

FACHHOCHSCHULE
HILDESHEIM/HOLZMINDEN/GÖTTINGEN

Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst
Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer

Baukonstruktion und Bauphysik im Fachbereich Bau- und Holzingenieurwesen

**Vorlesungsskripte zur Bauphysik
der
Fachhochschule Hildesheim**

Flachdach

1	Allgemeines	3
2	Rohdecke	5
2.1	Deckensysteme	5
2.2	Wärmeschutz	5
2.3	Brandschutz	6
3	Konstruktion des Flachdaches	6
3.1	Allgemeines zur Dachabdichtung	6
3.2	Unterlage für die Dachabdichtung (Bild 3)	6
3.3	Befestigung der Dachabdichtung	7
3.4	Voranstrich	7
3.5	Trenn- und Ausgleichsschicht	7
3.6	Dampfdruckausgleichsschicht	8
3.7	Oberflächenschutz	8
3.8	Einzelheiten zur Dachabdichtung	8
3.9	Konstruktion eines Flachdaches (Beispiel)	10
4	Sonderkonstruktionen für Flachdächer	10
4.1	"Umkehrdach" (Bild 7)	10
4.2	"Duo-Dach" (Bild 8)	11

1 Allgemeines

Flachdächer haben neben der Tragfähigkeit (durch die Rohdecke) vor allem den Wetterschutz (durch die Dachabdichtung) und den Wärmeschutz (durch die Wärmedämmschicht) zu gewährleisten. Dagegen sind die Anforderungen an den Schallschutz (i.d.R. nur Luftschallschutz) nicht so gravierend wie bei Geschosdecken. Anforderungen an den Brandschutz, z.B. im Wohnungsbau oder für vergleichbare bauliche Anlagen, werden nur in Sonderfällen gestellt.

Flachdächer sind den unterschiedlichsten Einflüssen ausgesetzt. Insbesondere sind zu nennen:

- a) Bauphysikalische Einflüsse
 - Baufeuchte
 - Nutzungsfeuchte (Benutzung der Räume)
 - Temperatur (große Temperaturschwankungen auf der Dachoberfläche bzw. wechselnde Temperaturunterschiede zwischen innen und außen)
- b) Mechanische Beanspruchungen
 - Verformungen der Unterkonstruktion
 - Längenänderungen der Werkstoffe
 - Windlasten (Sog) (Anmerkung: es sind schon Dachabdichtungen von 8000 m² Größe weggeflogen!)
 - Beanspruchung der Dachabdichtung während der Bauzeit sowie durch Wartung und Nutzung
- c) Sonstige Beanspruchungen
 - Klimatische, chemische, biologische

Man unterscheidet bauphysikalisch:

- a) nichtbelüftete Dächer (sog. "Warmdächer") (Bild 1a) und
- b) belüftete Dächer (sog. "Kaltdächer") (Bild 1b), bei denen sich unter der Dachhaut (Dachabdichtung) ein mit der Außenluft in Verbindung stehender Hohlraum befindet; hierzu zählen auch Geschosdecken unter nicht ausgebauten Dachgeschossen.

