

Materialwahl beim Flachdach

Autor(en): **Wick, B.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **94 (1976)**

Heft 15: **SIA-Heft, 2/1976: Flachdächer**

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73080>

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.

SIA-Heft 2, 1976

Materialwahl beim Flachdach¹⁾

Von B. Wick, Widen

DK 69.024.3

An den Bauteil Flachdach werden unterschiedliche Anforderungen gestellt, ja nach dem, ob es sich um Wärmedämmung und die Dampfsperre oder die Dachhaut handelt. Während die Dampfsperre nur eine «relative Dichtigkeit» haben muss, wird an die Dachhaut eine absolute Anforderung gestellt, d.h. das Dach muss dicht sein. Diese absolute Anforderung wird nicht erfüllt, wenn auch nur eine einzige kleine Fehlstelle in der Dachhaut vorhanden ist. Diese Fehlstelle muss nicht zwingend eine Folge falscher Materialwahl sein, sondern kann ihre Ursache ebenso in einer fehlerhaften Verlegung oder in einer nachträglichen Verletzung haben. Im folgenden Artikel werden im wesentlichen nur die Materialien für die Konstruktion des Flachdaches behandelt. Auf die Fehlerquellen aus der Materialverarbeitung oder infolge nachträglicher Verletzung wird nur insofern hingewiesen, als sie einen unmittelbaren Zusammenhang mit der Materialwahl haben.

System

Der Bauteil Flachdach muss in jedem Falle als ein *System* von einzelnen Komponenten betrachtet werden, die sich gegenseitig beeinflussen. Diese Komponenten sind: Dachrand (An- und Abschlüsse), Dampfsperre, Wärmedämmung, Dachhaut, Beschwerung, begehbare und befahrbare Beläge.

Die Dimensionierung der einzelnen Komponenten wird an anderer Stelle in diesem Heft behandelt, deshalb wird hier nur auf die Materialwahl und die Abhängigkeit der einzelnen Materialien untereinander hingewiesen. Diese Betrachtungsweise führt zum

1. Grundsatz

Ein Flachdach-Aufbau ist immer als System von 5 Komponenten zu betrachten, die aufeinander abgestimmt sein müssen.

Bei der Beurteilung von Materialien müssen drei Gesichtspunkte in der Wertanalyse betrachtet werden. Ein bestimmtes Material kann sehr verlegefreundlich sein, aber einen kleinen Gebrauchswert haben, während z.B. ein anderes Material eine sehr gute Tauglichkeit im Gebrauch hat, aber sich im Fall eines kleinen Primärschadens sehr ungünstig verhält. In den weiteren Ausführungen werden diese wertanalytischen Überlegungen deshalb eingeteilt in die drei Begriffe: *Einbauwert*, *Gebrauchswert*, *Schadenwert*.

Ein Material, das einen günstigen *Einbauwert* hat, wird vor allem von den Verlegern bevorzugt, weil es sehr verlegefreundlich ist und für den Verleger die kleinsten Risiken bringt. Von einem guten *Einbauwert* profitiert aber auch der Werk-eigentümer (Bauherr), weil er stets auch am Risiko des Werk-

herstellers (Verleger) teilnimmt, sei es auch nur, dass für den Bauherrn Umtriebe bei der allfälligen Schadenbehebung entstehen. Ein Material mit hohem *Gebrauchswert* zeichnet sich meistens aus durch ein günstiges Preis-Leistungsverhältnis, kann aber kritisch sein bezüglich Einbauwert oder in seinem Verhalten zu den andern Komponenten des Flachdaches.

Ein Material mit günstigem *Schadenwert* verhält sich bei einem kleinen Primärschaden so, dass die Schadenausbreitung verhindert, mindestens aber lokalisiert wird. Bei dieser Gelegenheit muss einmal darauf hingewiesen werden, dass jedes Flachdach mehr oder weniger verletzlich ist und die Ursache der Verletzung in der langen Lebensdauer eines Flachdaches sehr verschiedener Art sein kann, wie z.B. Verletzung durch Monteure (Fernsehantenne), durch spielende Kinder (Pfeil- oder Flobert-Beschuss), usw. Aus der Vielfalt der möglichen Fremdverletzungen heraus wird klar, dass in der Wertanalyse auch bei bester Systemwahl dem Schadenwert eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zukommt.

