

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 123/124 (1944)
Heft: 19

Artikel: Wärme- und Feuchtigkeits-Isolation von Flachdächern
Autor: Hediger, R.J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-54047>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

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

es mit Hilfe von Kalk und Eisensulfat soweit behandelt worden war, dass der Ablauf des Klärbeckens nur noch einen Festgehalt von $4 \div 10$ mgr/l aufwies (Abb. 3).

Für diese und ähnliche Abwässer scheint also in erster Linie nicht der biochemische Sauerstoffbedarf massgebend zu sein, sondern der Gehalt an suspendierten Stoffen und die allgemeine Fäulnisfähigkeit des Wassers, die man leicht mittels der Methylenblauprobe feststellen kann. Es muss aber wiederum betont werden, dass nur eingehende chemische und biologische Untersuchungen in jedem Fall eindeutig darüber Aufschluss geben können, welche Reinigung der zu behandelnden industriellen Abwässer die zweckmässigste ist und welche Anforderungen an eine solche Kläranlage gestellt werden sollen. Wo industrielles Abwasser den kommunalen Kläranlagen zugeführt werden kann, muss man sich Rechenschaft darüber geben, ob diese Anlagen auch solche industrielle Abwässer ohne Einbusse des Kläreffektes übernehmen können.

Biologisch gereinigtes Abwasser muss zuerst noch durch ein Nachklärbecken geleitet werden, bevor es dem Vorfluter beigemischt werden darf. Durch den biochemischen Abbau der organischen Stoffe auf Tropfkörpern oder in Belebtschlamm-anlagen wird nämlich ein sehr wasserreicher Schlamm erzeugt, der meist noch nicht ganz stabil ist und infolgedessen vom Vorfluter ferngehalten werden muss. Man pumpt diesen Nachklärschlamm zusammen mit den im Vorklärbecken ausgeschiedenen Festteilen in einen geschlossenen Faulraum, wo anaerobe Bakterien die weitere Zersetzung besorgen. Es muss darauf geachtet werden, dass die Ausfäulung dieser Schlämme im alkalischen pH-Bereich vor sich geht, sonst entwickeln sich unangenehme Gase und die Ausfäulung beansprucht eine viel längere Zeit.

Ausgefaulter Schlamm enthält immer noch sehr viel Wasser, ein Umstand, der der wirtschaftlichen Verwendung dieses Materials Schwierigkeiten bereitet. Wo es die lokalen Verhältnisse gestatten, kann Faulschlamm als solcher an die Landwirtschaft abgegeben werden, da er einen geringen Düngewert besitzt. Andere Möglichkeiten seiner Verwendung sind die Aufarbeitung in einen streufähigen Dünger durch mechanische Entwässerung und nachfolgende Heisskompostierung, als Radikalmittel seine Verbrennung zu Asche und Verwendung als Füllmaterial.

Die Projektierung von industriellen Abwasser-Reinigungsanlagen stellt im Gegensatz zu kommunalen Kläranlagen meistens viel grössere Anforderungen an den planenden Ingenieur. Er muss vor allem auch darnach trachten, solche Anlagen organisch und zweckmässig in den meist nur knapp zur Verfügung stehenden Raum einzufügen. Besonders die Anordnung der Absetzbecken mit ihren manchmal recht beträchtlichen Ausmassen kann Kopfzerbrechen verursachen. Hier kann die Wahl von richtig bemessenen Mehrkammer-Klärbecken die ganze Aufgabe wesentlich erleichtern. Gleichzeitig ist es möglich, durch Auswahl der zweckmässigsten Apparatur unnötiges Pumpen der Abwässer und der Schlämme zu vermeiden und dadurch Anlage- und Betriebskosten zu sparen.

Erst eine gemeinsame, erspriessliche Zusammenarbeit zwischen Bauherr, Chemiker, Biologe, Baufachmann und Maschineningenieur gewährleistet die Planung und den Bau von industriellen wie auch kommunalen Abwasserkläranlagen, die in chemischer und technischer Hinsicht einen vollen Erfolg bedeuten.

