das Monatsergebnis (bzw. das kumulierte Jahresergebnis) ergibt sich aus der kombinierten Wirkung des Ausmasses der Veränderung, der Elastizität und dem absoluten Verbrauch bzw. dem Monatsanteil am Jahresverbrauch.

Der monatliche Energiebedarf für Warmwasser wird durch Aussentemperaturveränderungen oder Veränderungen der Strahlung nicht beeinflusst, zumindest dann nicht, wenn unterstellt wird, dass das Warmwassertemperaturniveau in den einzelnen Monaten des Jahres nicht variiert und die mittlere Kaltwassertemperatur im Sommer höher ist als im Winter, aber nicht von monatlich oder jährlich schwankenden Aussentemperaturen verändert wird¹.

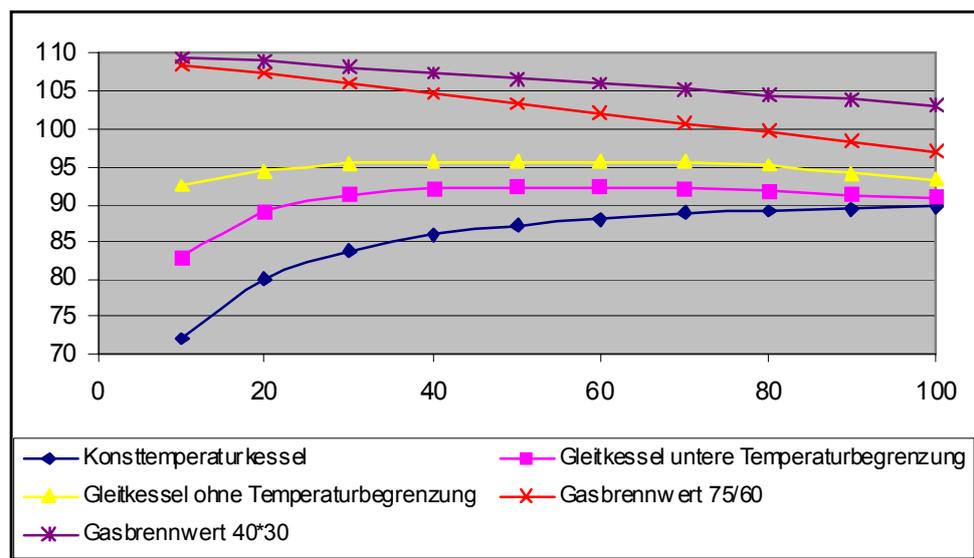
5.2 Der Einfluss von Veränderungen von Temperatur und Strahlung auf die Nutzungsgrade für Raumwärme und Warmwasser

Die Verluste der Heiz- bzw. Warmwasseranlage setzen sich ähnlich wie beim Raumwärmebedarf aus verschiedenen Komponenten zusammen, die in ihren Wirkungen teilweise gegenläufig sind. Während die Verluste der Heizungsverteilung, des Warmwasserspeichers und der Warmwasserverteilung mit fallenden Aussentemperaturen (und damit grösseren Temperaturdifferenzen zwischen Innen- und Aussentemperatur) grösser werden, steigt – vor allem bei ganz alten und älteren Heizsystemen – der Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung dann an, was den steigenden Verteil- und Speicherverlusten von Warmwasser- bzw. Heizungsverteilsystem entgegen wirkt.

¹ Die mittlere Temperatur des Kaltwasserzuflusses (Juni bis August 12°C , Dezember und Januar 8°C , Jahresdurchschnitt 10°C) wird wohl weitaus stärker als durch Aussentemperaturen durch die Temperaturen im Erdreich geprägt, und diese ändern sich weit weniger stark als die Aussentemperaturen.

Alte Heizanlagen¹ aus den 70 Jahren wiesen mit wachsender Auslastung stark steigende Nutzungsgrade auf und erreichten praktisch erst in der Nähe der Vollaustattung ihren maximale Leistung. Neuere Heizanlagen sind im Hinblick auf das Teillastverhalten optimiert, da die Vollaustattung der Anlagenkapazität, wenn überhaupt, nur an wenigen Tagen oder Stunden im Jahr erreicht wird. So weisen bereits Öl- und Gasheizungen mit Baujahr ab Mitte/Ende der 80er Jahre im Teillastbereich höhere Nutzungsgrade auf als bei Vollast. Aktuelle Niedertemperaturkessel zeigen über einen breiten Auslastungsbereich nur sehr geringe Nutzungsgradänderungen. Gasbrennwertgeräte und auch die neuen Ölbrennwertgeräte erreichen bei einer sehr geringen Auslastung die höchste Effizienz. Mit zunehmender Last nimmt der Nutzungsgrad stetig ab.

Grafik 5-14: Nutzungsgrade verschiedener Wärmeerzeuger in Abhängigkeit der Kesselauslastung² (in %)



Besonders bei ganz alten Anlagen bricht der Nutzungsgrad bei einer Kesselauslastung unter 10% massiv ein, während dies bei aktuellen Niedertemperaturkessel erst bei einer Auslastung von unter 2% der Fall ist. Bei gekoppelter Erzeugung von Heizung und Warmwasser sind Auslastungen unter 10% in den Übergangs- und Sommermonaten nicht selten.

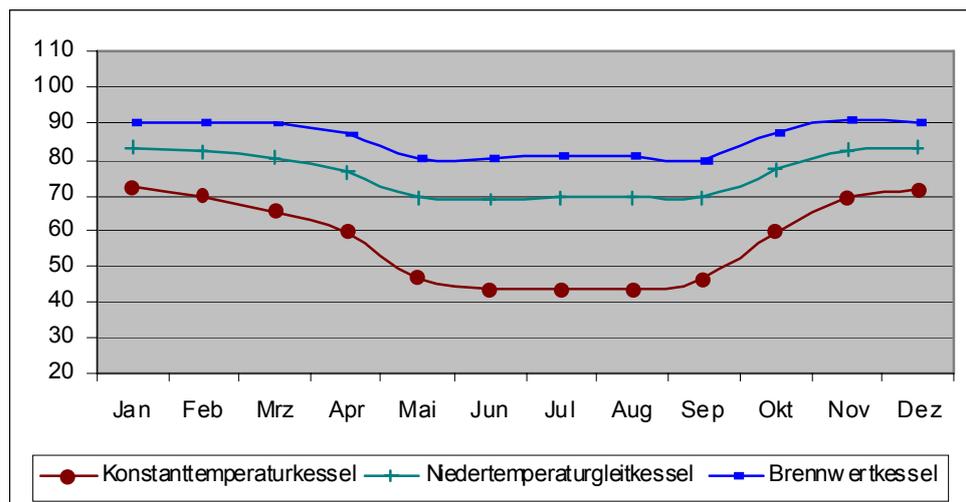
Beim Raumwärmebedarf der Gebäude haben wir bereits darauf hingewiesen, dass aufgrund der energetischen Verbesserung des Gebäudebestandes mittel- und längerfristig eine stärkere Konzent-

1 Bei allen fossilen Zentralheizsystemen.
 2 Quelle; Viessmann, Fachreihe Brennwerttechnik (S.6)

ration auf die Winter- und Übergangsmonate stattfindet. Gleichzeitig verändert sich die Reaktion auf Temperatur- und/oder Strahlungsveränderungen. In Analogie hierzu verändert sich auch aufgrund der Zunahme moderner Heizsysteme im Anlagenbestand dessen Reagibilität auf Temperatur- und Strahlungsveränderungen. Allerdings schlagen sich diese Veränderungen im Gesamtnutzungsgrad weniger stark nieder als beim Erzeugernutzungsgrad, weil in diesen neben den Verlusten des Wärmeerzeugers auch die Verluste von Heizungs- und Warmwasserverteil-(und speicher)system eingehen. Deshalb ist es sinnvoll, diese Verschiebungen im Anlagenpark zu modellieren.

Der Gesamtnutzungsgrad zeigt für alte und neue Anlagen folgenden Jahresverlauf.

Grafik 5-15: Nutzungsgrade Heizung und Warmwasser in einem MFH mit einem durchschnittlichen Raumwärmebedarf bei verschiedenen Wärmeerzeugern in Abhängigkeit der Kesselauslastung (in %), gekoppelte Erzeugung Raumwärme und Warmwasser

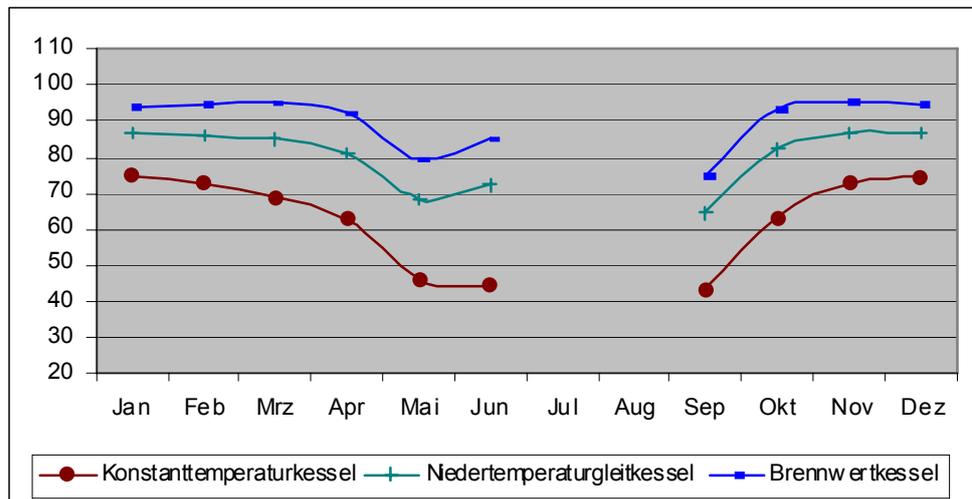


Bei alten Anlagen sind die monatlichen Nutzungsgraddifferenzen deshalb auf der Erzeugerseite erwartungsgemäss weitaus deutlicher ausgeprägt als bei neuen Anlagen. Am obigen Beispiel sind dabei die Heizungsverteilverluste in allen Fällen identisch.