Im wesentlichen werden aber die drei Werte stets relativiert durch die Wahl des Unternehmers für die Erstellung des Flachdaches. Kein Flachdachsystem ist besser als seine Ausführung. Aus diesen Überlegungen folgt der

2. Grundsatz

Die dem Verleger zumutbare Sorgfaltspflicht ist mitentscheidend für die Materialwahl.

Aus einer Reihe von Anbietern kann der Bauherr frei wählen, welchem er den Zuschlag erteilen will, wobei der Preis beeinflusst ist durch die Materialwahl und die Leistung des Verlegers. De iure übernimmt der Flachdachunternehmer mit seiner Offerte die Garantie für das offerierte System und die geleistete Arbeit. Da facto kassiert der Bauherr eine Risikoprämie, wenn er den Zuschlag dem billigsten Unternehmer erteilt, denn dieser ist meistens auch gewillt, das grössere Risiko bezüglich Materialwahl und Ausführung einzugehen. Noch weiter geht die Verantwortung des Bauherrn oder seines beauftragten Architekten, wenn er einzelne Komponenten des Flachdaches zwingend vorschreibt ohne Rücksicht auf die Tauglichkeit im gesamten System.

3. Grundsatz

Der Bauherr übernimmt mehr oder weniger Anteil an der Verantwortung, je höher sein Preisvorteil (Risikoprämie) bei der Auftragserteilung ist, wenn die Einsparung durch risikohafte Material- und/oder Unternehmerwahl zustande kommt.

Wenn bisher der Eindruck entstanden ist, die Erstellung eines Flachdaches sei stets mit grossen Risiken verbunden, so ist dies grundsätzlich falsch. Statistisch kann bewiesen werden, dass die überwiegende Anzahl der Flachdächer jahrzehntelang ohne Schaden ihre Aufgabe als schützender Bauteil für das Gebäude erfüllt haben. Die jahrelangen Erfahrungen im Bau von Flachdächern führte zu einer Standardlösung mit einer Dampfsperre V 60, Kork als Wärmedämmung einer dreilagigen Dachhaut, wovon eine Lage mit Armierung. Dieses Dach wurde angeschlossen an solide, auf dem Bau gefertigte

¹⁾ Fortsetzung der Beitragsfolge zum Thema «Flachdach». Die Beiträge «Die neue Empfehlung SIA 271, die Normen SIA 280 und SNV 556001 bis 556029», «Schäden bei Flachdächern», «Typische Schadenfälle», «Das Flachdach aus der Sicht der Gebäudeversicherungen» und «Das Flachdach aus der Sicht der Haftpflichtversicherungen» sind im letzten Heft Nr. 14 erschienen.



Die Annahme von Schnee und das Abschmelzen sind ein gutes Indiz für den k -Wert

An- und Abschlüsse und wurde mit 2 cm Sand und 4 cm Kies geschützt. Mit dem Aufkommen neuer Baumaterialien aus Kunststoffen wurden einzelne Komponenten verändert, z.T. ohne Rücksicht auf das Gesamtsystem. Gleichzeitig wurde der Anwendungsbereich des Flachdaches stark ausgeweitet, indem immer mehr die gestaffelte Bauweise mit grossen begehbaren Terrassen, Unterflurgaragen und Sockelgeschossen usw. ausgeführt wurde. Diese differenzierte Bauweise einerseits und die unkritische Verwendung von neuen Materialien aus Kunststoffen führte zu einer Reihe von Schäden, aus denen wesentliche Erkenntnisse über die Wirkungsweise des Flachdachaufbaues gewonnen wurden. Deshalb steht heute dem Einsatz moderner Baustoffe im Flachdach nichts mehr im Wege, wenn man stets an das ganze Dachsystem denkt und nicht nur einzelne Komponenten suboptimalisiert. Daraus folgt der

4. Grundsatz

Ein Flachdachsystem, in dem alle Komponenten aufeinander abgestimmt sind, stellt kein Risiko für den Bauherrn dar und erreicht als Bauteil eine normale Lebensdauer wie andere, der Bewitterung ausgesetzte Bauteile, z.B. Sichtbeton, Fensterbrüstungen usw.