Wärme- und Feuchtigkeits-Isolation von Flachdächern

Von Dipl. Arch. R. J. HEDIGER, Lausanne

In Heft 14 vom 1. April 1944 (Bd. 123, S. 161*) der Schweiz. Bauzeitung veröffentlicht Ing. Dr. M. Koenig einen interessanten Aufsatz über die Flachdachisolationen. Dazu sehe ich mich veranlasst, einige zusätzliche Betrachtungen anzustellen.

Es seien vorerst die verschiedenen Aufgaben wiederholt, die einem Flachdach obliegen: 1. Festigkeit (Eigengewicht, Winddruck, Schneegewicht oder Nutzlast); 2. Wetterschutz (Regen, Schnee, Wind); 3. Thermische Isolierung (Garantie gleichmässigen Klimas für die Bewohner während der ganzen Jahreszeit, Schutz gegen Kälte, sowie gegen Sonnenbestrahlung). Wenn gleich diese Aufgaben zahlreich und bisweilen gegensätzlich sind, muss doch das Projekt einer Flachdach-Konstruktion unbedingt einer jeden, unter Berücksichtigung ihrer gegenseitigen Abhängigkeit, gerecht werden.

Ohne auf das Prinzip der Kondenswassererscheinung an der inneren oder äusseren Oberfläche des Flachdaches und auf die Feuchtigkeitsdurchdringung der Konstruktionselemente zurückzukommen, da diese bereits im Artikel von Dr. Koenig wiederholt und detailliert in den Arbeiten von Dr. Cammerer zu finden

sind, möchte ich doch daran erinnern, dass wenn schon die Feuchtigkeit in gleicher Richtung wie der Wärmestrom wandert, die Menge der Feuchtigkeit nicht nur von der Grösse des Wärmestromes, sondern u. a. von der Beschaffenheit der betreffenden Baumaterialien abhängig ist, wie Porosität (Form, Grösse und Disposition der Poren), Hygroskopizität, Verdunstungsvermögen, Vorhandensein von Luftschichten.

Eine gewisse Feuchtigkeit in der Konstruktion ist unvermeidlich. Sie kann durch ungenügende Isolation oder durch momentane Uebersättigung der Luft hervorgerufen werden (Dampfentwicklung in Küche, Bad, Waschküche, usw.) oder dann vom Bauen herrühren und im Material enthalten sein. Bisweilen ist sie gerade auf das Vorhandensein einer Luftschicht zurückzuführen und dies obgleich die Luftschicht verschiedentlich als bestes und wirtschaftliches Isolations-Mittel betrachtet worden ist. Cammerer¹⁾ stellt auf Grund von Erfahrungen fest, dass Feuchtigkeit in der Luftschicht eines Flachdaches unvermeidlich ist und zieht daraus etwa folgende Schlüsse: Die Luftschicht soll beidseitig von porösem Material begrenzt sein. Der Beitrag der Luftschicht an die Gesamt-Isolation soll maximal $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ betragen. In der Luftschicht sollen nur feuchtigkeitsbeständige Materialien verwendet werden. Durch Holz begrenzte Luftschichten mit undurchlässiger Schicht (Flachdach) sollen ventiliert sein. Direkte Verbindungen zwischen Luftschicht und Raumluft (Fugen, Dichtungen usw.) sollen verhütet werden, um Kondenswassererscheinungen nicht zu fördern.

Es ergibt sich daraus, dass besonders im Holzbau, wo übermässige Feuchtigkeit Schwammbildung und Fäulnis bewirkt, die Luftschicht als Isolation nicht ungefährlich ist. Es erscheint daher angebracht, sie durch ein geeignetes Isoliermaterial zu ersetzen. Vergleichsweise sei erwähnt, dass eine 5 cm starke Luftschicht im Isoliereffekt gleichwertig ist wie 7 mm Glaswolle, $7\frac{1}{2}$ mm Schlackenwolle oder 9 mm Kork.

