

Eine genauere Methode zur Klimanormierung

Autor(en): **Müller, Ernst A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **114 (1996)**

Heft 3

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78903>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

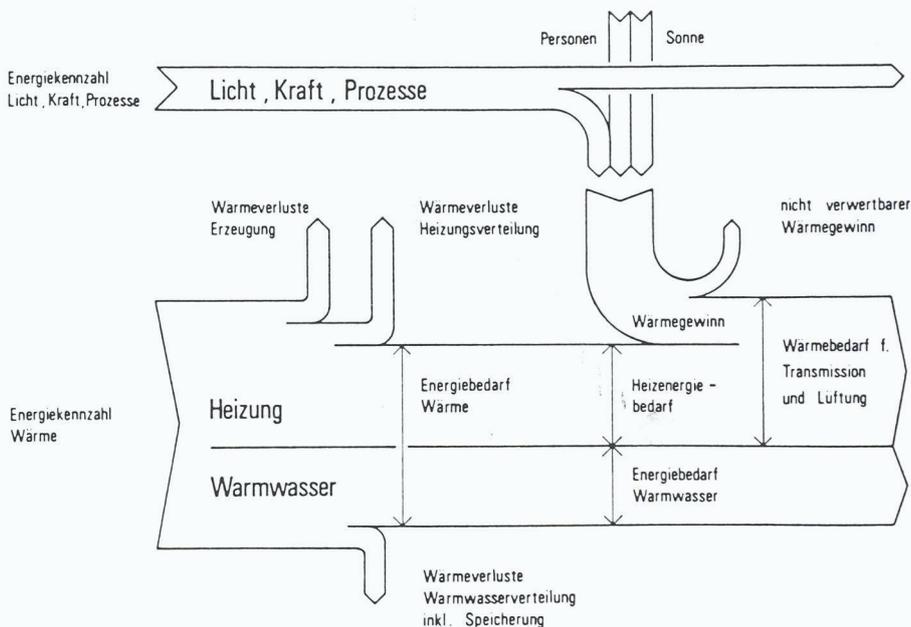
Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ernst A. Müller, Zürich

Eine genauere Methode zur Klimanormierung

Im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft (BEW) wurde eine neue Methode zur Klimanormierung entwickelt. Mit dieser Methode kann der Energieverbrauch für Raumwärme der ganzen Schweiz wesentlich genauer als bisher in bezug auf die störenden Einflüsse des Klimas normiert werden. Damit wird es erst möglich, die jährlichen Veränderungen des Brennstoffverbrauches in der schweizerischen Gesamtenergiestatistik genauer zu beobachten. Eine Klimanormierung für ein einzelnes Gebäude oder für einen Gebäudebestand (z.B. Bauten einer Gemeinde, einer Pensionskasse oder einer Firma) etwa für die Erfolgskontrolle von Energiesparmassnahmen konnten zwar noch nicht mitgeliefert werden. Mit dieser Methode wurden aber wichtige Vorarbeiten für die Entwicklung einer Klimanormierung für beliebige Einzelobjekte geschaffen.



1

Problemstellung: Klima als Störfaktor

Das Klima verändert die Energiestatistik beträchtlich, den jährlichen Endenergieverbrauch-Raumheizung häufig zwischen 5 bis 10%. Will man den Energieverbrauch mit den Vorjahren vergleichen, muss also der Klimaeinfluss unbedingt berücksichtigt und entsprechend genau berechnet werden. Das Problem einer genaueren Klimanormierung stellt sich z.B. bei folgenden Fragen:

- Wie gross sind die Einsparungen an einem Gebäude nach durchgeführten Energiesparmassnahmen (z.B. Heizkesslersatz)?
- Haben sich die Energieinvestitionen an einem Gebäudebestand für den Immobilienbesitzer gelohnt?
- Wie verändern sich die jährlichen Zuwachsraten des Energieverbrauches in der Schweiz? Konnte der Brennstoffverbrauch stabilisiert werden?
- Wie gross ist der Einfluss einer globalen Erwärmung wegen des Treibhauseffektes auf den Energieverbrauch in der Schweiz [4]?