Nachdem die 4 Grundsätze für ein gutes Flachdach: Systemdach – Sorgfaltspflicht des Verlegers – Verantwortung des Bauherrn – Materialwahl – allgemein erläutert wurden, sollen im folgenden die einzelnen Komponenten behandelt werden.

Dampfsperre

Die *Dampfsperre* kann dimensioniert werden nach der Empfehlung SIA 271. Mit Ausnahme einiger Spezialfälle (Schwimmbäder, Kühlhäuser usw.) wird eine Bitumenbahn

V60 gewählt, wenn auch rechnerisch sehr oft eine billigere Bahn hinreichend wäre. Wichtig ist in jedem Fall, dass die Dampfsperre einen anorganischen Träger hat. Für höhere Anforderungen bezüglich Wasserdampfdiffusions-Widerstand werden Kunststoff-Dichtungsbahnen aus Butyl-Kautschuk oder eine Bitumen-Dichtungsbahn mit Aluminiumeinlage (ALU 10B) verwendet. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass die Bitumenbahn ALU 10B nicht verletzt wird und das Aluminium wegen der Alkalität des darunterliegenden Betons zerstört wird. Aus den gleichen Gründen sollen nicht leichtere Glasvliesbahnen als V60 verwendet werden, auch nicht als Unterlage für die Bitumendichtungsbahn ALU 10B. Eine Unterlage unter die ALU 10B ist immer nötig, wenn die Betonoberfläche der Tragkonstruktion nicht einwandfrei ist (Tab. 1).

Wärmedämmung

Bei der Wahl der *Wärmedämmung* lohnen sich wertanalytische Überlegungen im besonderen. Am gebräuchlichsten sind in der Schweiz gegenwärtig Kork, Hartschaumplatten aus Polyurethan (PU) und Polystyrol (PS). Wenn aus feuerpolizeilichen Gründen eine unbrennbare Wärmedämmung verlangt wird, werden Mineral-Faserplatten verwendet und in Fällen mit grösserer Auflast (Parkdecken für Lastwagen oder unter Kranbahnen) werden Schaumglas- oder Phenolharz-Platten verwendet. In jedem Fall muss darauf geachtet werden, dass Dachhaut und Wärmedämmung sich gegenseitig nicht negativ beeinflussen. Sehr steife Platten mit grossem Wärmeausdehnungskoeffizienten verlangen vor dem Einbau der Dachhaut bei plastischen Belägen (Dachhaut aus Bitumen-Dichtungsbahnen) eine Trennschicht, wofür Öl- und Kraftpapiere ungenügend sind. Am besten geeignet sind einseitig bekorkte Bitumenbahnen. Wird über Hartschaumplatten eine elastische Dachhaut (Kunststoff-Dichtungsbahn), die Weichmacher enthält (z.B. PVC), eingebaut, ist der Nachweis zu erbringen,

Tabelle 1. Dampfsperre

Dampfsperre	Einbauwert	Gebrauchswert	Schadenwert	Bemerkungen
Bitumenbahn V60	günstig	günstig, nicht billigste Lösung	sehr gut, kann Wassereintritt sehr lange verhindern, ohne selbst Schaden zu nehmen	häufigste Dampfsperre
Bitumenbahn V50	ungünstig, da an den Untergrund zu hohe Anforderungen gestellt werden müssen	gut, sofern beim Einbau mit der notwendigen Sorgfalt gearbeitet wird	schlecht, da bei der Verlegung mit grosser Wahrscheinlichkeit die Dampfsperre verletzt wird	risikohafte Einsparung
Bitumenbahn F3	wie V50	unsicher wegen Verrottung des organischen Trägers	wie V50, zudem Verrottung des Trägers	falsche Materialwahl
ALU 10 B + V60 oder Spezialbahn mit genügendem Schutz des Aluminiums	gut	gut, wenn rechnerisch eine V60 nicht genügt	wie V60	Vorsicht ist notwendig wegen Kontakt Aluminium/Beton
Kunststoff-Dichtungsbahnen z. B. Butyl	günstig	sehr gut für Sonderfälle	sehr gut, wird bei Wassereintritt nicht beschädigt	gute Riss- und Fugenüberbrückung