Jedes poröse Material enthält, selbst normal-trocken, eine gewisse Feuchtigkeit; sie entspricht seiner natürlichen Hygroskopizität. Da der Feuchtigkeitsgehalt einem Gleichgewichtszustand gegenüber der Umgebung zustrebt, muss der Feuchtigkeits-Ueberschuss, der bei Baubeginn stets vorhanden ist, irgendwie entweichen können. Es bedarf dazu mehrerer Tage, Monate und bei gewissen Materialien sogar Jahre. Die schliesslich noch übrigbleibende Feuchtigkeit bedingt dann den Gleichgewichtszustand. Wird dieser gestört, so können Risse und Fugen (Schwinden und Quellen bei Holzteilen) entstehen, Erscheinungen, die uns vor allem in künstlich ausgetrockneten Bauten, und als Folge der Zentralheizung bekannt sind. Die überschüssige Feuchtigkeit, die zur Erhaltung des Gleichgewichts in Richtung des Wärmestroms wandern soll, muss an der Oberfläche verdunstet werden. Die strömende Feuchtigkeitsmenge darf nicht grösser sein, als jene, die die äussere Fläche verdunsten kann.

Wichtig ist ferner, dass für ein und das selbe Bauelement der Wärmestrom seine Richtung ändern kann, je nachdem die warme Seite innen oder aussen sich befindet (Tag und Nacht, Sommer und Winter, Heizungsunterbrechungen). Wohl am empfindlichsten in dieser Beziehung ist das Flachdach, bei dem an der Aussenseite durch Sonnenbestrahlung Uebertemperaturen bis zu 54° auftreten können.

Das Problem ist also ausgedehnter und weniger starr, als es Dr. Koenig betrachtet hat. Seine Empfehlungen, «auf warmer Seite möglichst dichten, auf kalter Seite möglichst offen halten», sind unvollständig. Die Bedingungen, denen «irgend ein Flachdach oder eine Wandkonstruktion» genügen müssen, sollten wie folgt ergänzt werden: Die Isolierung soll stark genug sein, um an der Oberfläche der Konstruktion jegliche Kondenswasserbildung zu unterbinden. Es soll der Feuchtigkeit möglich sein, durch die Konstruktion zu wandern. Beiderseits eines Bauelementes soll eine Verdunstungsmöglichkeit geschaffen werden. Die Luftschichten sollen einen normalen Anteil an der gesamten Isolation nicht überschreiten. Die Luftschichten sollen stets mit porösem Material begrenzt werden. Daraus ergibt sich etwa ein Schema gemäss Abb. 1 (S. 249).

Dazu zwei Beispiele: *Kontinuierlicher Wärmefluss von innen nach aussen:* Befindet sich Feuchtigkeit an der Oberfläche der Decke oder im Innern der Schichten 1 und 2, so wird sie in der selben Richtung wie der Wärmefluss nach der Schicht 3 strömen, wo sie Verdunstungsmöglichkeit findet und evakuiert wird. Sie kann sich nicht ansammeln und den Baumaterialien schädlich sein. *Wärmefluss von innen nach aussen, sodann Umkehrung des Strömungssinnes:* Wenn sich im Zeitpunkt des Strömungswechsels Feuchtigkeit in den Schichten 1 und 2 be-

¹⁾ Cammerer, J. S., Konstruktive Grundlagen des Wärme- und Kälteschutzes im Wohn- und Industriebau, Seite 15 und 16.

findet, wird sie vorerst stationär bleiben, um später nach innen zu strömen, wo sie Verdunstungsmöglichkeit findet. Eine momentane Schwitzwasserbildung an der innern Fläche der Decke wird zunächst von ihr absorbiert werden; ein Teil davon wird sodann dem natürlichen Strom nach der ventilierten Schicht folgen, während der andere Teil wiederum ins Rauminnere verdunstet wird, nachdem in diesem die normalen Bedingungen wieder eingetreten sind (d. h. Verschwinden des Sättigungszustandes).

