

Zeitschrift: Bauen + Wohnen = Construction + habitation = Building + home : internationale Zeitschrift

Herausgeber: Bauen + Wohnen

Band: 6 (1952)

Heft: 2

Artikel: Strahlungsheizung : die unsichtbare Raumheizung

Autor: Weber, A.P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-328233>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 06.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Strahlungsheizung – die unsichtbare Raumheizung

Es ist als ein ganz wesentlicher Fortschritt in der Entwicklung der Wohnkultur zu betrachten, daß es der Heiztechnik gelungen ist, eine Heizungsart zu entwickeln, die in technischer, hygienischer, physiologischer, ästhetischer und auch wirtschaftlicher Beziehung den größten Ansprüchen gerecht wird. Es handelt sich um die sogenannte Strahlungsheizung, über deren Wesen, Bau und Berechnung wir nachstehend einige allgemeine Orientierungen zur Kenntnis bringen. Für den Architekten und für den Besitzer der Anlage ist bei dieser Heizart der Umstand besonders wichtig, daß es sich um eine unsichtbare Heizung handelt, die der modernen Architektur in baulich-organisatorischer Hinsicht weitgehend entgegenkommt. Wer das Wesen der neuen Heizungsmethode richtig versteht will, muß eine Reihe wichtiger Eigenschaften der Wärmestrahlung und der Wärmeregelung des menschlichen Körpers kennen. Im folgenden werden daher einige strahlungstechnische und physiologische Gesetze und Erkenntnisse erläutert, die allerdings keinen Anspruch auf strenge Wissenschaftlichkeit und Ausführung erheben. Im Anschluß daran sind die mehr praktischen Gesichtspunkte erläutert.

Eine der ersten Strahlungsheizungen im weiteren Sinne des Wortes war das Kaminfeuer. Dieses kannten schon unsere Urbewohner und im Mittelalter sprach man vom sogenannten «Caminata», das war das heizbare Gemach mit dem Cheminée. Oft besaß eine Burg oder ein Schloß nur ein einziges Caminata, wo die Bewohner die langen Winterabende verbrachten, sei es mit musizieren oder mit einer «Plauderei am Kaminfeuer».

Physikalisches von der Wärmestrahlung

Nach der Lehre von der Wärmeübertragung gibt eine Heizung die Wärme vor allem auf zwei Arten an den Raum ab. Einmal durch die umgebende Luft, welche sich am Heizkörper erwärmt und sie auf andere Körper und Gegenstände überträgt. Man nennt diese Wärmeübertragung Konvektion oder auch Mitführung. Das Maß der Wärmeleitung ist in der sogenannten Wärmeübergangszahl definiert, die angibt, welche Wärmemenge von 1 m² Heizfläche in einer Stunde bei einem Temperaturunterschied (Luft – Heizfläche) von 1°C abgegeben wird. Weiter erfolgt die Wärmeübertragung durch Wärmestrahlung. Alle Stoffe, sowohl feste und auch flüssige, senden fortwährend Strahlung aus. Die ausgesandte Strahlung ist eine Energieform, deren Aussendung und Ausbreitung von den Physikern allerdings noch nicht restlos erklärt worden ist.

Es stehen sich nämlich zwei verschiedene Theorien gegenüber, und zwar die Wellentheorie und die sogenannte Korpuskulärtheorie, welche die Strahlen als körperliche Partikel auffaßt. Daher kommt es, daß zuweilen behauptet wird, die Bezeichnung «Wärmestrahlung» sei falsch, denn es werde keine Wärme ausgestrahlt, sondern es handle sich um Wellenausbreitung, deren Energie beim Auftreten auf feste Körper in Wärme umgewandelt wird. Die Strahlung ist elektromagnetischer Art und pflanzt sich im luftleeren Raum mit Lichtgeschwindigkeit, also 300 000 Sekundenkilometer, fort. Da diese Strahlung eine Energieform ist, müssen ausstrahlende Stoffe Energie verlieren,

d. h. Wärme. Ein klassisches Beispiel haben wir bei der Sonnenstrahlung, welche bekanntlich erst das Leben auf unserm Planeten möglich macht. Trotz der ungeheuren Distanz von der Sonne zur Erde (150 000 000 Kilometer) werden der Erde in jeder Stunde, bei senkrechter Einstrahlung, 1150 kcal/m² zugestrahlt, wovon allerdings ein großer Teil von der Atmosphäre verschluckt wird. Der Gesamtdruck der Sonnenstrahlung auf die Erdoberfläche beträgt 70 000 Tonnen, der freilich pro m² nur einen Bruchteil eines Milligrammes ausmacht. Pro Jahr strahlt die Sonne der Erde 134 × 10¹⁹ kcal zu!

Die durch die Oberfläche eines Körpers austretende Strahlungsenergie ist von der Temperatur des Körpers abhängig (proportional der 4. Potenz); je höher also die Temperatur ist, desto mehr Energie wird abgestrahlt. Innerhalb der abgestrahlten Energie kann man je nach der Wellenlänge der Strahlen verschiedenartige Strahlungsarten unterscheiden: Röntgenstrahlen, ultraviolette Strahlen, Licht, Wärmestrahlen, Radiowellen oder Hochfrequenzstrahlen. Unter diesen haben die uns interessierenden Wärmestrahlen eine Wellenlänge von 4 Zehntel- bis 7,7 Tausendstelsmillimetern, zählen somit zu den langwelligsten Strahlenarten, wie auch die Hochfrequenzstrahlen. Während die kurzwelligsten Licht- und Röntgenstrahlen von den Fensterscheiben nicht aufgehalten werden (durchsichtig sind!), wird eine langwellige Strahlung im Fensterglas zum größten Teil absorbiert oder reflektiert und nur zum geringen Teil durchgelassen. Diese Tatsache ist bei der Strahlungsheizung von großer Bedeutung, weil die Wärmeverluste der Fenster dadurch gar nicht so groß sind, wie man es bei oberflächlicher Betrachtung erwarten möchte.

