

Anforderungen an das flache Betondach^{*)}

Von Eberhard Krumm, Düsseldorf

1. Allgemeines

Die Ausbildung eines flachen Betondachs verlangt vielfältige Überlegungen. Das Dach bildet den Raumabschluß nach außen und muß in erster Linie das Eindringen jeder Art von Niederschlägen verhindern. Es ist derjenige Teil eines Gebäudes, der den größten Temperaturunterschieden ausgesetzt ist und an den daher besondere Anforderungen im Hinblick auf die Wärmedämmung der darunterliegenden Räume gestellt werden. Auch darf der Wasserdampf der Räume sich nicht als Kondenswasser (Tauwasser) in einer der Dachschichten oder an der Deckenunterseite niederschlagen.

Eine weitere wesentliche Überlegung besteht darin, das Dach konstruktiv so auszubilden, daß die Temperatureinwirkungen keine störenden Bewegungen oder Risse in der Betondecke oder in den unterstützenden Wänden hervorrufen.

Auf die statischen Anforderungen aus Eigengewicht und Nutzlasten soll hier nicht eingegangen werden, da ihnen unter Beachtung von DIN 1055 und der Vorschriften des Beton- und Stahlbetonbaus mit üblichen Deckenkonstruktionen genügt werden kann.

2. Aufbau

Im konstruktiven Aufbau unterscheidet man zwischen einschaligen und zweischaligen Dächern, in der Literatur oft als Warm- bzw. Kaldächer bezeichnet. Eine typische Ausführung eines einschaligen Daches zeigt Bild 1 A. Auf der Tragdecke liegen ohne Hohlraum Dampfsperrschicht, Wärmedämmschicht und Dachhaut.

Beim zweischaligen Dach (Bild 1 B) befindet sich zwischen Trag- und Dämmschicht einerseits und Dachhaut andererseits ein belüftbarer Hohlraum. Die obere Schale hat dabei keine wärmedämmende Aufgabe, ihre Temperatur ist etwa gleich der der Außenluft, so daß im Winter der Schnee auf einem solchen Dach länger liegen bleibt als auf einschaligen Konstruktionen („Kaldach“).

^{*)} Nach einem Referat auf der 13. Arbeitssitzung des „Betonkreises“ am 13. 12. 1961 im Forschungsinstitut der Zementindustrie, Düsseldorf.

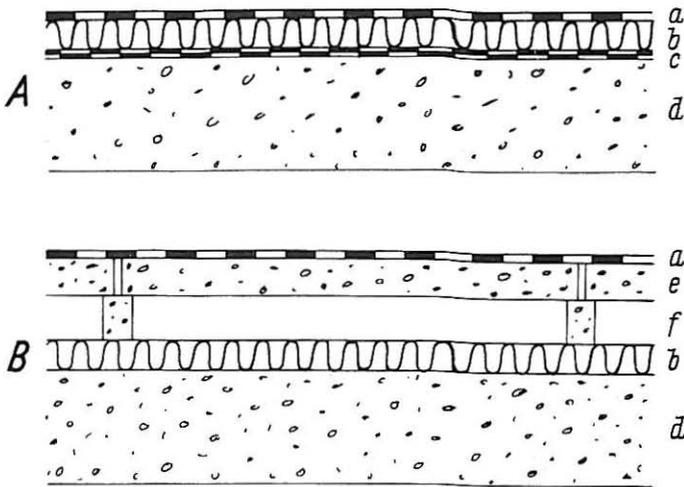


Bild 1 Querschnitt durch ein einschaliges Dach (A) und ein zweischaliges Dach (B)

- | | |
|----------------|--------------------|
| a Dachhaut | b Wärmedämmschicht |
| c Dampfsperre | d Belondecke |
| e Betonplatten | f Lüftungsschicht |

3. Anforderungen an die Wärmedämmung hinsichtlich des Raumklimas

Die Wärmedämmung soll die Räume im Sommer vor zu starker Sonneneinstrahlung, im Winter vor Auskühlen und Wärmeverlust schützen. Für die Bemessung schreibt DIN 4108 bei Dächern über Wohnräumen einen Wärmedurchlaßwiderstand (Wärmedämmwert) $1/\lambda$ von mindestens $0,65 \text{ m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$ vor. Die bisherigen Erfahrungen haben jedoch gezeigt, daß dieser Wert nicht ausreicht.