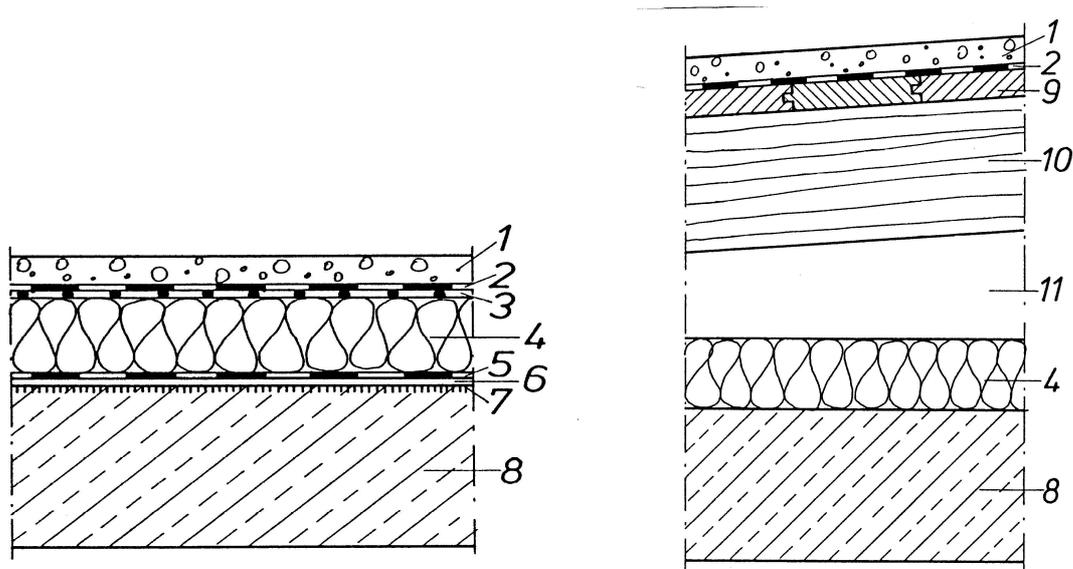


Bild 1 a) nichtbelüftetes Dach, b) belüftetes Dach

1 Oberflächenschutz/Auflast/Nutzschicht, **2** Dachabdichtung, **3** Dampfdruckausgleichsschicht, **4** Wärmedämmschicht, **5** Dampfsperre, **6** Ausgleichsschicht, **7** Voranstrich, **8** Rohdecke, **9** Schalung, **10** Unterkonstruktion, **11** belüfteter Hohlraum

Nachstehend wird nur auf nichtbelüftete Dächer eingegangen, da sie - im Gegensatz zu belüfteten Dächern - zu den schadensträchtigsten Bauteilen des Hochbaus gehören. Die Güte der Planung und der Ausführung entscheiden darüber, ob es zu schweren Schäden kommen kann oder nicht. (Ein typischer Planungsfehler: Entwässerungsöffnungen bei 0°-Dächern an den "Hochpunkten" des Daches → Dachfläche wird zur Badewanne mit Eisbildung im Winter → enorme Kräfte auf die Dachabdichtung). Bei solchen Dächern ist vor allem die Funktionstüchtigkeit der Dachhaut dauerhaft zu gewährleisten. In der Praxis haben Fehlstellen in der Dachabdichtung in 5 Mark-Stück-Größe Schäden in Mio DM hervorgerufen (!). Beeinträchtigungen aus der Unterkonstruktion (z.B. infolge unzulässig großer Formänderungen) müssen vermieden werden. Daneben hängt es von der Konstruktion des Flachdaches ab, ob es im übrigen Bauwerk zu Schäden kommen kann oder nicht, z.B. Risse in den angrenzenden Wänden infolge größerer, temperaturbedingter Formänderungen des Flachdaches (Längenänderungen, Aufwölbungen, vgl. Bild 2).

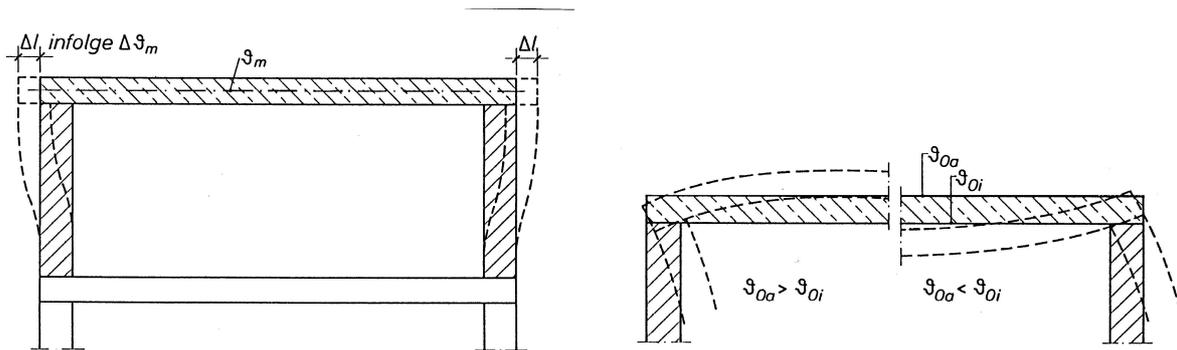


Bild 2 Temperaturbedingte Verformung von Flachdächern und mögliche Auswirkungen auf angrenzende Wände (Prinzip)

- a) Längenänderung infolge $\Delta\theta_m$
- b) Aufwölbungen infolge $\theta_{oa} \neq \theta_{oi}$

2 Rohdecke

2.1 Deckensysteme

Grundsätzlich sind für Flachdächer die gleichen Rohdecken möglich wie für Geschoßdecken (vgl. "Geschoßdecken", Abschn. 2). Weitere Konstruktionsarten sind z.B.:

- Bewehrte Gasbeton-Dachplatten
- Stahlbetondielen (Voll- oder Hohlplatten).