Tabelle 2. Wärmedämmung

Wärmedämmung	Einbauwert	Gebrauchswert	Schadenwert	Bemerkungen
Kork	günstig, keine Verarbeitungsprobleme, vergleichsweise viel Volumen und Gewicht	für gleichen k-Wert höherer Preis – verträglich mit Bitumen und Kunststoffen	gut bei kleinem Schaden, da Kork Wasser auf- nehmen kann, Kork erholt sich wieder	bei starkem Wassereintrich Totalschaden
PU Polyurethan- Hartschaumplatten	gut, kleinstes Volumen und Gewicht, keine Einbauprobleme PU hat die Tendenz zu wachsen (weniger als 1 %), d.h. Fugen werden kleiner	Preis/Leistungsvergleich etwas günstiger als bei Kork – verträglich mit Bitumen und Kunststoffen	gut bei kleinem Schaden, kleinere Wasseraufnahme als Kork, der Abfall des Wärmedurchlasswider- standes ist gering, Schaden kann evtl. wie bei Kork lokal repariert werden	muss nach kürzerer Wasserbelastung nicht ausgewechselt werden, bei längerer Belastung wie Kork
PS Polystyrol- Hartschaumplatten	günstig bez. Volumen und Gewicht, problemhaft beim Einbau wegen: – Wärmestandfestigkeit (Brenner und Heissbitumen) – Auflösung durch Reinigungsmittel und Quellschweissmittel – Bauherr hat nur beschränkte Kontroll- möglichkeit	bester Preis/Leistungs- vergleich, aber Trenn- schicht zwingend bei Dachhaut aus Bitumen und PVC, hebt Preisvorteil teilweise wieder auf	praktisch keine Wasser- aufnahme, d.h. rasch grosse Schadenausbreitung – bei dichter Dampfsperre steigt der k-Wert gross- flächig, Dachhaut kann als Folge Schaden nehmen – kann evtl. nach Wasser- belastung wieder verwendet werden	Verwendung von PS verlangt intensive Bauüberwachung – Aufkleben auf Dampfsperre problematisch – PS muss vor der Verwendung 60 Tage gelagert werden, da es anfänglich noch schrumpft

dass keine Weichmacherwanderung erfolgt, die zur Versprödung oder Zerstörung des einen oder andern Materials führt.

Wichtig ist auch das Verhalten von Wärmedämmplatten in der Hitze (Gasbrenner, Föhn) und bei Verwendung von Quellschweiss- und Reinigungsmitteln. Im einen Fall ist das Aufkleben auf die Dampfsperre und das Verkleben der ersten Bahn der Dachhaut erschwert, im andern Fall die Reinigung und Verbindung von Kunststoff-Dichtungsbahnen. Nach der neuen Empfehlung SIA erhält die Bauleitung das Recht, stichprobenweise den Zustand der Wärmedämmung nach Einbau der Dachhaut kontrollieren zu lassen. Die wertanalytischen Überlegungen der drei wichtigsten Materialien sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

An- und Abschlüsse

Die *An- und Abschlüsse* bilden den Abschluss der Dachhaut und stellen die Verbindung mit dem Bau her. Bituminöse Dachbeläge und Kunststoff-Dichtungsbahnen wurden bisher fast ausschliesslich auf die *vorher* eingebauten An- und Abschlüsse aufgeklebt oder angeschweisst. Vorteilhaft sind neuere Konstruktionen für bituminöse Flachdachbeläge, bei denen die Dachhaut allseitig dicht an die Unterkonstruktion angeschweisst wird. Der Zeitpunkt der Erstellung der An- und Abschlüsse wird dadurch unabhängig vom Zeitpunkt der Erstellung der wasserdichten Dachhaut. Die Überbrückung der Bewegungszone zwischen den Blechen einerseits und der Dachhaut und den Blechen andererseits erfolgt mittels bitumenbeständigen Kunststoff-Dichtungsbahnen oder Kombinationsbahnen aus Bitumen und Kunststoff, die wegen der Aufwärmung von heller Farbe sein müssen; UV- und Hagelbeständigkeit sind weitere Anforderungen. Bei dieser Konstruktion entfallen die Dilatations-Elemente der Blechkonstruktion.