Die mathematische Formel, wonach sich die Strahlungsenergie eines Körpers als Funktion seiner Temperatur angeben läßt, verursachte den Physikern um die Jahrhundertwende viel Arbeit. Eine erste Näherung fand Boltzmann, die von Stefan experimentell bestätigt wurde (Stefan-Boltzmannsches Strahlungsgesetz), die sich aber eine Korrektur (Wiensches Verschiebungsgesetz) gefallen lassen muß, wenn die Temperatur des strahlenden Körpers sehr hohe Werte annimmt (etwa weißglühend wird). Erst Planck fand 1900 die richtige Form und mußte hierfür sein berühmtes «elementares Wirkungsquantum», die Plancksche Konstante, einführen, worauf dann später die Quantentheorie begründet wurde. Für die Zwecke der Technik, also auch der Heiztechnik, ist eine etwas modifizierte Form des Stefan-Boltzmannschen Gesetzes ausreichend, welche folgendermaßen lautet:

$$Q = C \cdot F \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{ kcal/h} \quad (1)$$

Darin bedeutet:

C = Strahlungszahl in kcal/m² h °C (Gegenseitigkeit),
F = Größe der Strahlungsfläche in m²,
T₁ = absolute Temperatur der Strahlungsfläche in °K
(lies: Grad Kelvin),
T₂ = absolute Temperatur der bestrahlten Flächen in °K.

(Die °K, die absolute Temperatur, ergibt sich, wenn man zur Zahl der Celsiusgrade noch die Zahl 273 hinzuzählt, also: 18° C = 273 + 18 = 291° K).

Streng bewiesen ist dieses Gesetz allerdings nur für den absolut schwarzen Körper, der aber in der Technik kaum vorkommt; denn selbst die Strahlung eines stark berührten Körpers beträgt nur 90–95 Prozent der Strahlung des absolut schwarzen Körpers. Als absolut schwarze Strahlung wird die sogenannte Hohlraumstrahlung angesehen. Über die Größe der Strahlungszahl C der wichtigsten Baustoffe gibt folgende Tabelle Auskunft:

Schwarzer Körper	...	C = 4,96
Gips	...	C = 4,48
Glas	...	C = 4,65
Verputz	...	C = 4,60
Ziegelstein	...	C = 4,60
Gummi	...	C = 4,50
Holz	...	C = 4,40
Gußeisen, rauh	...	C = 4,60
Schmiedeisen, blank	...	C = 1,70
Linoleum	...	C = 4,48
Zement, weiß	...	C = 4,56

Gleichung 1 eignet sich für die Berechnung einer Strahlungsheizung nicht gut, da deren Auswertung umständlich ist, und weil man über die Temperaturen der bestrahlten Flächen in einem Raum nur sehr schlecht orientiert ist.

Die Berechnung der Temperatur- und Strahlungsverteilung eines strahlungsbeheizten Raumes führt zu sehr großen mathematischen Schwierigkeiten. Nur für geometrisch einfach gelagerte Fälle ist es möglich, die Temperaturverteilung voraus zu berechnen. Es würde viel zu weit führen, wollten wir an dieser Stelle näher darauf eingehen. Jedoch ist zu beachten, daß die Wärmeverteilung im Raum auch bei vollständig beheizter Decke nicht gleichmäßig ist. Die Mitte des Fußbodens z. B. bekommt mehr Wärme als die Ecken, so daß auch bei der Deckenstrahlungsheizung Konvektionsströmungen auftreten. Die Luft sinkt an den Wänden herunter und kühlst sich dabei ab, strömt dann der wärmsten Stelle, der Mitte des Fußbodens zu, um von hier aus wieder erwärmt hochzusteigen. Hierzu ist allerdings zu sagen, daß diese Konvektionsströmungen bei der Strahlungsheizung wesentlich kleiner sind als bei Radiatorenheizung. Dadurch entstehen viel geringere Luftströmungen, bzw. Staubaufwirbelungen im strahlungsbeheizten Raum, was vom hygienischen Standpunkt aus ein großer Vorteil ist. Weiter zeigt eine genaue Untersuchung der Temperaturverteilung, daß die bestrahlten Wandflächen, im Gegensatz zur Konvektionsheizung, eine zum Teil höhere Temperatur aufweisen als die umgebende Raumluft.

Physiologische Wirkungen

Durch das Phänomen der Konstanz der Körpertemperatur fühlt sich der Mensch unter ganz bestimmten Temperaturverhältnissen behaglich, bzw. die Wärmeabgabe des Körpers soll einen gewissen Betrag nicht über- oder unterschreiten, damit ein Wohlbefinden vorhanden ist. Aus obigen Ausführungen geht hervor, daß die Wärmeabstrahlung des Menschen in weitem Maße von der Oberflächentemperatur der Umfassungswände abhängig ist, um so mehr, da der Wärmetausch durch Strahlung mit der vierten Potenz der absoluten Temperatur zunimmt. Dies hat zur Folge, daß man sich in einem Raum mit gut isolierten Wänden bei niedriger Lufttemperatur behaglicher fühlt als in einem Raum normaler Bauart, da die Oberflächentemperatur der Außenwand über der Temperatur der Raumluft liegt und nur eine relativ kleine Wärmeabstrahlung des menschlichen Körpers zuläßt. Umgekehrt kann ein Raum mit wärmetechnisch schlechten Außenmauern, aber mit genügender Lufttemperatur nicht zur Behaglichkeit ausreichen, weil die starke Wärmeabgabe infolge Strahlung nach den kalten Außenwänden die Gesamtwärmeabgabe des Menschen über das für das Wohlbefinden erträgliche Maß erhöht.