Ventilierte Luftschichten sind als Hilfsmittel zur Verdunstung unerwünschter Feuchtigkeit schon längst bekannt. Eine genügende Verdunstung kann aber nur durch stetige Luft-Zirkulation erreicht werden, was angemessen grosse Ein- und Ausgänge erheischt. Dabei ist zu beachten, dass, während die Luftschicht im Falle einer Isolierung der innern Wärme isoliertechnisch unbedeutend ist, sie beim Isolieren gegen äussere Wärme rd. 50% derselben vorweg beseitigt.

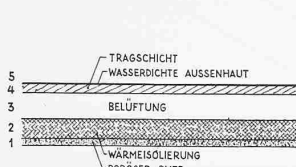


Abbildung 1

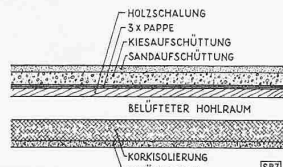


Abbildung 2

Abb. 2 zeigt, wie Dr. Koenigs «ungünstige Flachdachkonstruktion» mühelos korrigiert werden kann. Betrachten wir die von ihm vorgeschlagene Lösung (Abb. 3), so fällt uns folgendes auf: Die thermische Isolierung besteht darin, dass eine Luftschicht durch Aluminium-Folien, deren vorzügliche Strahlungseigenschaften bekannt sind, in zwei oder drei kleinere Schichten aufgeteilt wird. Dass diese Aluminium-Folien dem Feuchtigkeits-Durchgang ein Hindernis sind, steht fest. Wenn aber Dr. Koenig noch einen zusätzlichen, luftdichten Anstrich an der Innenfläche der Decke empfiehlt, so verstehen wir allerdings nicht mehr, welchen Zweck die ventilerte Luftschicht noch erfüllen soll. Ganz abgesehen vom bedeutenden Mehraufwand, weiss der Fachmann aus seiner Erfahrung, wie schwer es ist, eine dichtabschliessende Decke zu bauen. Zuzufolge der Temperaturschwankungen, sowie der Veränderlichkeit der Dachbelastung ist ein «Arbeiten» der Konstruktion (besonders bei Holzkonstruktionen) unvermeidlich, was hauptsächlich im Leichtbau zu Rissen und Fugen führen muss.

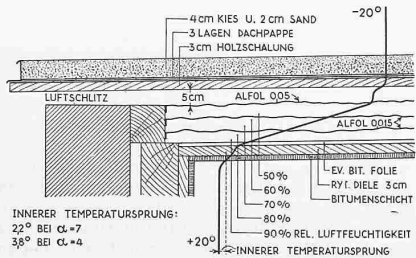


Abbildung 3

Bei Aluminiumfolien-Isolierung muss allerdings die Decke absolut luftdicht sein, ansonst durch sie strömende Feuchtigkeit sich an der ersten Aluminium-Folie niederschlagen und, falls die einzelnen Aluminium-Lagen nicht absolut dicht sein sollten, von einer Schicht in die andere wandern würde. Die Wirkung wäre folgende: Der Isolier-Effekt der Aluminium-Folien wird stark vermindert, da der Niederschlag (event. sogar Reifbildung) einen Strahlungskoeffizienten aufweist, der demjenigen des schwarzen Körpers nahe kommt. Die in einer oder mehreren Luftschichten eingeschlossene Feuchtigkeit kann der gesamten Konstruktion schädlich werden und zudem die Holzlatten oder Kartonstreifen zerstören, die zur Befestigung der Aluminium-Folien verwendet wurden. Sollen, wie es Ing. M. Hottinger vorgeschlagen hat²⁾, zur Beseitigung dieses Uebelstandes Löcher in die Folien gebohrt werden, so würde der Isoliereffekt der Luftschichten stark vermindert werden. Selbst wenn die Decke vollkommen luftdicht bliebe, wäre bei den Holzteilen ein Feuchtigkeits-Durchgang zu befürchten.