Die Wirkung einer Wärmedämmschicht läßt mit zunehmendem Wassergehalt sehr stark nach. Dieser Wassergehalt kann entweder noch vom Bau her in der Decke enthalten sein oder aber durch Kondensation entstehen. Die Luft vermag bekanntlich bei bestimmter Temperatur nur eine bestimmte Menge an Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf aufzunehmen, z. B. bei 20°C rd. $17 \text{ g}/\text{m}^3$, bei 0°C rd. $5 \text{ g}/\text{m}^3$ und bei -20°C rd. $1 \text{ g}/\text{m}^3$ [1, 2]. Im allgemeinen ist der tatsächlich vorhandene Gehalt aber geringer; man bezeichnet das Verhältnis zum Sättigungsgehalt als relative Luftfeuchtigkeit. Sinkt andererseits bei gleichbleibendem Wassergehalt die Temperatur ab, so scheidet die Luft Wasser (Tau) aus. Daher bildet sich z. B. in einem Raum von 20°C Lufttemperatur und 60% relativer Luftfeuchtigkeit an solchen Stellen Tauwasser, deren Temperatur unter $11,6^\circ\text{C}$ liegt.

Bei unterschiedlichen Temperaturen und unterschiedlichen Wasserdampfgehalten von Außen- und Innenluft entsteht eine Wasserdampfwanderung (Diffusion, Ausgleich verschieden großer Wasserdampf-Teildrücke) von der wärmeren nach der kälteren Seite hin. Man muß also entweder dafür sorgen, daß das

Wasser dort verdunsten kann, oder aber durch dichte Schichten (sog. „Dampfsperren“) den Wasserdampf daran hindern, so weit nach der kalten Seite hin zu wandern, daß er kondensieren kann.

Auf Grund der Wärmedurchgangszahlen der einzelnen Schichten und der Wärmeübergangszahlen zwischen Schichtoberflächen und Luft läßt sich der Temperaturverlauf innerhalb der Dachkonstruktion bei angenommenen Außen- und Innentemperaturen leicht ermitteln [1, 3, 4, 5]. Wesentlich ist, daß die Temperaturdifferenzen in der Betondecke gering gehalten werden (siehe Abschnitt 4) und daß der Taupunkt bei den zu erwartenden relativen Luftfeuchtigkeiten oberhalb der Dampfsperre liegt, damit sich kein Kondenswasser bilden kann. Aus diesen Gründen soll die Wärmedämmung der unterhalb der Dampfsperre liegenden Konstruktionsteile (also auch die des Betons der Tragdecke) möglichst gering sein. Haben die Innenräume eine relative Luftfeuchtigkeit von 60 % bei einer Temperatur von 20 °C, so liegt bei einer Dachausführung nach Bild 1 A und üblichen Schichtdicken der Taupunkt (11,6 °C) in der Wärmedämmschicht, also oberhalb der Dampfsperre. Es kann in der Decke kein Wasserdampf kondensieren.

Hieran ändert sich auch nichts, wenn über der Wärmedämmschicht ein Schutzestrich aufgebracht wird, jedoch wäre dieser selbst sehr großen Temperaturdifferenzen ausgesetzt und müßte eine Fugenunterteilung in Abständen von höchstens 2 m erhalten. Man kann hier über der Dämmplatte eine weitere Sperrschicht anordnen, damit beim Herstellen des Zementestrichs die Dämmschicht nicht durchfeuchtet wird. Zwischen dem Estrich und der Dachhaut muß dann eine Entlüftungspappe vorgesehen werden, weil sonst die Feuchtigkeit aus dem Estrich über Jahre nicht entweicht (Zerfrieren des Estrichs; Blasenbildung in einer Dachhaut aus plastischen Stoffen).