Die Wärmeabgabe des erwachsenen Menschen bei sitzender Tätigkeit und 18° Raumtemperatur beträgt nach Rubner bei Normalheizung:

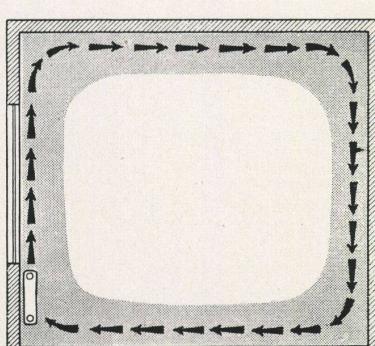
durch Strahlung	.....	49,2 kcal/h
durch Konvektion	.....	34,8 kcal/h
durch Verdunstung	.....	23,2 kcal/h
durch Muskelbewegungen	.....	2,0 kcal/h
durch Atmung	.....	1,8 kcal/h
durch Ernährung	.....	1,5 kcal/h

Total = 112,5 kcal/h

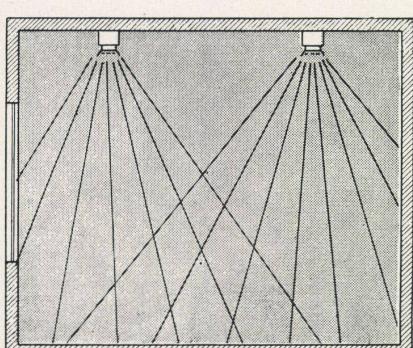
Vorstehende Werte variieren natürlich bei jedem Menschen etwas. Wichtig ist aber, wie gesagt, die Tatsache, daß Behaglichkeit für den menschlichen Körper dann vorhanden ist, wenn sein Wärmehaushalt keine Störungen erfährt, d. h. wenn er an die Umgebung gerade soviel Wärme abführen kann, wie durch die Lebensvorgänge im Körperinnern erzeugt wird. Diese Wärmeabgabe beträgt im Behaglichkeitsbereich rund 100 kcal/h. Die Strahlungsheizung ist nun jene Heizungsart, bei welcher die Forderung höherer Wandtemperatur als Lufttemperatur und damit behagliches Verhältnis von Abstrahlung und Konvektion bei der Gesamtwärmeabgabe des Körpers verwirklicht wird.

Das heutige Bestreben der Heiztechniker, den Bau der Heizungsanlage auch nach raumklimatischen Gesichtspunkten zu betrachten, darf als ein wesentlicher Fortschritt in der Wohnhygiene angesehen werden. Man trachtet also nicht nur die verlangte Raumtemperatur zu erreichen, sondern man berücksichtigt auch die Physik der Entwärmung infolge Strahlung, sowie die Physiologie der menschlichen Wärmeregulation.

Die Verlegung der Heizfläche an die Decke klingt für manchen Nichteingeübten paradox, da man nach dem alten Grundsatz: «Warmer Fuß, kühler Kopf» bei den üblichen Heizanlagen bestrebt war, die Heizfläche möglichst tief über Boden anzordnen. Bei der Deckenstrahlungsheizung, bei der die Konvektion nur einen geringen Anteil hat, fällt obige Forderung nicht in Betracht, und zwar ohne daß der erwähnte Grundsatz von den warmen Füßen und dem kühlen Kopf nicht seine Erfüllung fände. Wie im folgenden noch gezeigt wird, sind nämlich die Strahlungstemperaturen der Deckenheizflächen im allgemeinen sehr niedrig, während die FußbodenTemperatur eher höher ist als bei der Radiatorenheizung. Die Deckenoberflächentemperaturen betragen während der meisten Heiztage etwa 25–30° C, wodurch eine milde und gleichmäßige Strahlung erreicht wird, die der Mensch nach den gemachten Erfahrungen als angenehm empfindet. Eine Deckenheizung kann dann als einwandfrei bezeichnet werden, wenn die Deckenoberflächentemperaturen während der meisten Heiztage unter der Temperatur des



1 Bewegung der Warmluft in einem Raum mit Radiatorheizung.



1a Raumerwärmung bei direkter Strahlungsheizung. (Aus: «Elektrizität und Bauen», Verlag Elektrowirtschaft, Zürich.)

menschlichen Blutes liegen. Ins Kapitel der Hygiene gehört auch noch die Verschlechterung der Raumluft durch Staubentwicklung, über die die Zentralheizungsbetreiber immer wieder geklagt haben. Die niedrigen Oberflächentemperaturen der Deckenheizflächen zusammen mit den sehr geringen Luftströmungen, wie auch die Lage der Heizfläche selbst, verunmöglichen das Auftreten solcher Überstände, was besonders in Spitätern, Operationsräumen und Schulzimmern von großem Vorteil ist. Bei der Bemessung der Deckenheizfläche ist vor allem das

System

nach dem die Heizrohre in die Decke eingefügt werden, zu berücksichtigen. Am bekanntesten und auch am meisten verbreitet ist das sogenannte Crittallverfahren, bei welchem die Heizrohre direkt in die Heizdecke einbetoniert sind. Weiter unterscheidet man noch ein Luftraumsystem, bei dem das Schlangenrohr durch Längssrippen oder gebogene Wärmezersetzer ergänzt sind (Abb. 3). Das Crittallsystem ist das Ausgangsprinzip der Deckenheizung überhaupt, und zwar wurden die ersten Anlagen dieser Art in England von der Firma R. Crittall & Co. gebaut, woher auch der Name «Crittall» stammt. Als eigentlicher Erfinder der Deckenstrahlungsheizung wird jedoch der Engländer A. H. Baker bezeichnet, dem bereits 1907 ein englisches Patent hierauf erteilt wurde.