Bisher wurde in der Schweiz für die Klimanormierung die Methode der Heizgrad-

tage (HGT) verwendet. Die Heizgradtage berechnen sich aus der Summe der täglichen Differenzen zwischen Raumlufttemperatur und der Tagesmitteltemperatur. Bei der Normierung wurde üblicherweise der gesamte Energieverbrauch proportional zur Jahressumme der Heizgradtage korrigiert. Die HGT-Methode liefert zwar genauere Resultate, als wenn keine Klimanormierung vorgenommen wird. Bereits aus folgenden Überlegungen kann geschlossen werden, dass die HGT-Methode zu wenig differenziert und damit zu ungenau ist, da

- grosse Anteile der Energiebilanz eines Gebäudes (1) nicht von der Aussenlufttemperatur beziehungsweise den Heizgradtagen beeinflusst werden (Endenergieverbrauch-Warmwasser, Wärmegewinne),
- oder sogar gegenläufig verlaufen, wie bei der Lüftung durch Benutzer und den Wärmeverlusten (je kälter, desto besser ist die Heizanlage ausgelastet und um so kleiner sind die Wärmeverluste),
- der Energieverbrauch auf die gleiche Veränderung der Heizgradtage im Frühling oder im Winter anders reagiert, was bei der Abstützung der

HGT auf die Jahressumme nicht berücksichtigt wird.

Das Bundesamt für Energiewirtschaft hat deshalb den Auftrag für die Entwicklung einer neuen Methode erteilt, mit der eine wesentlich genauere Klimanormierung als bisher für den gesamten Gebäudebestand der Schweiz [5] durchgeführt werden kann.

Methodischer Ansatz

Der Klimaeinfluss wurde in der vorliegenden Arbeit mit einem relativ einfachen Rechenmodell ermittelt. Das verwendete Rechenmodell «380M2» beruht auf der Energiebilanz-Methode gemäss SIA 380/1 [1]. Für jeden einzelnen Monat wird der Endenergieverbrauch aus dem Heizenergiebedarf (Transmissions- und Lüftungsverluste) abzüglich der Wärmegewinne aus der Freien Wärme und den Wärmeverlusten der Wärmeerzeugung und Verteilung berechnet (vgl. auch 1). In diesem Rechengang werden die effektiven Klimadaten der jeweiligen Monate verwendet. Zur Abbildung des Benützerverhaltens wurde das Rechenmodell weiterentwickelt und die Fensterlüftungsverluste

	Mittlere jährliche Schwankungen (1980-93) Raumheizung	Einfluss der mittleren Schwankungen auf Endenergieverbrauch-Raumheizung
Temperatur (Heizgradtage)	5,3 %	4,1 %
Globalstrahlung	3,3 %	0,6 %
Windstärke	7,7 %	0,3 %

2

Gebäudeeigenschaft	Energiekennzahl-Raumheizung IST MJ/m ² a	Veränderung Energiekennzahl-Raumheizung	
		MJ/m ² a	%
Standard	685	6,4	0,9 %
Luftwechsel niedriger	555	6,2	1,1 %
Wärmedämmung besser	526	6,2	1,2 %
Nutzungsgrad höher	601	5,7	0,9 %
Neubau	280	4,8	1,7 %
Fensterfläche grösser	725	8,8	1,2 %

3

Gebäudeeigenschaft	Energiekennzahl-Raumheizung IST MJ/m ² a	Veränderung Energiekennzahl-Raumheizung	
		MJ/m ² a	%
Standard	685	54	7,8 %
Wärmedämmung besser	526	38	7,2 %
Nutzungsgrad höher	601	49	8,1 %
Fensterfläche grösser	725	63	8,6 %
Luftwechsel niedriger	555	54	9,7 %
Neubau	280	29	10,2 %

4

differenziert nach der Lüftung durch Fugen (Undichtigkeit) und der aktiven Fensterlüftung durch die Benutzer analysiert. Damit konnte berücksichtigt werden, dass jener Teil des Energieverbrauches für die Fensterlüftung, der durch die Benutzer verursacht wird, mit sinkender Aussenlufttemperatur beziehungsweise mit steigenden Heizgradtagen (HGT) nicht zunimmt, sondern abnimmt (Annahme für Verhältnis Luftwechsel der Benutzer von Sommer zu Übergangszeit zu Winter rund 4:2:1).

Die Sensitivitätsuntersuchungen haben gezeigt, dass für die meisten Gebäude (mit Ausnahme von Objekten mit extremen Energiebilanzen wie z. B. Passivsolarhäuser oder Verwaltungsgebäuden mit grossen internen Lasten wie z. B. bei Rechenzentren) das verwendete Rechenmodell sehr zuverlässig ist. Dies wird auch durch den Vergleich mit gemessenen Energieverbrauchswerten bestätigt.