Über Räumen, in denen höhere Luftfeuchtigkeiten als 75 % auftreten können, empfiehlt sich die Ausführung eines zweischaligen Daches. Der durch die untere Schale diffundierende Wasserdampf soll in der Lüftungsschicht aufgenommen und abgeführt werden. Sie muß ein Gefälle aufweisen, damit zwischen Eintrittsöffnung für die Außenluft (an der Traufe) und Austrittsöffnung (am First) eine Kaminwirkung entsteht. In der Literatur finden sich über die zweckmäßigste Größe der Öffnungen unterschiedliche Angaben. Die Mehrzahl der Verfasser nennt jedoch als Mindestwert für die Eintrittsöffnungen etwa 1/1000, für die Austrittsöffnungen etwa 1/800 bis 1/700 der Dachfläche. Die Ausführung eines zweischaligen Daches ist teurer als die eines einschaligen, obwohl man auf eine Dampfsperre verzichten kann, wenn für gute Ent- und Belüftung des Hohlraumes gesorgt ist. Es ist jedoch in seiner Wirkung sicherer und gibt weniger Anlaß zu Ausführungsmängeln.

4. Vermeidung von Rissen durch ausreichende Wärmedämmung

Die zweite wichtige Aufgabe der Wärmedämmschicht eines Flachdachs besteht darin, Temperaturunterschiede und damit Bewegungen der tragenden Konstruktion gering zu halten. Denn wenn Konstruktionsteile diese Verformungen nicht oder nicht

zwangungsfrei ausführen können, werden dadurch im Bauwerk Kräfte hervorgerufen, die zu Rissen führen, sobald die Spannungen die Festigkeit überschreiten.

Es wird in diesem Zusammenhang immer wieder übersehen, daß § 16 der DIN 1045 nicht auf Flachdächer anwendbar ist. Dort wird nämlich von Wärmeverformungen durch Änderung der Lufttemperatur gesprochen, was zu Temperaturunterschieden von etwa 40 °C führt. Die Sonneneinstrahlung kann aber in der Dachdecke Temperaturen hervorrufen, die weit über denen der Lufttemperatur liegen. Auf der Dachhaut von schwarzen Dächern sind bei langer und intensiver Besonnung Temperaturen bis zu 90 °C zu erwarten, d. h. an der Dachoberfläche treten jährliche Schwankungen von -20 °C bis +90 °C auf, Temperaturdifferenzen also von über 100 °C. Im Laufe eines Sommertages sind Temperaturdifferenzen von 70 °C möglich [3, 4, 6, 7, 8].

Um die Konstruktion vor diesen Temperatureinwirkungen zu schützen, muß die Wärmedämmschicht stets oberhalb der Betondecke liegen und ausreichend wirksam bemessen sein. Die bei Schadensfällen gemachten Erfahrungen zeigen, daß ein Wärmedämmwert von $1/\lambda = 0,65 \text{ m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$ ungenügend ist. Daher wurde von verschiedenen Seiten vorgeschlagen, für Dächer über Wohnungen einen Dämmwert $1/\lambda$ von mindestens 1,0, für Dächer über feuchteren Räumen einen solchen von 1,5 zu fordern.

Zusätzliche Maßnahmen sind eine Unterteilung großer Dachdecken durch Fugen und die Ausbildung der Deckenaufleger als bewehrte Stahlbeton-Ringanker mit einer außenseitigen Wärmedämmschicht. Über den Umfang dieser Maßnahmen kann nur von Fall zu Fall entschieden werden.

Der beim Flachdach häufigste Schadensfall, das „Schieben“ der Decke, tritt ein, wenn das Dach erheblich und anhaltend stärker erwärmt wird als die unterstützenden Wände, zumal diese sich wegen ihrer je nach Art des Mauerwerks oft kleineren Wärmedehnzahl weniger ausdehnen.

