

Die Tragödie der Strahlung

Von Prof. Claus Meier

Die Heiztechnik ist nicht in der Lage, die Strahlung physikalisch richtig einzuordnen. Sie verharrt in den methodischen Regularien der für eine übliche Konvektionsheizung geltenden klassischen Wärmelehre und versucht nun, die Strahlung hier mit einzupassen. Strahlung ist jedoch eine elektromagnetische Welle und kann deshalb mit Wärmeleitung und Wärmeströmung nicht gleichgesetzt werden. Man begeht damit methodisch einen gravierenden Fehler. Dieser allgemeine Mißstand wird jedoch systematisch zu verschleiern versucht: dies wird anhand von Dokumenten untermauert.

Zunächst wird zur Orientierung ein kurzgefaßter Text vorangestellt, der in "Wohnung und Gesundheit" 3/01 – Nr. 98 erschienen ist.

Humane Strahlungswärme

Strahlungswärme bedeutet eine Nutzwärme, die physiologisch günstig bewertet und vom menschlichen Organismus als wohltuend empfunden wird. Seit Urzeiten nutzt und genießt der Mensch die Strahlungswärme der Sonne.

Es gibt drei Möglichkeiten des Wärmetransportes: Die Wärmeleitung, die Wärmeströmung oder Konvektion und die Wärmestrahlung.

Die Wärmeleitung und damit auch die Konvektion ist Teil der klassischen Wärmelehre und braucht zum Wirksamwerden immer Temperaturdifferenzen (zweiter Hauptsatz der Thermodynamik - Wärme fließt vom höheren zum niedrigeren Potential). Dies wird auch bei den Dimensionen erkennbar ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$), (W/mK). In der Heiztechnik spricht man von "Übertemperaturen".

Die von einer Oberfläche ausgehende Wärmestrahlung, wie z. B. die Heizfläche einer Strahlungsheizung oder die Oberfläche eines Raumes, ist als Wärmestrahler eine elektromagnetische Welle, gleich dem sichtbaren Licht, der Radiowelle, den Röntgenstrahlen und gehorcht im Gegensatz zur Wärmeleitung quantenmechanischen Gesetzen, eben dem Planckschen Strahlungsgesetz.

Dieses Strahlungsgesetz läßt sich nicht aus der klassischen Physik herleiten, sondern erfordert die Annahme quantenhafter Absorption und Emission elektromagnetischer Strahlungsenergie durch den Schwarzen Strahler [8]. Es mußte damals von Planck ein radikaler Bruch mit den klassischen Vorstellungen der Wärmelehre vollzogen werden. Somit läßt sich Strahlung physikalisch auch nicht mit den Mitteln der kinetischen Wärmelehre beschreiben [11].

Das Plancksche Strahlungsgesetz beschreibt nun die Intensität der elektromagnetischen Strahlung eines Schwarzen Körpers in Abhängigkeit von der Wellenlänge; das Strahlungsgesetz von Stefan und Boltzmann führt daraus abgeleitet zur Strahlungsleistung, die sich nun proportional zur vierten Potenz der absoluten Temperatur verhält ($\sim T^4$). Strahlung benötigt zum Wirksamwerden also lediglich eine Temperatur. Eine Temperaturdifferenz, wie sie bei der Thermodynamik erforderlich wird, ist bei der Strahlung also fehl am Platz. Dies drückt sich auch in der Dimension für die Strahlungsleistung aus (W/m^2).

Mit der Wärmestrahlung werden besonders günstige Wärmeleistungen erreicht, weil diese allein von der "absoluten Temperatur" abhängen. Damit fallen Unterschiede von z. B. 10 oder 15 K nicht groß ins Gewicht, wie dies beim klassischen Wärmeübergang der Fall ist. Eine Strahlungsheizung funktioniert allein durch eine temperierte Fläche und kann deshalb auch nicht mit einer üblichen Konvektionsheizung, die auf vorliegende Temperaturdifferenzen zwischen Heizkörper und Luft angewiesen ist, verglichen werden.

Da Strahlung keine Luft, sondern nur massive Stoffe erwärmt (erst die erwärmten Oberflächen geben dann Energie an die Innenraumluft ab), ist bei einer Strahlungsheizung die Wandtemperatur immer höher als die Raumlufttemperatur. Dies hat Vorteile: Bei dem hygienisch notwendigen Luftaustausch wird dadurch viel Energie gespart. Auch werden Kondensatschäden (Schimmelpilzbildung) vermieden. Wer also Energie sparen und Schimmelpilze vermeiden will, wählt eine Strahlungsheizung! Bei vielen Bauten, besonders aber in der Denkmalpflege, hat sich die Temperierung durch eine Strahlungsheizung sehr bewährt [3].