Die Klimanormierung für den gesamten Gebäudebestand der Schweiz erfolgte durch Hochrechnung. Zunächst wurden 6 für die Schweiz repräsentative Gebäudetypen ausgewählt und für die 5 wichtigsten Klimazonen der Schweiz jeweils eine typische Wetterstation bestimmt. Für diese

30 Fälle wurde mit dem weiterentwickelten Rechenmodell und den echten Klimadaten der Klimaeinfluss berechnet. Die Gewichtung der 30 Fälle und die Hochrechnung für die Schweiz nahm Wüst & Partner AG [2] vor.

Für die monatlichen Klimawerte standen die laufenden Daten der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (SMA) zur Verfügung, jeweils die Heizgradtage (HGT 20°/12°C), die Heiztage (HT 12°C) und die Globalstrahlung (G). Die Globalstrahlung auf die verschiedenen orientierten Fassaden (S, E, W, N) wurde für die verschiedenen Stationen - ausgehend von der jeweiligen Globalstrahlung horizontal (GH) an diesem Ort - proportional zum Standardfall der Station Zürich-SMA berechnet [1].

Einfluss der wichtigsten Klimaparameter

Die Zusammenhänge zwischen dem Klima und dem Raumwärmeverbrauch sind komplex. Sie können am einfachsten anhand der Energiebilanz gemäss der SIA 380/1 erfasst werden (1).

1

Energiebilanz gemäss SIA 380/1 [1]

2

Einfluss der mittleren Jahresschwankungen der Klimaparameter

3

Einfluss einer Erhöhung der Globalstrahlung um jeweils 5% auf mittleres Mehrfamilienhaus, Klima Zürich

4

Einfluss einer Erhöhung der Heizgradtage um jeweils 10% auf mittleres Mehrfamilienhaus, Klima Zürich

Aussenlufttemperatur

Die Aussenlufttemperatur beeinflusst zumindest einen Teil des Raumwärmeverbrauches direkt: Je kälter die Aussenlufttemperatur ist, desto grösser ist der Wärmebedarf für die Transmission. Der Einfluss des Klimas auf diesen Teil der Energiebilanz kann mit einer recht hohen Genauigkeit durch die Heizgradtage charakterisiert werden, wenn der jahreszeitliche Verlauf berücksichtigt wird. Methodische Ungenauigkeiten treten in diesem Bereich dennoch durch vereinfachte Annahmen (z.B. bei der Heizgrenze, Speicherverhalten) auf, vor allem bei extremen Einzelobjekten.

Globalstrahlung

Die Globalstrahlung beeinflusst die Wärmegevinne aus der Sonnenenergie durch die Fenster direkt. Die Globalstrahlung übt auch einen (kleinen) Einfluss auf den äusseren Wärmeübergang und die äussere Oberflächentemperatur aus.

Wind

Der Wind übt einen (noch kleineren) Einfluss auf den äusseren Wärmeübergang sowie bei starkem Wind auf den Luftwechsel aus.

Wirkung der wichtigsten Klimaparameter

Der Einfluss der verschiedenen Parameter des Klimas auf den Raumheizverbrauch wurde am Beispiel eines mittleren Mehrfamilienhauses (MFH) mit Klimastandort Zürich aufgezeigt. Dabei muss berücksichtigt werden, dass für die Normierung des jährlichen Energieverbrauches nicht die absolute Höhe dieses Einflusses massgebend ist, sondern nur die jährlichen Unterschiede. Der Einfluss der mittleren jährlichen Veränderung durch die Aussenlufttemperatur beziehungsweise die Heizgradtage ist rund 7mal grösser als bei der Globalstrahlung und rund 13mal grösser als beim Wind (2). Auch mit zunehmend besser gedämmten Gebäuden dominiert immer noch der Temperatureinfluss, mit zunehmend dichteren Fugen wird der Windeinfluss in Zukunft noch kleiner.

Von Bedeutung ist allerdings, in welcher Jahreszeit diese Veränderungen auftreten. Eine Erhöhung der Globalstrahlung beispielsweise hat im Sommer praktisch keinen Einfluss auf den Raumheizverbrauch, sondern nur in der Heizperiode. Eine Abnahme der Heizgradtage um z.B. 100 Einheiten, die nur in der Winterperiode anfällt, verändert den Endenergieverbrauch-Raumheizung des Standard-Mehrfamilienhauses um 3,4%; die gleiche Veränderung der HGT hat in der Übergangsjahreszeit einen wesentlich grösseren Einfluss auf den Nutzungsgrad und damit auf den Endenergieverbrauch-Raumheizung (5,3%). Dieser Umstand wird mit der neuen Methode mit der jeweils monatlich berechneten Energiebilanz berücksichtigt, hingegen bei der alten HGT-Methode nicht.