Abschlüsse in Verbindung mit Kunststoff-Dichtungsbahnen haben den Vorteil, dass sie mit Kunststoffen kaschiert werden. Dadurch vermindert sich die Korrosionsgefahr. Der Verträglichkeit verschiedener Metalle ist ganz besondere Beachtung zu schenken. Allgemein dürfte heute bekannt sein, dass Aluminium durch Zementmilch und im alkalischen Milieu des Betons angegriffen wird. Oft wird hingegen nicht beachtet, dass zwischen Metallschrauben und Blechen oder zwischen Grundblech und Blende eine Potentialdifferenz entsteht, sofern es sich um verschiedene Metalle handelt, die zur Korrosion führen kann.

Dachhaut

Die *Dachhaut* ist meistens der umstrittenste Teil des Flachdaches. Ihre Funktionstüchtigkeit entscheidet allein über die Tauglichkeit des Werkes, solange kein kritischer Bauherr auf die Idee kommt, vor Ablauf der Garantiefrist den Feuchtigkeitsgehalt des Daches zu überprüfen. Aus dem Bild wird die Problematik sichtbar. Der Bauherr des Hauses rechts hat eine Wärmedämmung aus Polystyrol und eine PVC-Folie als Dachhaut. Er hat für einen k-Wert von 0,75 kcal/m²h°C bezahlt. Die Bauherren links haben im Flachdach je einen k-Wert von 0,62, bzw. 1,0 kcal/m²h°C. Anhand der Annahme von Schnee und der Schneeschmelze sieht man eindeutig, dass das Haus mit dem PVC-Dach am schlechtesten isoliert ist, also einen k-Wert > 1 hat. Die Ursache liegt nicht im Material, sondern in der Verarbeitung. Die Dampfsperre wurde im Frühherbst eingebaut und allseits wasserdicht angeschlossen. Im Winter wurde das Polystyrol auf eine total vereiste Dampfsperre aufgelegt und sofort die PVC-Dachhaut als Plane aufgelegt. Der Bauherr hat deshalb heute ein dichtes Dach mit sehr viel eingeschlossenem Wasser. In diesem Fall wurde mit Materialien mit günstigem Einbauwert gebaut. Der bauleitende Architekt wollte entweder den Mehraufwand für die Entfernung des Eises nicht bezahlen oder hat ganz einfach die Aufsichtspflicht nicht wahrgenommen. Der Bauherr hat als Folge während einiger Jahre grössere Heizölrechnungen. Dieses Beispiel soll zeigen, dass das absolute Kriterium «dichtes Flachdach» nur zum Teil als Mass für die Tauglichkeit des Werkes genügt.

Bei der Materialwahl für die Dachhaut steht meistens die Frage im Vordergrund: Bituminöses Dach oder Folien-Dach? Noch vor wenigen Jahren konnte der Entscheid zwischen diesen beiden Materialarten gefällt werden, doch sind in neuerer Zeit immer mehr Materialien auf den Markt gekommen, die aus Kombinationen von Bitumen und Kunststoffen bestehen. Seither hat sich die Frage mehr in die Richtung nach der Anzahl Lagen gewandelt, also ein-, zwei- oder dreilagige Dachhaut. Sehr oft werden mit Schlagworten einzelne gute Eigenschaften von Materialien hervorgehoben, ohne dass gleichzeitig erwähnt wird, dass der eine Vorteil mit einem andern Nachteil erkauft werden muss. Zur Erläuterung sei das Beispiel der Elastizität erwähnt. Bitumenbahnen haben immer den Nachteil einer sehr geringen Bruchdehnung. Mit der Einführung der Kunststoff-Dichtungsbahnen standen Materialien zur Verfügung, die Dehnungen von mehreren 100% zulassen.

