

# Wärmegewinne in Wohnungen aufgrund innerer Wärmequellen

L. ROUVEL

Bei der Ermittlung des Wärmebedarfs (Norm-Wärmebedarfs) [1] und des Jahresheizwärmebedarfs [2] von Heizungsanlagen wurden in der Vergangenheit Wärmegewinne durch äußere und innere Wärmequellen in der Regel nicht – zumindest nicht explizit – berücksichtigt. Indirekt und pauschal sind sie jedoch im Korrekturfaktor  $f$  der VDI 2067 Blatt 2 enthalten.

Durch die erheblichen Veränderungen in der Bauweise seit der ersten Ölpreiskrise im Jahre 1973 hinsichtlich

- erheblich erhöhtem Wärmeschutz und
- verstärkten Maßnahmen zur passiven Sonnenenergie-nutzung

kann eine solch pauschale Betrachtungsweise zu erheblichen Fehlern in den Berechnungswerten führen. Daher wurden in letzter Zeit eine Reihe von Überlegungen und Vorschlägen vorgestellt, die eine bessere Erfassung der Wärmegewinne ermöglichen sollen. Dies bezieht sich vor allem auf äußere Wärmequellen (Sonneneinstrahlung), während die inneren Wärmequellen meist nur am Rande betrachtet werden.

Die Ursache hierfür liegt nicht so sehr am geringen Einfluß der inneren Wärmequellen, sondern an den Schwierigkeiten, „mittlere“ oder „Norm“-mäßige Verhältnisse zu definieren. Die Werte streuen erheblich und können auch im Einzelfall meist nicht quantifiziert werden. Trotzdem soll versucht werden, die Tendenzen aufzuweisen.

Als „innere Wärmequellen“ wird man im allgemeinen alle Energiequellen innerhalb eines Gebäudes verstehen, die Wärme in die Räume abgeben. Davon ausgenommen sollen alle Wärmequellen sein, die als Ziel die Raumheizung haben. Da bei nahezu allen anthropogenen Energieumsetzungen innerhalb eines Gebäudes letztendlich Wärme entsteht, kann man etwas vereinfacht den gesamten Energieeinsatz in einem Gebäude – mit Ausnahme des Energieeinsatzes für die Raumheizung – als „innere Wärmequellen“ definieren. Hinzuzurechnen ist allerdings noch die Wärmeabgabe der Menschen, solange sie sich im Gebäude aufhalten.

Danach lassen sich die inneren Wärmequellen in zwei Gruppen zusammenfassen:

- Wärmeabgabe des Menschen
- Energieverbrauch im Gebäude mit Ausnahme für Raumheizzwecke, also z. B. für Beleuchten, für Fernseher und Radio, für Kühlen und Gefrieren, für Kochen, für Waschmaschine und Wäschetrockner, für Geschirrspülmaschine, für sonstige elektrische Geräte, für Warmwasserversorgung.

Allerdings werden diese Energieumsätze nur zum Teil den Innenräumen als Wärme zugeführt, ein Teil wird z. B. mit dem Abwasser oder durch Lüften direkt abgeführt und kommt somit der Raumerwärmung nicht zugute.

Wie hoch der Energieumsatz und welcher Anteil davon der Raumerwärmung zugute kommt, wird im folgenden zusammengestellt – Schrifttum hierzu siehe [3 bis 17].

## ● Wärmeabgabe der Menschen

Von der gesamten Wärmeabgabe des Menschen trägt im wesentlichen nur der fühlbare Anteil zur Raumerwärmung bei. Er liegt bei etwa 75% oder in absoluten Zahlen ausgedrückt bei ca. 80 bis 90 Watt pro Person. Die tägliche Aufenthaltsdauer der Personen in der Wohnung ist sehr unterschiedlich und schwankt erheblich mit dem Lebensalter und der Beschäftigung. Die mittlere Aufenthaltsdauer dürfte in etwa 16 Stunden pro Tag betragen, was einer täglichen fühlbaren Wärmeabgabe von ungefähr 1,4 kWh pro Person entspricht.

## ● Beleuchten

Weitgehend der gesamte Stromverbrauch für Beleuchten wird den Innenräumen als Wärme zugeführt. Auch die erzeugte sichtbare Strahlung wird letztendlich in Wärme umgewandelt.