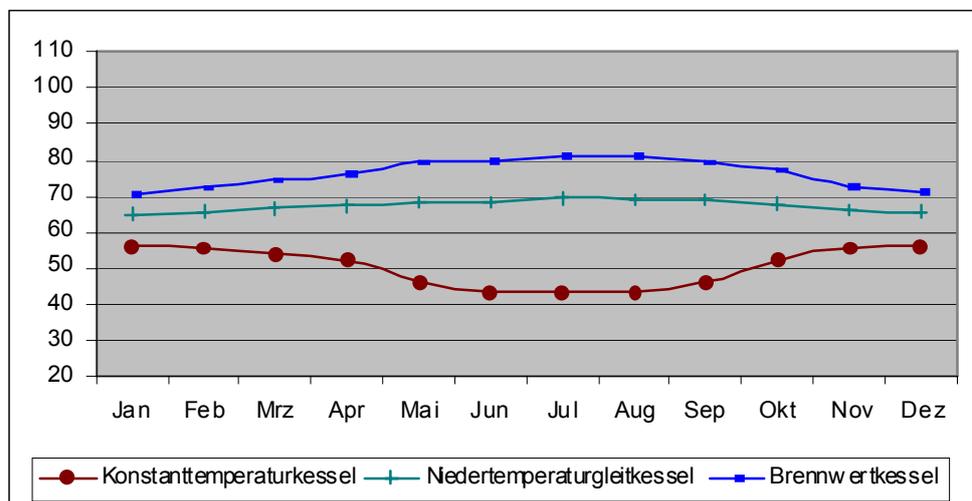
Die dem obigen Beispiel zugrunde liegenden Gebäude-/Nutzungsdaten führen dabei für den „Heizungsteil“ und den „Warmwasser-¹“ zu unterschiedlichen Nutzungsgradverläufen:

¹ Da von einer gekoppelten Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser ausgegangen wird, gelten für die getrennte Erzeugung diese Zurechnungen nicht. Bei getrennter Erzeugung wären Heizanlage und Warmwasserbereitung unterschiedlich dimensioniert, wodurch sich für beide Teilsysteme jeweils andere Nutzungsgrade ergeben.

Grafik 5-16: Nutzungsgrade Heizen in einem MFH mit durchschnittlichem Raumwärmebedarf bei verschiedenen Wärmeerzeugern in Abhängigkeit der Kesselauslastung (in %), gekoppelte Erzeugung Raumwärme und Warmwasser



Grafik 5-17: Nutzungsgrade Warmwasser in einem MFH mit durchschnittlichem Raumwärmebedarf bei verschiedenen Wärmeerzeugern in Abhängigkeit der Kesselauslastung (in %), gekoppelte Erzeugung Raumwärme und Warmwasser



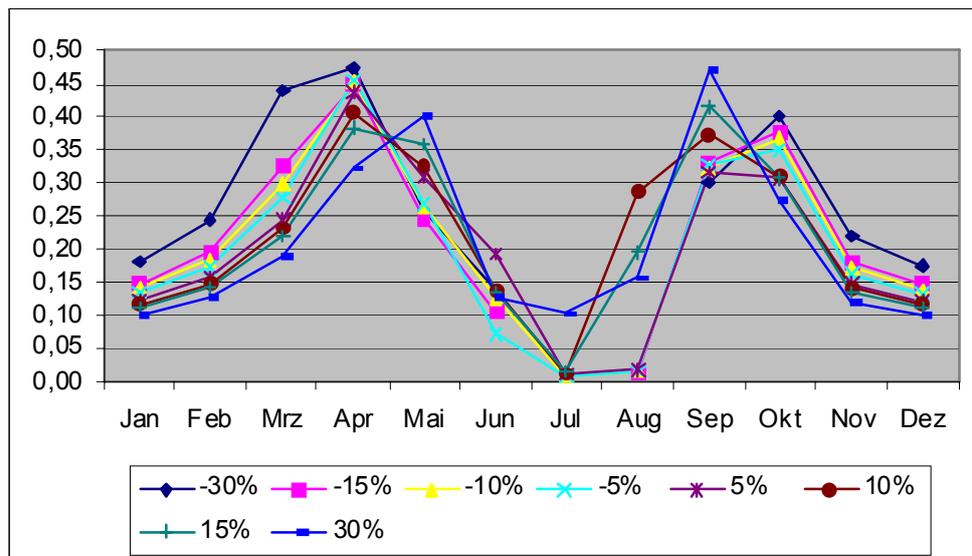
Die Unterschiede resultieren daraus, dass das Warmwassersystem kleineren Auslastungsveränderungen unterworfen ist.¹

1 Das Temperaturniveau des Warmwassers liegt konstant bei ca. 55°C (Speicher, Verteilung). Fällt die Aussentemperatur von 15°C um 10°C, so bedeutet dies für die Heizungsverteilung eine Änderung um den Faktor drei (20°C-5°C)

Die grundlegenden Zusammenhänge zwischen Auslastung und Nutzungsgrad gelten prinzipiell für alle Standardnutzungen und Gebäudetypen. Allerdings sind auch hier die „Arbeitsbedingungen“ der Heizanlagen von Gebäudetyp und Nutzungsbedingungen abhängig, so dass sich im Einzelfall recht unterschiedliche Reaktionsmuster auf unterjährige Temperatur- und/oder Globalstrahlungsveränderungen gegenüber dem Referenz- oder „Normalzustand“ ergeben können.

Ändern sich die Temperatur- oder Strahlungsbedingungen unterjährig gegenüber dem längerfristigen Durchschnitt, so reagieren auch die Nutzungsgrade Heizen auf gleiche prozentuale Veränderungen in den einzelnen Monaten unterschiedlich. Die Elastizität des Nutzungsgrades reagiert dabei auf Temperatur- und Strahlungsveränderungen ähnlich, wie nachstehende Grafiken beispielhaft zeigen.

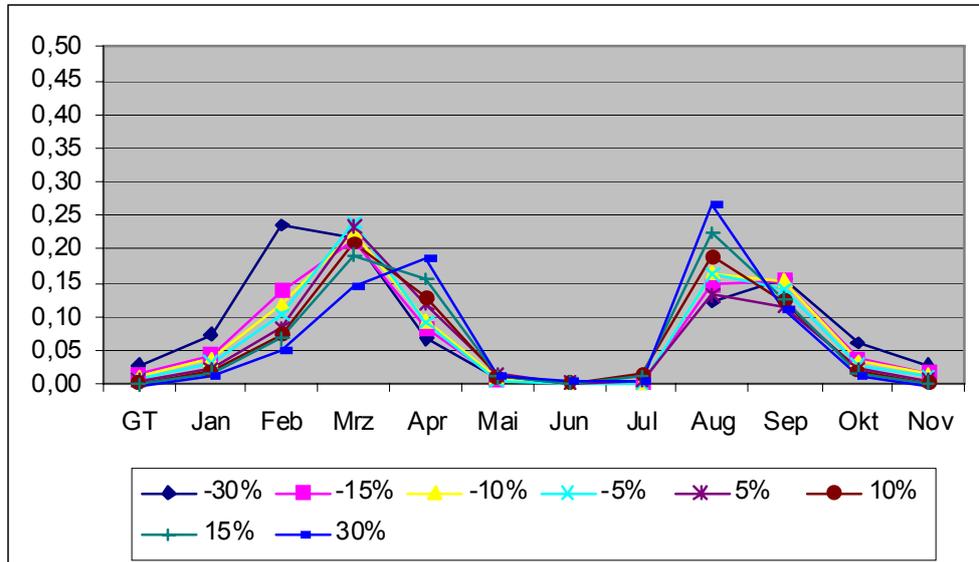
Grafik 5-18: Elastizität des Nutzungsgrades¹ Heizen auf Temperaturveränderung, Konstanttemperaturkessel (75°C)



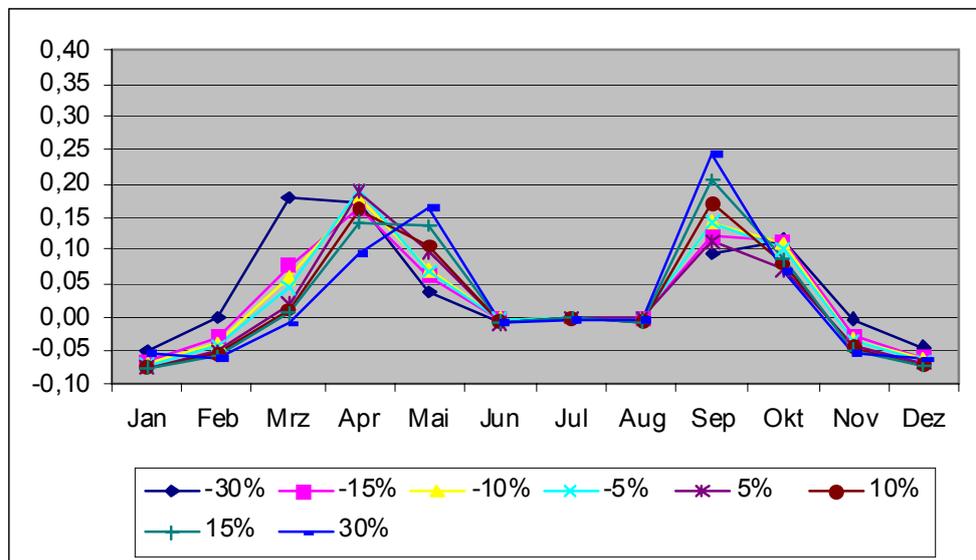
(20°C-15°C), während beim Warmwassersystem aufgrund der ohnehin höheren Temperaturdifferenziale (Speicher-, Zirkulationstemperatur (ca. 55°C) die relativen Zuwächse etwa halb so hoch sind (vereinfacht: (55-5)/(55-15)).

