

# Klimatechnische Probleme bei Hallenschwimmbädern. 2. Teil: Heiz- und bautechnische Probleme

Autor(en): **Pfiffner, Heinz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **83 (1965)**

Heft 30

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-68215>

## **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.

## 2. Teil: Heiz- und bautechnische Probleme

Von Heinz Pfiffner, Stäfa

### I. Die Deckung des Wärmeabflusses durch die Raumumgrenzungen

In Hallenbädern sollen die innern Oberflächen, mit denen die Badegäste im Wärmeaustausch durch Strahlung stehen, möglichst warm gehalten werden. Das gilt besonders für die Böden, die Sitzstufen, die Aussenwände und Fensterbrüstungen. Wie bereits im Aufsatz von E. Wild erwähnt, soll die innere Oberflächentemperatur dieser Teile im Mittel 24 °C betragen. Dabei ist eine Raumtemperatur von 27 °C vorausgesetzt.

Um den Wärmeabfluss durch die Raumumgrenzungen zu decken, ist eine Heizung nötig. Besondere Vorteile bietet in Hallenbädern eine Strahlungsheizung, die in den Fussboden, in die Fensterbänke sowie wenn nötig in gewisse Teile der Wände eingebaut ist. Bei dieser Heizart sind die Heizeinrichtungen in der Halle unsichtbar; es besteht weder eine Verletzungs- noch eine Korrosionsgefahr; die beheizten Oberflächen sind gross, ihre Temperatur ist verhältnismässig niedrig und gleichmässig, so dass sich ein sehr günstiger Strahlungsaustausch mit den nackten Körpern der Badegäste ergibt und jegliche Gefährdung durch Brandwunden ausgeschlossen ist. Nachteilig ist allerdings die grosse Trägheit dieser Heizart sowie die Schwierigkeiten und Kosten, die sich bei allfälligen nachträglichen Änderungen der Heizflächen ergeben.

Weit verbreitet ist die nach ihrem Erfinder benannte Crittal-Strahlungsheizung, bei der die Heizröhren einbetoniert sind und mit Heizwasser von niedriger Temperatur durchströmt werden. Bei der grössten Heizleistung arbeitet man mit 50 °C im Vorlauf und 35 °C im Rücklauf. Im Falle der Bodenheizung werden die Heizrohre (vorwiegend 1/2") über den rohen Betonboden auf Distanzstücken verlegt und anschliessend mit Überbeton eingegossen. Soll ein Wärmeabfluss nach unten verhindert werden, so ist unter den Rohrschlangen eine Isolierung vorzusehen.

Als Beispiel für die Durchführung der Wärmebedarfsberechnung sei eine Bodenkonstruktion nach Bild 1 gewählt. Die Wärme fliesst sowohl nach oben als auch nach unten ab. Die beiden Wärmeströme  $Q_o$  und  $Q_u$  müssen getrennt berechnet werden. Dazu muss die Temperatur des Betons in der Heizroherebene bekannt sein. Bei der grössten Heizleistung beträgt die mittlere Heizwassertemperatur (Mittelwert zwischen Vor- und Rücklauf)  $t_m = 42,5$  °C. Die Betontemperatur ist in unmittelbarer Nähe der Rohre nur wenig niedriger, sinkt aber mit grösserer Entfernung von den Rohren, so dass sich in der Rohrebene ein Mittelwert  $t_e$  ergibt, der mit zunehmendem Rohrabstand abnimmt. Bild 2 zeigt den Verlauf von  $t_e$  in Abhängigkeit vom Rohrabstand. Dort ist auch der in bekannter Weise berechnete Verlauf der Temperatur  $t_o$  an der Fussbodenoberfläche eingezeichnet, und zwar unter Annahme einer Lufttemperatur  $t_R$  im Raum von 27 °C und einer Bodenkonstruktion entsprechend Bild 1. Bei einem Rohr-

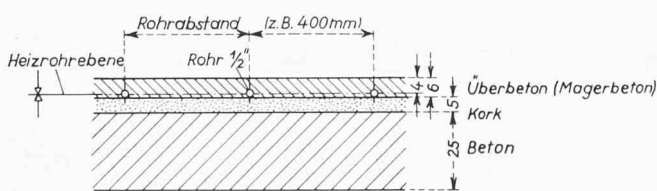


Bild 1. Querschnitt durch einen Betonboden mit einbetonierter Bodenheizung System Crittal