Klimaeinfluss auf Gebäude unterschiedlicher Eigenschaften

Der Klimaeinfluss wurde im Sinne von Sensitivitätsuntersuchungen am Beispiel eines mittleren Mehrfamilienhauses (1000 m² Energiebezugsfläche) und dem Klima in Zürich (langjähriges Mittel) für folgende, unterschiedliche Gebäudeeigenschaften durchgerechnet:

- niedriger Luftwechsel (für Fugen beziehungsweise für Benutzer: Luftwechsel 0,2 anstelle 0,4 h⁻¹)
- grosse Fensterflächen (335 anstelle 230 m²)
- besserer Nutzungsgrad (0,82 anstelle 0,72)
- bessere Wärmedämmung (k-Wert Wand 0,3 anstelle 0,42 W/m² K)
- trägere Steuerung/Regelung (Gewinnfaktor Freie Wärme sinkt um 0,2)

- Neubauten (Luftwechsel Fugen von 0,1 h⁻¹, Nutzungsgrad 0,82, k-Werte 0,3 W/m²K)

Das gleiche Klima wirkt sich bei Gebäuden mit unterschiedlichen Gebäudeeigenschaften sehr unterschiedlich aus (3 und 4):

- Der Einfluss der Globalstrahlung ist bei Objekten mit geringem Heizenergiebedarf und/oder grosser Fensterfläche grösser.

- Der Einfluss der Heizgradtage ist kleiner bei Gebäuden mit

- grossem Anteil Fensterlüftung-Benutzer
- schlechtem Nutzungsgrad
- kleinem Anteil Wärmegegewinn aus Sonnenenergie
- grossem Anteil Warmwasser.

Klimaeinfluss auf sechs ausgewählte Gebäudetypen

Für die Hochrechnung des Klimaeinflusses in der Schweiz wurden sechs typische Gebäude ausgewählt, die sich an die Untersuchung von Basler und Hofmann «Energiekosten im Raumwärme- und Warmwasserbereich» [3] und gestützt auf die Standardnutzungen der SIA 380/1 anlehnen. Diese sechs Gebäudetypen beschreiben insgesamt beinahe 90% des Gebäudebestandes in der Schweiz:

Abkürzung	Gebäudetyp	Baujahr
EFH:	Einfamilienhaus, freistehend	vor 1947
MFH:	Mehrfamilienhaus, Kombikessel	1947-75
MFHE:	Mehrfamilienhaus, separat WW	1947-75
DLG:	Dienstleistungsgebäude (Bürohaus)	1976-89
SCH:	Schulhaus	1947-75
IND:	Industriegebäude (Werkhalle)	1976-89

Für diese sechs Gebäudetypen wurden detaillierte Energiebilanzen erstellt und der Klimaeinfluss über mehrere Jahre (Standort Zürich) berechnet, was folgende Ergebnisse brachte (5):

- Der Raumheizverbrauch nimmt nicht proportional zu den Heizgradtagen zu, obwohl höhere Heizgradtage tendenziell einen höheren Raumheizverbrauch bewirken.

- Der Klimaeinfluss auf den Energieverbrauch-Warmwasser verläuft umgekehrt zu den Heizgradtagen, die absolute Verän-

derung beim Endenergieverbrauch Warmwasser ist allerdings viel kleiner als beim Endenergieverbrauch-Raumheizung.

- Der Klimaeinfluss ist bei den sechs ausgewählten Gebäudetypen mit mittleren Gebäudeeigenschaften sehr ähnlich. Grosse Unterschiede treten allerdings innerhalb des gleichen Gebäudetypes auf, wenn die Gebäude unterschiedliche Eigenschaften aufweisen (z.B. bei grösserem Anteil der Lüftungsverluste, besserem Nutzungsgrad).

- Der Klimaeinfluss auf den Raumheizverbrauch ist - am Beispiel des Mehrfamilienhauses untersucht - zwischen Gebäuden mit Heizkesseln oder Gebäuden mit Kombikesseln ähnlich.