¹ Beispiel: MFH, in Abhängigkeit der Kesselauslastung (in %), gekoppelte Erzeugung Raumwärme und Warmwasser

Grafik 5-19: Elastizität des Nutzungsgrades¹ Heizen auf Temperaturveränderung, Niedertemperaturkessel

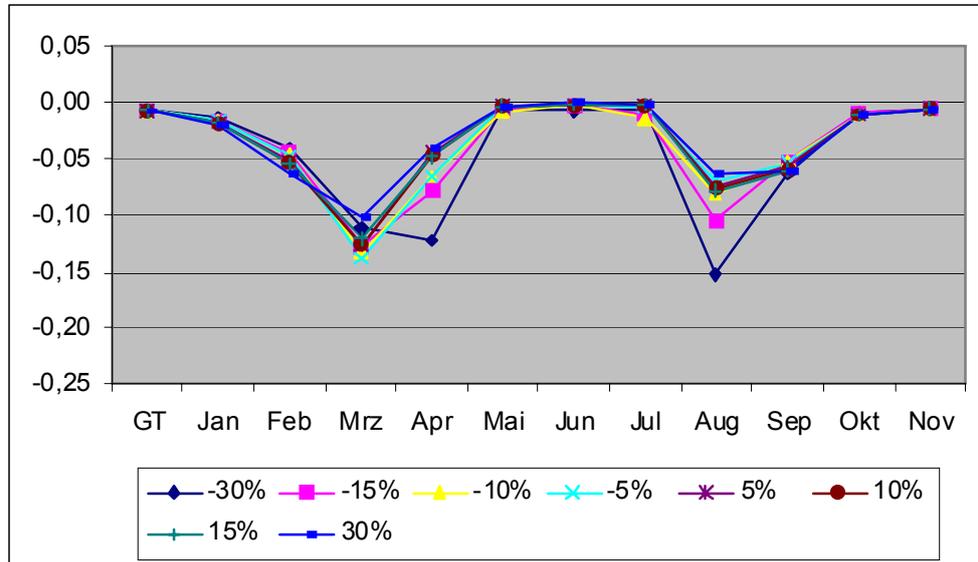


Grafik 5-20: Elastizität des Nutzungsgrades² Heizen auf Temperaturveränderung, Brennwertkessel Gas



1 Beispiel: MFH, in Abhängigkeit der Kesselauslastung (in %), gekoppelte Erzeugung Raumwärme und Warmwasser
 2 Beispiel: MFH, in Abhängigkeit der Kesselauslastung (in %), gekoppelte Erzeugung Raumwärme und Warmwasser

Grafik 5-21: Elastizität des Nutzungsgrades¹ Heizen auf Globalstrahlungsveränderung (Niedertemperaturkessel)



Starke Reaktionen zeigen sich vor allem in der Übergangszeit, wobei bei neueren Heizanlagen die Elastizitäten insgesamt niedriger sind. Dies bedeutet, dass die in der Vergangenheit auf steigende/fallende Gradtage zu beobachtende kompensatorische Wirkung des steigenden/fallenden Nutzungsgrades auf den Energieverbrauch Raumwärme zunehmend kleiner wird. Mit wachsender Verbreitung der NT- und Brennwerttechnik ist bei Gas- und zunehmend auch Ölheizungen damit zu rechnen, dass zumindest in den Monaten November bis Februar der Nutzungsgrad des Heizsystems auf positive oder negative Abweichungen der Gradtage vom längerfristigen Mittel gegengerichtet reagiert: steigt in den genannten Monaten die Gradtagzahl, so sinkt der Nutzungsgrad (u.v.v.). Mit anderen Worten: die Elastizität wird in diesen Monaten negativ. In der Tendenz gilt dies auch für den Strahlungseinfluss, allerdings ist dessen Einfluss weit weniger stark als der von Temperaturveränderungen.

Festzuhalten bleibt, dass der bislang kompensatorisch wirkende Effekt der Nutzungsgradveränderung auf Veränderungen der Gradtage und – stark abgeschwächt – auch der Globalstrahlung mit steigendem Anteil neuer Heizanlagen deutlich abnimmt und in Zukunft durch das starke Vordringen der Brennwertgeräte (bei Gas und seit etwa 2-3 Jahren auch bei Öl) sich dieser Effekt sogar umkehrt (Elastizität Konstanttemperaturkessel zwischen 0.1 und 0.2; Niedertemperaturkessel 0.02 bis 0.06; Brennwertkessel (-0.01

1 Beispiel: MFH, in Abhängigkeit der Kesselauslastung (in %), gekoppelte Erzeugung Raumwärme und Warmwasser

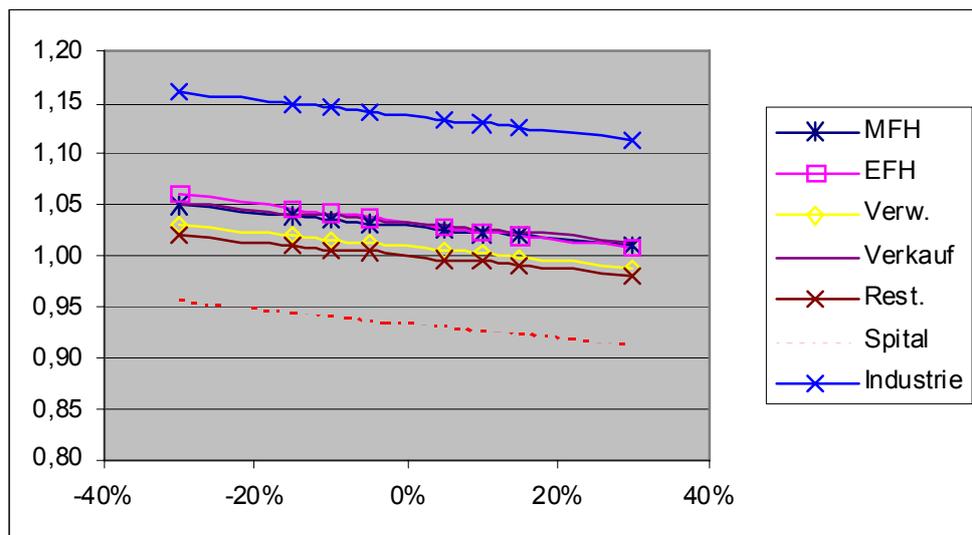
bis -0.05). Allerdings muss auch darauf hingewiesen werden, dass die Veränderung der Nutzungsgrade auf Temperatur- und Strahlungsveränderungen klein sind im Verhältnis zu den Veränderungen des Raumwärmebedarfs.

5.3 Der Einfluss von Veränderungen von Temperatur und Strahlung auf die Energiekennzahlen für Raumwärme und Warmwasser

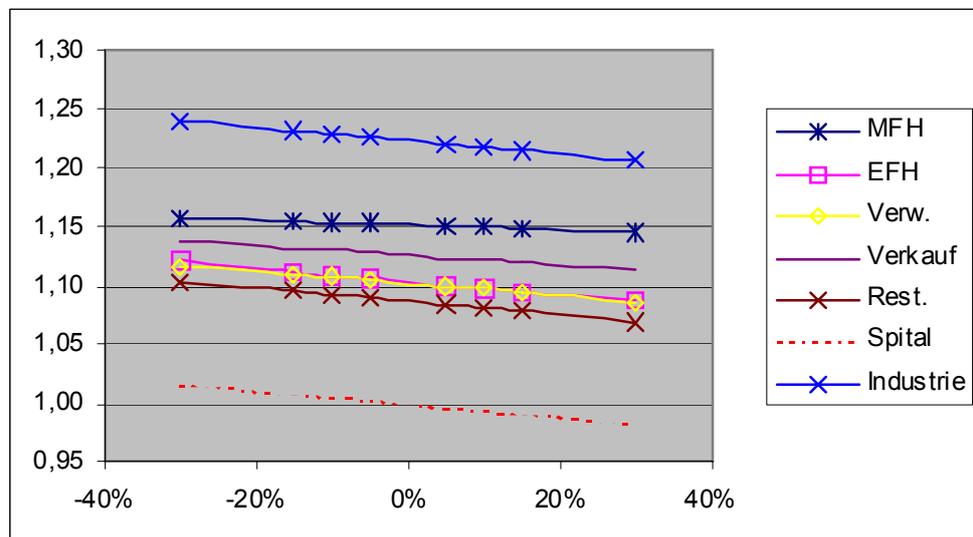
Die kombinierte Wirkung von Raumwärmebedarf und Nutzungsgrad zeigt sich an den Energiekennzahlen. Wie bereits erläutert, ist der Einfluss der Gradtagveränderungen auf den Raumwärmebedarf grösser als der Einfluss der Gradtagveränderung auf den Nutzungsgrad.

Nachstehende Grafiken visualisieren beispielhaft, dass sich die Reaktionen auf Veränderungen von Temperatur bzw. Strahlung in den einzelnen Monaten und Standardnutzungen unterschiedlich darstellen.