Der mittlere jährliche Stromverbrauch für die Beleuchtung wird meist mit etwa 300 bis 400 kWh pro Haushalt angegeben. Neuere Untersuchungen deuten jedoch auf höhere Werte von ca. 500 bis 600 kWh pro Jahr und Haushalt hin. Aufgrund der jahreszeitlichen Veränderung der täglichen Hellstunden und der Außenhelligkeit reduziert sich der mittlere tägliche Stromverbrauch im Juni auf etwa 50% der Dezemberwerte. Bezogen auf die Heizperiode ergibt sich somit ein mittlerer täglicher Stromverbrauch für die Beleuchtung von etwa 1,8 kWh pro Haushalt. Hiervon werden über zwei Drittel in den Abendstunden zwischen 16 und 24 Uhr benötigt. Ein weiterer Schwerpunkt liegt morgens zwischen 5 und 10 Uhr. Hauptverbrauchsort ist der Wohnbereich innerhalb der Wohnung.

## ● Fernseher und Radio

Der gesamte Stromverbrauch wird der Wohnung, vornehmlich im Wohnbereich am Nachmittag und Abend als Wärme zugeführt. Der mittlere tägliche Stromverbrauch liegt bei etwa 0,5 kWh pro Haushalt mit leicht fallender Tendenz aufgrund des geringeren Leistungsbedarfs neuerer Geräte.

## ● Kühlen und Gefrieren

Der gesamte Stromverbrauch wird am Kondensator (bei Kühlchränken an der Rückseite) als Wärme an die Räume abgegeben. Aufstellungsort ist i. d. R. die Küche, bei Einfa-

milienhäusern wird der Gefrierschrank z. T. auch im Keller oder Hauswirtschaftsraum aufgestellt (etwa 10% der Geräte). Die Wärmeabgabe ist kontinuierlich über den Tag. Der mittlere tägliche Stromverbrauch für einen Kühlschrank beträgt knapp 1 kWh, für ein Gefriergerät etwa 1,8 kWh. Da nur jeder zweite Haushalt ein Gefriergerät besitzt, beträgt der Wärmeeintrag in die Wohnung durch Kühlen und Gefrieren im Mittel etwa 1,9 kWh pro Tag, bei voll ausgestatteten Haushalten jedoch ca. 2,8 kWh.

#### ● Kochen

Etwa 75% aller Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland kochen elektrisch. Daher erscheint es gerechtfertigt, die Verbrauchszahlen hierfür als repräsentativ heranzuziehen. Der größte Teil des Stromverbrauchs von im Mittel etwa 400 bis 500 kWh pro Jahr und Haushalt wird in der Küche als Wärme freigesetzt. Ein Teil dieser Wärme wird, z. B. in Form von Wasserdampf, durch Lüften (Dunstabzugshaube oder Fensteröffnen) abgeführt und kommt daher nicht der Raumheizung zugute. Weiterhin wird ein Teil als heißes Wasser weggeschüttet. Es kann daher angenommen werden, daß knapp die Hälfte des Stromverbrauchs für das Kochen als Wärme in der Küche verbleibt, was einem mittleren täglichen Wert von rd. 0,6 kWh entspricht, wobei die Verbrauchsschwerpunkte um die Mittagszeit und am frühen Abend liegen.

#### ● Waschmaschine und Wäschetrockner

Bei der Waschmaschine werden nur knapp 10% der zugeführten elektrischen Energie über die Oberfläche des Gerätes als Wärme in den Raum abgegeben. Der Rest (über 90%) wird mit dem Abwasser abgeführt. Hiervon gelangt wieder ein allerdings geringer Teil über die Wärmeabgabe der Abwasserschläuche und der Abwasserrohre in beheizte Räume, so daß als Saldo insgesamt etwa 10% im Raum (vornehmlich Bad, aber auch Küche und z. T. auch unbeheizte Waschküche) wirksam werden. Bei einem jährlichen Stromverbrauch für die Waschmaschine von etwa 300 bis 500 kWh pro Haushalt, sind dies im Mittel dann etwa 0,1 kWh pro Tag und Haushalt.

