

Einfluss verminderter Konvektion bei Strahlplatten auf die energetische Effizienz

Bernd Glück, Jößnitz (Plauen)

Die grundsätzliche Zielstellung von Strahlungsheizflächen besteht darin, einen möglichst großen Energieanteil unter Beachtung der wärmephysiologischen Erfordernisse direkt in den Aufenthaltsbereich zu bringen. Deshalb wird üblicherweise bei Strahlplatten die Oberseite durch eine Dämmung abgedeckt, die den Wärmestrom (Konvektion plus Strahlung) nach oben minimiert. Um die Konvektion an der Plattenunterseite einzuschränken, ist man bemüht die Luftströmung an der Plattenunterseite zu reduzieren. Im Zeitraum von etwa 1965 bis 1985 sind hierzu sehr viele theoretische und experimentelle Untersuchungen beispielsweise an der TU Dresden, an der Bauakademie in Leipzig aber auch in anderen Ländern durchgeführt worden, die in der Regel mit seitlich angeordneten Schürzen bzw. umlaufenden Vertikalblechen an den beheizten Strahlflächen ar-

Zur energetischen Verbesserung der Strahlplattenheizung versucht man, den Strahlungsanteil der in Deckennähe installierten Heizflächen möglichst groß zu gestalten. Dies kann beispielsweise durch Konstruktionen erreicht werden, die die konvektive Wärmeabgabe verringern. Die sich dann im praktischen Einsatz einstellenden Gegebenheiten sind die Folge von komplexen Wärmeübertragungsvorgängen im Raum, auf die die baulichen und betrieblichen Bedingungen Einfluss nehmen. Die mittels eines Simulationsmodells bestimmte energetische Verbesserung wird an Beispielen gezeigt.