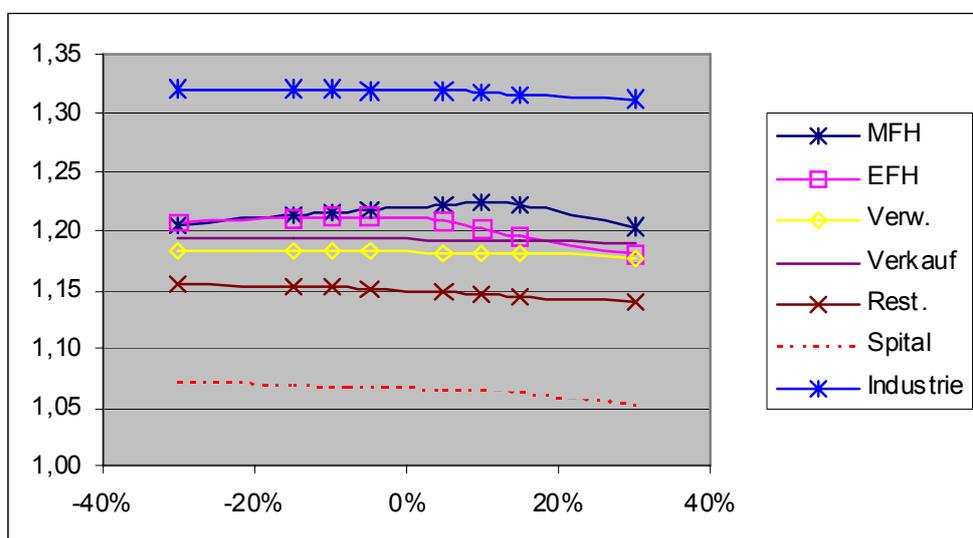
Grafik 5-22: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Gradtagveränderungen im Januar bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 1990



Grafik 5-23: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Gradtagveränderung im Januar bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2000



Grafik 5-24: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Gradtagveränderung im Januar bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2010



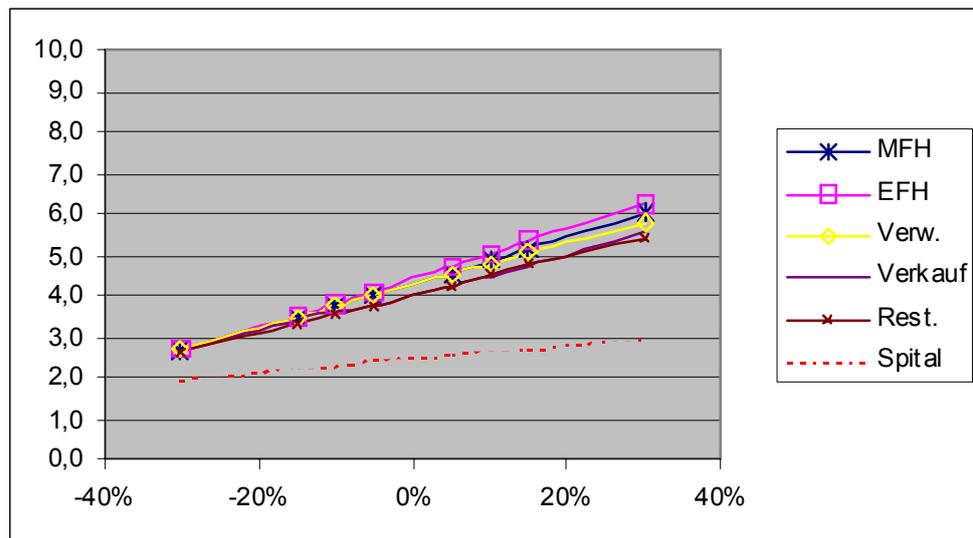
Die Grafiken veranschaulichen:

- Die Elastizitäten den einzelnen Standardnutzungen schwanken in einem relativ engen Bereich, wenn die Gebäude- und Nutzungsbedingungen ähnlich sind. Sie weichen erheblich ab, wenn Sonderbedingungen vorherrschen (Abweichungen von der Norminnentemperatur). Elastizitäten wesentlich kleiner als

Eins sind Folge erheblich über dem Normalwert liegender Rauminnentemperaturen.

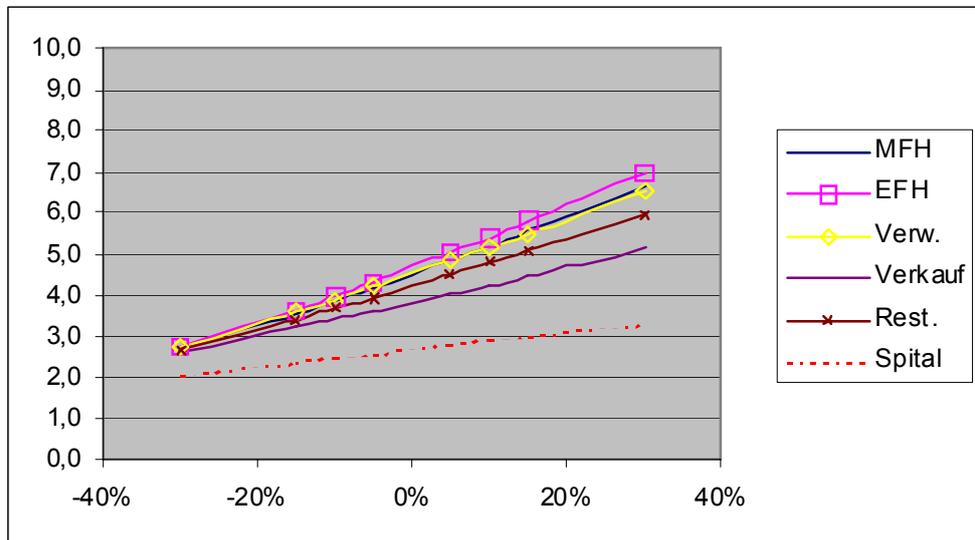
- Die Elastizitäten verändern sich im Zeitablauf, wenn Gebäude und/oder Heizanlagen besser werden: Das Elastizitätsniveau steigt, die Elastizität wird invarianter gegenüber dem Ausmass der Temperaturveränderung innerhalb eines Monats.
- Die Reaktion ist in den Übergangsmoenten ausgeprägter als im Winter (vgl. folgende Grafiken). Nicht aufgeführt sind die Standardnutzungen mit sich extrem verändernden Elastizitäten aufgrund der genannten Sonderbedingungen.¹

Grafik 5-25: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Gradtagveränderung im Juni bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 1990

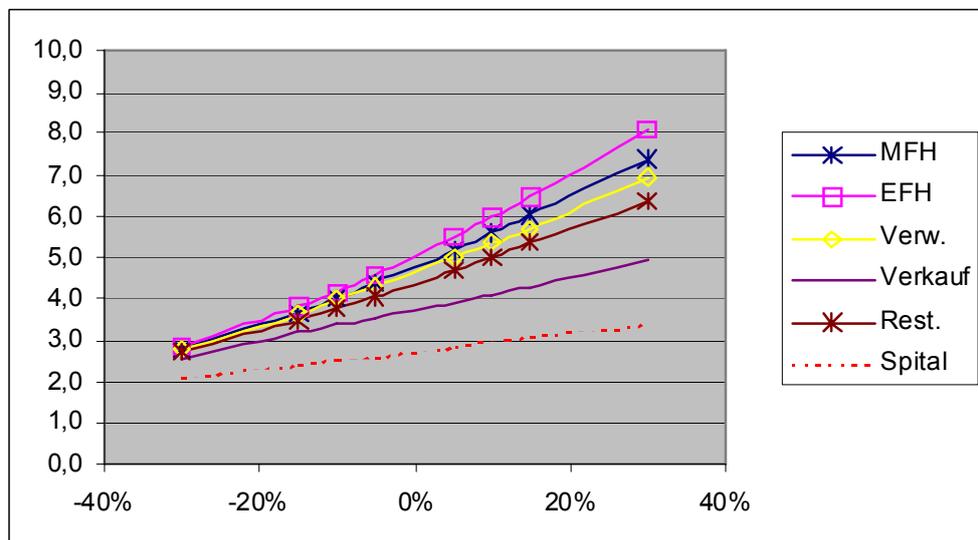


¹ Diese Modellierung dieser Branchen erfordert im Prinzip eine Sondermodellierung. Daher sind die Ergebnisse für diese Standardnutzungen weniger zuverlässig.

Grafik 5-26: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit von Ausmass der Gradtagveränderung im Juni bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2000



Grafik 5-27: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Gradtagveränderung im Juni bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2010

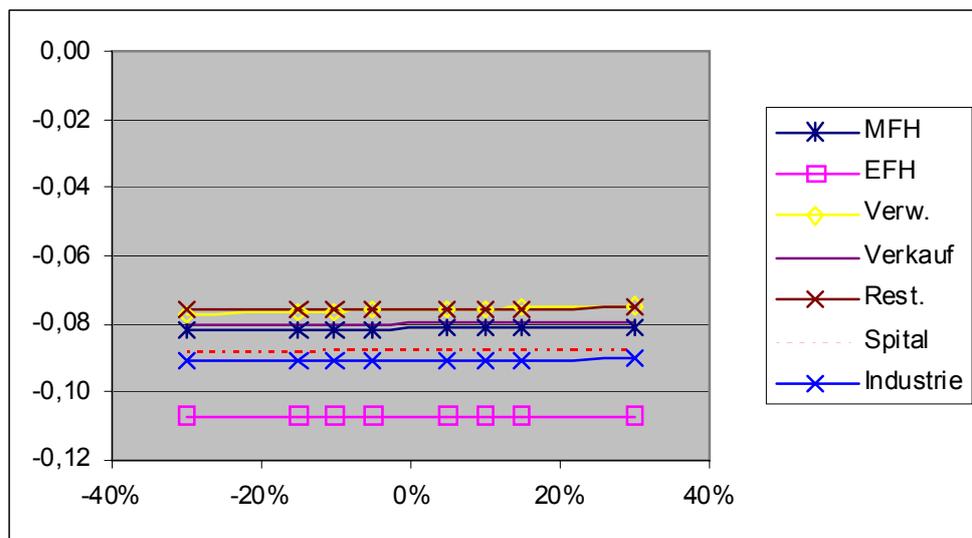


Der Energieverbrauch für Warmwasser zeigt nur eine sehr geringe Abhängigkeit. Dies liegt zum einen daran, dass der Wärmebedarf selbst nicht auf Aussentemperaturveränderungen reagiert, zum andern daran, dass vergleichsweise grosse Gradtagveränderungen im Allgemeinen nur Temperaturveränderungen von wenigen °C zur Folge haben, die – bei den im Vergleich zur Heizung deut-

lich höheren Temperaturdifferentialen – relativ wenig zu Buche schlagen.¹ Die berechneten Elastizitäten sind bei alten Anlagen leicht negativ und im allgemeinen in einem Bereich von -0.05 bis -0.1 , in einzelnen Monaten und bei Standardnutzungen mit niedrigem Warmwasserbedarf kann auch eine Elastizität von -0.3 bis -0.5 erreicht werden. Bei neueren Anlagen liegt die Elastizität im allgemeinen leicht positiven Bereich ($+0.05$ bis $+0.15$, maximal 0.2).