Während nahezu jeder Haushalt (90%) eine Waschmaschine besitzt, sind weniger als 10% der Haushalte mit Wäschetrocknern ausgerüstet. Der Anteil der Wärmeabgabe an den Raum liegt wie bei der Waschmaschine unter 10% der zugeführten elektrischen Energie. Der Jahresverbrauch beläuft sich auf etwa 300 bis 500 kWh je Haushalt, wenn er ein solches Gerät einsetzt. Daraus läßt sich insgesamt folgern, daß der Beitrag der Wäschetrockner zu den „inneren Wärmequellen“ im Durchschnitt vernachlässigt werden kann, zumal Wäschetrockner soweit möglich im Keller oder in der Waschküche aufgestellt werden.

#### ● Geschirrspülmaschinen

Bei Geschirrspülern werden rd. 70% der zugeführten elektrischen Energie als Wärme mit dem Wasser abgeleitet. Von den restlichen 30% sind nochmals ca. 5% abzuziehen, da sie als latente Wärme nicht für die Raumheizung nutzbar sind. Der jährliche Stromverbrauch für das Geschirrspülen

liegt zwischen etwa 450 bis 700 kWh. Somit ist mit einem durchschnittlichen Wärmeeintrag in Küchen mit Geschirrspülmaschinen von etwa 0,4 kWh pro Tag zu rechnen. Im Mittel aller Haushalte sind es jedoch nur 0,1 kWh pro Tag, da die Gerätesättigung bei derzeit etwas über 20% liegt.

#### ● Sonstige elektrische Geräte

Hierunter fallen alle bisher nicht genannten Geräte wie Bügeleisen, Kaffeemaschinen, Küchenmaschinen, Grillgeräte, Föhn u. a. außer Warmwasserbereitern, deren Stromverbrauch großteils (geschätzt ca. 75%) der Raumwärmerzeugung zugute kommt. Hieraus resultiert daher ein mittlerer Wärmeeintrag pro Haushalt von ca. 0,5 kWh pro Tag.

#### ● Warmwasserversorgung

Der Warmwasserverbrauch liegt im Durchschnitt bei etwa 40 l pro Person und Tag bezogen auf eine Wassertemperatur von 55°C. Vom Wärmehalt des gezapften Warmwassers geht der überwiegende Teil wieder mit dem Abwasser verloren. Werden außerdem die latenten Wärmeverluste abgezogen, so kommen größenordnungsmäßig höchstens 20% der Warmwasserwärme der Raumwärmerzeugung zugute.

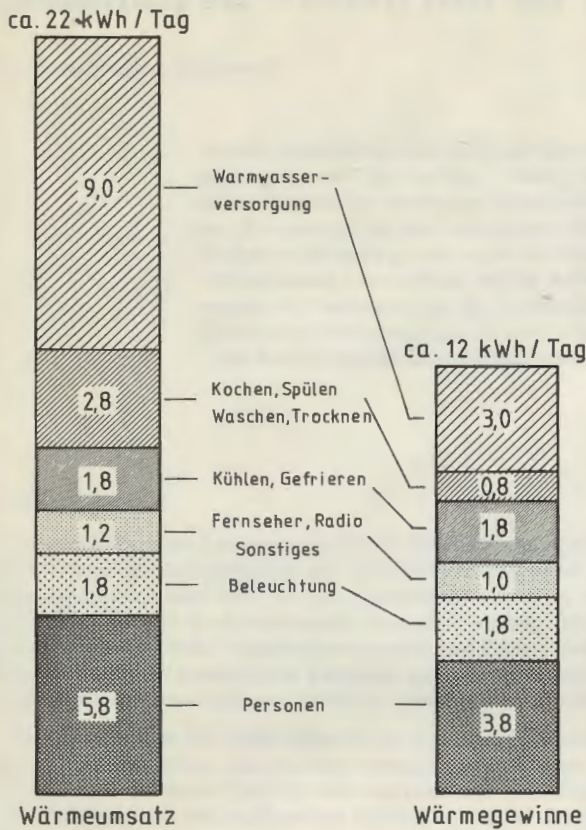
Weiterhin ist aber zu berücksichtigen, daß bei zentraler Warmwassererzeugung erhebliche Wärmeverluste in den Rohrleitungen einschließlich den Zirkulationsleitungen auftreten.

