Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 94 (1976)
Heft: 15: SIA-Heft, 2/1976: Flachdächer

Artikel: Bauphysik
Autor: Sagelsdorff, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-73081

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: 15.07.2025

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

Bauphysik

Von **R. Sagelsdorff**, Dübendorf

DK 69.024.3

Allgemeines

Das Flachdach muss in seinem gesamten Aufbau als ein Ganzes betrachtet werden. Für diesen Bauteil ergeben sich Anforderungen aus verschiedenen Bereichen (Bild 1). In jedem Bereich können die Aufgaben bestimmt und Kriterien für die Wahl oder Beurteilung eines Dachtyps aufgestellt werden. In der Tabelle 1 sind, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, solche Kriterien zusammengestellt. Zwei Beispiele dienen zur Erläuterung:

Im Bereich «Statik» ist ein mögliches Kriterium die Durchbiegung der Flachdachkonstruktion. Diejenige Konstruktion ist z. B. «besser», welche bei gleicher Belastung geringere Verformungen aufweist. Für Stahl- und Holzkonstruktionen sind in den Normen SIA 161 und 164 zulässige Höchstwerte angegeben. Besonders zu beachten sind die Durchbiegungen von leichten Profilblechdächern mit kleinem Gefälle, wo u. U. bei Schnee und Regen das Wasser wegen der Durchbiegung nicht abfliesst und das Dach zusätzlich belastet, was wiederum die Durchbiegung vergrössert.

Im Bereich «Kosten» ist die Wirtschaftlichkeit ein Kriterium. Ein einfacher Vergleich von Mehrkosten für eine zusätzliche Wärmedämmung und dadurch erzielte Heizkosteneinsparung je m² Bauteil ist wohl leicht möglich. Für eine echtere, umfassendere Beurteilung – z. B. auch bei Sanierungen von bestehenden Bauten – ist aber sicher die wirtschaftliche Wärmedämmung im Rahmen des Gesamtgebäudes zu bestimmen.

Die Bauphysik liefert eine ganze Reihe von Beurteilungskriterien. In den Empfehlungen SIA 271 für Flachdächer sind dazu nach Möglichkeit Angaben für Berechnungen und zulässige Grenzwerte aufgenommen.

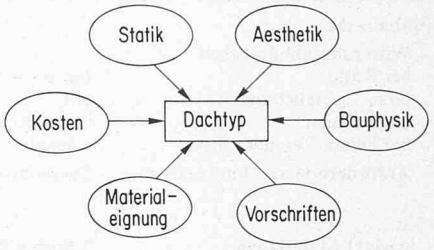


Bild 1. Bereiche für die Beurteilung einer Dachkonstruktion

Einheiten

In der Empfehlung SIA 271 werden die neuen SI-Einheiten (Système Internationale) verwendet. In Tabelle 2 sind die darin vorkommenden Grössen mit den neuen und alten Einheiten zusammengestellt. Zudem ist der Umrechnungsfaktor vom alten in das neue System angegeben. Zwei Beispiele dienen wiederum zur Erläuterung:

k-Wert:

Angabe im alten System 0,75 kcal/h m² °C

Umrechnung ins neue System $0{,}75 \cdot 1{,}163 = 0{,}87$ W/m² K

Dampfdurchlasswiderstand $\frac{d}{\lambda_D} = \frac{1}{\Lambda_D}$

Tabelle 1. Kriterien für die Wahl oder Beurteilung eines Dachtyps

Bereich	Beurteilungskriterien	besonders zu beachten
Statik	Durchbiegungen	bei leichten Dächern (Entwässerung)
	Verformungen infolge Temperaturunterschiede	Fugen bei vorfabrizierten Dachplatten Hochbaulager für Dachdecken
	Tragfähigkeiten	Mitwirkung des Flachdaches am Tragsystem des Gebäudes Zusammendrückung der Wärmedämmplatten unter Nutzlast
	dynamisches Verhalten (Wind, Erdbeben)	hohe Gebäude gefährdeter grosse Windsogkräfte möglich, besonders am Dachrand
Ästhetik	Nutzbarkeit der Dachfläche Sicht aus Nachbargebäuden und aus dem Gelände auf Dachflächen	
Bauphysik	Wasserdichtigkeit	Anschlüsse, Verletzbarkeit der Dachhaut
	raumseitige Oberflächentemperatur für Behaglichkeit (Winter, Sommer)	Eindringen der Sonnenenergie im Sommer, Amplitudendämpfung und Phasenverschiebung durch Trägheit (leichtere Dächer ungünstiger)
	Kondensation an raumseitiger Oberfläche	Raumluftfeuchtigkeit, Wärmebrücken vermeiden
	Diffusion: – Kondensation im Dachinnern	bei dampfdichterer Dachhaut entsprechende Dampfsperre
	– Austrocknung	Speicherfähigkeit der Wärmedämmung für Kondenswasser Angriff der Dachhaut durch Kondenswasser Korrosion durch Kondenswasser
	– Hinterlüftung bei Kaltdächern	
	Luftdurchlässigkeit	untere Schale bei leichten Kaltdächern, Anschlüsse
	Wärmeverluste (Heizenergie)	
	Schallschutz	leichte Dächer (Lärmquelle innen oder aussen) Terrassen über bewohnten Räumen
gesetzliche Vorschriften	Bauordnungen der Gemeinden kantonale Gebäudeversicherungen	Brandschutz, Hagel, Sturm
Materialeignung	Einbauwert } übernommen von *B. Wick* «Materialwahl»	Schutz bei Einbau vor Witterung
	Gebrauchswert	Beanspruchung und Schutz im fertigen Bauwerk
	Schadenwert	Risiko von Bauschäden und Möglichkeiten der Behebung
Kosten	Baukosten	Planungszeit, Bauzeit
	Unterhaltskosten (Schadenbehebung)	
	Gesamtkosten (Wirtschaftlichkeit)	wirtschaftliche Wärmedämmung im Rahmen des Gesamtgebäudes

Tabelle 2. Vergleich der neuen SI-Einheiten mit dem alten technischen Massystem

Grösse	Symbol	neue Einheit (SI)	alte Einheit (technisch)	Faktor zum Umrechnen der alten in die neue Einheit
Rohdichte	ρ	kg/m^3	kg/m^3 (Raumgewicht)	1
Kraft	F	N (Newton)	kg	9,81
Belastung	g, p	kN/m^2	kg/m^2	$0{,}981 \cdot 10^{-2}$ [1]
Spannung	σ	N/mm^2	kg/cm^2	0,0981
Dampfdruck	p	N/m^2 oder Pa (Pascal)	Torr (mm Hg)	$1{,}333 \cdot 10^2$
Temperaturdifferenz	$\Delta\vartheta$	K (Kelvin)	°C	1
Wärmeenergie	Q	J (Joule)	kcal	$4{,}19 \cdot 10^3$
Wärmestrom	$\dot{Q}$	W (Watt)	kcal/h	1,163
Wärmeleitfähigkeit	λ	W/m K	kcal/h m °C	1,163
spez. Wärmekapazität	c	J/kg K	kcal/kg °C	$4{,}19 \cdot 10^3$
Wärmedurchgangskoeffizient (k-Wert)	k	W/m^2 K	kcal/h m^2 °C	1,163
Wasserdampfleitfähigkeit	λ_D	mg/h m Pa	g/h m Torr	7,50
Dampfdurchlasskoeffizient	Λ_D	mg/h m^2 Pa	g/h m^2 Torr	7,50

[1]) Für Belastungsannahmen und zulässige Spannungen wird der Faktor 9,81 auf 10 aufgerundet:
1 kg = 10 N 1 kg/m^2 = 0,01 kN/m^2 1 kg/cm^2 = 0,1 N/mm^2

Angabe im alten System 2500 m^2 h Torr/g

Umrechnung ins neue System $2500 \cdot \frac{1}{7{,}50} = 333$ m^2 h Pa/mg

Beanspruchungen des Flachdaches

Das Flachdach ist der trennende Bauteil zwischen Aussen- und Innenklima. Neben den statischen Beanspruchungen auf die Tragkonstruktion (vgl. auch Tabelle 1, Bereich Statik) kommen die in Bild 2 graphisch dargestellten Einflüsse des Aussen- und Innenklimas dazu. Wegen der Vielfalt der Aufgaben und der Beanspruchungen wird das Flachdach mehr- bis vielschichtig aufgebaut. Dies hat unter Umständen zur Folge, dass solche Schichten sich gegenseitig ungünstig beeinflussen. So kann z.B. ein harter Schutzmörtel über der Dachhaut infolge temperaturbedingter Längenänderungen diese durchlöchern (vergleiche Preisig: Schäden). Dies muss durch den Einbau von zusätzlichen Trennschichten und Anordnung von genügend breiten Fugen verhindert werden.