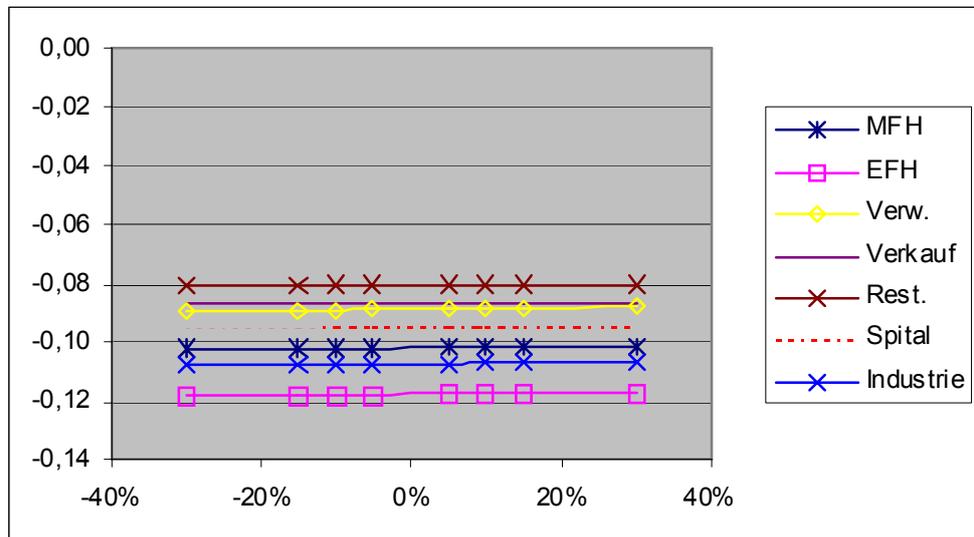
Die nachstehenden Grafiken zeigen den Einfluss einer vom längerfristigen Durchschnitt abweichenden Globalstrahlung auf die Energiekennzahl Raumwärme. Deutlich wird, dass die Elastizität der Energiekennzahl auf Veränderungen der Globalstrahlung in den kalten Monaten praktisch unabhängig ist vom Ausmass der Veränderung, während in den Übergangsmonaten eine deutliche Abhängigkeit zu erkennen ist. Deutlich wird auch, dass der Einfluss der Strahlung im Zeitablauf etwas grösser wird, und dies vor allem in dem Übergangszeiten.

Grafik 5-28: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Veränderung der Globalstrahlung im Januar bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 1990

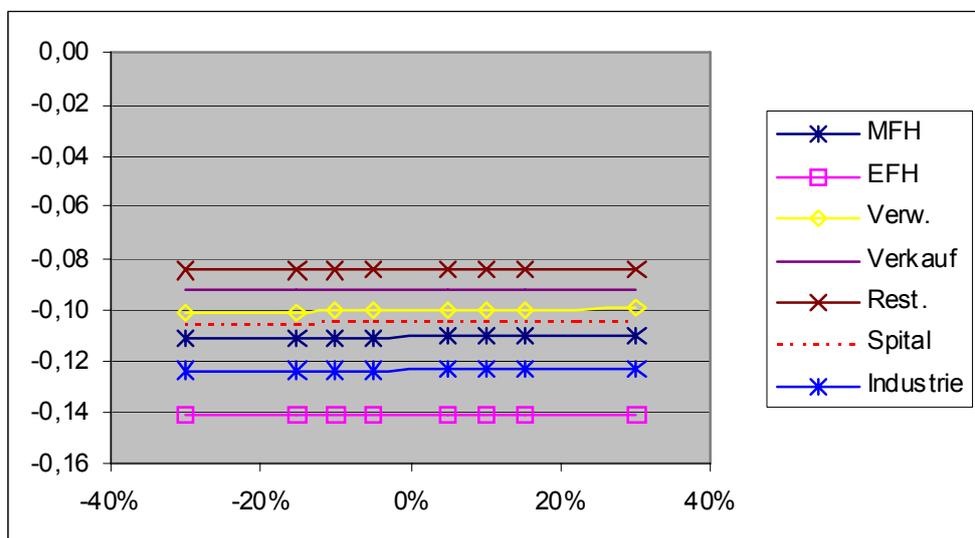


1 Die zur Wärmeerzeugung notwendige Nutzenergie ist nur von der Differenz zwischen Nutztemperaturniveau und Zufusstemperatur des Kaltwassers abhängig. Bei den Wärmeverlusten der Warmwasserbereitung sind die im Vergleich zur Heizung wesentlich grösseren Temperaturdifferenzen (Speicher-/Zirkulationstemperatur zur Umgebungstemperatur in unbeheizten (Keller-)räumen zu beachten, die den relativen Einfluss einer vergleichsweise kleinen Ausenlufttemperaturveränderung klein werden lassen, zumindest dann, wenn die gemeinsamen Erzeugerverluste für Heizung und Warmwasser auslastungsanteilig verteilt werden.

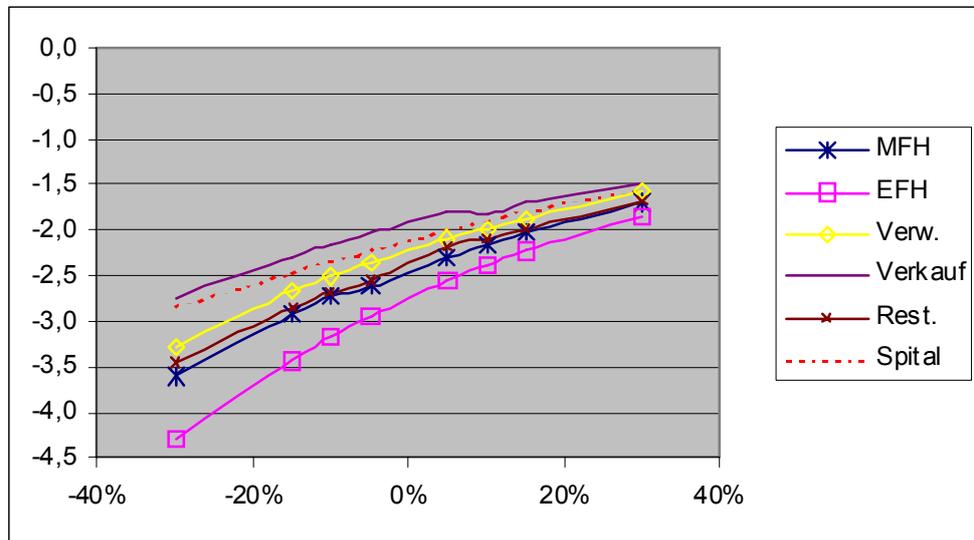
Grafik 5-29: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Veränderung der Globalstrahlung im Januar bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2000



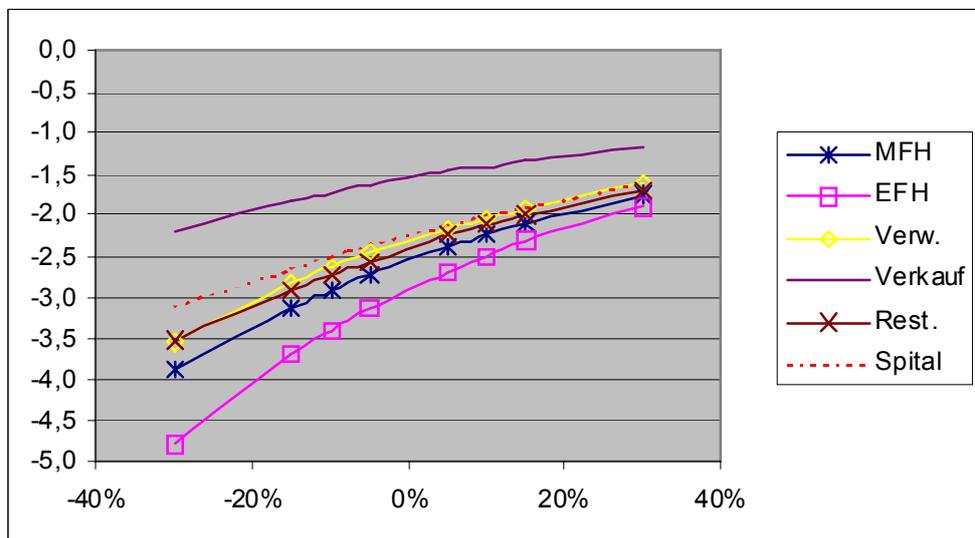
Grafik 5-30: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme auf Veränderungen der Globalstrahlung im Januar bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2010