Warum aber hat sich bei diesen vielen Vorteilen eine Strahlungsheizung noch nicht endgültig durchgesetzt?

dass das Plancksche Strahlungsgesetz und die Wiensche Strahlungsformel in [8] einen Faktor 2 enthält, der in den einschlägigen Fachpublikationen fehlt, ist schon recht bemerkenswert. Sollte die Heizungsbranche gegenüber den hervorragenden Vorteilen einer Strahlungsheizung Korrekturen eingeführt haben, die die Strahlungsleistung einer Strahlungsheizung gewaltig mindern? [5], [6].

Wegen der Vorstellung einer räumlich nur nach einer Seite hin gerichteten Strahlung wird vom "Schwarzen Strahler in den Halbraum" gesprochen (so z. B. in [2] und [5]). Sind als Konsequenz dieser Argumentation die Ergebnisse der Strahlungsgesetze halbiert worden, so ist dies nicht gerechtfertigt. Wenn eine Fläche gemäß dem Strahlungsgesetz Energie emittiert, dann strahlt sie eine bestimmte Energieleistung pro Flächeneinheit ab (W/m^2), unabhängig von der Form der Strahlfläche (Kugelgestalt oder ebene Fläche). Die emittierte Leistung der Fläche ist in beiden Fällen gleich, nur die empfangenen Flächen erleiden durch die unterschiedliche Erreichbarkeit der emittierten Strahlen Reduzierungen. Bei einer Wandflächenheizung in einem geschlossenen Raum (Hohlraumstrahlung) allerdings erfolgen keine Reduzierungen.

In Anlehnung an die klassische Thermodynamik werden bei der Strahlungsheizung Differenzen gebildet. Wärmestrahlung jedoch wirkt als elektromagnetische Welle und ist allein von der absoluten Temperatur abhängig, ist also immer positiv (+). Insofern ist es falsch, bei zwei gegenüberliegend angeordnete Temperaturstrahlern (z. B. Heizfläche und Wandfläche) die Strahlungsleistungen mit einem positiven (+) und einem negativen (-) Vorzeichen zu belegen. Diese Differenzbildung ($T_{14} - T_{24}$) ist jedoch überall vorzufinden, z. B. in [1], [2], [4], [9], [10]. Man berechnet damit jedoch die Strahlungsbilanz einer Heizfläche, nicht aber die Summe der in den Raum strahlenden Energie. Bei einer Strahlungsheizung versagt dieses Modell der Differenzbildung, es führt zu absurden Ergebnissen.

Was passiert, wenn zwei gleich große Strahlplatten oder sogar Strahlwände gegenüberliegend angeordnet werden, die beide das gleiche Temperaturniveau haben? Die Energieabgabe in Richtung des Raumes (und darauf kommt es ja doch an) würde bei der Differenzbildung dann zu Null werden - ein Unding. Ein solches Ergebnis muß falsch sein, denn immerhin strahlen beide Flächen recht deutlich. Werden die Temperaturen der beiden Flächen, sagen wir, auf 40 °C gebracht, so wird es für einen Menschen im Raum gewiß recht unangenehm warm - und doch wird für die beiden Heizflächen jeweils eine Wärmeabgabe von Null errechnet! Dies kennzeichnet in eindrucksvoller Weise die Unrichtigkeit einer Differenzbildung, beim Strahlungsaustausch wird mit der Strahlungsaustauschzahl also fehlerhaft gerechnet.

Die bei einer Strahlungsheizung übliche Anwendung der Strahlungsaustauschzahl $C_{1,2}$ [9] beinhaltet sowohl die Halbierung der Strahlleistung als auch die Differenzbildung. Insofern werden grundsätzlich zu niedrige Ergebnisse berechnet. Darüber hinaus werden u.a. bei der Ableitung der Strahlungsausgleichzahl für zwei parallele Flächen, die im übrigen auch in der DIN EN ISO 6946 von 1996 aufgeführt ist, gemäß [2] noch folgende Randbedingungen angenommen [5], [6]:

1. Es wird eine einmalige Reflektion berücksichtigt.

Diese Einschränkung beschreibt einen Zeitpunkt, der bei vorliegender Lichtgeschwindigkeit der Strahlung in Sekundenschnelle vorbei ist. In Wirklichkeit erfolgt, besonders bei Wandflächen, eine vielfache Reflektion, die solange anhält, bis die gesamte Strahlungsenergie absorbiert und nach gewisser Zeit der Energieaustausch zwischen den beiden Flächen abgeschlossen ist - die Temperaturen gleichen sich an. Wenn alle Strahlung jedoch absorbiert wird, dann nähert sich der Emissionsgrad der Zahl 1 und wird zum Schluß zu 1.

2. Es werden zwei gleich große und parallele Flächen angenommen.

Bei der verallgemeinerten Anwendung dieser Strahlungsaustauschzahl trifft dies selten zu.