Mögliche Aufbauarten

Grundsätzlich unterscheidet man Warm- und Kaltdächer. Ein Warmdach ist ein nicht durchlüftetes, wärmegedämmtes, einschaliges Dach. Als Kaltdach wird eine zweischalige Konstruktion mit einer dazwischen vorhandenen Durchlüftung bezeichnet. Eine besondere Form des Warmdaches ist das Umkehrdach, bei dem die Wärmedämmschicht über der Dachhaut angeordnet ist. Sie schützt dadurch die Dachhaut vor Temperaturschwankungen, muss aber ganz besondere Anforderungen hinsichtlich geringer Wasseraufnahme erfüllen.

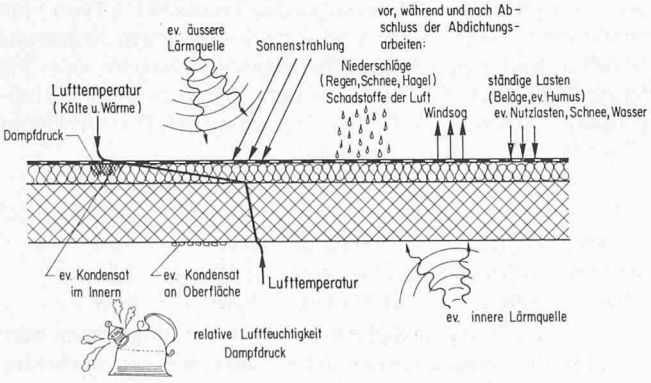


Bild 2. Bauphysikalische Einflüsse auf ein Flachdach

Von der Nutzung der Dachfläche aus lassen sich weiter unterscheiden: Beschränkt begehbare Dächer; begehbare bis befahrbare Dächer; bepflanzbare Dächer.

Im Flachdach können die folgenden Elemente auftreten: Unterkonstruktion (mit allfälliger Ausgleichs- und Gefällsschicht); Dampfsperre; Wärmedämmschicht; Dampfdruckausgleichs- und/oder Trennschichten; Dachhaut; Schutzschicht/Nutzschicht; An- und Abschlüsse.

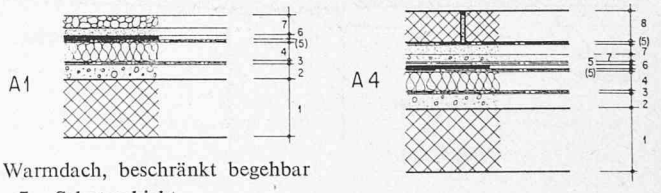
Die Empfehlung SIA 271 enthält für diese Elemente Angaben für die Planung, Bemessung und Ausführung und schreibt wo dies möglich und sinnvoll war, zulässige Materialqualitätswerte vor.

Es gibt sicher viele verschiedene Flachdachkonstruktionen. In Bild 3, das dem Anhang 1 der SIA-Empfehlung entnommen ist, sind zwei typische Anordnungen der Elemente des Flachdaches dargestellt.

Wärmedämmung

Als Kenngrösse für die Wärmedämmung ist bei uns der k-Wert (der Wärmedurchgangskoeffizient) gebräuchlich. Er berechnet sich für eine Dachkonstruktion aus $1/k = 1/\alpha_i + (\Sigma\, d/2) + 1/\alpha_a$. Je kleiner der k-Wert, desto wärmedämmender ist die Konstruktion.

Die Wärmedämmung steht aus verschiedenen Gründen heute im Vordergrund. Sie ist auch ein zentrales Anliegen der



Warmdach, beschränkt begehbar
- 7 Schutzschicht (z. B. Sand/Rundkies)
- 6 Dachhaut
- (5) Trennschicht
- 4 Wärmedämmschicht
- 3 Dampfsperre
- 2 Ausgleichs-/Gefällsschicht
- 1 Tragkonstruktion

Warmdach, befahrbar
- 8, (5), 7 Nutz-/Schutzschicht (z. B. Belag über Trennschicht auf Sand gegossen)
- 7 Schutzmörtel
- 5 Trennschicht
- 6 Dachhaut
- (5) Trennschicht
- 4 Wärmedämmschicht
- 3 Dampfsperre
- 2 Ausgleichs-/Gefällsschicht
- 1 Tragkonstruktion