Anforderungen und Grundlagen für die Bemessung sind für bewehrte Porenbeton - Dachplatten in DIN 4223, für Stahlbetondielen aus Leichtbeton mit haufwerksporigem Gefüge in DIN 4028 geregelt. Die Standardbreite der Platten liegt zwischen 33 cm und 62,5 cm, die maximale Länge bei 6 m.

2.2 Wärmeschutz

Zur Erfüllung der Mindestanforderungen nach DIN 4108 Teil 2 müssen nahezu alle Rohdeckensysteme mit einer zusätzlichen Wärmedämmschicht versehen werden. Ausnahme: Porenbeton - Dachplatten mit einer Dicke von mindestens ca. 20 cm (rohdichteabhängig) bedürfen keiner zusätzlichen Dämmschicht.

Der Wärmeschutz hat bei nichtbelüfteten massiven Flachdächern neben den üblichen Aufgaben eine zusätzliche wichtige Funktion: Vermeidung zu großer Temperaturunterschiede und damit zu großer thermisch bedingter Formänderungen (Dehnungen) in der Dachkonstruktion. Im anderen Fall kann es vor allem in den angrenzenden Wänden zu erheblichen Bauschäden (Risse) kommen (Bild 2).

Aus diesem Grunde sind für nichtbelüftete Dächer

- a) die Anforderungen an die Wärmedämmung höher als für vergleichbare Außenbauteile und
- b) Dämmschichten möglichst ausschließlich oberhalb der Rohdecke anzuordnen.

Eine Dampfsperre zwischen Rohdecke und aufliegender Dämmschicht wird fast immer notwendig, da mit der Dachabdichtung an der Außenseite eine dampfundurchlässige Schicht vorliegt. Porenbetondächer ohne aufliegende Dämmschicht benötigen jedoch an der Unterseite keine Dampfsperre, obwohl die zulässige Tauwasser- $W_T = 1,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ Winter})$ an der Grenze Rohdecke/Dachabdichtung rechnerisch überschritten wird.

Die jahrzehntelange, praktische Erfahrung hat gezeigt, daß solche Ausführungen wegen des besonderen, kapillar bedingten Austrocknungsmechanismus ungefährdet sind.

2.3 Brandschutz

In der Regel müssen Dachabdichtungen im Zusammenwirken mit ihrer Unterlage ausreichend widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme sein (sog. harte Bedachung, DIN 4102 Teil 7). Die üblichen Ausführungsarten, ein- oder mehrlagige Anordnung von Pappen und Bahnen, ohne oder mit Bekiesung oder Kiesauflage, erfüllen diese Anforderung (DIN 4102 Teil 4).

3 Konstruktion des Flachdaches

3.1 Allgemeines zur Dachabdichtung

Dachabdichtungen sollen das Bauwerk gegen Niederschlagswasser schützen. Sie bestehen aus bahnenförmigen Abdichtungsmitteln (Bitumenbahnen, Kunststoffbahnen) und bilden eine über die gesamte Dachfläche reichende, wasserdichte Schicht (einschließlich Anschlüssen, Abschlüssen, Fugenausbildungen).

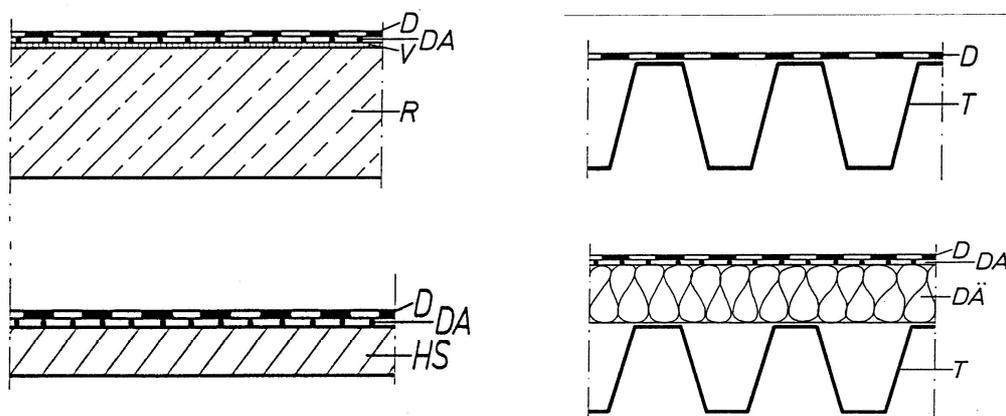
Im Gegensatz zu Dachabdichtungen sind Dachdeckungen Bauteile, die aus schuppenförmig angeordneten Baustoffen bestehen.