Tabelle 3. Dachhaut Vergleiche 1-, 2- und 3-Lagendach

Prüfung, Spezifikation, Anforderungswert	Bituminöse Dachhaut		Kunststoffmodifizierte Bitumen-Dachhaut	Dachhaut aus Kunststoff-Dichtungsbahnen	Bemerkungen
Anzahl Lagen	3 Lagen geklebt oder geschweisst		2 Lagen geklebt oder geschweisst	1 Lage bei Heissluftverschweissung, Quellverschweissung, Klebebändern	Planen ausschliesslich bei 1-lagiger Konstruktion möglich
Konstruktionsdicke	10 bis 12 mm		5 bis 7 mm	0,8 bis 1,5 mm	wesentlicher Parameter für «Robustheit»
Bruchdehnung	F3-J2-V60 F3-F3-F3 V60-V60-V60 (nicht zulässig)	5% 3% 1,5%	10% bis 200% je nach Temperatur	10% armierte Bahnen 200÷800% für unarmierte Bahnen	5% ist unterste Grenze, mehr als 20% bringt keine zusätzlichen Vorteile
Mech. Widerstandsfähigkeit, Fallhammerprobe als Mass für Verletzlichkeit (T = 20°)	F3-J2-V60 F3-F3-F3 V60-V60-V60	260 cm 170 cm 200 cm	180 bis 250 cm	50 bis 100 cm	dicke Pakete sind eindeutig robuster bei schlagartiger Beanspruchung
Kälteverhalten	Bahnen spröde ab -10° Verlegung möglich bis -10° T < -10° Dachhaut sehr spröde		spröde ab -20° Verlegung sinnvoll bis -10° wesentlich verbessertes Kälteverhalten	Kältefaltbiegung bei -20° erfüllt, Verlegung jedoch nur bis 0° möglich (Kleber, Kondenswasser, Handarbeit), sehr gutes Kälteverhalten	im allgemeinen ist die Verlegung von Bitumenbahnen bei Kälte und Nebel sicherer, die Kunststoffdachhaut ist jedoch weniger kälteempfindlich
Wärmeverhalten	bis 70° stabil bei Gefälle < 3% Bitumen sehr weich		Erweichungspunkt ca. 20° höher, d.h. entscheidende Verbesserung	ab 70° starker Abfall der mechanischen Eigenschaften	besonders zu beachten für Aufbordungen
Bewitterungsfähigkeit	muss mit Sand und Kies abgedeckt werden		muss mit Kies abgedeckt werden	2 Typen erhältlich, Freibewitterung bei Aufbordungen und im Nacktdach möglich	bei Aufbordungen stets auf Hagelbeständigkeit zusätzlich achten
Schrumpfung	keine Schrumpfung plastisches Verhalten		muss < 0,5% sein	muss < 0,5% sein wenn > 0,5% ist, zusätzliche mech. Befestigung erforderlich	beim Schrumpfmass sind keine Kompromisse zulässig
Alterung	Exudation und leichte Versprödung möglich		leichte Versprödung zulässig, da Ausgangselastizität sehr günstig	leichter Abfall der mech. Werte zulässig, da grosse Reserven vorhanden	das Alterungsverhalten kann heute bereits während der Entwicklung zeitgegriff geprüft werden
Wasserdampf-Diffusionszahl μ	120 ÷ 150000		120 ÷ 200000	10 ÷ 70000	je tiefer der μ -Wert, desto besser die Selbstheilung der Dächer

Dies bedeutet tatsächlich für den Gebrauchszustand einen grossen Vorteil. Da jedoch der Kilogramm-Preis von Kunststoffen um eine Zehnerpotenz höher liegt als von Bitumen, mussten die Kunststoff-Dichtungsbahnen entsprechend dünner darhergestellt werden. Damit nimmt die Verletzungsgefahr bei mechanischer Beanspruchung zu, d.h. man hat die Elastizität sehr stark erhöht, aber die Robustheit der Dachhaut vermindert. In Tabelle 3 sind charakteristische Kennzahlen von bituminösen Konstruktionen und Kunststoff-Dichtungsbahnen gestellt und ihr Einfluss auf die Funktionstüchtigkeit der Dachhaut beschrieben.