Bild 3. Typische Anordnung der Elemente des Flachdaches

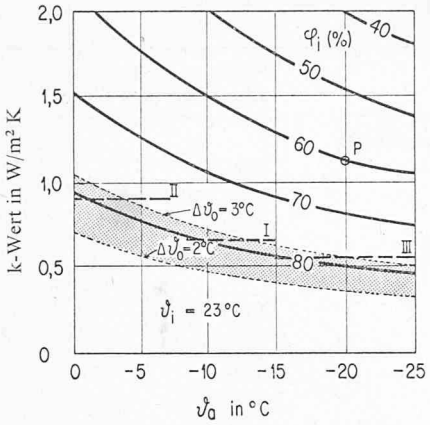


Bild 4. Maximale k-Werte

Ausgezogene Linie: k-Werte, die für die angegebene Raumluftfeuchtigkeit φ gerade keine Oberflächenkondensation ergeben (Annahme α_i = 6 W/m² K). Beispiel Punkt P: bei Aussenlufttemperatur –20 °C und Raumluftbedingungen 23 °C/60 % genügt ein k-Wert von 1,14 W/m² zur Verhinderung einer Oberflächenkondensation.

Gerasterte Fläche: max. k-Wert-Bereich für einen behaglichen Zustand (Annahme α_i = 8 W/m² K, Oberflächentemperatur 2 ÷ 3 °C unter Raumlufttemperatur).

Gestrichelte Linie: max. k-Werte gemäss Empfehlung SIA 271 für schwere Dächer

I: schweiz. Mittelland
II: Alpensüdseite, Wallis bis H = 800 m ü. M.
III: Alpengebiete und II über 800 m ü. M.

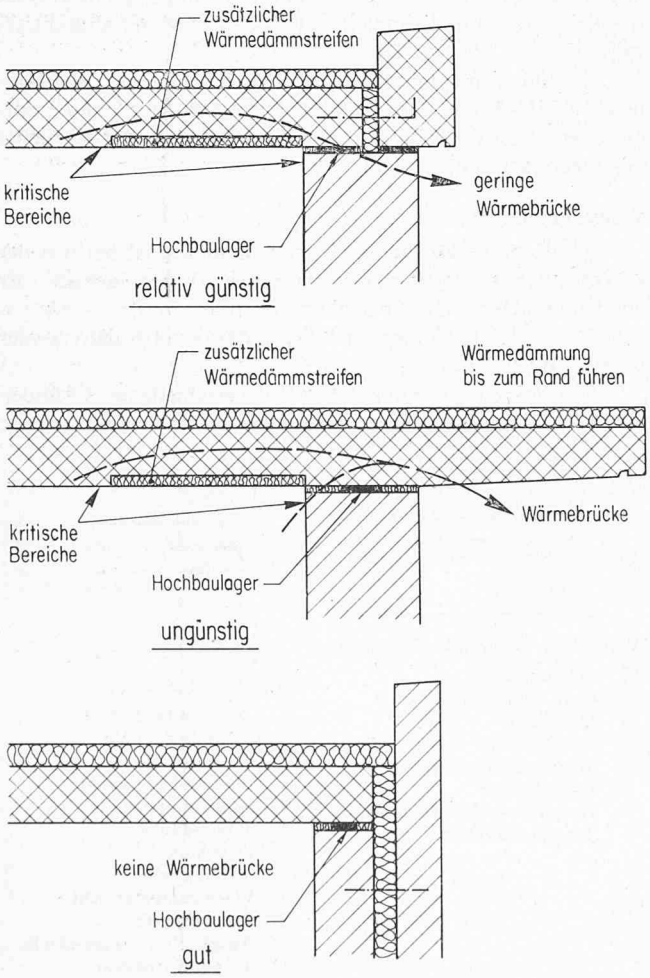


Bild 5. Wärmedämmung am Flachdachrand

Bauphysik, welche einige Beurteilungskriterien liefert. Die in der Tabelle 1 aufgeführten Kriterien: Kondensation an Oberfläche, Behaglichkeit und Trägheit werden im folgenden näher betrachtet.