Einfluss in unterschiedlichen Klimazonen

Für die Hochrechnung des Klimaeinflusses wurde die Schweiz in fünf (Haupt-) Klimazonen unterteilt und jeder Zone eine typische Messstation zugeordnet:

Mittelland:	Zürich (SMA)
Jura:	La Chaux-de-Fonds
Westschweiz:	Pully
Alpen:	Interlaken
Südschweiz:	Locarno-Monti

Die unterschiedlichen Klimaverhältnisse in den verschiedenen Zonen beeinflussen den Energieverbrauch-Raumheizung massgeblich. So verbraucht das (gleiche) mittlere Mehrfamilienhaus in La Chaux-

Literatur

- [1] Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein (SIA): SIA-Empfehlung 380/1: Energie im Hochbau, Zürich 1988
- [2] Wüst & Partner AG: Klimanormierung, Hochrechnung Schweiz, Zürich 1995
- [3] Basler & Hofmann: Energiesparkosten im Raumwärme- und Warmwasserbereich, Haushalte und Dienstleistungen, Zürich 1991
- [4] BUWAL: Die globale Erwärmung und die Schweiz: Grundlagen einer nationalen Strategie, Bern 1994
- [5] Prognos AG: Energieperspektiven 1990-2030, Szenarien zur Entwicklung des Energiebedarfes und seiner Deckung, Basel 1994
- [6] H. Burmeister und B. Keller, Institut für Hochbautechnik ETH Zürich: Die gebäuderelevante, quantitative Darstellung von Klimata, ein neuartiges Planungs- und Dimensionierungsinstrument, in SI+A 21/1995

5

Klimaeinfluss auf Raumheizung, Warmwasser und Raumwärme am Beispiel des mittleren Mehrfamilienhauses (effektive Klimawerte Zürich-SMA 1980-92)

6

Einfluss des unterschiedlichen Klimas der 5 Messtationen in den Jahren 1990, 1985 und 1981 am gleichen Gebäudetyp (mittleres Mehrfamilienhaus)

7

Klimaeinfluss auf Raumheizung und Warmwasser: Hochrechnung für Gebäudebestand Schweiz (mittlere Energiekennzahlen sowie Angaben in % des langjährigen Mittels)