Anforderungen und konstruktive Planungsgrundsätze sind in DIN 19195 Teil 5 und DIN 18 531 Teil 1, weitere baustoffspezifische Festlegungen in den "Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen (Flachdachrichtlinien)" (1995) des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerkes enthalten.

3.2 Unterlage für die Dachabdichtung (Bild 3)

Als Unterlage für die Dachabdichtung sind u.a. generell geeignet:

- Stahlbeton, Leichtbeton, Porenbeton; ausreichend erhärtet, Oberflächen ausreichend trocken, frei von Kiesnestern, Rissen und Graten; Fugen zwischen Fertigteilplatten müssen geschlossen sein (a)
- Holzschalung (b)
- Dachschalung aus Spanplatten V 100G oder Bau - Furniersperrholz BFU 100G (b)
- Dämmschichten des Typs WD (druckbelastet) oder WS (mit erhöhter Belastbarkeit für Sondereinsatzgebiet), z.B. nach DIN 18 164 Teil 1 (Schaumkunststoffe) oder DIN 18 165 Teil 1 (Faserdämmstoffe) (c)
- Trapezbleche ohne/mit Dämmschicht (d, e)



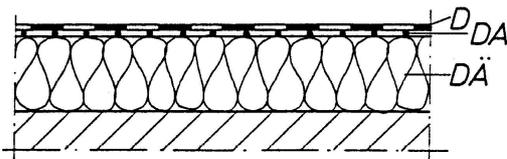


Bild 3 Beispiele für Anordnung der Dachabdichtung D auf der Unterlage DA Dampfdruckausgleichsschicht, DÄ Dämmschicht, HS Holz- oder Hlozwerkstoffschalung, T Trapezblechprofil, V Voranstrich, bei Verkleben der D mit der Rohdecke erforderlich

3.3 Befestigung der Dachabdichtung

Dachabdichtungen müssen vollflächig auf der Unterlage aufliegen. Sie sind so zu befestigen, daß sie auf Dauer in der Lage bleiben. Die Sicherung gegen Abheben kann unterschiedlich erfolgen (Bild 4):

- Befestigung durch Verkleben: Bitumenbahnen gelten z.B. als ausreichend sicher befestigt, wenn sie gleichmäßig verteilt zu mindestens 10% mit der Unterlage verklebt sind. Selbstverständlich muß die Unterlage ihrerseits die Sogkräfte aufnehmen können.
- Mechanische Befestigung: z.B. mit Tellerdübeln, Nägeln.
- Sicherung von lose aufliegenden Dachabdichtungen (Kunststoffbahnen) durch Auflast und Randbefestigung: die Auflast hängt ab von der Höhe der Dachfläche über Gelände, im Randbereich der Dachfläche zusätzlich davon, ob Randbefestigung vorliegt oder nicht. Verwendet werden gewaschener Kies der Korngruppe 16/32 (Mindestschütthöhe 5 cm), Betonplatten, Betonverbundpflaster.