Kondensation

In Bild 4 sind die maximalen k-Werte für Kondensationsfreiheit in Abhängigkeit der Aussenlufttemperatur dargestellt. Parameter ist die relative Luftfeuchtigkeit φ_i der Raumluft (ϑ_i = 23 °C, α_i = 6 W/m² K). Die Kondensationsfreiheit ist für normale Verhältnisse keine schwere Bedingung. Bei —20 °C Aussenlufttemperatur und 60 % relativer Raumluftfeuchtigkeit genügt dazu schon ein k-Wert von 1,14 W/m² K (0,98 kcal/h m² °C). Dies gilt für die ebene Dachfläche. Kritisch sind hingegen die Wärmebrücken an den Dachrändern, wo oft Kompromisse notwendig werden. Dort bestehen dann kältere Stellen, wo sich auch ohne Kondensation der Staub der Raumluft vermehrt ablagert und dunklere Stellen bildet. Beispiele dazu sind in Bild 5 dargestellt.

Für eine Bemessung der Wärmedämmung muss die massgebende Aussenlufttemperatur ϑ_{min} eingesetzt werden. Sie ist in der Empfehlung SIA 180, Wärmeschutz im Hochbau, als das 5-Tages-Mittel definiert, welches das kälteste Tagesmittel einschliesst, und diese Werte sind für die Stationen der MZA in einer Tabelle aufgeführt. Sie entsprechen auch etwa den 3-Tagesmitteln, die statistisch 1mal in 20 Jahren unterschritten werden. In der neuen Empfehlung SIA 271 für Flachdächer wurde als Vorschlag nun eine Karte aufgenommen, welche die Schweiz in 3 Klimazonen einteilt mit Angabe der Winterbemessungstemperaturen. Für die Berggebiete sind sie in Abhängigkeit der Höhe über Meer zu berechnen. Bild 6 gibt den Vergleich zwischen den Werten gemäss Tabelle in der Empfehlung SIA 180 und den nach dem neuen Vorschlag berechneten Werten für die Alpensüdseite (Zone II: Tessin, Wallis).

Behaglichkeit

In Bild 4 ist ebenfalls ein maximaler k-Wert-Bereich für einen Behaglichkeitszustand eingetragen. Dafür darf der Temperaturunterschied zwischen Raumluft und Oberfläche nicht grösser sein als 2 bis 3 °C [1].

Es zeigt sich, dass diese Bedingung strenger ist als diejenige der Kondensationsfreiheit. Allerdings sind hier mildere Wintertemperaturen massgebend. Wegen der meistens vorhandenen Trägheit der Konstruktion kommen hier nicht die Tagesextrem-, sondern die Tagesmittelwerte in Frage. Dabei kann sicher dem Bewohner statistisch gesehen ein unbehaglicher Tag im Jahr zugemutet werden. Dieses Tagesmittel liegt um einige Grade höher als die vorhin aufgeführte Winterbemessungstemperatur; für Bern z.B. —11 °C anstelle von —15 °C.

Ein k-Wert von 0,65 W/m² K (0,56 kcal/h m² °C) liegt dafür gut im behaglichen Bereich.

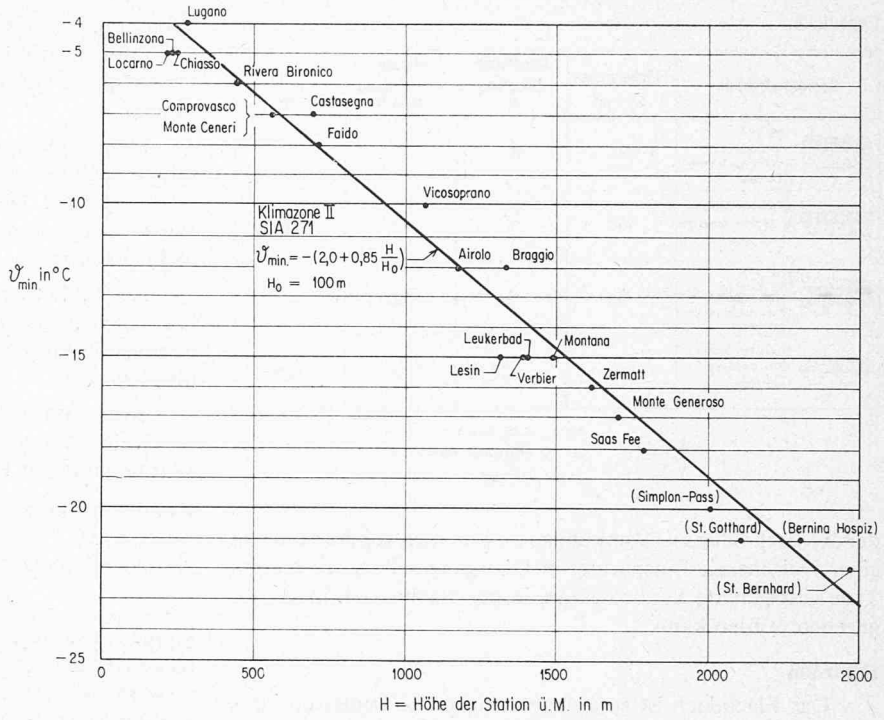
In der Empfehlung SIA 271 für Flachdächer wird aufgrund der vorangehenden Überlegungen ein maximaler k-Wert vorgeschrieben. Diese Werte sind für schwere, träge Konstruktionen in Bild 4 eingetragen. Bei leichteren Dächern muss die fehlende Trägheit durch eine bessere Wärmedämmung kompensiert werden, so z.B. für das schweizerische Mittelland (Zone I):