Diese Verluste sind etwa gleich groß wie die mit dem gezapften Warmwasser entzogene Wärme. Je nach Verlegung der Warmwasserleitungen kommt von diesen Verlusten nur ein Teil den beheizten Räumen zugute. Hierüber sind dem Autor keine genauen Untersuchungen bekannt. Schätzt man den nutzbaren Anteil der Rohrleitungsverluste auf etwa 50%, so können etwa 35% der zur Warmwasserbereitung aufgewendeten Heizwärme als „innere Wärmequellen“ angesehen werden. Dies entspricht im Mittel etwa 1,4 kWh pro Person und Tag bei zentraler Warmwasserversorgung und etwa 0,7 kWh pro Person und Tag bei dezentraler Warmwasserversorgung, wobei der Anteil beider Versorgungsarten etwa gleich ist.

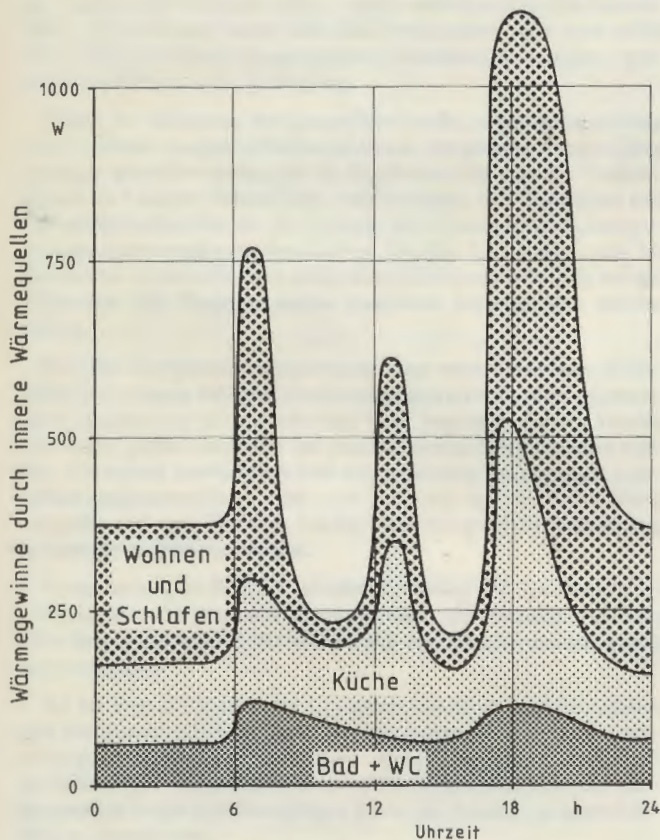
#### Zusammenstellung der Wärmegewinne aufgrund innerer Wärmequellen

Unter der Voraussetzung eines sogenannten „durchschnittlichen“ 2,7-Personen-Haushaltes ergeben sich folgende Werte (siehe auch *Bild 1*):

Personen	3,8 kWh/Tag
Beleuchten	1,8 kWh/Tag
Fernseher, Radio	0,5 kWh/Tag
Kühlen und Gefrieren	1,8 kWh/Tag
Kochen	0,6 kWh/Tag
Waschmaschine und Wäschetrockner	0,1 kWh/Tag
Geschirrspülmaschine	0,1 kWh/Tag
Sonstige elektrische Geräte	0,5 kWh/Tag
Warmwasserversorgung	3,0 kWh/Tag
Summe	12,2 kWh/Tag



„Durchschnittlicher“ 2,7 - Personen - Haushalt  
Bild 1. Innere Wärmequellen.



„Durchschnittlicher“ 2,7 - Personen - Haushalt  
Bild 2. Tagesgang der Wärmegewinne durch innere Wärmequellen.

Die Hauptanteile der Wärmegewinne stammen von den Personen und der Warmwasserversorgung mit etwa 55%, gefolgt von der Beleuchtung sowie Kühl- und Gefriergeräten. Alle anderen Geräte zusammen tragen mit weniger als 15% zu den Wärmegewinnen bei.

Interessant für die Raumheizung ist außer der Kenntnis des mittleren Tageseintrages auch der Zeitgang über den Tag sowie die Aufteilung auf die einzelnen Bereiche einer Wohnung. Hierzu ist in Bild 2 eine Abschätzung der „mittleren“ Verhältnisse dargestellt, wobei im Einzelfall erhebliche Abweichungen auftreten können.