Wenn in der Schweiz der prozentuale Anteil der Kunststoff-Dichtungsbahnen im Verhältnis zur gesamten Dachfläche am grössten ist, so widerspiegelt sich darin die Tatsache, dass in der Schweiz im europäischen Vergleich die besten Kunststoff-Dichtungsbahnen auf dem Markt sind. Entscheidend am Erfolg der Kunststoff-Dichtungsbahnen hat auch mitgeholfen, dass in der Schweiz das traditionelle Bitumendach allzulange mit sehr komfortablen Spenglerarbeiten verbunden war und deshalb preislich nicht mit dem Foliendach mithalten konnte. Aus Tabelle 4 sind einige wertanalytische Überlegungen der Dachhaut ersichtlich.

Beim einlagigen Flachdach kommt der Verbindung der einzelnen Bahnen untereinander sehr grosse Bedeutung zu. Einlagige Dachhäute bestehen deshalb ausschliesslich aus

Kunststoff-Dichtungsbahnen und werden vielfach in Planen vorkonfektioniert. Als Verarbeitungsgeräte kommen nur Heissluft-Schweissgeräte (Fön), Quellschweissmittel und Klebebänder in Frage. Bei mehrlagigen Konstruktionen hingegen kann mit dem Gasbrenner gearbeitet werden, denn wenn an einer Überlappungsstelle die Verschweissung nicht einwandfrei ist, wird bei richtiger Versetzung der Bahnen untereinander beim Aufbringen der zweiten Bahn die Fehlstelle abgesichert. Das gleiche gilt selbstverständlich für drei- und mehrlagige Konstruktionen.

Die Dachhaut liegt lose auf der Wärmedämmung, d.h. die Dachhaut ist unterläufig. Beim Nacktdach dagegen ist die Dachhaut vollflächig auf die Wärmedämmung aufgeklebt, zur Verhinderung von Sturmschäden. Diese vollflächige Verklebung bringt den Vorteil, dass bei einer Verletzung der Dachhaut die Gefahr der Wasserinfiltration und der Schadenausbreitung sehr gering ist, sofern eine nichtsaugende Wärmeisolation eingebaut wurde. Aus diesem Grunde spielt beim Nacktdach die Robustheit der Dachhaut eine weit geringere Rolle als bei bekieseten Flachdächern, dafür sind die Elastizität und die Bewitterungseigenschaften der Dachhaut von ausschlaggebender Bedeutung.

Die *Beschwerung* der Dachhaut erfolgt mit Sand und Kies zum Schutz gegen Windsog und UV-Bestrahlung. Diese Beschwerung ist nur zu Kontrollzwecken begehbar.

Tabelle 4. Wertanalyse Dachhaut

Dachhaut	Bituminöse Dachhaut	Kunststoffmodifizierte Bitumen-Dachhaut	Dachhaut aus Kunststoff-Dichtungsbahnen
Einbauwert			
- Witterungsabhängigkeit bei Kälte hohe Luftfeuchtigkeit nach Regen bei hohen Temperaturen	gut bis -5° gut trocknen zwingend erschwert	gut bis -10° gut trocknen zwingend gut	gut bis $+5^{\circ}$ erschwert trocknen muss gefordert werden gut
- Anforderung an Handwerker	Spezialarbeiter	Spezialarbeiter	Spezialarbeiter mit ausgeprägter Veranlagung für sorgfältige Detailarbeit
- Anzahl Materialien	3 Sorten Bahnen und Heissbitumen	2 Sorten Bahnen und Heissbitumen	2 Sorten Bahnen und verschiedene Kleber
- Arbeitsaufwand pro m^2	7 bis 10 min	5 bis 8 min	5 bis 11 min
Gebrauchswert			
- Verletzlichkeit	sehr gut im engen Temperaturbereich $-10^{\circ} < T < 60^{\circ}$	gut im weiten Temperaturbereich $-25^{\circ} < T < 80^{\circ}$	allgem. knapp gut in der Kälte $-40^{\circ} < T < 60^{\circ}$
- Austrocknung der Wärmedämmung	genügend	genügend	sehr gut
- Alterungsverhalten	gut, allg. bekannt	gute Bahnen bekannt, Vorsicht bei Neuentwicklungen und Kopien	gute Bahnen bekannt, auch unbefriedigende Materialien sind im Verkauf
Schadenwert			
- örtliche Reparaturen	einfach	einfach	einfach bis aufwendig, je nach Material
- Teilsanierungen	Dachhaut muss ersetzt werden	Dachhaut muss ersetzt werden	grössere Planen können aufgerollt und wieder verwendet werden
- Dachunterteilung in Schadenabschnitte	erfolgt täglich bei Arbeitsetappen, deshalb Schadenabschnitt höchstens eine Tagesetappe	dito, ergibt jedoch wegen grösserer Leistung grössere Schadenabschnitte	wenn Dachhaut nicht mit Bitumen verträglich, entsteht keine Unterteilung, deshalb ist die Dachfläche nicht in Schadenabschnitte unterteilt, zwingend vorgeschrieben für Nacktdach wegen Feuer- und Sturmschaden