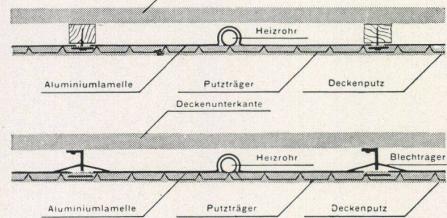


Abb. 3. Anordnung der Heizdecke mit Luftraum (System Stramax, z. B. in den Hochhäusern in Basel ausgeführt).

Abb. 3 zeigt eine heruntergehängte Heizdecke mit Luftraum (Luftraumsystem) im Querschnitt und in der Abb. 4 sind 3 Arbeitsvorgänge ersichtlich: oben Röhren mit Lamellen, in der Mitte der Putzträger und unten das Anbringen der sichtbaren Decke. Dieses Heizsystem kann mit den üblichen Heizwassertemperaturen betrieben werden und ist naturgemäß auch elastischer im Betrieb als das einbetonierte.

Ein weiteres, in der Schweiz noch wenig angewendetes System der Strahlungsheizung, ist die sogenannte Sunstrips-Panel-Heating. Es handelt sich hier um eine Art Punkt- oder Bandheizung, indem nur bestimmte Punkte und Stellen eines Raumes (speziell in Fabriken) mittels hochtemperierten und relativ weit entfernten Heizplatten bestrahlt werden. Dieses System besitzt besonders für große Hallen und Werkstätten wirtschaftliche Bedeutung.

Die Wärmeerzeugung

erfolgt in der üblichen Weise wie bei der Konvektionsheizung; es muß lediglich durch eine entsprechende Vorrichtung dafür gesorgt werden, daß die maximal zulässige Vorlauftemperatur unter keinen Umständen im Rohrnetz überschritten werden kann. In der Regel muß die Deckenheizung als Pumpenheizung ausgebildet sein, da die Heizregister, wie auch das Verteilernetz einen relativ hohen Widerstand verursachen. Auch die Anlage des Verteilernetzes führt meistens zwangsläufig zu einer Umwälzpumpe, weil die Rückläufe der einzelnen Steigstränge zur Erzielung einer guten Entlüftung zweckmäßig im Dachboden zu sammeln sind.

Die Heizregister werden im Interesse einer hohen Betriebssicherheit einer eingehenden Druckprobe von zirka 30 bis 40 atm unterworfen. Anderseits gelangen Spezialrohre zur Verwendung, die besonders gute mechanische Eigenschaften aufweisen, so daß unter Berücksichtigung der Tatsache, daß in den Schlangen immer dasselbe Wasser zirkuliert, die Gefahr der Verrostung oder der Korrosion sehr gering ist. Voraussetzung ist dabei allerdings eine sehr sorgfältige und zuverlässige Montage der Register, die Verwendung von nur erstklassigem Rohrmaterial und von gut trockenem Beton der Heizplatte.

Während eine gewöhnliche Zentralheizung erst nach fertiggestelltem Rohbau eingebaut wird, muß die Deckenheizung hingegen bereits mit dem Aufbau des Gebäudes montiert werden, da letztere ja gewissermaßen einen unlösbarsten Bestandteil des Baues darstellt, insbesondere die Heizspiralen. Dieser Umstand erfordert daher ein frühzeitiges Zusammenarbeiten zwischen dem Heizungs- und Baufachmann, und zwar müssen speziell die Belange des Statikers und Eisenbetonierers Berücksichtigung finden. Dies gilt hauptsächlich dort, wo die Heizspiralen neben der Raumheizung, auch noch zur Armierung der Decken dienen sollen. Dieses Moment stellt einen neuen Vorteil der Deckenheizung dar gegenüber der Radiatorenheizung, da nach den Untersuchungen von Professor Ros praktisch 10 bis 20 Prozent an Armierungseisen eingespart werden kann. Eingehende Versuche der EMPA haben gezeigt, daß die Verbundwirkung der einbetonierten Spiralen mit der Betondecke eine gute ist; ja es wurde sogar festgestellt, daß Risse in ausgeführten Bauten sich unter dem Einfluß der Deckenheizung schließen, was einen weiteren Vorteil der neuen Heizart darstellt. Im Gegensatz zu den Betonvorschriften des Auslandes empfiehlt Ros, die Heizschlangen nicht als Armierung anzurichten, wodurch der Bauingenieur eine größere Freiheit in der konstruktiven Gestaltung erhält. Die Zusatzarmierung soll stark genug bemessen sein, um allein die gesamte Belastung der Decke aufnehmen zu können, ohne daß die mit Ausschuß der Heizrohrarmierung berechnete Beanspruchung aus Eigengewicht und Nutzlast

die Fließgrenze der Rundseisen überschreitet. Die Zusatzarmierung gibt aber auch dem Heiztechniker die Möglichkeit, die Heizregister besser nach wärmetechnischen Erwägungen zu verlegen, z. B. in hohen Räumen, wo die Rand- und oberen Wandverluste möglichst niedrig gehalten werden müssen. Die Materialqualität der Heizrohre, wenn sie als Armierung benutzt werden sollen, muß folgenden Bedingungen genügen:

$$\begin{aligned} \text{Fließgrenze} &\leq 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Zugfestigkeit} &= 3500-4500 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Bruchdehnung} &= 20 \% \end{aligned}$$