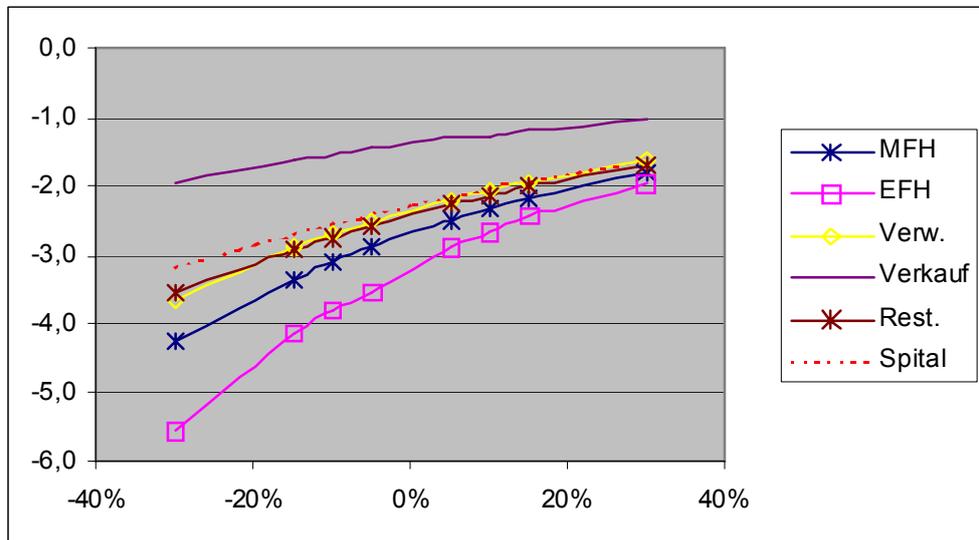
Grafik 5-31: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Veränderung der Globalstrahlung im Juni bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 1990



Grafik 5-32: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Veränderung der Globalstrahlung im Juni bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2000



Grafik 5-33: Elastizität der Energiekennzahl Raumwärme in Abhängigkeit vom Ausmass der Veränderung der Globalstrahlung im Juni bei unterschiedlichen Standardnutzungen, um 2010



Anhang

**Anmerkungen zum Prognos-Bericht
„Einfluss von Temperatur- und Globalstrahlungs-
schwankungen auf den Energieverbrauch
der Gebäude“**

In der Perspektivsituation vom 12.9.2003 wurden die Ergebnisse der o.g. Untersuchung dargestellt. Dabei wurden seitens CEPE die Ergebnisse angezweifelt, weil „altes“ und „neues“ Bereinigungsverfahren stark divergierende Ergebnisse produzieren würden.

Nachstehend sind einige Argumente aufgeführt, die zur Klärung der Fakten beitragen sollen:

1. Die Untersuchung baut auf den ersten Analysen zur Temperatur- bzw. Klimabereinigung von E.A. Müller auf. Sie steht nicht im Gegensatz zu dieser Arbeit, sondern führt diese fort. Es werden – ausgehend von den gesamtschweizerischen längerfristigen Temperatur- und Strahlungsbedingungen – die Auswirkungen (monatlich) variierender Temperatur- und Strahlungsbedingungen bei verschiedenen Gebäudetypen und Nutzungsbedingungen auf den Heizwärmebedarf, den Wärmebedarf Warmwasser, den Nutzungsgrad Heizen bzw. Warmwasser und den Energieverbrauch insgesamt für Raumwärme und Warmwasser analysiert.

Die Reaktionen der Verbrauchskomponenten bzw. der Verbräuche selbst werden dabei anhand eines gemischten Gebäudebestandes (pro Nutzungskategorie) ermittelt, der für die Analyse- und Prognosejahre ein Niveau der Energiekennzahl aufweist, das mit den aktuellen in den Verbrauchssektoren verwendeten Energiekennzahlen kompatibel ist.

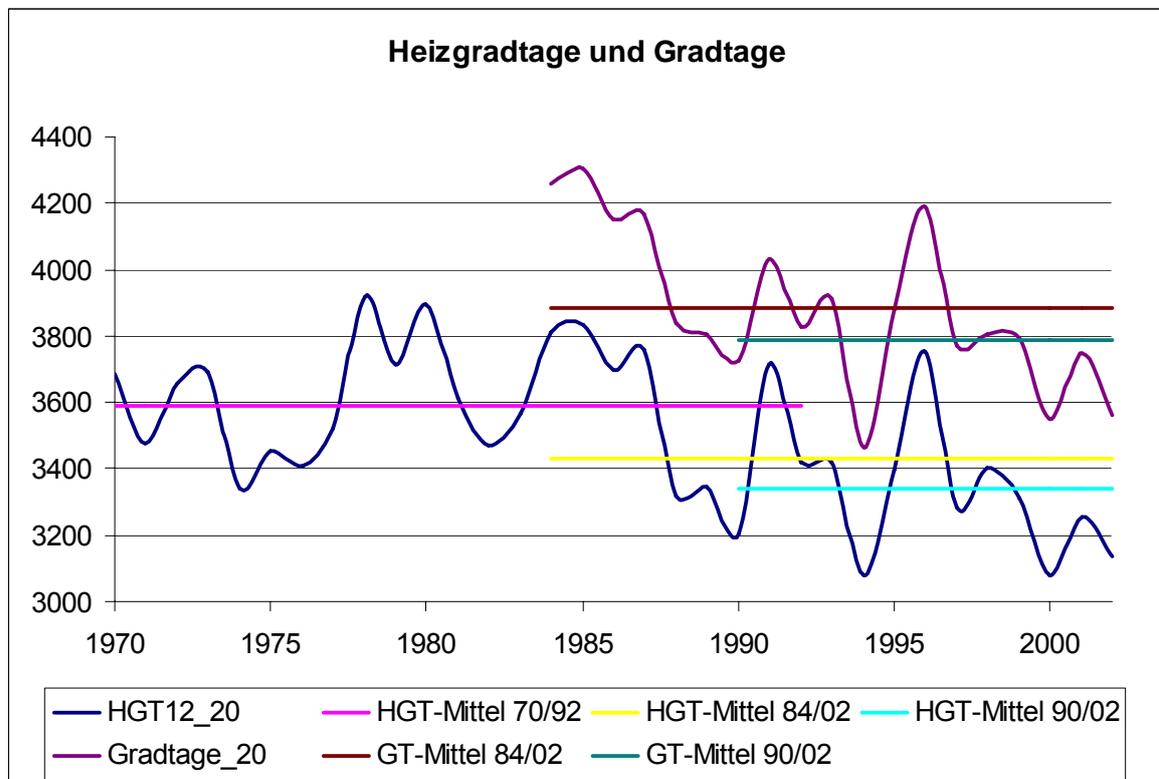
Die Nutzungsbedingungen (Innentemperaturen, spez. Warmwasserverbräuche, spez. Lüftungsbedarf etc.) sind den Standardnutzungen nach SIA entnommen, wobei unterjährig variierende Gegebenheiten (z.B. monatliche Kaltwassertemperatur, aussentemperaturgesteuertes Lüftungsverhalten etc.) ebenso wie in der Müller-Untersuchung berücksichtigt sind.

2. Während das bisherige Vorgehen den Temperatureinfluss anhand der Grösse Heizgradtage abbildet, nutzt das „neue“ Verfahren die Grösse Gradtage, nicht zuletzt deshalb, weil die neue SIA 380/1 die Gradtage (und nicht mehr die Heizgradtage) offensichtlich als den geeigneteren Indikator zur Abbildung des Temperatureinflusses betrachtet. Die bei der Heizgradtagedefinition verwendete Heizgrenze verliert in Anbetracht immer besser gedämmter Gebäude an Bedeutung, weswegen die ohne Heizgrenze arbeitende Gradtagdefinition u.E. heute geeigneter erscheint. Ergänzend wird neben der Einflussvariable Temperatur der Einfluss der Komponente Globalstrahlung genauer analysiert. Mit der Temperatur und der Globalstrahlung sind die beiden wichtigsten „Klima-“ oder „Wetterparameter“ einbezogen. Bei grossräumiger Betrachtung spielen die anderen Parameter (Wind, Luftfeuchtigkeit) praktisch keine Rolle.
3. Temperatur-, Klima- oder Wetter-/Witterungsbereinigungen dienen dem Ziel, aus vorhandenen Ist-Werten (seien es gemessene oder statistisch erfasste Verbräuche) zum Zwecke der Vergleichbarkeit, der Verbrauchsanalyse, der Ermittlung des Einflusses politischer Massnahmen o.ä. klima-, temperatur- oder wetter-/witterungsbereinigte Werte zu gewinnen. Dies geschieht dadurch, dass über einen Bereinigungsfaktor unbereinigte und bereinigte Werte miteinander verknüpft werden.