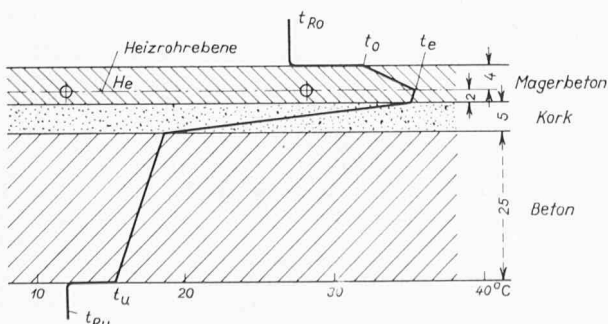


Bild 3. Temperaturverlauf innerhalb des Fussbodens bei einer einbetonierten Heizung nach Bild 1

abstand von 400 mm ergibt sich der in Bild 3 dargestellte Temperaturverlauf innerhalb des Bodens.

Bekanntlich ist der Wärmestrom  $q$  pro Flächeneinheit, der bei einer Temperaturdifferenz  $\Delta t$  durch eine Wand strömt

$$q = k \cdot \Delta t \quad \text{kcal/m}^2\text{h}$$

wobei:  $1/k = \Sigma 1/\alpha + \Sigma d/\lambda$

$$k = \text{Wärmedurchgangszahl in kcal/m}^2\text{ h }^\circ\text{C}$$

$$\alpha = \text{Wärmeübergangszahl in kcal/m}^2\text{ h }^\circ\text{C}$$

$$d = \text{Wandstärke in m}$$

$$\lambda = \text{Wärmeleitfähigkeit des Wandmaterials in kcal/m h }^\circ\text{C}$$

Für die Wärmeströmung nach oben gilt

$$q_o = k_o (t_e - t_{Ro}) \quad \text{mit } 1/k_o = \delta_1/\lambda_1 + 1/\alpha_o$$

Mit den Zahlenwerten

$$t_e = 35,5 \text{ }^\circ\text{C} \quad \lambda_1 = 0,8 \text{ kcal/m h }^\circ\text{C}$$

$$t_{Ro} = 27,0 \text{ }^\circ\text{C} \quad \alpha_o = 10 \text{ kcal/m}^2\text{ h }^\circ\text{C, gemäss}$$

$$d_1 = 0,04 \text{ m} \quad [2], \text{ Tafel 243-1, S. 548}$$

folgt

$$k_o = 6,7 \text{ kcal/m}^2\text{ h }^\circ\text{C} \quad q_o = 57 \text{ kcal/m}^2\text{ h}$$

Der Verlauf von  $q_o$  ist in Bild 4 als Kurve  $q_2$  in Abhängigkeit vom Rohrabstand eingezeichnet. Die Kurve  $q_1$  zeigt die Wärmeabgabe pro m Rohr.

Die Wärmeströmung nach unten durchdringt drei Schichten, nämlich 0,02 m Überbeton ( $\lambda = 0,8 \text{ kcal/m h }^\circ\text{C}$ ), 0,05 m Kork ( $\lambda = 0,05 \text{ kcal/m h }^\circ\text{C}$ ) und 0,25 m Eisenbeton ( $\lambda = 1,3 \text{ kcal/m h }^\circ\text{C}$ ).

Mit den Zahlenwerten

$$t_e = 35,5 \text{ }^\circ\text{C} \quad \alpha_u = 5 \text{ kcal/m}^2\text{ h }^\circ\text{C} [2], \text{ Tafel 243-1}$$

$$t_{Ru} = 12,0 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{entspr. etwa } 18 \text{ }^\circ\text{C} \text{ Oberflächentemp.}$$

folgt

$$k_u = 0,71 \text{ kcal/m}^2\text{ h }^\circ\text{C} \quad q_u = 16,7 \text{ kcal/m}^2\text{ h}$$

Die gesamte Wärmeströmung ist somit

$$q = q_o + q_u = 73,7 \text{ kcal/m}^2\text{ h}$$

Sie ist für die erforderliche Heizleistung massgebend.