Bei einer Temperatur der Dachoberfläche von 80 °C und einer Raumtemperatur von 20 °C beträgt bei einer Konstruktion nach Bild 1 A mit einem Wert $1/\lambda$ der Dämmschicht von $1,25 \text{ m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$ (das entspricht z. B. einer 5 cm dicken Dämmschicht aus Korkplatten mit einem $\lambda = 0,04 \text{ kcal}/\text{m h}^\circ\text{C}$) die Temperatur in der Mitte der Betondecke rd. 30 °C. Wenn die Decke bei etwa 10 °C hergestellt worden ist, so entspricht dem eine Dehnung von $10^{-5} (30-10) = 0,0002$; das sind 0,2 mm/m. Gleichlaufende Wände aus Ziegelmauerwerk dehnen sich bei einer Temperatur von 25 °C um $5 \cdot 10^{-6} (25-10) = 0,000 075$; das sind 0,075 mm/m. Die Dehnung der Betondecke würde also zu einem erheblichen Teil durch die Wände behindert. Nimmt man jedoch an, daß die Auflagerung und die Wand eine gewisse Elastizität besitzen und daß dadurch eine unterschiedliche Längenänderung von 1 bis 2 mm, im Mittel also von 1,5 mm, noch aufgenommen wird, so muß die Betondecke in Abständen von $1,5/(0,2-0,075) = 12 \text{ m}$ durch Fugen unterteilt werden.

Führt man diese Rechnung mit verschiedenen dicken Wärmedämmschichten durch, so entsteht ein Diagramm, das die Abhängigkeit des Fugenabstandes von dem Dämmwert einer über der Betondecke liegenden Wärmedämmschicht zeigt (Bild 2).

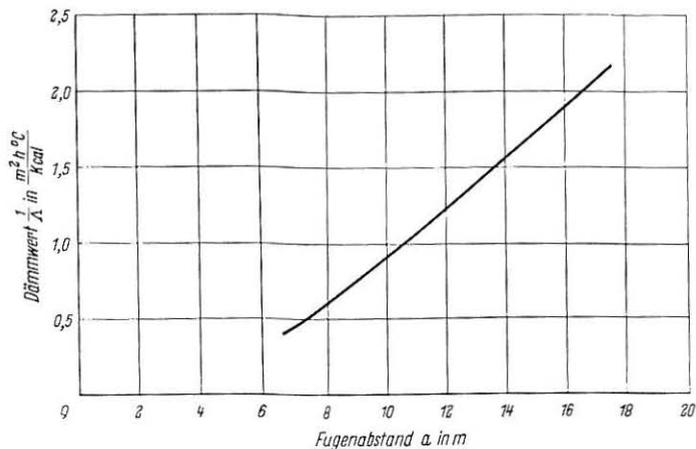


Bild 2 Erforderlicher Fugenabstand a der Betondecke bei einer darüber liegenden Wärmedämmschicht in Abhängigkeit von deren Dämmwert λ

Eine Berechnung auf diesem Wege kann jedoch nur als Näherung betrachtet werden, da man damit die Verhältnisse des tatsächlichen Spannungszustandes nicht genau genug erfassen kann. W. Caemmerer kommt allerdings in [9] zu fast gleichen Beziehungen.

Man muß beachten, daß die Anordnung einer Dämmschicht unterhalb der Betondecke eine Vergrößerung der oberhalb liegenden Dämmschicht bedingt, da die Temperaturdifferenzen in der Betondecke vergrößert werden. Außerdem verschlechtern sich die Verhältnisse hinsichtlich Kondensation (vgl. Abschnitt 3).

Die erforderlichen Fugen sind als Dehnungsfugen auszubilden. Auch sogenannte Gleitlager zwischen Dachdecke und Wänden sind nicht so wirksam, daß auf eine Unterteilung der Decke durch Dehnungsfugen verzichtet werden kann. Im Schrifttum finden sich im übrigen verschiedenartige Hinweise für die konstruktive Ausbildung der Fugen und der Dachauflagerung [6, 9, 10 u. a.]. Ausführliche Beispiele des Aufbaus und der Verlegung von flachen Dächern einschließlich technischer Daten und Richtpreise hat W. Henn in [7] zusammengestellt.