		max. k-Wert in W/m² K	kcal/h m² °C
Schwere Dächer	> 300 kg/m²	0,65	0,56
Mittlere Dächer	100 bis 300 kg/m²	0,50	0,43
Leichte Dächer	< 100 kg/m²	0,40	0,34

Es muss an dieser Stelle deutlich darauf hingewiesen werden, dass dies obere Grenzwerte sind und heute aus zwei Gründen niedrigere k-Werte in Frage kommen:

Bild 6. Winterbemessungstemperaturen δ_{min} für Alpensüdseite. Eingetragene Punkte: Werte gemäss Empfehlung SIA 180 «Wärmeschutz im Hochbau»

ϑ_{min}: Tiefste Aussentemperatur für Baukonstruktions-Berechnungen gemäss SIA 180



- aus wirtschaftlichen Gründen (Mehrkosten für zusätzliche Wärmedämmung werden wettgemacht durch Einsparungen an Heizenergie)
- aus energiepolitischen Gründen (Umweltschutz, Schonung der unersetzbaren Energiequellen, Auslandabhängigkeit).

Es kann aber nicht Aufgabe einer technischen SIA-Empfehlung über Flachdächer sein, solche Probleme, die zudem das Gebäude als Ganzes betreffen, zu lösen.

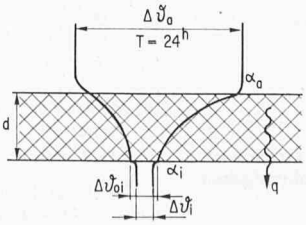
Trägheit

Ein Flachdach hat die Eigenschaft, die an der äusseren Oberfläche auftretenden veränderlichen Einflüsse, besonders Lufttemperaturschwankungen und Sonneneinstrahlung, in ihrer Grösse vermindert und zeitlich verzögert ins Rauminnere abzugeben. Als Kenngrössen wurden dafür die Begriffe Amplitudendämpfung ν und Phasenverschiebung η definiert. In Bild 7 sind die beiden üblichen Definitionen dargestellt. In der 1. Definition, die auch in der Empfehlung SIA 180, Wärmeschutz im Hochbau, übernommen wurde, gehen auch die Wärmeübergangsverhältnisse mit ein, während für die 2. Definition die Raumlufttemperatur der Oberflächentemperatur folgt (d.h. die Wärmestromdichte an der inneren Oberfläche $q_{oi} = 0$). Amplitudendämpfungen gemäss der 1. Definition werden üblicherweise mit etwas undurchsichtigen Näherungsformeln [2] berechnet. Die Werte gemäss der 2. Definition können genau z. B. mit komplexen Zahlen berechnet werden [3]. In Bild 7 ist eine träge wärmespeichernde Schicht (Beton) mit einer Wärmedämmschicht (Polystyrol-Hartschaum) verglichen. Je nach Berechnung ergeben sich beträchtliche Unterschiede für die Amplitudendämpfung.

Kennwerte für verschiedene mehrschichtige Dachkonstruktionen, berechnet nach [3], sind in der Tabelle 3 zusammengestellt. Die dafür benutzten Materialkennwerte finden sich in Tabelle 4.