Ein anderes System ist die Deriaz-Fussbodenheizung nach Bild 5. Bei ihr sind die Heizröhren von ebenfalls 1/2" in Hohlsteinen freiliegend angeordnet und mit breiten Lamellen verbunden, welche die Zwischenräume zwischen den Röhren teilweise ausfüllen. Dadurch verteilt sich die Wärmeabgabe von den Röhren auf die ganze Bodenfläche, so dass sich die Bodentemperaturen weitgehend ausgleichen. Bei voller Heizleistung betragen bei diesem System die Heizwassertemperaturen 80 °C im Vorlauf und 60 °C im Rücklauf.

### II. Die Verhinderung verborgener Kondensation

Eine Wasserausscheidung innerhalb der Baukonstruktion muss vermieden werden, weil sie verschiedene Nachteile mit sich bringen

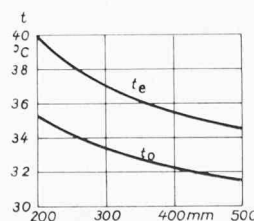


Bild 2. Mittlere Temperatur  $t_e$  in der Heizroherebene und mittlere Temperatur  $t_o$  der Fussbodenoberfläche in Abhängigkeit vom Rohrabstand einer einbetonierten Heizung nach Bild 1

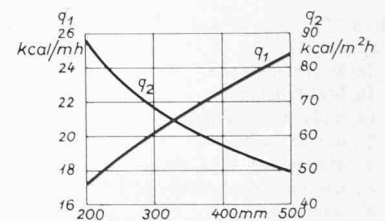


Bild 4. Wärmeabgabe pro Flächeneinheit (Kurve  $q_2$ ) und Wärmeabgabe pro m Rohr 1/2" (Kurve  $q_1$ ) einer einbetonierten Heizung nach Bild 1 in Abhängigkeit vom Rohrabstand

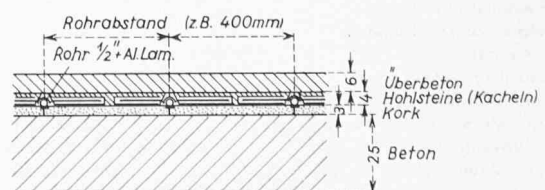


Bild 5. Querschnitt durch einen Betonboden mit in Hohlsteinen eingebauter Heizung, System Deriaz

Tabelle 1. Temperaturverlauf und Sättigungsdrücke in der Aussenwand eines Hallenbades bei 27° C, 60% innen und -20°, 90% aussen

Schicht	d m	$\alpha$ bzw. $\lambda^2$ )	$1/\alpha$ bzw. $d/\lambda^2$ )	$\Delta t$ °C	t °C	$p_s$ Torr
Übergang	—	20	0,05	1,44	-20,00	0,77
Aussenputz	0,02	0,70	0,03	0,86	-18,56	0,90
Backstein	0,12	0,55	0,22	6,34	-11,36	1,75
Kork	0,05	0,05	1,00	28,86	+17,50	15,00
Beton	0,18	1,10	0,16	4,61	+22,11	19,84
Innenputz	0,02	0,70	0,03	0,86	+22,97	21,06
Übergang	—	7	0,14	4,03	+27,00	26,74
			1,63	47,00		

Tabelle 2. Dampfdruckverlauf ohne und mit Sperre

Schicht	d m	$\delta$ 4)	$d/\delta$ 5)	ohne Sperre		mit Sperre	
				$\Delta p_a$ Torr	$p_{do}$ Torr	$\Delta p_a$ Torr	$p_{dm}$ Torr
Aussenputz	0,02	0,0085	2,35	0,53	0,69	0,192	0,690
Backstein	0,12	0,012	10,00	2,27	1,22	0,818	0,882
Kork	0,05	0,005	10,00	2,27	3,49	0,818	1,700
Beton	0,18	0,0042	43,00	9,75	5,76	3,516	2,518
Sperre	—	—	(120,00)	—	15,51	9,814	6,034
Innenputz	0,02	0,0085	2,35	0,53	—	0,192	15,848
			67,70	15,35	16,04	15,350	16,040
			(187,70)				

würde. So erhöht sich die Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt; weiter kann der Verputz abbröckeln oder der Anstrich abblättern oder es können Metalle oxydieren.