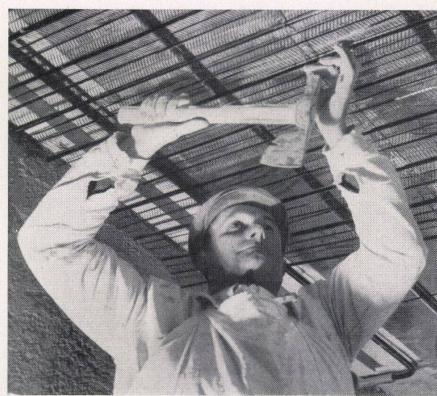
Die Verwendung der Deckenheizung als Kühl anlage

im Sommer darf als ein weiterer Vorteil der neuen Heizmethode ins Feld geführt werden. Es kann sich dabei allerdings nicht darum handeln, z. B. in dicht besetzten Räumen wie Kinos, Versammlungssälen usw. die Klimaanlagen zu ersetzen; vielmehr soll die Deckenkühlung hauptsächlich in den heißen Sommertagen die Raumtemperatur um 2 bis 3 Grade senken und damit den Anteil der Abstrahlung des Menschen erhöhen, um das Behaglichkeitsgefühl zu verbessern. Natürlich darf man die Heiz- bzw. Kühldecke nicht mit fremdem Leitungswasser speisen, um die Zuführung von Luftsauerstoff und die damit verbundenen möglichen Korrosionen an den Schlangen zu verhindern. Daher ist der Einbau eines Gegenstromapparates (Umformer) erforderlich, in welchem das ursprüngliche Heizwasser über ein Röhrenbündel mittels Frischwasser abgekühlt wird. Durch eine solche Schaltung besteht auch die Möglichkeit, die Kühlung generell zu regulieren; denn die Abkühlung der Decke darf selbstverständlich nicht unter den Taupunkt des Raumes fallen, ansonst Schwitzwasserbildung entsteht. Da die Heiz- bzw. Kühlflächen im allgemeinen relativ groß sind, ist die Gefahr der Unterkühlung sehr gering. Es besteht also bei der Deckenkühlung die Aufgabe, bei gegebenen Raumtemperaturen und relativer Feuchtigkeit, dafür zu sorgen, daß die Deckenoberflächentemperatur noch höher liegt, als der den herrschenden Luftverhältnissen entsprechende Taupunkt. Bei 25° C Raumtemperatur und 60 Prozent relativer Feuchtigkeit beträgt beispielsweise der Taupunkt 17,3° C. Dr. Ing. Kalous berechnete unter Voraussetzung üblicher Baukonstruktionen, einer Raumtemperatur von 24° C und einer Kühlwassertemperatur von 18° C eine Kühlleistung, bzw. Wärmeaufnahme der Kühlslange von rund 7 kcal/h m bei Zwischendecken und 12 kcal/h m bei Flachdächern. Aus diesen Zahlen geht klar hervor, daß mit der Deckenkühlung eine spürbare Absenkung der Raumtemperatur erzielbar ist. Bei Großanlagen ist freilich mit einem ziemlich großen Kaltwasserverbrauch zu rechnen, der vielleicht gerade in den heißen Sommertagen nicht immer zur Verfügung steht. — Für die

Abb. 4a, b und c. Arbeitsvorgang bei der Heizdecke mit Lufthohlräum und Al.-Lamellen. (System Stramax)



4a



4b



4c

Wärmeerzeugung mit «Wärmepumpen»

bietet die Strahlungsheizung gegenüber der Normalheizung ebenfalls Vorteile. Die Leistungsgröße einer Wärmepumpe ist nämlich um so besser, je niedriger das Temperaturniveau ist, auf welches die Wärme «gepumpt» werden muß. Durch die Ausführung einer Strahlungsheizung besteht daher eher die Aussicht, daß die Errichtung einer Wärmepumpanlage wirtschaftlich interessant wird, wobei selbstverständlich diese Frage von Fall zu Fall genau untersucht werden muß. Steht als Wärmequelle z. B. Flußwasser von +5° C Temperatur zur Verfügung, dann berechnet sich die Leistungsgröße der Wärmepumpe nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik für Radiatorenheizung von 60° C Temperatur zu etwa 6, für Strahlungsheizung von 30° C Temperatur zu rund 12. Die Leistungsgröße ist also bei der Strahlungsheizung doppelt so groß wie bei der Radiatorenheizung, das heißt mit anderen Worten: pro 1 kWh zugeführter elektrischer Energie ist mit der Wärmepumpe das 6-, bzw. 12fache des elektrischen Wärmeäquivalents von 860 kcal zu erreichen. Selbstverständlich sind die vorstehenden, für den verlustlosen Arbeitsprozeß der Wärmepumpe berechneten Zahlen praktisch nicht voll zu erzielen; aus der Vergleichsrechnung geht jedoch klar hervor, daß die Strahlungsheizung der Normalheizung wirtschaftlich überlegen ist. Die niedrig angesetzten Heizwassertemperaturen von 60, bzw. 30° C röhren daher, daß eine Wärmepumpe in der Regel nicht für die Maximallast einer Heizungsanlage bemessen wird.

Die Anpassungsfähigkeit

der Deckenstrahlungsheizung an die äußeren Witterungseinflüsse ist wesentlich günstiger, als man dies bei oberflächlicher Betrachtung glauben sollte. Der Umstand, daß die Spiralen nahe an der Deckenoberfläche liegen und der darüber liegende Deckenteil abisoliert wird, wirken für eine gewisse Regulierfähigkeit, da die Wärmeleitung an den Raum rascher erfolgt, als die Aufheizung der Deckenmasse, deren Wärmeinhalt durch die Deckenisolierung möglichst niedrig gehalten wird. Voraussetzung ist dabei allerdings, daß die Spiralenabstände nicht zu groß gewählt werden und daß die Deckenisolierungen wärmetechnisch und wärmewirtschaftlich richtig bemessen sind. Leider sind in letzter Zeit in dieser Richtung Fehler gemacht worden. Selbstverständlich kann eine Deckenheizung nicht nach demselben Betriebsplan geheizt werden wie eine Anlage mit Radiatoren; durch eine entsprechende Anpassung der Aufheiz- und Auskühlzeit an die heiz- und bautechnischen Momente der Strahlungsheizung kann der Betrieb der Anlage meist ohne Schwierigkeit den äußeren Witterungseinflüssen angepaßt werden. Beim Luftraumsystem ist die Trägheit natürlich geringer als beim Crittallsystem. Eine noch oft umstrittene Frage ist der