Das bisherige Verfahren definiert eine Formel, in der unbereinigter und bereinigter Verbrauch über die Relation zwischen aktueller und längerfristiger Temperatur, gemessen in Heizgradtagen, und eine Konstante, die für den Anteil des auf Temperaturveränderungen reagierenden Verbrauchs (für Raumwärme und/oder Warmwasser) steht, miteinander verknüpft sind (vgl. Bericht S.16). Im Bericht wird ausdrücklich dar-

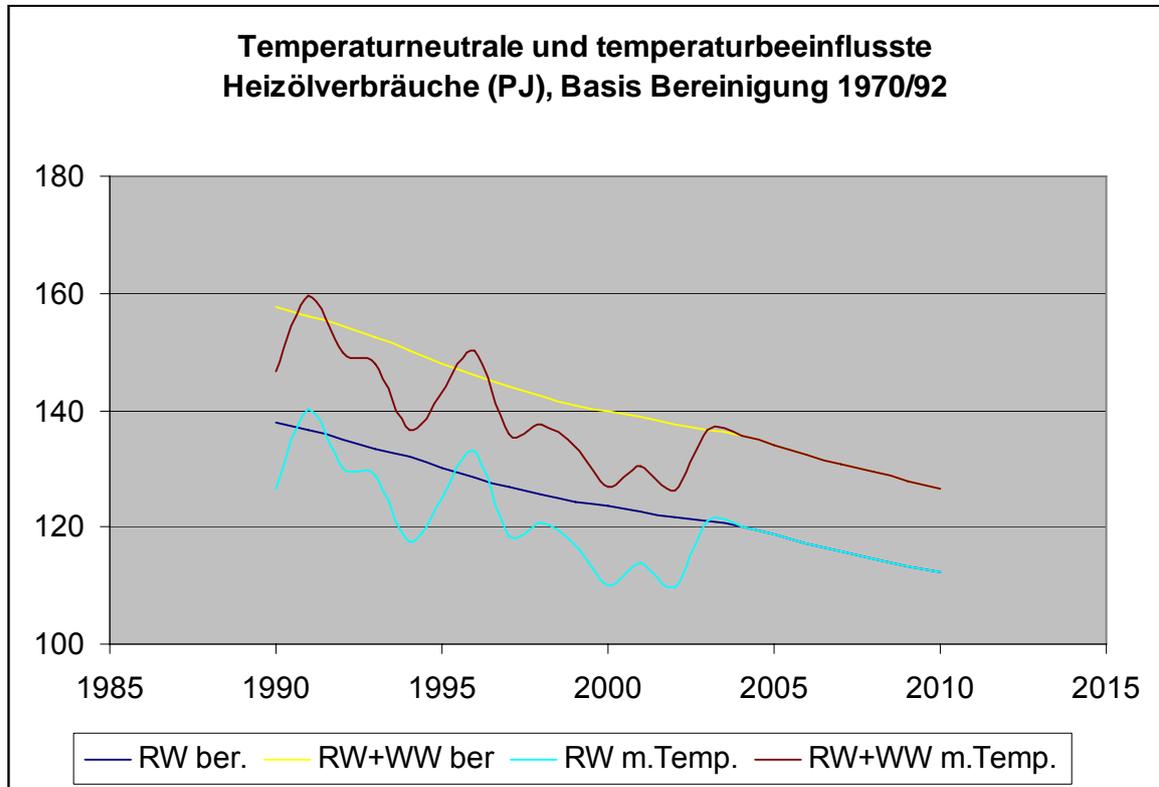
auf hingewiesen, dass die Art der Temperaturerfassung und die zugrundeliegende Referenzperiode von wesentlichem Einfluss auf das Bereinigungsergebnis ist (S.16-21).

4. Das „alte“ Bereinigungsverfahren stützt sich auf den Zeitraum 1970/1992, was historische Ursachen hat. Zum einen begannen die ersten Perspektivarbeiten 1993/94, so dass damals nur Werte bis 1992 vorlagen, zum anderen waren gesamtschweizerische Werte vor 1970 nicht verfügbar. Dies bedeutet, dass in den damaligen Perspektiven (und den sich anschliessenden ex-post-Analysen wie auch im Heizölpanel) die Temperaturbereinigung auf Basis der mittleren Heizgradtage 1970/92 (3'588) berechnet wurde. Mithin liegt den „temperaturbereinigten“ Werten die mittlere Temperatur bzw. Heizgradtagzahl von 3'588 zugrunde. M.a.W.: Wir rechnen so, als hätte auch heute oder in 30 Jahren ein temperaturmässig betrachtetes Normaljahr eine mittlere Heizgradtagzahl von 3'588. Die Entwicklung der Heizgradtage seit 1970 zeigt, dass hier auch andere Annahmen möglich wären.



5. Wie die Grafik zeigt, ist der Zeitraum 1970/92 durch drei Teilperioden gekennzeichnet: einen relativ warmen Zeitraum (1970 bis 1977), einen eher kälteren Zeitraum (1978-1987) und einen wiederum wärmeren Zeitraum (1988-1992). Ab Anfang der 90er Jahre zeigen sowohl Heizgradtage wie auch Gradtage im Vergleich zur Entwicklung 1970/92 tendenziell steigende mittlere Aussentemperaturen. Gemessen in Heizgradtagen ist die Periode 1984/2002 – für das „neue“ Verfahren musste dieser Zeitraum gewählt werden, weil Temperatur und Strahlungsdaten erst ab 1984 für die der Analyse zugrundeliegenden rund 40 Messstationen vorhanden sind – rund 4.3% wärmer als die Referenzperiode 1970/92. In den letzten 12 Jahren lag die mittlere Heizgradtagzahl sogar um 6.8% unter dem Referenzniveau von 3'588 Heizgradtagen. Aus diesem Grunde scheinen die berechneten Ist-Werte (kalibriert auf die kältere Periode 1970/92)

im Vergleich zu den statistischen Ist-Werten (die der wärmeren aktuellen Witterung folgen) hoch. Nachstehende Grafik zeigt diesen Effekt, der im Rahmen des Heizölpanels per Normierung auf die GEST weitgehend eliminiert wird.



6. Die unterschiedliche Ausgangsbasis der Bereinigung muss berücksichtigt werden, wenn unterschiedliche Bereinigungsverfahren (mit unterschiedlichen Referenzzeiträumen) bzw. deren Ergebnisse miteinander verglichen werden. Das bisherige Verfahren basiert auf „temperaturneutralen“ Verbräuchen, die auf den Referenzzeitraum 1970/92 mit 3'588 Heizgradtagen normiert sind. Das nachstehende Beispiel verdeutlicht dies anhand der Heizölverbrauchsdaten nach dem Haushaltsmodell (ohne kurzfristige Preiseinflüsse, ohne Kalibrierung auf die GEST).

Die Verbräuche einschliesslich der jährlichen Temperatureinflüsse ergeben sich durch den Einbezug des bzw. der Gradtagfaktoren (Basis 1970/92; temperaturabhängiger Verbrauch: Raumwärme 75%, Warmwasser 25%).

Tabelle: Verbrauch temperaturbereinigt und Verbrauch inkl. Temperatureinfluss, Bereinigungsbasis: Normaljahr mit 3'588 Heizgradtagen (ex-post und ex-ante)

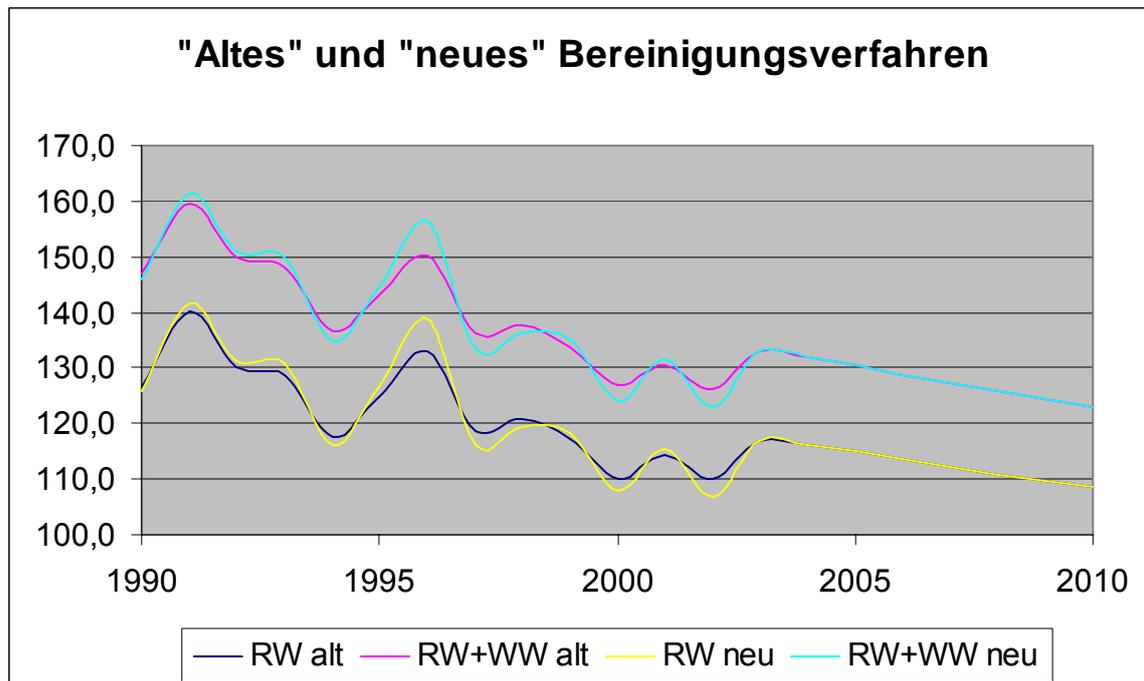
	bereinigte Verbräuche			Verbräuche mit Temperatureinfluss		
	RW	WW	RW+WW	RW	WW	RW+WW
1990	138	20	158	127	20	147
1991	136	20	156	140	19	159
1992	135	19	154	130	20	150
1993	133	19	152	129	19	148
1994	132	18	150	117	19	136
1995	130	18	148	125	18	143
1996	129	18	146	133	17	150
1997	127	17	144	119	17	136
1998	126	17	142	121	17	138
1999	124	16	141	117	17	134
2000	124	16	140	110	17	127
2001	123	16	139	114	16	130
2002	122	16	138	110	16	126
2003	121	16	137	121	16	137
2004	120	16	136	120	16	136
2005	119	15	134	119	15	134
2006	117	15	132	117	15	132
2007	116	15	131	116	15	131
2008	115	15	129	115	15	129
2009	113	15	128	113	15	128
2010	112	14	127	112	14	127

7. Das in der Untersuchung angewendete Verfahren basiert auf dem Referenzzeitraum 1984/02. Die mittlere Heizgradtagzahl liegt bei 3'432. Infolgedessen ist vor dem Vergleich auch das alte Verfahren auf den neuen Referenzzeitraum „umzustellen“. Da es im Zeitraum 1984/2002 wärmer war als in 1970/92, ist der temperaturbereinigte Verbrauch niedriger. Bezogen auf die Heizgradtage war 1984/02 um 4.3% wärmer als 1970/92: Bei einer 75%igen Temperaturabhängigkeit bei Raumwärme und einer 25%igen bei Warmwasser läge der bereinigte Verbrauch bei Raumwärme um gut 3% niedriger und bei Warmwasser um ca. 1% höher. Lässt man die Strahlung aussen vor, so ergeben sich Niveauekorrekturfaktoren von rund 0.97 (Raumwärme) bzw. 1.01 (Warmwasser), um die „alten“ temperaturbereinigten Verbräuche auf Basis des Referenzzeitraumes 1970/92 auf den Referenzzeitraum 1984/2002 umzustellen. Erst die daraus abgeleiteten Verbräuche dürfen mit der neuen Methode verglichen werden.