Eine sichtbare Kondensation auf der Innenoberfläche der Aussenwände tritt auf, wenn die Oberflächentemperatur unter den Taupunkt der umgebenden Luft absinkt. Gefährdet sind vor allem die Ecken und Nischen, weil dort die Oberflächentemperaturen aus verschiedenen Gründen wesentlich tiefer liegen als an den glatten Wänden. Tiefe Taupunkte, also niedrige relative Feuchtigkeiten der Raumluft, lassen sich durch richtig bemessene Frischluftzuteilung erzielen, wie im vorhergehenden Aufsatz gezeigt wurde.

Eine verborgene Kondensation tritt auf, wenn der Dampfdruck innerhalb der Wandkonstruktion grösser ist als der Sättigungsdruck, der der Temperatur an der betreffenden Stelle entspricht. Das Problem der Dampfdiffusion durch Wandkonstruktionen ist von H. Glaser eingehend untersucht worden. Darauf aufbauend hat A. Ostertag in [3] dessen Anwendung an Hand von Zahlenbeispielen aus der Kältetechnik erläutert. Die dort gezeigte Berechnungsmethode lässt sich ohne weiteres auch auf die Aussenwände von Hallenbädern anwenden. Danach bestimmt man zunächst den Temperaturverlauf  $t$  der meist aus mehreren Schichten aufgebauten Wand. Aus ihm ergibt sich auf Grund der bekannten Wasserdampf Tabellen, z. B. [1], S. 475, der Verlauf der Sättigungsdrücke  $p_s$ . Diese Berechnung ist für das vorliegende Beispiel, das heisst für eine Wandkonstruktion nach Bild 6 in Tabelle 1 durchgeführt. Der Verlauf des wirklichen Dampfdruckes  $p_a$  lässt sich mittels der bekannten Diffusionswiderstände  $\delta$  der einzelnen Wandbaustoffe in analoger Weise ermitteln wie der Temperaturverlauf. Tabelle 2 gibt die entsprechenden Zahlen ohne und mit Dampfsperre.

Der Berechnung liegen folgende Zahlenwerte zugrunde:

Luftzustand aussen  $t_a = -20^\circ\text{C}$   $\varphi = 0,9$   
 $p_{da} = 0,69$  Torr

1) Der Zusammenhang zwischen der Dampfleitfähigkeit  $\delta$  und dem sonst üblichen Diffusionswiderstandsfaktor  $\mu$  ist durch die Gleichung  $\delta = 1/160\mu$  mg/h kp gegeben. Werden die Drücke in Torr statt in kp/m<sup>2</sup> eingesetzt, so ist  $\delta = 0,085\mu$  g/m h Torr. So erhält man beispielsweise für Ziegelmauerwerk mit  $\mu = 7$   $\delta = 0,012$  g/m h Torr. Ausführliche Angaben für  $\mu$  findet man in [4], S. 188 bis 194. Dort ist auch die Theorie der Dampfdiffusion durch Wände eingehend erörtert (S. 59 bis 87).