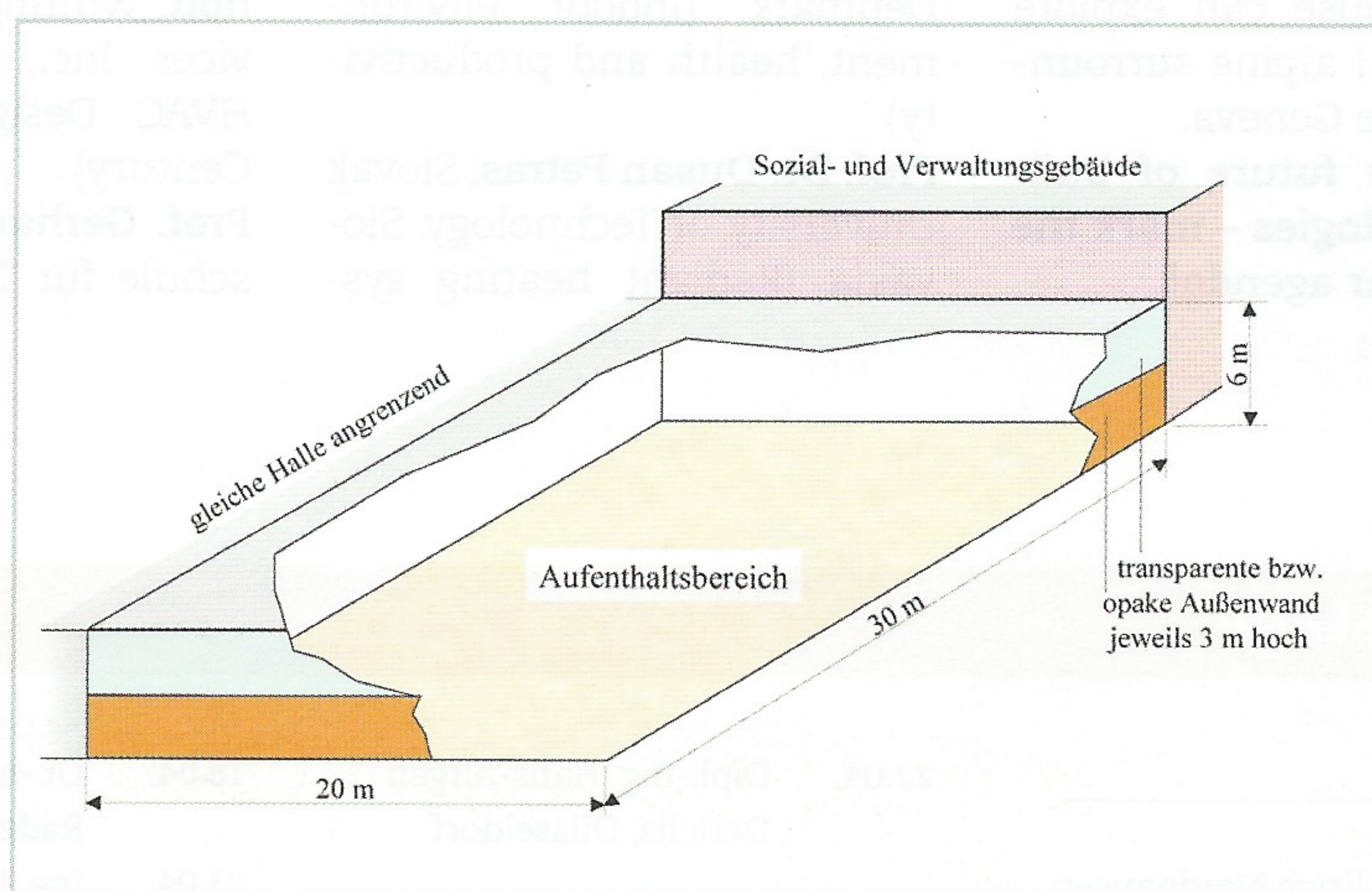


Bild 1

Modellhalle als Grundlage für die Simulation. Wärmetechnische Daten zu den Umfassungen nach Tabelle 1

Reduzierung des Energieaufwandes zur Hallenbeheizung

In [3; 4] sind komplexe Simulationsmodelle mit sehr genauer Berechnung des Strahlungsaustausches im Raum und mit näherungsweise Erfassung der vertikalen Lufttemperaturverteilung vorgestellt worden. Das auf [3] basierende Modell wird für die nachfolgenden Simulationen genutzt. Als Untersuchungsobjekt dient eine bereits in [5] verwendete Werkhalle (Bild 1) mit unter-

beiteten. Die detaillierten Untersuchungen betrachteten die Reduzierung der freien Konvektion aber auch die damit verbundene Verringerung der Strahlung infolge Verschattung. Die Strahlplatten, die in Ostdeutschland serienmäßig gefertigt wurden, waren mit diesem Konvektionsschutz versehen, wie z.B. Prospekte ab 1975 belegen. Auch in [1] sind die Strahlplattenkonstruktionen mit einem Konvektionsschutz versehen. Die westdeutschen Hersteller – so verschiedene mündliche Aussagen auf Anfrage – waren damals der Meinung, aus ästhetischen Gründen nur ebene Platten anbieten zu müssen. So war man bei den Produktentwicklungen teilweise sogar bemüht, die Sicken zur Rohraufnahme in die obere Dämmschicht zu verlegen. Neuerdings werden in [2] die früheren Forschungsziele reduzierter Konvektion an der Plattenunterseite wiederbelebt.

Autor



Prof. Dr.-Ing. habil. Bernd Glück, Jahrgang 1942, betreibt ein Forschungs- und Entwicklungsbüro für Technische Gebäudeausrüstung. Gleichzeitig ist er als Honorarprofessor an der Westsächsischen Hochschule Zwickau (FH) tätig.

Bauteil	Teilwärmedurchgangskoeffizient			Wärmedurchgangskoeffizient ¹⁾			Temperatur °C
	W/(m²K)			W/(m²K)			
	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 1	Variante 2	Variante 3	
opake Außenwand	2	0,42	0,42	1,59	0,40	0,40	-12
transparente Außenwand	4	1,56	1,56	2,63	1,30	1,30	-12
Dach	2	0,31	1,6	1,59	0,30	1,32	-12
Boden	0,9	0,9	0,9	0,78	0,78	0,78	8
Wand zur Nachbarhalle	2	2	2	1,59	1,59	1,59	18
Wand zum Sozialgebäude	2	2	2	1,59	1,59	1,59	22

¹⁾ Vereinfacht wird der innere Wärmeübergangswiderstand bei Wänden und Decken mit 0,13 m²K/W und beim Fußboden mit 0,17 m²K/W angenommen.