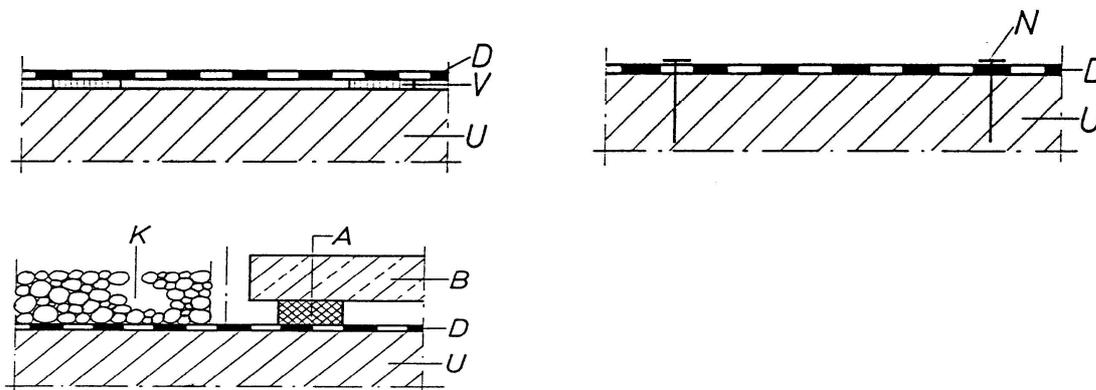


Bild 4 Möglichkeiten für Lagesicherung der Dachbahn D auf der Unterlage U (Rohdecke, Schalung) (Prinzip), a punktförmige Verklebung (V), b Nagelung (N), c Auflast durch Kies (K) oder Betonplatten (B) auf Auflager (A)

3.4 Voranstrich

Ein Voranstrich ist auf allen Unterlagen aufzubringen, bei denen eine Haftung durch Kleben oder Schweißen der Dachbahn oder eine Staubbindung erforderlich ist (i.d.R. Massivdecken).

3.5 Trenn- und Ausgleichsschicht

Zwischen Rohdecke und Dampfsperre empfiehlt sich die Anordnung einer Trenn- und Ausgleichsschicht, wenn durch Bewegungen in der Rohdecke Schäden in den darüberliegenden Schichten zu befürchten sind (Über-

brücken von kleineren Schwind- und Spannungsrissen in der Tragkonstruktion, Schutz der aufliegenden Schicht gegen Rauigkeit oder chemische Einwirkungen aus der Unterlage). Zu erreichen z.B. durch loses Verlegen oder punkt- oder streifenweises Verkleben der Dampfsperre, durch eine Lochglasvlies-Bitumenbahn oder durch eine Trennlage (z.B. PE-Folie, Natronkraftpapier).

3.6 Dampfdruckausgleichsschicht

Bei nichtbelüfteten Dächern ist dafür zu sorgen, daß sich örtliche, hohe Dampfdrücke unter der Abdichtung (infolge Erwärmung eingeschlossener Feuchte) abbauen können; anderenfalls ist eine schädliche Blasenbildung in der Dachabdichtung möglich (Bild 5). Zugleich wird dadurch die Eigenbeweglichkeit der Dachhaut ermöglicht. Diese Ausgleichsschicht wird durch eine zusammenhängende Luftschicht (geringster Dicke) unter der Abdichtung erreicht, z.B. dadurch, daß die erste Lage der Dachabdichtung lediglich punkt- oder streifenförmig aufgeklebt oder lose verlegt wird und eine selbsttätige vollflächige Verklebung verhindert wird (z.B. durch grobe Bekiesung auf der Unterseite der Bahn).

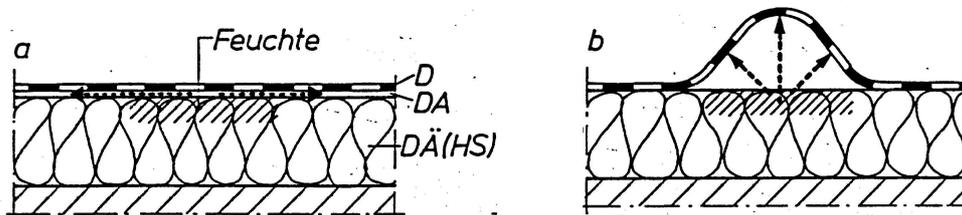


Bild 5 Anordnung der Dachabdichtung D
a mit Dampfdruckausgleichsschicht DA, Abbau des Überdrucks
b ohne DA, Blasenbildung und anschließende Zerstörung der D möglich

3.7 Oberflächenschutz

Der Oberflächenschutz (Bild 1) soll die Beanspruchungen der Dachabdichtung vermindern und somit ihre Lebensdauer vergrößern (Temperaturschwankungen, direkte Sonneneinstrahlung, vor allem UV-Strahlung). Geeignet sind z.B. nachträglich oder fabrikmäßig aufgetragene mineralische Bestreuungen oder Besplittungen, gewaschener (kein gebrochener) Kies.