Tabelle: Gegenüberstellung altes und neues Berechnungsverfahren, Referenzzeitraum der Temperatur- (altes Verfahren) bzw. Temperatur- und Strahlungsreinigung (neues Verfahren) in beiden Fällen 1984/2002:

	altes Verfahren				neues Verfahren			
	RW insges.	WW insges.	RW+WW insges.	Veränd. %	RW insges.	WW insges.	RW+WW insges.	Veränd. %
1990	126,7	20,3	147,0		125,9	20,0	145,9	
1991	140,1	19,4	159,5	8,5	141,7	19,7	161,4	10,6
1992	130,3	19,7	150,0	-5,9	131,3	19,7	151,0	-6,4
1993	128,8	19,1	147,9	-1,4	131,0	19,1	150,1	-0,6
1994	117,7	19,1	136,7	-7,6	116,2	18,5	134,7	-10,2
1995	124,9	18,1	143,0	4,6	126,4	18,0	144,5	7,2
1996	133,0	17,3	150,3	5,0	138,7	17,7	156,4	8,3
1997	118,7	17,5	136,2	-9,4	116,2	17,3	133,5	-14,6
1998	120,8	17,0	137,8	1,2	119,3	17,0	136,3	2,1
1999	117,1	16,8	133,9	-2,8	118,4	16,6	135,1	-0,9
2000	110,2	16,8	127,0	-5,2	107,8	16,3	124,1	-8,1
2001	114,2	16,4	130,6	2,9	115,5	16,2	131,7	6,1
2002	109,9	16,4	126,3	-3,3	106,8	16,0	122,8	-6,7
2003	117,0	15,9	133,0	5,2	117,0	15,9	133,0	8,3
2004	116,1	15,7	131,8	-0,8	116,1	15,7	131,8	-0,8
2005	114,9	15,5	130,5	-1,1	114,9	15,5	130,5	-1,1
2006	113,5	15,3	128,9	-1,2	113,5	15,3	128,9	-1,2
2007	112,1	15,1	127,2	-1,3	112,1	15,1	127,2	-1,3
2008	110,9	14,9	125,8	-1,1	110,9	14,9	125,8	-1,1
2009	109,8	14,7	124,5	-1,1	109,8	14,7	124,5	-1,1
2010	108,6	14,5	123,2	-1,1	108,6	14,5	123,2	-1,1
Summe	2495,4	355,6	2851,0		Summe	2498,2	354,0	2852,2

Die Gegenüberstellung zeigt, dass das alte und das neue Verfahren in den Gesamteffekten kaum Abweichungen zeigen. Die Summe der Verbräuche über die Zeit ist in beiden Verfahren praktisch identisch. Abweichungen ergeben sich wie im Bericht dargestellt insofern, als das vorliegende Bereinigungsverfahren insgesamt zu einer stärkeren Reagibilität des Verbrauchs auf Schwankungen von Temperatur und Strahlung führt als das bisher benutzte Verfahren. Da gegenüber dem bisherigen Verfahren eine (spürbar Einfluss ausübende) Variable mehr in die Analyse einbezogen wird, müssen die Ergebnisse anders ausfallen als nach dem bisherigen Bereinigungsverfahren. Nachstehende Grafik visualisiert die Unterschiede.



8. Auch wenn als Ausgangspunkt temperatur- und strahlungsbeeinflusste Verbrauchswerte zur Verfügung stehen, und diese mit den verschiedenen Bereinigungsverfahren in temperatur- bzw. temperatur- und strahlungsbereinigte Werte umgerechnet werden, zeigt sich prinzipiell das gleiche Bild. Der auf Basis von Ist-Werten berechnete temperaturbereinigte Verbrauch ist bei Zugrundelegung gleicher Referenzzeiträume bei der Bereinigung nach altem und neuem Verfahren weitgehend identisch. Auch hier reagiert das vorliegende Verfahren stärker.
9. Festzuhalten bleibt, dass das Problem Temperatur-, Wetter-/Witterungs- oder Klimabereinigung mindestens zwei Aspekte hat:
- Zum einen die kurzfristigen Schwankungen des Verbrauchs aufgrund jährlicher¹ Temperatur- oder Temperatur- und Strahlungsschwankungen um ein „Normaljahr“ (definiert über einen Referenzzeitraum mit gegebenen Temperatur- bzw. Temperatur- und Strahlungsbedingungen). Die Wahl des Referenzzeitraumes bestimmt bei gegebenen Ist-Verbräuchen Niveau und Entwicklung der temperatur- bzw. temperatur- und strahlungsbereinigten Verbräuche.
 - Zum andern die Frage, ob und ggf. inwieweit Veränderungen der mittleren Aussentemperaturen, die sich seit Anfang der 90er Jahre in sinkenden Heizgradtagzahlen und/oder in sinkenden Gradtagzahlen niederschlagen (für die mittleren Aussentemperaturen erwartet die Mehrheit der Klimaforscher derzeit einen weiteren Anstieg), in den langfristigen Perspektiven zu berücksichtigen sind.

¹ auf Jahresbasis oder als Summe von Monatswirkungen über ein Jahr ermittelt.

Für die kurzfristigen Schwankungen muss davon ausgegangen werden, dass Niveau und Veränderung der bereinigten Verbräuche selbst abhängig sind von der Wahl der Referenzzeiträume, anhand derer die bereinigten Verbräuche aus den temperatur- oder den temperatur- und strahlungsbeeinflussten Verbräuchen ermittelt worden sind. Dies gilt auch umgekehrt. Bei genau definierten Normverbräuchen hängen die temperatur- bzw. temperatur- und strahlungsbeeinflussten Verbräuche ebenso vom Referenzzeitraum ab, auf den sich die Bereinigungsformel bezieht.

Für die längerfristige Entwicklung, d.h. den langfristigen Klimawandel, ist zu entscheiden, ob davon auszugehen ist, dass die mittlere Aussentemperatur in den nächsten Jahrzehnten weiter ansteigt und wenn ja, in welchem Ausmass. Dieses Problem überlagert die Problematik der jährlichen Temperatur- bzw. Temperatur- und Strahlungsreinigung. Es sollte jedoch u.E. von der Problematik der jährlichen bzw. monatlichen Schwankungen um ein exakt definiertes Referenzniveau, festgelegt durch die Wahl des Referenzzeitraumes, getrennt werden.

10. Es soll an dieser Stelle nicht abschliessend beurteilt werden, wie bei den zukünftigen Perspektiven methodisch vorgegangen wird. Dieser Aspekt ist gesondert zu diskutieren, weil er potenziell weitreichende Konsequenzen hat. Für die ex-post-Analyse und für das Heizölpanel ist u.E. das vorliegende Verfahren geeigneter. Zum einen sind jährliche und monatliche Bereinigung methodisch kompatibel. Zum andern werden alle Branchen/Standardnutzungen nach einheitlichen Berechnungsmodalitäten bereinigt, wobei branchenspezifische Gegebenheiten gebührend berücksichtigt werden. Zum dritten wird neben der Temperatur auch der Strahlungseinfluss miteinbezogen, der vor allem dann zur entscheidenden Grösse werden kann, wenn aktuelle und längerfristige Temperatur nahe beieinander liegen. In der Studie wird ausführlich dargestellt, dass prozentual gleiche Veränderungen von (Heiz-)Gradtagen und/oder Strahlung in den einzelnen Monaten des Jahres unterschiedliche prozentuale energetische Auswirkungen haben, d.h. die Elastizitäten des Verbrauchs in Bezug auf relative Veränderungen von Monat zu Monat variieren. Deswegen kann nur durch die monatliche Betrachtung auch der jahresweisen Korrektur dieser Tatsache Rechnung getragen werden.
11. Unabhängig davon bleibt das Faktum, dass die Wahl des Referenzzeitraumes Niveau und Entwicklung der (temperatur-, klima- oder witterungs-) bereinigten Verbrauchswerte determiniert. U.E. ist es aus heutiger Sicht wahrscheinlicher, dass die zukünftige mittlere Temperatur eher höher liegt als im Zeitraum 1970/92, mithin eine Niveaurektur der auf dieser Basis ermittelten temperaturbereinigten Werte angebracht wäre. Kalibriert man auf den Zeitraum 1984/02, so wäre das Niveau der temperaturbereinigten Verbräuche ca. 3% niedriger. Entsprechend niedriger fielen damit auch die modellmässig ermittelten Ist-Verbräuche aus.

Die hier beispielhaft aufgeführten Rechnungen sind für den interessierten Leser nachvollziehbar in einer Excel-Datei dargestellt, die beim Verfasser erhältlich ist.