Heute begnügt man sich aber oft nicht mehr damit, die Bauteile für sich allein zu betrachten, sondern man untersucht das instationäre Verhalten des ganzen Raumes oder sogar des ganzen Gebäudes. Für solche umfassende Arbeiten, welche Wand- und Dachkonstruktionen, Fenster, Innenbauteile, Heizsystem, Lüftungsverhältnisse und Aussenklima mit Sonnenstrahlung berücksichtigen, eignen sich besonders Rechenprogramme, vgl. z. B. [4].

Die Vorteile eines Wärmespeichervermögens liegen in unserem Klima nicht nur in einer Dämpfung und Verzögerung

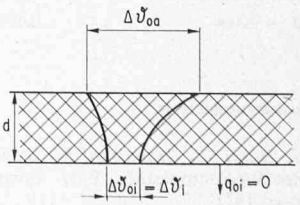


1. Definition gemäss SIA 180:

Amplitudendämpfung $\nu = \frac{\Delta\vartheta_a}{\Delta\vartheta_{oi}}$

Näherungslösung z. B. nach F. Eichler mit:
$\alpha_i = 8\ W/m^2K$ $\alpha_a = 12\ W/m^2K$

Beton	d = 15 cm	$\nu_1 = 4{,}6$	$\eta_1 = 4{,}0^h$
Wärmedämmung (PS-Hartschaum)	d = 6 cm	$\nu_1 = 12{,}8$	$\eta_1 = 1{,}7^h$



2. Definition

Amplitudendämpfung $\nu = \frac{\Delta\vartheta_{oa}}{\Delta\vartheta_{oi}}$

Genaue Lösung z. B. durch komplexe Darstellung der Temperaturschwingungen:
$\vartheta_{(\xi,t)} = a_{(\xi)} e^{i\varphi(t)}$

Beton	d = 15 cm	$\nu_2 = 1{,}4$	$\eta_2 = 4{,}0^h$
Wärmedämmung (PS-Hartschaum)	d = 6 cm	$\nu_2 = 1{,}0$	$\eta_2 = 1{,}7^h$

Bild 7. Instationäre Kennwerte für eine einschichtige Konstruktion

Tabelle 3.

Dachkonstruktion	Flächenmasse kg / m²	Amplituden-dämpfung ν	Phasen-verschiebung η in h	k-Wert in W/m² K
6cm S+K 1 cm Dachhaut 6cm PS Hartschaum 12cm Beton 1	385	46	9,7	0,47
1,2mm KS-Dachhaut 6 cm PS-Hartschaum 12 cm Beton 2	290	36	7,1	0,50
6cm S+K 1 cm Dachhaut 8cm Steinwolle 1,2mm Holzfaserplatte 1 mm Blech 3	130	2,5	7,6	0,43
1,2mm KS-Dachhaut 13cm Steinwolle 1 mm Blech 4	35	3,2	7,1	0,29

$$\nu = \frac{\Delta \vartheta_o}{\Delta \vartheta_{oi}}$$

mit $\alpha_o = 12$ W/m²K und für konstanten Wärmestrom an der Innenhaut

der äusseren Klimaschwankungen im Sommer, sondern auch in einer Heizenergie-Einsparung in Übergangszeiten, wo die am Tage gespeicherte Sonnenwärme in der Nacht nach innen abgegeben werden kann.

Diffusion

Das Flachdach ist so aufzubauen und zu bemessen, dass infolge der Wasserdampfdiffusion keine Nachteile entstehen. Solche Nachteile sind:

- in einer Winterperiode übermässige Kondensation von Wasserdampf in der Wärmedämmung, welche bei zu hohem Wassergehalt ihre Wärmedämmwirkung einbüsst
- Angriff der Dachhaut von unten her durch Kondenswasser
- erschwerte Austrocknung von allenfalls vorhandener Baufeuchtigkeit [6]
- Anreicherung von Kondenswasser im Inneren über die Jahre, wenn die im Winter kondensierte Wassermenge im Sommer nicht mehr austrocknet.

Die normalen nichtbelüfteten Warmdächer sind hier von Natur aus gefährdet, da die auf der kalten Seite der Wärmedämmung liegende Dachhaut auch dem Durchgang von Wasserdampf einen Widerstand entgegensetzt. Es wird deshalb eine Dampfsperre auf der warmen Seite der Wärmedämmung notwendig.

Die Empfehlung SIA 271 gibt in einem Anhang das Verfahren nach Glaser [5] wieder für die Untersuchung der Diffusionsvorgänge. Damit kann die im Winter kondensierende Wassermenge und die im Sommer austrocknende Menge berechnet werden.