Dachüberstände der Betondecke müssen an ihrer Oberseite ebenfalls mit einer Wärmedämmschicht versehen und in Abständen von höchstens 5 m weiter durch Preßfugen unterteilt werden. Sie müssen eine kräftige Schwindbewehrung erhalten. Eine zusätzlich auf der Unterseite angebrachte Dämmschicht bringt keinen Vorteil, wie aus Untersuchungen über die Kältebrückenwirkung bei Kragplatten hervorgeht [11]. Dafür sollte man in diesem Fall entgegen den allgemeinen Grundsätzen eine Wärmedämmschicht auf der Raumseite der Betondecke in einer Breite von 50 bis 80 cm vorsehen.

5. Zusammenfassung

Die Anforderungen, die an ein flaches Betondach gestellt werden, verlangen einen mehrschichtigen Aufbau. Eine besondere Aufgabe fällt dabei der Wärmedämmschicht zu, die einmal

ausreichen muß, den Wärmeschutz der darunterliegenden Räume zu übernehmen, zum anderen zu starke Temperaturunterschiede in der Betondecke vermeiden soll. Sie muß gegen Kondenswasser geschützt werden, es sei denn, diese Feuchtigkeit könnte – wie beim zweischaligen Dach – durch Lüftung wieder entweichen.

Der Wärmedämmwert eines flachen Daches über Wohnräumen soll mindestens $1,0 \text{ m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}/\text{kcal}$ betragen.

Zur Vermeidung von Rissen muß eine Unterteilung der Betondecke durch Bewegungsfugen vorgenommen werden, deren Abstand sich nach dem Dämmwert der Wärmedämmschicht richtet.

SCHRIFTTUM :

- [1] Sautter, L.: Wärmeschutz und Feuchtigkeitsschutz im Hochbau. Verlagsgesellschaft Max Lipfert, Berlin 1948.
- [2] Mittag, M.: Geneigte Dächer oder Flachdächer? Die Ziegelindustrie 13 (1960) H. 11, S. 398/402.
- [3] Rick, A. W.: Bauphysikalische und konstruktive Grundlagen des Flachdachbaues. Zentralblatt für Industriebau 6 (1960) H. 12, S. 614/618.
- [4] Moritz, K.: Der Gefällebeton beim Flachdachbau aus physikalischer Sicht. beton 10 (1960) H. 11, S. 532/536.
- [5] Schüle, W.: Der erforderliche Wärmeschutz bei nicht belüfteten Flachdächern. FBW-Blätter Dezember 1960 (Nr. 6). Herausgegeben von der Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen, Stuttgart.
- [6] Clausen, H. P.: Verhalten des Betonflachdaches unter Einwirkung der Außen Temperaturschwankungen und der Feuchtigkeit von warmer Innenluft. beton 8 (1958) H. 8, S. 233/237.
- [7] Henn, W.: Das flache Dach. Erweiterter Sonderdruck aus Baumeister (1960) H. 6 bis 9. Verlag Georg D. W. Callwey, München 1960.
- [8] v. Halasz, R.: Flachdachkonstruktionen (Dachdecken) in Massivbauweise. ABC der Dachpappe, Heft 5. Verband der Dachpappen-Industrie e. V., Wiesbaden 1957.
- [9] Caemmerer, W.: Wärmeschutz, aber richtig. Herausgegeben vom Deutschen Bauzentrum, Köln 1958.
- [10] Albrecht, R.: Dehnungsfugen in Stahlbetonflachdächern. Mitteilungen über Zementverwendung 6 (1955) H. 3 und 4. Herausgegeben vom Fachverband Zement e. V., Köln.
- [11] Flachdächer im Wohnungsbau. Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen, Veröffentlichung Nr. 70, Stuttgart 1962.