Variante	Merkmale	Außenluftzufuhr ²⁾
1	schlechte Wand- und Dachdämmung	Luftwechsel 0,5 h ⁻¹ ; 1 800 m³/h bei -12 °C
2	gute Wand- und Dachdämmung	Luftwechsel 0,3 h ⁻¹ ; 1 080 m³/h bei -12 °C
3	gute Wand- und schlechte Dachdämmung durch umfangreiche Oberlichtverglasung	Luftwechsel 0,3 h ⁻¹ ; 1 080 m³/h bei -12 °C

²⁾ Die Luftinfiltration wird an der Unterkante des transparenten Außenwandabschnittes angesetzt; die Luftabströmung erfolgt in der obersten 0,6 m dicken Raumzone (Dachbereich bzw. im Außenwandbereich).

schiedlichen Dämmeigenschaften. Die Variantenzahl wird nunmehr um eine erweitert, so dass gelten:

- Variante 1 (schlechte Wand- und Dachdämmung)
- Variante 2 (gute Wand- und Dachdämmung)
- Variante 3 (gute Wand- und Dachdämmung)

zung; zusätzlich umfangreiche Oberlichtanordnung im Dach; Erfassung als mittlerer Teilwärmehdurgangskoeffizient).

Die detaillierten Annahmen zu den Wärmehdurgangskoeffizienten sowie die Kennzeichen der freien Hallenlüftung sind in **Tabelle 1** erfasst.