Der Vergleich von Wirtschaftlichkeit und Anschaffungspreis verschiedener Flachdach-Isolierungen wäre sehr interessant, übersteigt jedoch den Rahmen dieser Arbeit. Allgemein gesehen dienen zur Isolierung organische oder anorganische Produkte. Bei den erstgenannten ist eine Vorsicht angebracht; sie sind auf ihre Hygroskopizität und ihr Verhalten gegenüber Feuchtigkeit hin zu prüfen. Kork nimmt eine Ausnahmestellung ein; seine

Eigenschaften haben sich für diese Art der Ausführung bewährt. Bei den anorganischen Produkten soll auf eine niedere Wärmeleitfähigkeit und möglichst geringes Raumgewicht geachtet werden. Aus diesem Grunde fallen Bauplatten, Hourdis, leichter Beton, u. ä. ausser Betracht. Schlackenwolle ist ihrer Hygroskopizität wegen mit Vorsicht zu verwenden. Die besten Resultate hat bis jetzt Glaswolle ergeben. Sie besitzt alle Vorzüge der porösen Materialien, ohne die Nachteile der organischen Stoffe aufzuweisen. Sie ist sehr leicht (40 kg/m^3), nicht hygroskopisch und hat eine Wärmeleitfähigkeit von $0,027 \text{ kcal/mh}$ bei 0°C .

Wenn Wohnräume sich unmittelbar unter einem Flachdach befinden, ist meist auch Schallisolierung wegen Regen und Hagellärm erwünscht. Poröse Materialien vermindern oder absorbieren ihn. Ob dies mit Aluminiumfolien erreicht wird, scheint mir fraglich.

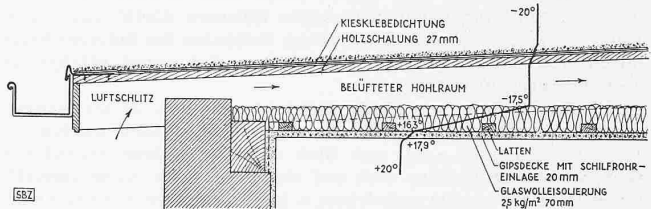


Abbildung 4

Zum Abschluss sei in Abb. 4 das Beispiel einer einwandfreien und sehr leicht ausführbaren Flachdachisolierung dargestellt.

Weiteres über moderne Dachkonstruktionen

berichten folgende drei Mitteilungen:

1. Aluman als Aluminiumlegierung für Bedachungszwecke

Die Verwendung von Aluminium als Bedachungsmaterial stützt sich auf jahrelange Erfahrungen. Schon vor bald 50 Jahren, also kurz nach der Entstehung der industriellen Aluminiumherstellung, wurde schon Aluminiumblech für solche eingesetzt. Z. B. sind die Kuppeln der Kirche San Gioacchino, Rom, im Jahre 1897 mit Reinaluminium schweizerischer Herkunft eingedeckt worden (Abb. 5), und Untersuchungen dieser Bedachungen kurz vor dem jetzigen Kriege zeigten, dass sich diese Dächer einwandfrei halten. Ein weiteres Beispiel einer im Jahre 1898 erstellten Aluminiumeindeckung des Erkerturmes des Hauses zum Oberhof in Steckborn zeigte ebenfalls die sehr gute Haltbarkeit dieses Metalles für Bedachungen. Verwendet wurden Aluminium-Bleche von 2,5 mm Dicke.

Seit der Entwicklung von Aluminiumlegierungen hat sich die Legierung Aluman als für Bedachungszwecke besonders gut geeignet erwiesen. Diese Legierung ist in der Korrosionsbeständigkeit dem Reinaluminium ebenbürtig, hat aber den Vorteil einer höheren mechanischen Festigkeit und kann nach allen üblichen Techniken des Spenglereigewerbes sehr gut



Abb. 5. San Gioacchino in Rom, Architekt Lorenzo Maria De Rossi, Kuppeln 1897 mit schweizerischem Reinaluminium eingedeckt

²⁾ «Der Zimmermeister», Mai 1943.