Brennstoffverbrauch der Deckenheizung

Während die einen behaupten, die Strahlungsheizung müsse einen größeren Verbrauch an Brennstoff aufweisen als eine Konvektionsheizung, wird von den Firmen, die Strahlungsheizungen gebaut haben, berichtet,

die Versuche hätten das Gegenteil gezeigt. Tatsache ist, daß auf Grund strahlungstechnischer Betrachtungen über die Temperaturverteilung im strahlungsgeheizten Raum auf einen kleineren Brennstoffverbrauch gefolgt werden kann, und zwar trotz des Umstandes der höheren Oberflächentemperatur der Außenwände. Die niedrigen Hezwassertemperaturen der Strahlungsheizung tragen jedenfalls dazu bei, daß die Betriebskosten zu senken; lediglich beim Kleinwohnhaus, wo üblicherweise eine Schwerkraftwasserheizung zur Ausführung gelangt, erhöhen die Auslagen für Pumpenstrom die Betriebskosten der Strahlungsheizung.

Es ist klar, daß die Berechnung und Ausführung der Strahlungsheizung mit der großen Sorgfalt vor sich gehen muß, denn nachträgliche Änderungen oder Vergrößerungen der Heizflächen und Verteileitungen sind unter Umständen mit außerordentlich großen baulichen Arbeiten verbunden. Der Bau von Strahlungsheizungen verlangt daher vom Heizungsfachmann neben den allgemeinen Fachkenntnissen eingehendes Wissen über die Lehre von der Wärmeübertragung, der Rohrströmung und auch der Baustatik. Die erfolgreiche Ausführung dieser Anlagen wird deshalb jenen Heizungsfirmen vorbehalten bleiben, welche über das entsprechend technisch geschulte Personal verfügen. Leider sind in letzter Zeit auch Anlagen von Unberufenen erstellt worden, die nicht in allen Teilen einwandfrei gebaut sind. Ihre Mängel werden sich erst dann richtig zeigen, wenn wir wieder strenge Winter haben und feste Brennstoffe verfeuern müssen.

Während seinerzeit in England der Bau von Deckenstrahlungsheizungen rein empirisch gehandhabt wurde, sind die Kontinentalstaaten, speziell Deutschland und die Schweiz, von allem Anfang an mit wissenschaftlicher Gründlichkeit an die Aufgabe herangetreten, und gerade darin liegt das große Verdienst um die Entwicklung der unsichtbaren Raumheizung.

Nachteile der Deckenheizung, Vorteile der Flächenheizung

Die Vorteile der Deckenheizung gegenüber der Radiatoren-Warmwasserheizung in physiologischer, hygienischer und ästhetischer Hinsicht sind den Fachleuten bekannt. In physiologischer Richtung war durch die Erfahrung festzustellen, daß namentlich bei tieferen Außentemperaturen eine Fenster- und Außenwandempfindlichkeit sich bemerkbar macht, die von der Radiatorenauflistung an Innenwänden her bekannt ist.

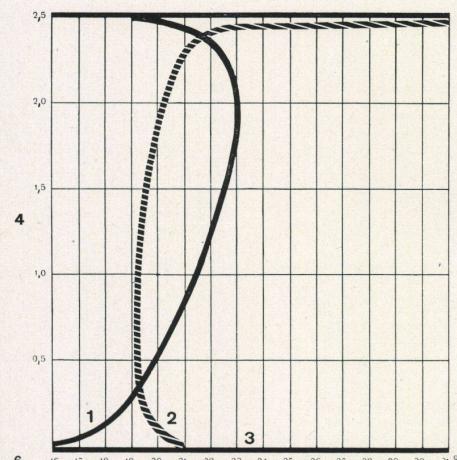
Die Trägheit des Deckenheizsystems durch die Speicherfähigkeit der erwärmten Baumassen fand öfters Erwähnung. Sachlich richtig ist dies jedoch nur für stark sonnenbestrahlte Räume, was sich im Frühjahr aber nur stundenweise bemerkbar machen kann. Die Speicherfähigkeit ist aber auch wieder vorteilhaft. Gerade für den Dauerbetrieb dürften bei geschickter Bedienungsweise die Vorteile den Nachteilen die Waage halten.

Nicht mehr zur Erörterung steht durch die nun Jahrzehntelangen guten Erfahrungen die sogenannte erhöhte Ungefährgefahr der einbetonierten Rohre.

Als effektiver Nachteil ist vorurteilsfrei nur die Fensterempfindlichkeit anzusehen. Die Flächenheizung, die in kurzer Beschreibung ein Übergreifen der unmittelbar erwärmten Heizfläche außer der Decke auf die übrigen Wandflächen wie Fußböden und teilweise Außenwand des Raumes unter Verschiebung des Wärmemittelpunktes der Wände in Richtung der Außenwand darstellt, bestätigt den genannten Nachteil.



5



6

Die Flächenheizung, mit dem Bestreben, die Temperaturen der Wandheizflächen herabzudrücken ($35-40^{\circ}\text{C}$, bei der Deckenheizung nur 30 bis höchstens 40°C), vermeidet den erfahrungsgemäßen Nachteil des Stumpfwerdens polierter Möbelstücke und der Auströcknung von Einrichtungsgegenständen, so z. B. wölbt sich die Deckel auf dem Tisch liegender Bücher in kurzer Zeit nach oben. Durch die dauernde Einstrahlung und dadurch bedingten höheren Oberflächentemperaturen der Möbelstücke werden außer der Feuchtigkeit, die bei Verarbeitung gut getrockneter Hölzer nicht ausschlaggebend ist, die ätherischen Öle und Harze verflüchtigt. Auch Kopfschmerzen sind bei Flächenheizung weniger zu befürchten als bei Deckenheizung.