3.8 Einzelheiten zur Dachabdichtung

a) Dachneigungsgruppe

Aufbau und Schutz der Dachabdichtung sind in erster Linie abhängig von der Dachneigung. Die Flachdach-Richtlinien unterscheiden folgende Dachneigungsgruppen:

I	0° bis 3°
II	3° bis 5°
III	5° bis 20°
IV	über 20°

Größte Sorgfalt bei der Planung und Ausführung von Flachdächern ist bei 0°-Dächern erforderlich. Dachabdichtungen, auf denen Wasser stehenbleiben kann (auch bei größeren Dachneigungen möglich, z.B. im Bereich von Kehlen) sind entsprechend der Dachneigungsgruppe I aus-zubilden.

b) Verwendete Stoffe

Die gebräuchlichsten Materialien sind:

- Bitumen-Bahnen (z.B. mit Einlage aus Rohfilzpappe, Glasvlies, Glasgewebe, Jutegewebe, Polyesterfaservlies)
Bitumen-Schweißbahnen (Glasvlies-Einlage)
Polymer-Bitumen-Bahnen
- Hochpolymere Kunststoffbahnen, z.B. PIB (Polyisobuthylen),
ECB (Ethylencopolymerisat-Bitumen); PVC weich

Bitumen-Bahnen sind in den Gruppen I und II mindestens 2lagig (wenn vorgegebene Bedingungen bezüglich der Materialauswahl eingehalten werden), ansonsten mindestens 3lagig, in den Gruppen III und IV mindestens 2lagig anzuordnen.

Kunststoffbahnen werden einlagig verlegt!

c) Klebeverfahren für Bitumen-Bahnen

Die Bahnen sind untereinander im Versatz anzuordnen (Überdeckung). Eine der wichtigsten Voraussetzungen für eine dauerhafte Dachabdichtung ist, daß die Lagen voll miteinander verklebt werden. Empfohlen werden:

- Gießverfahren
- Schweißverfahren

Daneben existieren noch das Bürstenstreichverfahren.

Für Sonderfälle (z.B. streifen- oder fleckenweise Verklebung auf Trapezblechen, Dämmschichten, Betondecken) wird die Kaltverklebung mit speziellen Bitumen-Kaltklebmassen angewandt.

3.9 Konstruktion eines Flachdaches (Beispiel)

Bild 6 zeigt beispielhaft die normenmäßige Darstellung eines Flachdaches mit mehrlagiger Dachabdichtung unter Verwendung von Bitumenbahnen (Auszug aus Gutachten).

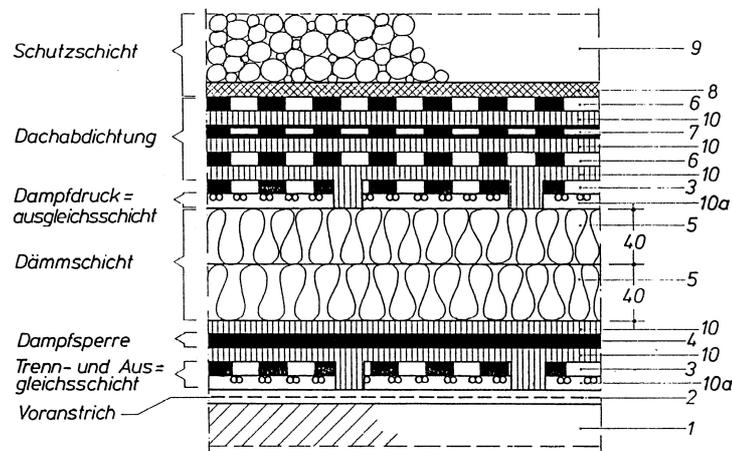


Bild 6 Aufbau eines Flachdaches mit Dachabdichtung (Beispiel)

- 1 Unterkonstruktion
- 2 Voranstrich
- 3 Lochglasvlies – Bitumenbahn
- 4 Aluminium-Dampfsperre
- 5 Mineralfaserplatte WD DIN 18 165 Teil 1
- 6 Glasvlies-Bitumendachbahn V 13 DIN 52 143
- 7 Bitumen-Schweißbahn V 60 S4 DIN 52 131
- 8 Deckanstrich
- 9 Kiesschüttung
- 10 Verklebung
- 10a Verklebung punktweise, dazwischen Hohlraum

4 Sonderkonstruktionen für Flachdächer

4.1 "Umkehrdach" (Bild 7)

Bei diesem modernen Aufbau, der sich ständig wachsender Beliebtheit erfreut, ist die Schichtenfolge umgekehrt wie beim herkömmlichen Dach: die Dachabdichtung liegt **u n t e r h a l b** der Wärmeschicht.