Am Ende einer Kondensationsperiode darf der Wassergehalt einen in der Empfehlung für die verschiedenen Wärmedämmstoffe angegebenen Maximalwert in Volumen % nicht überschreiten.

Kondensations- und Austrocknungszeit werden primär durch das Klima bestimmt. Die in der Empfehlung SIA 180, Wärmeschutz im Hochbau, angegebenen Bedingungen:

Kondensation 60 Tage $\vartheta_a = -10$ °C $\quad \varphi_a = 80\%$
$\vartheta_i = 20$ °C $\quad \varphi_i = 50\%$
Austrocknung 90 Tage $\vartheta_a = \vartheta_i = 12$ °C
$\varphi_a = \varphi_i = 70\%$

können etwa für normale Innenraum- und schweizerische Mittellandverhältnisse angenommen werden. Für andere Verhältnisse müssen sie jeweils aufgrund der Klimaangaben und der Konstruktion bestimmt werden. Es besteht dazu auch ein Rechenprogramm an der EMPA, Abteilung Bauphysik, mit dem das effektive Klima unter Zugrundelegung der 5-Tages-Mittelwerte für die Jahre 1931 bis 1970 von 17 ausgewählten Stationen berücksichtigt werden kann.

Bei allen reinen Diffusionsrechnungen muss aber beachtet werden, dass vor allem zwei Einflüsse nicht enthalten sind:

- die Möglichkeit des kapillaren Feuchtigkeitstransportes
- die Wirkung der instationären Sonneneinstrahlung.

Die Erfahrung hat aber doch gezeigt, dass die reinen Diffusionsrechnungen auf der sicheren Seite liegen und somit eine gute Grundlage für die Wahl eines richtigen Dachaufbaus darstellen.

Tabelle 4. Kennwerte der Materialien der Flachdächer in Tabelle 3

Material	Rohdichte P kg/m³	Wärmeleitfähigkeit λ in W/m K	in kcal/h m °C	spezifische Wärmekapazität c in kJ/kg K	kcal/kg °C
Stahl	7800	58	50	0,42	0,10
Beton	2400	1,63	1,40	0,92	0,22
Holzfaserplatte hart	900	0,17	0,15	2,10	0,50
Steinwollplatten	200	0,041	0,035	0,84	0,20
PS-Hartschaum	40	0,035	0,030	1,47	0,35
Dachhaut Bitumen	1000	0,19	0,16	1,68	0,40
Dachhaut Kunststoff	1350	0,17	0,15	1,01	0,24
Sand + Kies	1400	1,16	1,00	0,92	0,22

Literaturverzeichnis

[1] *S. Huser, E. Grandjean, M. Suchantke:* Physiologische Grundlagen des Wohnungsbaues. Eidg. Forschungskommission Wohnungsbau, Bern 1971.

[2] *F. Eichler:* Bauphysikalische Entwurfslehre, 1. Band. Verlag R. Müller, Köln 1973.

[3] *W. Heindl:* Der Wärmeschutz einer ebenen Wand bei periodischen Wärmebelastungen. «Die Ziegelindustrie» 1966, Heft 18.

[4] *F. Haferland, W. Heindl* und *H. Fuchs:* Ein Verfahren zur Ermittlung des wärmetechnischen Verhaltens ganzer Gebäude unter periodisch wechselnder Wärmeeinwirkung. «Berichte aus der Bauforschung», Heft 99. Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin 1975.

[5] *H. Glaser:* Graphisches Verfahren zur Untersuchung von Diffusionsvorgängen. «Kältetechnik» *11* (1959).

[6] *R. Jenisch* und *W. Schüle:* Austrocknung nichtbelüfteter Flachdächer. «Berichte aus der Bauforschung», Heft 102. Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin 1975.

Adresse des Verfassers: *R. Sagelsdorff*, dipl. Ing. ETH, Abteilungsleiter, EMPA, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf.

In diesem Heft befinden sich die Rubriken **«Umschau», «Wettbewerbe», Ankündigungen»** und **«Öffentliche Vorträge»** auf den grünen Seiten.

Herausgegeben von der Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Redaktion: K. Meyer, M. Künzler, B. Odermatt; Zürich-Giesshübel, Staffelstr. 12, Telephon 01 / 36 55 36, Postcheck 80-6110
Briefpostadresse: Schweizerische Bauzeitung, Postfach 630, 8021 Zürich