3. Die seitlichen Strahlungsverluste werden zu Null.

Inwieweit diese Randbedingung gesetzt werden kann, hängt vom Abstand der beiden Flächen ab. Um seitliche Strahlungsverluste vernachlässigen und dies einigermaßen rechtfertigen zu können, müssen die beiden Strahlflächen sehr eng beieinander liegen oder sehr groß sein. In Praxis ist dies aber selten der Fall, es sei denn, es handelt sich um einen geschlossenen Raum mit vielfältigen Reflektionen.

4. Die beiden Temperaturen T_1 und T_2 werden konstant angenommen.

Dies trifft in Realität nicht zu, da ein Strahlungsaustausch erfolgt (s. Randbedingung 1).

5. Die beiden Emissionsgrade ϵ_1 und ϵ_2 werden konstant

angenommen.

Auch dies trifft bei einem Innenraum in Realität nicht zu, da durch wiederholte Reflektionen man sich dem "Schwarzen Strahler" nähert (s. Randbedingung 1).

Diese Randbedingungen müssen beachtet werden. Es ist zu vermuten, dass bei der in der Fachwelt doch allgemein angenommenen Gültigkeit dieser in der Literatur vorzufindenden Strahlungsaustauschzahlen (u.a. in [9]) man gar nicht ahnt, wie fehlerhaft man rechnen kann.

Um die Wärmestrahlung den thermodynamischen Rechenmethoden anzupassen, wird zusätzlich noch die T_4 -Differenz durch die Temperaturdifferenz $T_1 - T_2$ geteilt, um am Ende wieder analog der allerdings für die Strahlung nicht zutreffenden kinetischen Wärmelehre mit einer Temperaturdifferenz multiplizieren zu können.

Quintessenz: Die langjährig angewendeten und damit auch fälschlicherweise als "bewährt" bezeichneten Formelansätze für die Berechnung der Strahlungsaustauschzahlen erweisen sich für die Beurteilung der wahren Strahlungsverhältnisse als logisch widersprüchlich; sie verstoßen gegen die elementaren Gesetzmäßigkeiten der Strahlungsphysik.

Bemerkenswert ist, dass bei Anwendung der "praktizierten" Formeln stets alle errechneten Werte zu Ergebnissen führen, die zu niedrig ausfallen. Dies bedeutet neben einer Überdimensionierung der Anlage eine generelle Unterbewertung und damit Benachteiligung der Strahlungsheizung! Bei einer solchen Methodik braucht man sich dann auch nicht zu wundern, dass die Strahlungsheizung nicht die Geltung erreicht, die sie verdient.

Es ist deshalb ernsthaft die Frage zu prüfen, inwieweit hier nicht grundsätzlich umgedacht werden muß, damit bei der Installation von Heizungsanlagen die rechnerisch produzierten Benachteiligungen der Strahlungsheizung der Vergangenheit angehören.

Literatur:

- [1] Bogoslowkij, V. N.: Wärmetechnische Grundlagen der Heizungs-, Lüftungs- und Kli-matechnik. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1982.
- [2] Cerbe, G.; Hoffmann, H.-J.: Einführung in die Thermodynamik - von den Grundlagen zur technischen Anwendung, Hanser Verlag München.
- [3] Großschmidt, H.: Das temperierte Haus: sanierte Architektur und Großvitrine. Aspekte der Museumsarbeit in Bayern, MuseumsBausteine Band 5, Landesstelle für die nichtstaatlichen Museen beim Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege
- [4] Lutz, P.; Jenisch, R.; Klopfer, H.; Freymuth, H.; Krampf, L; Petzold, K.: Lehrbuch der Bauphysik, Teubner Verlag Stuttgart, 3. Auflage 1994.
- [5] Meier, C. (Hrsg.): Wärmeschutzplanung für Architekten und Ingenieure. Rudolf Müller Verlag Köln, 1995; 2 Bände mit insgesamt 1800 Seiten; (im Mai 1998 vom Markt genommen).
- [6] Meier, C.: Humane Wärme. Strahlungswärme als energiesparende Heiztechnik. bausubstanz 1999, H. 3, S. 40.

[7] Meier, C.: Bauphysik – aus den Gleisen geraten. bausubstanz 2000, H. 11/12, S. 48.

[8] Meyers Enzyklopädisches Lexikon. Bibliographisches Institut Mannheim, Wien, Zürich 1971

[9] Recknagel, H.; Sprenger, E; Hönnmann, W.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. München und Wien: R. Oldenbourg Verlag 1988/1989.

[10] Reeker, J.; Kraneburg, P.: Haustechnik - Heizung, Raumlufttechnik, Werner Verlag Düsseldorf 1994.

[11] Tipler, P.A.: Physik. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin Oxford, 1994.

Dieser Text machte schon vor der Veröffentlichung einigen "Experten" Kopfzerbrechen, denen der Artikel zwecks Begutachtung zugeschickt wurde.