Für die wirtschaftliche Beurteilung ist mit ein ausschlaggebender Faktor die zu erzielende Wärmeabgabe je Kilo einzubauenden Heizflächengewichtes. Unter Annahme einer Wärmeleistung von 1000 kcal/h ermitteln sich die nachstehenden Zahlenwerte.

Wärmeleistungen in kcal je kg Baugewicht der Heizfläche

Warmwasserheizung (Mittelwerte)

	Bauhöhe / Bautiefe mm	Wärmeabgabe kcal/m ² h	Heizfläche m ² für 1000 kcal	Gewicht kg für 1000 kcal	Wärmeleistung kcal/kg
Radiator (Fenstermodell)	600/100	460	2,18	68	14,7
	600/150	430	2,33	65,6	15,2
	600/200	420	2,38	65,5	15,3
	600/250	400	2,50	71	14

	Rohrdurchmesser mm	Wärmeabgabe kcal/m ² h	Heizfläche m ² für 1000 kcal	Gewicht kg für 1000 kcal	Wärmeleistung kcal/kg
Glatte	26/33 (1")	630	1,59	41	24,4
	39,5/48 (1½")	570	1,75	53,5	18,7
	49,5/59 (2")	530	1,89	65,4	15,3

Flächenheizung (Mittelwerte)

Rohr Ø	Mitte Rohr-abstand mm	Mittlere Decken-temperatur °C	Wärmeabgabe (Decke) kcal/m ² h	Glatte Rohr-heizfläche m ² 1000 kcal	Gewicht kg für 1000 kcal	Wärmeleistung (Decke und Fußboden) kcal/kg
$\frac{3}{8}$ "	150	39,2	150	1,65	26,0	38,5
	200	35,3	120	1,45	22,6	43,8
	250	32,7	100	1,30	20,4	49,0
$\frac{1}{2}$ "	150	41,0	165	1,90	34,0	29,4
	200	37,0	135	1,65	29,5	34,0
	250	34,2	110	1,50	27,0	36,1

* Die Wärmeabgabe des Fußbodens wurde für eine mittlere FußbodenTemperatur von 26°C berücksichtigt. Berechnet nach den Kollmarschen Gleichungen.

Aus den Gewichtszahlen erkennt man, daß das Eisengewicht bei der Flächenheizung für die Heizfläche nur $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Menge des für die Radiatorenheizung erforderlichen beträgt.

Normung und industrieller Hausbau

Bei der Berechnung der Wärmeabgabe der Flächenheizung sind grundsätzlich zwei verschiedene Wege zu unterscheiden, und zwar ein technischer und ein physiologischer Berechnungsgang.

Bei der ersten Berechnung wird eine Einschränkung der Vielgestaltigkeit der Rohrregister an einer Baustelle hinsichtlich Rohrdurchmesser, Rohrabstand, Registerbreite und Registerlänge angestrebt. Es geht dies auf eine Standardisierung der Registerheizflächen wie bei den Radiatoren hinaus, die jedoch in dieser Einfachheit bei der Wandflächenheizung nicht erreicht werden kann, sofern die Vielgestaltigkeit der Decken- und Fußbodenkonstruktionen und vielseitige Grundrißlösung der Wohnungen beibehalten werden. Es ist demnach bei der bisher üblichen (individualistischen) Bauweise die Typisierung und Normung der Elemente der Flächenheizung nicht ohne weiteres möglich, wenn man nicht auf den Vorteil der physiologisch günstigsten Anordnung der Wandheizflächen, mit Rücksicht auf die anzustrebende Einengung der menschlichen Wärmeregulationsbreite auf ein Minimum, verzichten will. In der praktischen Durchführung dieses physiologischen Berechnungsganges heißt es demnach zuerst die Festlegung der Wandheizflächen vorzunehmen und dann die Ausführungsdetails wie Rohrdurchmesser, Rohrabstandsmaß usw. zu bestimmen. Der einzige mögliche Weg, beide Berechnungsmethoden unter einem Hut zu bekommen, ist nur die fabrikmäßige Erstellung der Wohngebäude mit stets gleichem Wohnungsschnitt und gleichen Bauelementen.

Die in diesem Sinne am Horizont bereits zu erkennende Entwicklung des Bauwesens, d. h. also von der handwerksmäßigen Erstellung der Wohngebäude zur fabrikmäßigen Produktion, wird für das Heizungsfach ebenfalls ein Wendepunkt sein. Von der heizungstechnischen Seite aus betrachtet darf der Schnell- und Leichtbau, als Kennzeichnung des fabrikmäßigen Hausbaues, keineswegs Grundtatsachen des physiologischen Wohlbefindens des Menschen im Wohnraum außer acht lassen, wenn er nicht auf die Dauer Schiffbruch erleiden will.

Eine Hauptforderung ist hierzu wärmedicte Bauweise. Über die notwendige Feuchtigkeitsabweisung und luftdichte Ausführung der Wände und Fenster in Fachkreisen weitere Worte zu verlieren, hieße Eulen nach Athen tragen (siehe auch «Bauen + Wohnen» Nr. 8).

Mit der wärmedichten Leichtbauweise wird auch ein das Heizungswesen schon stets stark bewegendes Problem, nämlich die Wärmespeicherung der Baumassen (Wärmeträgheit), zu einer günstigen Lösung geführt, die gerade für die Flächenheizung von besonderer Bedeutung ist.

Bautechnische Besonderheiten

Als erstes wäre hierzu die Ausbildung der im Beton liegenden Heizrohre als Bewehrung zu erwähnen. Mannigfaltige Gedanken und Ausführungen liegen hierüber vor. Es erübrigt sich, an dieser Stelle darauf einzugehen, da im Schrifttum erschöpfende Angaben vorliegen und neuere, erörternde Gesichtspunkte dem Verfasser nicht bekannt wurden.