Tabelle 1

Wärmetechnische Daten der Modellhalle

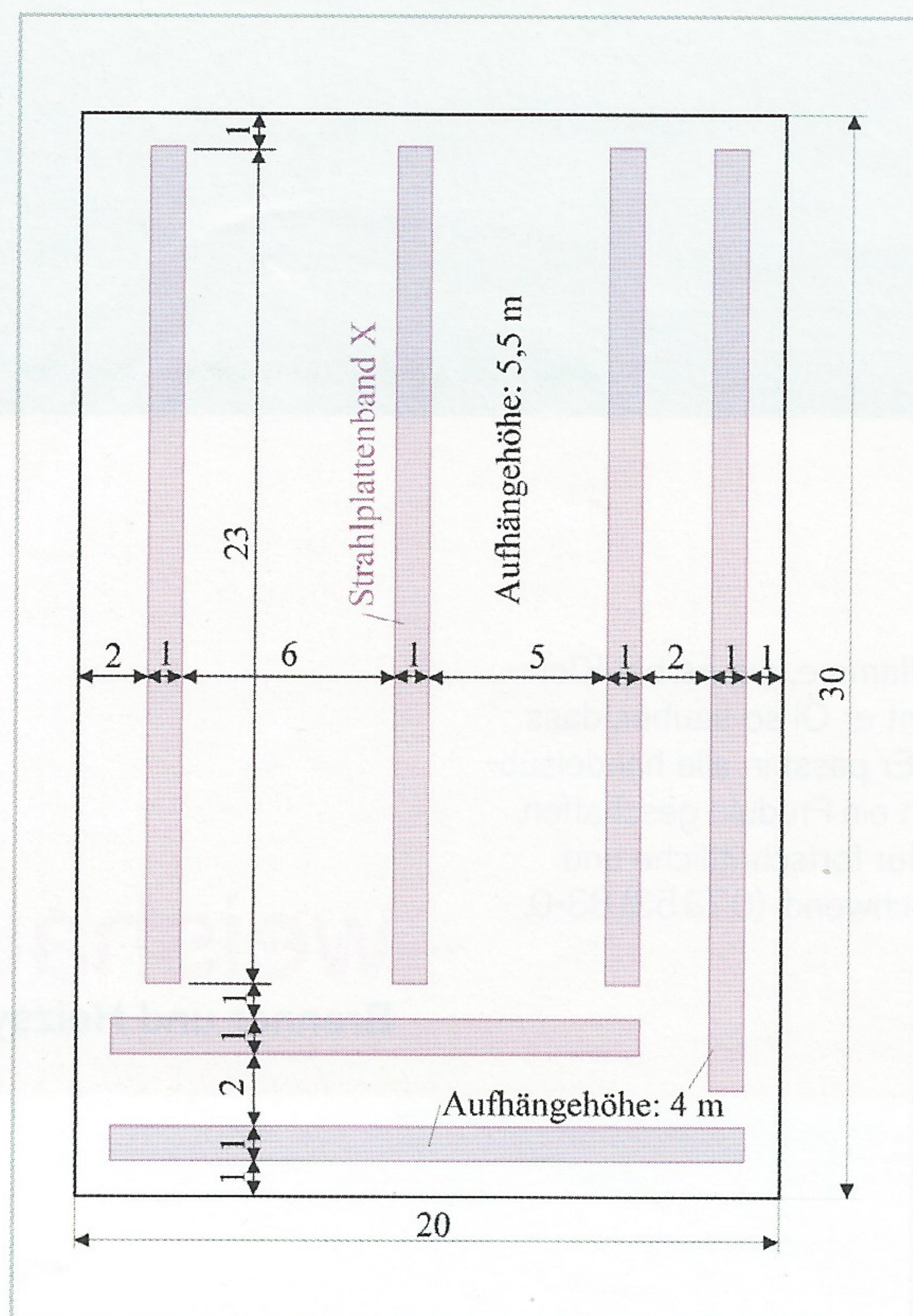


Bild 2

Strahlplattenverteilung SPV1 für die Simulation der Varianten 1 bis 3. Für das Strahlplattenband X wird bei der Simulation der Strahlungsanteil speziell untersucht