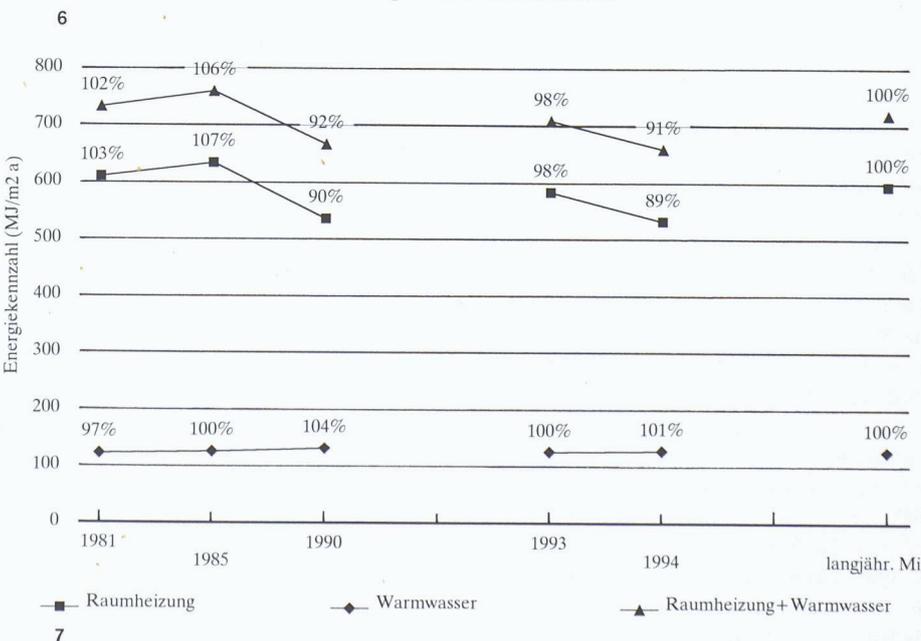
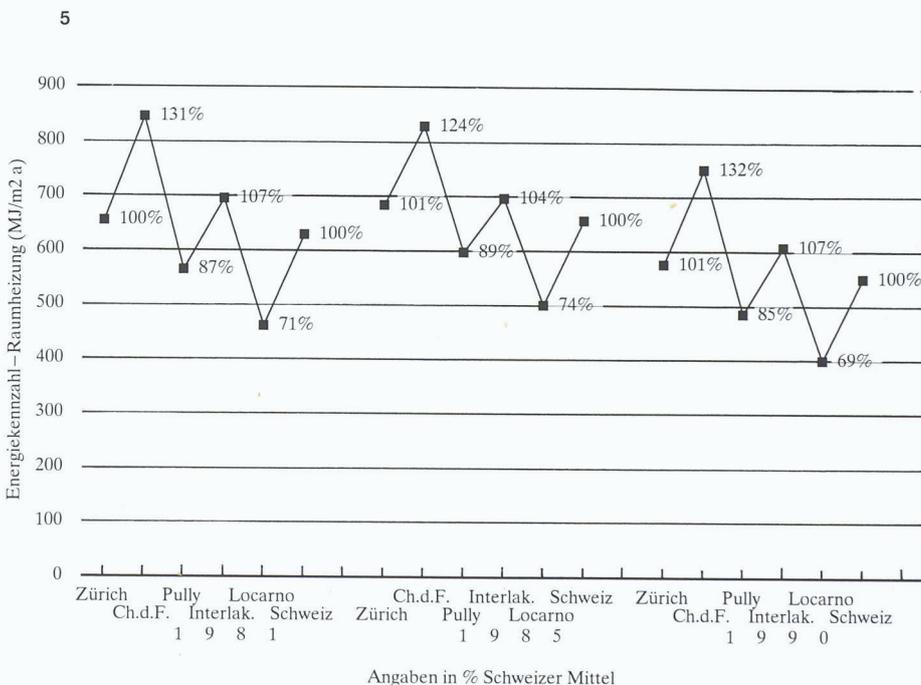
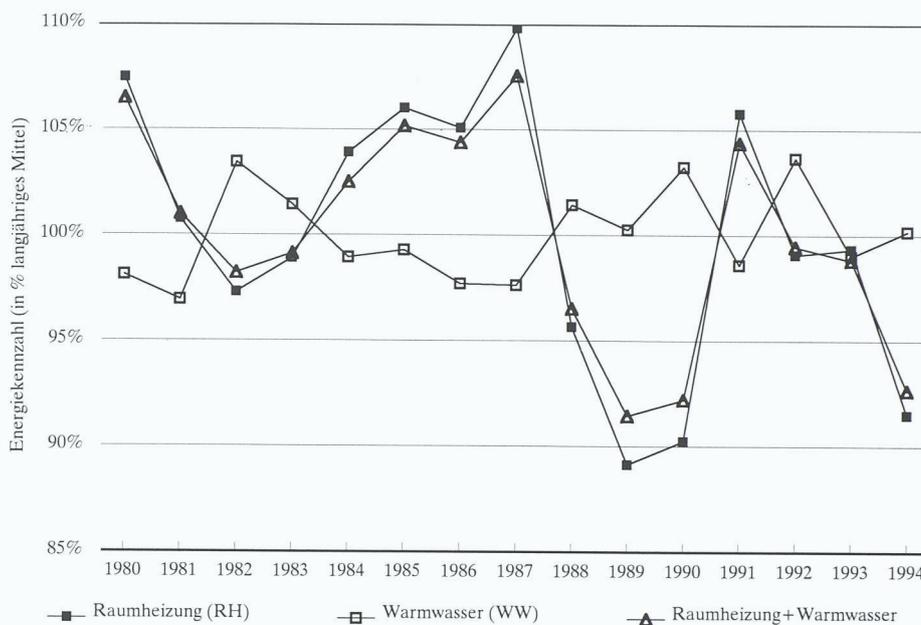
de-Fonds rund 25% mehr Endenergie-Raumheizung als in der Stadt Zürich und in Locarno rund 27% weniger Energie. (Da in den kälteren Klimaregionen die Gebäude effektiv besser gedämmt werden als in wärmeren Regionen, sind die Unterschiede in der Praxis allerdings kleiner.)