Im folgenden werden Anregungen auf bautechnischen Gebiet gegeben, die sich aus wärmeübertragungstheoretischen Überlegungen ableiten. Bei der Deckenausführung war es von jehler üblich, einen mehr oder weniger starken Verputz aufzubringen.

Diese bautechnische Gewohnheit wurde natürlich bei der Deckenheizung beibehalten. Da der Verputz aber durch seine geringere Wärmeleitzahl gegenüber Beton (Verputz = $0,50 \text{ kcal/m h } 0^{\circ}\text{C}$, Beton = $1,0 \text{ kcal/h } 0^{\circ}\text{C}$) den Wärmeaustausch beeinträchtigt, wäre es zweckmäßig, hierauf zu verzichten. Betontechnisch ist man wohl in der Lage, eine saubere, glatte Oberfläche durch gehobelte und genutzte Holzschalungen oder Blech zu erzielen, darüber hinausgehend kann durch einen geeigneten Beischlag in Körnung und Farbe der Deckenoberfläche eine beliebige Maserung, Struktur und Farbe gegeben werden. Will man noch etwas Besonderes tun, dann wäre die Decke in Art des Terrazzos zu schleifen. Eine derartig ausgebildete Decke kann dem Innenarchitekten Anregungen zur Farbenharmonie und Beleuchtungseffekte sowie Raumgestaltung geben. Hygienisch wäre diese Decke durch die Möglichkeit des Abwaschens ein Fortschritt.

Auch bei der Fußbodengestaltung kann durch die Flächenheizung, die ja diesen als Heizfläche mit einer Höchsttemperatur von 26°C einschließt, manche ältere Anschauung über Bord geworfen werden. Außer dem Tritt- und Wortschallschutz waren für dessen Ausbildung vor allem eine genügende Warmhaltung für den menschlichen Fuß maßgebend. Mit der Baustofftemperatur und der menschlichen Empfindungstemperatur läßt sich für jeden Baustoff eine gleichwertige Bodentemperatur errechnen. Bei 23 bis 26°C Beton- oder SteinbodenTemperatur entspricht dies einer HolzfußbodenTemperatur von 18 bis 20°C . Gemäß dieser Erkenntnis ist es also bautechnisch bei der Flächenheizung durchaus nicht mehr notwendig, einen teuren Holzfußboden anzuordnen oder über dem Konstruktionsbeton eine besondere Wärmedämschicht einzufügen. Zur Begrenzung der Temperatur der Fußbodenheizfläche auf 26°C ist nur eine mäßige Isolierungsstärke gegebenenfalls notwendig, diese kann sich sogar erübrigen, wenn die darunter herrschende Deckenheizflächentemperatur niedrig gehalten wird und die Deckenkonstruktion z. B. durch Hohlziegelsteine eine genügende Abdämmung sicher. Die Verlegung von Steinplatten oder die Ausbildung der Betonoberfläche nach dem unter der Deckenausführung zuvor Gesagten ist dann ohne weiteres gesundheitlich zulässig. Ein warmer Steinfußboden ist gewiß gesünder, als ein kalter Holzfußboden. Der hygienische Linoleumbelag kann bei vereinfachter Unterlage nach wie vor angewandt werden.

Abschließend soll noch hierzu eine Erkenntnis aus dem Verlauf der Temperaturkurven an der Decke zwischen zwei Heizrohren erwähnt werden. Bei untergeordneten Räumen oder gewerblicher Art wäre es wärmetechnisch günstiger, auf die ebene Decke zu verzichten und diese von Rohrmitte zu Rohrmitte (Rohrabstände bis zu 30 cm üblich) konkav auszubilden mit dem Scheitelpunkt in der unteren Rohrkantenebene. Die mittlere Deckentemperatur wird hierdurch erhöht.

Bei einer eventuell notwendigen Isolierung der Decke nach oben kann für die Isolierungsausführung der gleiche Gedanke Anwendung finden oder noch einfacher, man ordnet nur wenig breite Isolierungsstreifen über den Rohren an.

In den USA werden einbetonierte Heizspiralen auch verwendet als Schneeschmelzanlagen, zur Schneefreiheit (und Eis) von Garageausfahrten, Flugpisten und Hauseingängen, ja, neuerdings ist man sogar dazu übergegangen, wichtige Verkehrsstraßen und Plätze nach dem gleichen Prinzip zu beheizen.

Der modernen Heiztechnik stehen in der Zukunft noch manche interessante Aufgaben bevor. Das Endziel ist die sofort wirksame physiologische Heizung ohne Wärmeträgheit. Dies kann verwirklicht werden, wenn wir einmal über genügend Elektrizität verfügen, z. B. durch Atomenergie. Die Heizung arbeitet dann in gleicher Weise wie heute die Beleuchtung: beim Betreten des Raumes wird die physiologische Elektrostrahlungsheizung eingeschaltet und beim Verlassen wieder ausgeschaltet. Die wirksamen Strahlungstemperaturen müssen dabei natürlich in weiten Grenzen automatisch geregelt werden können, was der Industrie jedoch keine Schwierigkeiten verursachen wird. Auch die Herstellung der Heizplatten ist heute zum Teil schon gelöst; im Ausland verwendet man elektrisch beheizte Kunststoffe, Gummiplatten (Uskon panels), ja sogar Glasplatten und neuerdings auch eine Ausführung in Holz, die sogenannten Lignotherm-Heizplatten.

Abb. 5. Crittall. (Heizrohre auf der Schalung montiert vor dem Betonieren der Decken.)

Abb. 6. Vertikale Temperaturverteilung im beheizten Raum mit Radiatoren- bzw. Strahlungsheizung.