2) kcal/m<sup>2</sup> h °C bzw. kcal/m h °C

3) m<sup>2</sup> h °C/kcal

4) g/h m Torr

5) m<sup>2</sup> h Torr/g

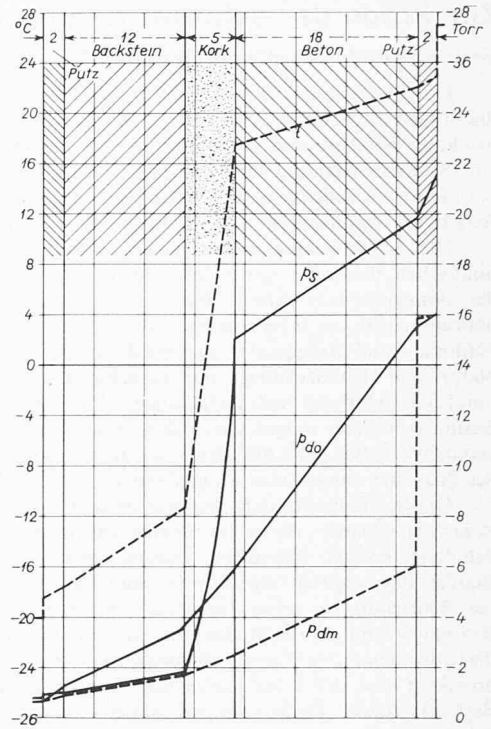


Bild 6. Verlauf von Temperatur  $t$ , Sättigungsdruck  $p_s$  und Dampfdruck ohne Dampfsperre  $p_{do}$  bzw. mit Sperre  $p_{dm}$  bei einer isolierten Aussenmauer und den Luftzuständen +27° C, 60% innen und -20°, 90% aussen; hiezu Tabellen 1 und 2

Luftzustand innen  $t_i = 27^\circ\text{C}$   $\varphi = 0,6$   
 $p_{di} = 16,04$  Torr

Die angenommenen Wärme- und Dampfleitfähigkeiten ( $\lambda$  bzw.  $\delta$ ) sowie die Wärmeübergangszahlen  $\alpha$  findet man in den Tabellen 1 und 2<sup>1)</sup>. Der Diffusionswiderstand der Dampfsperre (Vaporex der Bad. Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen, BASF) wird zu 120 m<sup>2</sup> h Torr/g angenommen. Der Wärmestrom beträgt bei der angenommenen Temperaturdifferenz von  $t_i - t_a = 47^\circ\text{C}$

$$q = 47/1,63 = 29 \text{ kcal/m}^2 \text{ h,}$$

der Dampfstrom ohne Sperre bei  $p_{di} - p_{da} = 15,35$  Torr

$$g = 15,35/67,7 = 0,227 \text{ g/m}^2 \text{ h}$$

mit Sperre

$$g = 15,35/187,7 = 0,082 \text{ g/m}^2 \text{ h}$$

Wie aus Bild 6 ersichtlich, überschneidet der Sättigungsdruck  $p_s$  den Dampfdruck  $p_{do}$  im Falle einer Mauer ohne Sperre, und zwar im Bereich der Backsteinmauer (schraffierte Fläche). Es würde sich also dort eine verborgene Kondensation einstellen. Um das zu vermeiden, wird zwischen Innenputz und Betonmauer eine Dampfsperre eingebaut. Diese ist so dünn, dass sie den Temperaturverlauf nicht zu beeinflussen vermag. Sie drosselt jedoch die Dampfströmung so stark ab, dass der Dampfdruck  $p_{dm}$  an keiner Stelle den Sättigungsdruck  $p_s$  erreicht. Beim angenommenen Wert  $d/\delta = 120$  m<sup>2</sup> h Torr/g der Sperre verläuft allerdings die  $p_{dm}$ -Linie im Bereiche der Backsteinmauer nur knapp unter der  $p_s$ -Linie. Bei der Unsicherheit der  $\delta$ -Werte wäre eine stärkere Sperrwirkung empfehlenswert.

Die Oberflächentemperatur auf der Innenseite liegt mit rd. 23 °C (Tabelle 1) etwas unter dem gewünschten Wert von 24 °C. Dies dürfte im Hinblick auf die beträchtlich wärmeren Flächen der geheizten Teile sehr wohl zulässig sein.

#### Literaturverzeichnis

- [1] Hütte I, 28. Aufl., Berlin 1955, Wilh. Ernst.
- [2] Recknagel-Sprenger, Taschenbuch für Heizung, Lüftung und Klimatechnik, 53. Aufl., München-Wien 1964, R. Oldenbourg.
- [3] Ostertag, A.: Über die Dampfdiffusion in Kühlraumwänden. SBZ 82 (1964), H. 17, S. 292 bis 299.
- [4] Cammerer, J.S.: Der Wärme- und Kälteschutz in der Industrie. 4. Aufl. 1962 Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer-Verlag.

Adresse des Verfassers: Ing. H. Pfiffner, Ventilator AG, 8712 Stäfa.