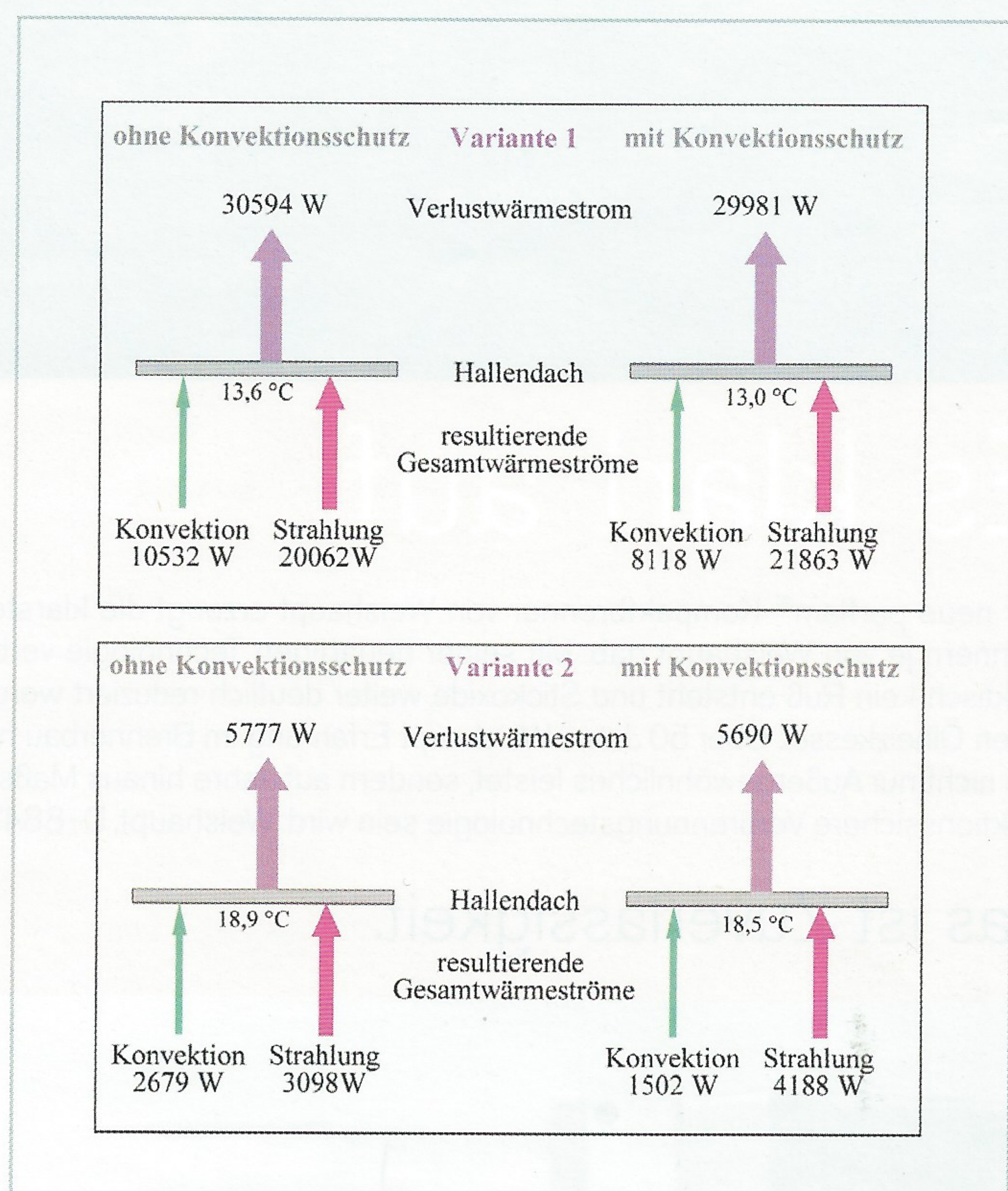


Bild 3

Wärmestrombilanz an der Hallendecke für die untersuchten Varianten 1 und 2 bei normaler Luftbewegung (Detailergebnisse zu Tabelle 2)

In [6] sind zwei unterschiedliche Strahlplattenanordnungen bezüglich ihrer energetischen und wärmephysiologischen Eigenschaften untersucht worden. Um eine niedrige Strahlungstemperatur-Asymmetrie zu erhalten, erwies sich eine Variante mit zwei vertikal angeordneten Strahlplattenbändern an den Außenfassaden als zweckmäßig. Da bei dieser Anordnung der Konvektionsschutz nicht sinnvoll ist, wird bei der weiteren Betrachtung auf die erste Anordnung – in [6] SPV1 genannt – gemäß **Bild 2** zurückgegriffen. Die Simulation mit reduzierter Konvektion auf der Strahlplattenunterseite wird durch einen kleineren konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten bewerkstelligt. Es werden jeweils sehr markante Reduzie-

rungen um 50 % vorgenommen. Alle weiteren Bedingungen bleiben für die Untersuchungsvariante konstant. Die energetischen Ergebnisse finden sich in **Tabelle 2**. Um einer eventuellen Diskussion vorzubeugen, dass eine zu günstige Ausgangsbasis in Form eines zu hohen Strahlungsanteils der Platte gewählt wurde, erfolgte ein zweiter Simulationsdurchgang. Bei diesem galten als Ausgangsbasis jeweils ein doppelt so großer konvektiver Wärmeübergangskoeffizient an der Strahlplattenunterseite wie bei den ersten Berechnungen. Gedanklich könnte man dies mit einer erhöhten Luftbewegung im Raum verbinden, was den Strahlungsanteil der Platten generell absinken lässt. Die Ergebnisse sind **Tabelle 3** zu entnehmen.

Die sich für stets gleiche Empfindungstemperatur in der Halle einstellenden Befunde werden im Weiteren variantenabhängig diskutiert:

- Die erforderliche mittlere Wassertemperatur steigt mit abnehmender konvektiver Wärmeabgabe der Strahlplatte logischerweise an, da deren Gesamtwärmeabgabe sinkt.
- Die Lufttemperatur in der Aufenthaltszone ändert sich praktisch nicht, die Fortlufttemperatur (= Temperatur im Deckenbereich) nimmt mit reduzierter konvektiver Wärmeabgabe aber merklich ab.
- Der Strahlungsanteil der Plattenunterseite zur Gesamtleistung der Platte steigt bei geringerem Konvektionsstrom – wie durch die veränderte Konstruktion