Bezogen auf eine mittlere Wohnfläche von ca. 75 m<sup>2</sup> ergeben sich somit eine Tagesdurchschnittsleistung von knapp 7 W/m<sup>2</sup>. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Bedarfschwerpunkte am Morgen und Abend liegen, und zu diesen Zeiten die mittleren Wärmegewinne aufgrund innerer Wärmequellen bis 15 W/m<sup>2</sup> betragen.

#### Literatur

- [1] DIN 4701 – Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden, Januar 1959 sowie Neufassung vom März 1983.
- [2] VDI 2067 – Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Wärmeverbrauchsanlagen, Blatt 1 und Blatt 2, Entwurf Januar 1974 und Entwurf Dezember 1979.
- [3] Geiger, B.: Sektorale Makro- und Mikroanalyse des Energieeinsatzes im Haushalt und Kleinverbrauch, VDI-Verlag, VDI-Bericht Nr. 282, 1977.
- [4] FfE-Studie: Technologien zur Einsparung von Energie im Endverbrauchssektor Haushalt und Kleinverbrauch, Forschungsstelle für Energiewirtschaft München, November 1975.
- [5] Kliemt, W.: Energiebedarf und -bereitstellung in Wechselwirkung zum Technischen Ausbau, Elektrizitätswirtschaft, Jg. 74 (1975) Heft 1.
- [6] Kionka, U. und K.-J. Oehms: Beitrag des Haushaltstromverbrauchs zur Deckung des Heizwärmebedarfs, et-Heft 9, September 1981.
- [7] Der Stromverbrauch privater Haushalte im Versorgungsgebiet der VEW, VEW & Wirtschaft, November 1982.
- [8] Piller, W.: Lastgangsimulation und -synthese des Stromverbrauchs von Haushalten unter Berücksichtigung der Ausgleichsprobleme. Dissertation TU München, 1980.
- [9] Bouillon, H.: Mikro- und Makroanalyse der Auswirkungen der Sommerzeit auf den Energie- und Leistungsbedarf in den verschiedenen Energieverbrauchssektoren der Bundesrepublik Deutschland. Dissertation TU München, 1983.
- [10] Jensch, K.: Analyse des technischen und energetischen Betriebsverhaltens von Blockheizkraftwerken. Dissertation TU München, 1983.
- [11] Steinmüller, B.: Zum Energiehaushalt von Gebäuden. Dissertation TU Berlin, 1982.
- [12] Werner, H.: Bauphysikalische Einflüsse auf den Heizenergieverbrauch. Dissertation Universität Stuttgart, 1979.
- [13] Ebersbach, K.F. u. G. Layer: Energetische Untersuchung einer Waschmaschine. Brennstoff-Wärme-Kraft 25 (1973), Nr. 3 März, S. 111/116.
- [14] Energetische Untersuchungen an Haushaltsgeräten, nichtveröffentlichte Berichte der Forschungsstelle für Energiewirtschaft München.
- [15] Grundsätzliche Untersuchung über die Möglichkeiten der Abwärmeeinutzung im Haushalt, Bundesminister für Forschung und Technologie, Forschungsbericht T 79-92.
- [16] HEA – Der private Haushalt, VVEW-Verlag Frankfurt, 1981.
- [17] Esdorn, H. und G. Wentzlaf: Zur Berücksichtigung der Sonneneinstrahlung bei der Berechnung des Jahreswärmeverbrauchs. Heizung – Lüftung – Haustechnik 32 (1981), Nr. 9 September, S. 358/367.

Vortrag gehalten auf der 18. Berliner Gesundheitstechnischen Tagung, Oktober 1983.

veröffentlicht in der gi:

Rouvel L.      Wärmegewinne in Wohnungen aufgrund innerer Wärmequellen  
Gesundheits-Ingenieur – Haustechnik – Bauphysik – Umwelttechnik 105  
(1984) Heft 3 **gi**, S.140/142

PROF. DR.-ING. HABIL. LOTHAR ROUVEL  
FACHGEBIET ENERGIETECHNIK UND -VERSORGUNG · THERMISCHE GEBÄUDESIMULATION

SÄULINGSTRASSE 4  
80686 MÜNCHEN

TEL.: 089-576804      FAX: 089-5706641  
ROUVEL@GEBSIMU.DE      WWW.GEBSIMU.DE