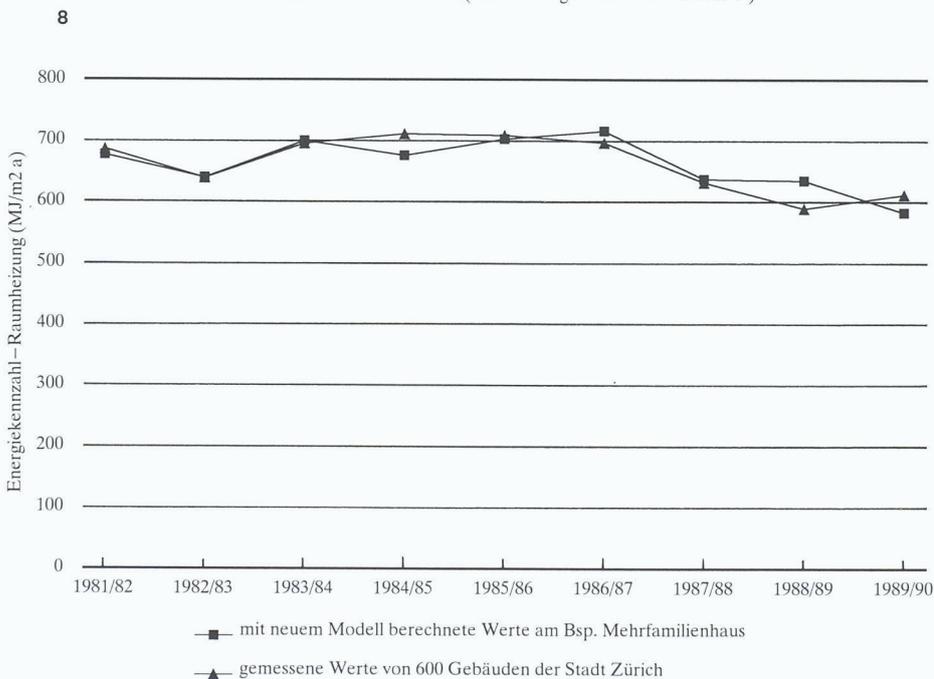
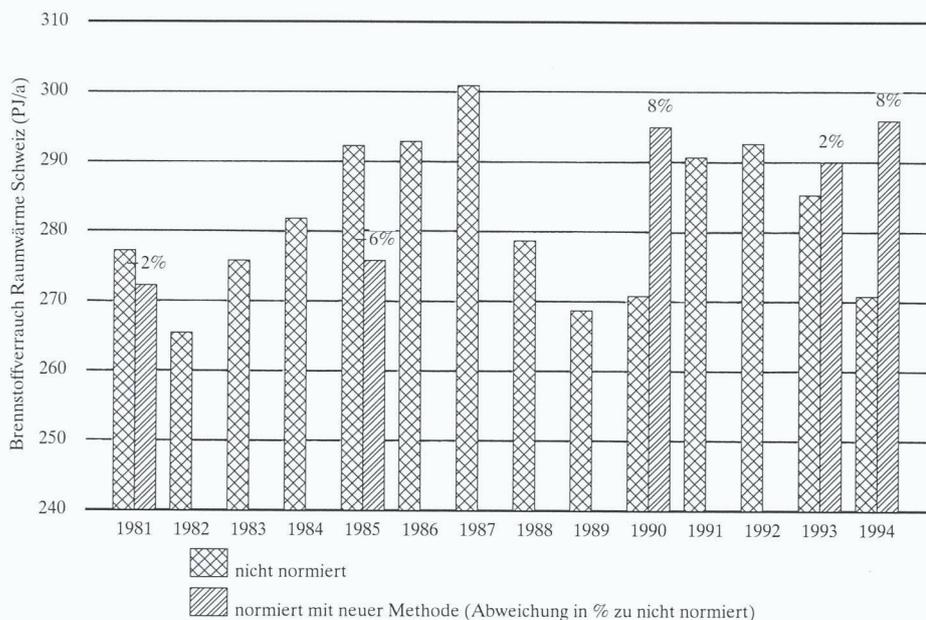
Für die Klimanormierung eines bestimmten Gebäudes müssen also die Klimaverhältnisse des jeweiligen Standortes berücksichtigt und individuell betrachtet werden. Für die Hochrechnung der Klimanormierung der ganzen Schweiz musste allerdings eine weitere Differenzierung nicht vorgenommen werden, da die Veränderungen zwischen den fünf verschiedenen Klimastationen ähnlich (6) verlaufen und sich auch eine Veränderung der Gewichtung der einzelnen Klimazonen auf den hochgerechneten Klimanormierungsfaktor für die Schweiz nur marginal auswirkt.

Hochrechnung auf Schweiz

Mit den vorliegenden Arbeiten ist es gelungen, den Klimaeinfluss für den Raumwärmeverbrauch in der Schweiz zu berechnen und in einem ersten Schritt für die ausgewählten Stichjahre und das langjährige Mittel (1881-94) eine Klimanormierung bereitzustellen (7). Die Unterschiede zwischen dem mit der alten HGT-Methode normierten Energieverbrauch und dem mit der neuen, genaueren Methode normierten Energieverbrauch scheinen irrtümlicherweise auf den ersten Blick nicht sehr gross zu sein. Sie sind aber viel zu gross, wenn z.B. Vergleiche zu den Vorjahren angestellt werden.