Dieses Dach wurde erst möglich mit der Entwicklung feuchteunempfindlicher Dämmstoffe (spezielle Hartschaumplatten mit bauaufsichtlicher Zulassung für Umkehrdächer). Die Lagesicherung der Dämmplatten erfolgt durch eine Auflast (z.B. Kiesschüttung). Die Vorteile des Daches liegen auf der Hand:

- einfache Ausführung (Dachabdichtung direkt auf der Rohdecke)
 - weniger Schichten (z.B. keine Dampfsperre erforderlich)
- wesentlich geringere (z.B. thermische) Beanspruchung der Dachabdichtung.

Für den Nachweis des Wärmeschutzes ergeben sich auf Grund der Zulassungsbescheide 2 Konsequenzen:

1. Der geforderte Mindestwärmeschutz $1/\lambda$ ist um 10% höher als für "konventionelle" Dächer (wegen der Möglichkeit stehenden Wassers in den Stoßfugen der dem Wetter ungeschützt ausgesetzten Dämm-

platten).

2. Für den Nachweis des energiesparenden Wärmeschutzes ist der Wärmedurchgangskoeffizient k des Umkehrdaches durch Zuschläge Δk zwischen 0 und $0,08 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ zu vergrößern (wegen der Möglichkeit, daß die Dämmschicht durch Niederschlagswasser unterwandert wird).

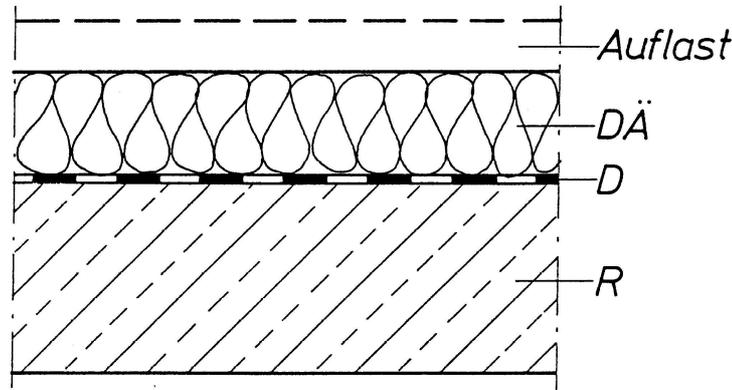


Bild 7 "Umkehrdach" (Prinzip)

4.2 "Duo-Dach" (Bild 8)

Es handelt sich um eine Abwandlung des Umkehrdaches dahingehend, daß die Dachabdichtung nicht auf der Rohdecke liegt, sondern derart innerhalb der aufliegenden Dämmschicht, daß die Konstruktion im Querschnitt trotzdem tauwasserfrei bleibt. Durch diese Anordnung kommen zu den Vorteilen des Umkehrdaches weitere hinzu, z.B.: geringere Auftriebskräfte bei unterströmendem Wasser, daraus folgt geringere erforderliche Auflast; bei leichter Unterkonstruktion (z.B. Holzschalung) geringere Empfindlichkeit gegenüber Tauwasserbildung an der Deckenunterseite durch unterströmendes kaltes Wasser im Sommer (Gewitterregen).

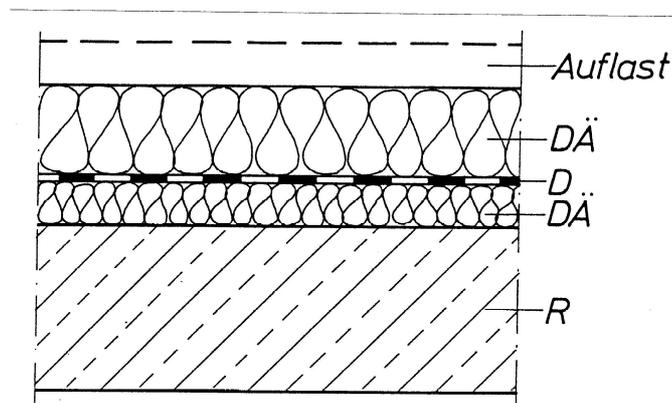


Bild 8 „Duo – Dach“ (Prinzip)