Variante	Ebene Strahlplatten ohne Konvektionsschutz							Konvektionsreduzierung um 50 %					
	Empfindungstemperatur	mittlere Wassertemperatur	Lufttemperatur in 1,1 m über Fußboden	Fortlufttemperatur (Temperatur unter Decke)	Strahlungsanteil (unten) der Strahlplatte X (Bild 2)	Heizlast	Bezugswert	mittlere Wassertemperatur	Lufttemperatur in 1,1 m über Fußboden	Fortlufttemperatur (Temperatur unter Decke)	Strahlungsanteil (unten) der Strahlplatte X (Bild 2)	Heizlast	Verhältniswert
	°C	°C	°C	°C	%	kW	%	°C	°C	°C	%	kW	%
1	18	91,4	15,0	18,9	73,4	80 098	100	94,5	14,9	17,4	79,7	78 663	98,2
2	18	54,4	15,9	20,9	73,5	34 053	100	56,1	16,0	19,8	79,0	33 538	98,5
3	18	74,0	15,8	18,0	72,4	57 890	100	76,6	15,6	16,8	78,7	56 798	98,1

Tabelle 2
Energetische Ergebnisse der Simulationsrechnungen für eine Halle mit normaler Luftbewegung

Variante	Ebene Strahlplatten ohne Konvektionsschutz							Konvektionsreduzierung um 50 %					
	Empfindungstemperatur	mittlere Wassertemperatur	Lufttemperatur in 1,1 m über Fußboden	Fortlufttemperatur (Temperatur unter Decke)	Strahlungsanteil (unten) der Strahlplatte X (Bild 2)	Heizlast	Bezugswert	mittlere Wassertemperatur	Lufttemperatur in 1,1 m über Fußboden	Fortlufttemperatur (Temperatur unter Decke)	Strahlungsanteil (unten) der Strahlplatte X (Bild 2)	Heizlast	Verhältniswert
	°C	°C	°C	°C	%	kW	%	°C	°C	°C	%	kW	%
1	18	88,0	15,0	22,3	64,3	84 843	100	91,4	15,0	18,9	73,4	80 098	94,4
2	18	52,1	15,9	22,6	65,3	35 106	100	54,4	15,9	20,9	73,5	34 053	97,0
3	18	70,2	15,9	20,2	63,1	59 956	100	74,0	15,8	18,0	72,4	57 890	96,6

Tabelle 3
Energetische Ergebnisse der Simulationsrechnungen für eine Halle mit erhöhter Luftbewegung

beabsichtigt – an. Hierbei zeigt sich wie bei allen natürlichen Veränderungen auch, dass bei einem hohen Ausgangsniveau des Strahlungsanteils (Tabelle 2) die Änderung geringer ausfällt als bei einer niedrigeren Ausgangssituation (Tabelle 3).

Beispielsweise gelten für Variante 2 im ersten Fall 73,5 % => 79,0 % (Zuwachs 5,5 %) und im zweiten Fall 65,3 % => 73,5 % (Zuwachs 8,2 %).

□ Die Auswirkungen auf die energetische Effizienz (Heizlast) ist gegenüber der Änderung des Strahlungsanteils gedämpft. Die Einsparungen betragen wiederum bei Variante 2 im ersten Fall nur 1,5 % und im zweiten Fall 3 %.

Fazit

Die Verringerung der Konvektion auf der Unterseite der Strahlplatte ist anzustreben, bedarf aber in der Regel eines relativ großen Konstruktionsaufwandes, um einen markanten Effekt zu erreichen. Selbstverständlich ist die Wirksamkeit stets von der Luftströmung in der Halle abhängig.

Insgesamt ist festzustellen, dass bei einer Reduzierung des Konvektionsanteils um die Hälfte, Energieeinsparungen von ca. 2 % bis 5 % zu erwarten sind.

Hierbei blieben konstruktionsbedingte Strahlungsminderungen beispielsweise durch Verschattung oder Eigenbestrahlung der Strahlplattenunterseite unbeachtet. Sie würden die ausgewiesenen Einsparungen mindern.