Der Klimaeinfluss verläuft bei den verschiedenen (mittleren) Gebäudetypen sehr ähnlich, auch in den verschiedenen Klimazonen.





8

Hochrechnung der Klimanormierung für die Schweiz [2]. Entwicklung des Brennstoffverbrauchs für Raumwärme nach der Gesamtenergiestatistik der Schweiz (GEST; Bereich Haushalt und Gewerbe/Dienstleistungen) effektiv alle Jahre und mit der neuen Methode klimanormiert (nur Stichjahre; 1994: provisorische Zahlen).

9

Vergleich der Entwicklung der berechneten mit gemessenen Energieverbrauchswerten (600 Gebäude der Stadt Zürich)

Ausblick auf eine neue Methode für beliebige Gebäude

Mit der vorliegenden Arbeit wurde eine Hochrechnung der Klimanormierung für die Schweiz durchgeführt. Mit dieser Methode und dem weiterentwickelten Rechenmodell kann der Klimaeinfluss grundsätzlich auch für ein einzelnes Gebäude berechnet werden. Dazu muss die Energiebilanz für dieses Gebäude erstellt, die entsprechenden Klimadaten eingegeben und durchgerechnet werden. Dies ist allerdings mit einem beträchtlichen Aufwand (tausend Franken und mehr für ein mittelgrosses Gebäude) verbunden. Dieser Aufwand kann nicht häufig geleistet werden. Der genaue Verlauf des Energieverbrauches und jährlicher Vergleich mit dem Vorjahr interessiert in vielen Fällen zahlreiche Gebäudeeigentümer und Energiefachleute aber dennoch. Keine Normierung für diese Fragestellung ist am ungenausten, die alte HGT-Methode ist zu ungenau. Auch eine generelle Formel, mit welcher nur ein Teil des Raumheizverbrauches mit den Heizgradtagen normiert und der restliche Teil nicht normiert wird, ist immer noch zu ungenau, so dass nach neuen Wegen gesucht werden muss. Diskutiert wird zurzeit die Erarbeitung einer Tabelle, in welcher für jedes Jahr/Heizperiode, für die verschiedenen Klimazonen der Schweiz (ausgehend von den mehr als 50 Stationen mit Klimadaten der SMA), für verschiedene Gebäudetypen Klimanormierungsfaktoren veröffentlicht werden. Der Grundstein zur Entwicklung solcher Instrumente wurde mit der vorliegenden Arbeit bereits gelegt.

Der Klimaeinfluss schwankt beim Endenergieverbrauch-Raumheizung zwischen +7% und -11%, beim Warmwasser weniger stark (+4% und -3%).

Die Abweichungen der neuen Klimanormierung im Vergleich zur alten HGT-Normierung schwankt beim Energieverbrauch-Raumheizung zwischen +1,1% und -1,3%. Diese Abweichungen durch die zu ungenaue Berechnung des Klimaeinflusses sind grösser als die jährliche Zunahme des Raumheizverbrauches in der Schweiz (in den letzten Jahren im Mittel 0,7%, [8]). Bei einem Vergleich mit dem Vorjahr kann also die alte HGT-Methode zu falschen Schlussfolgerungen führen. Selbstverständlich kann auch die neue Me-

thode noch verbessert werden, vor allem, wenn das heutige Grundlagenwissen erweitert wird, z.B. durch genauere Bestimmung der Heizgrenze, Zusammenhang zwischen Benutzerverhalten - Luftwechsel - Energieverbrauch-Lüftung. Obwohl ein Vergleich mit gemessenen Werten von 600 Gebäuden der Stadt Zürich (mit zuverlässigen Brennstoffverbrauchsdaten über 10 Jahre) zur Verfügung standen, ist ein wissenschaftlich genauer Vergleich zwischen den berechneten und den gemessenen Werten nicht möglich, da weitere Parameter, unter anderem das Benutzerverhalten, als Störfaktoren wirken. Die bisherigen Untersuchungen haben aber doch die Genauigkeit des berechneten Klimaeinflusses bestätigt (9).

Adresse des Verfassers:
Ernst A. Müller, Dipl. Geograph, Büro eam,
Lindenhofstrasse 15, 8001 Zürich.