Die in [2] angegebenen hohen energetischen Effekte können nicht nachvollzogen werden. Leider fehlen in dieser Darstellung genaue Angaben zur Ermittlung der Werte. Die gegebenen Hinweise – Luftwechsel bleibt unberücksichtigt, die Wandtemperaturen werden auf der Innenseite „aufgeprägt“ – und die Zerlegung der Halle in drei willkürlich definierte Zonen, lassen die Vermutung aufkommen, dass überhaupt kein realistisches Strahlungsmodell für den Raum mit darin installierten Strahlplatten aufgestellt und gelöst wurde. Die in [2] lediglich aus den Erkenntnissen des Warmlufttransportes getroffene Aussage, dass nur der Strahlungsanteil der Platte auf die Aufenthaltszone wirkt, ist nicht richtig.

Literatur

[1] Glück, B.: *Strahlungsheizung – Theorie und Praxis*. Berlin: Verlag für Bauwesen; Karlsruhe: C. F. Müller Verlag 1982 (ISBN 3-7880-7157-5).

[2] Menge, K.: *Einfluss des Strahlungsanteils auf den energetischen Aufwand von Deckenstrahlplatten*. HLH Bd. 56 (2005) Nr. 1, S. 20–22.

[3] Glück, B.: *Wärmetechnisches Raummodell – Gekoppelte Berechnungen und wärmephysiologische Untersuchungen*. Heidelberg: C. F. Müller Verlag 1997 (ISBN 3-7880-7615-1).

[4] Glück, B.: *Dynamisches Raummodell zur wärmetechnischen und wärmephysiologischen Bewertung*. <http://www.rom-umwelt-stiftung.de>

[5] Glück, B.: *Vergleich von Strahlplatten-, Gasinfrarot- und Luftheizungen in Großräumen – Teil 1*. HLH Bd. 55 (2004) Nr. 6, S. 49–56.

[6] Glück, B.: *Vergleich von Strahlplatten-, Gasinfrarot- und Luftheizungen in Großräumen – Teil 2*. HLH Bd. 55 (2004) Nr. 7, S. 63–70.

In meiner Vorlesungsnachschrift von 1964 findet sich eine Skizze zur Gestaltung eines Konvektionsschutzes an Strahlplatten und dazu der von meinem verehrten Lehrer Prof. Macskásy formulierte Satz: „Ob es sich lohnt, die Konvektionsabgabe der Platte nach oben zu verhindern, muss mit der Dämmung der Decke beantwortet werden. Bei schlechter Wärmedämmung = Verlust; bei guter Wärmedämmung = Rückstrahlung von der Decke zum Raum!“

Dieser Satz fordert zu einer ganzheitlichen Strahlungsbilanz auf, die erst mit den Kenntnissen des Strahlungsaustausches

nach der Bruttomethode und mit Verfügbarkeit der Rechentechnik umsetzbar wurde.

In der vorgestellten Simulation ergeben sich beispielsweise für die Variante 1 die im Bild 3 dargestellten Zusammenhänge. Die Strahlplatte ohne Konvektionsschutz bewirkt einen um 2414 W höheren Konvektionswärmestrom an das Hallendach als bei Strahlplatten mit reduzierter Konvektion. Damit verbunden ist eine höhere Temperatur an der Dachinnenfläche: 13,6 °C statt 13,0 °C. Die erhöhte Temperatur führt in der Gesamtstrahlungsbilanz (Zustrahlung mi-

nus Rückstrahlung) zu einem um 1801 W verringerten Strahlungswärmestrom an das Dach. Durch diese Teilkompensation entsteht ein Gesamtmehrverlust für das Hallendach beim Einsatz von Strahlplatten ohne Konvektionsschutz von nur 613 W. Dies sind ca. 1 W/m². Für Variante 2 (gute Dämmung) zeigt sich nach Bild 3 die Wärmestromkompensation noch deutlicher.

Der allgemeine Satz, dass alle natürlichen Vorgänge im genügend großen Bilanzrahmen zu betrachten sind, um aussagefähige Resultate zu finden, gilt auch hier!