Begehbare und befahrbare Beläge

Begehbare und befahrbare Beläge müssen von der Dachhaut durch eine Sandschicht getrennt werden. Seit dem Aufkommen der Betonformsteine sind die ortsbetonierten Platten und Zementschrittplatten in der Verwendung erheblich zurückgegangen. Bei befahrbaren Belägen ist der Nachweis zu erbringen, dass die Dachhaut und die Wärmedämmung den Raddrücken dauernd standhalten. Problematisch bleibt bei Platten aus Ortsbeton noch immer die Verträglichkeit mit den Randabschlüssen aus Blech und das Versintern der Abläufe durch Kalkausscheidungen sowie die Kalkausblühungen an der Oberfläche, insbesondere entlang der Plattenfugen.

Sonderfälle

Sonderfälle der Flachdachausführung sind das Umkehrdach und das «Nacktdach». Beim Umkehrdach liegt die wasserdichte Haut unterhalb der Wärmedämmung. Die Kiesauflast ist entsprechend der Dicke der Wärmedämmung zu bemessen, um ein Aufschwimmen der Platten zu verhindern. Sie bildet zudem den UV-Schutz für die Platten. Zusätzlich muss der Nachweis erbracht werden, dass die Konzentration von Wasser in der Ebene des Taupunktes bei Frost-Tau-Wechsel nicht zur Zerstörung der Wärmedämmplatten führt. Nicht alle in Prospekten empfohlenen Platten würden diese Bedingung erfüllen. Eine Wasseranreicherung in der Ebene des Taupunktes erfolgt bei allen Platten.

Das Nackt- oder Steildach kommt zur Anwendung bei Steildächern (z.B. Schalendecken auf Kirchen), bei Bauten mit sehr vielen Oblichtern und Shed-Konstruktionen sowie bei weitgespannten Hallenkonstruktionen, wo aus statischen Gründen eine Kiesauflast unzulässig ist. Bei diesen Konstruktionen ist die Dachhaut schutzlos der Bewitterung ausgesetzt

und muss dem Windsog widerstehen. Hier empfiehlt es sich, Systeme zu wählen, die sich seit längerer Zeit in der Praxis bewährt haben. Es genügt nicht, wenn im trockenen Einbaustand die Verklebung sichergestellt ist. Jedes Flachdach wird im Tageszyklus und im Jahreszyklus leicht feucht. Wärmedämmung und Kleber müssen deshalb im Rahmen der eintretenden Durchfeuchtung ihre Eigenschaften in engen Grenzen beibehalten.

Dem Bauherrn kann für sein Flachdach nicht für die ganze Lebensdauer die Verantwortung abgenommen werden. Auch dieser Bauteil bedarf einer periodischen Kontrolle, so z.B. das Reinigen der Abläufe, das Neuverteilen von Kies nach Windböen, die frühzeitige Bekämpfung von Pflanzenbewuchs bei starkem Laubfall sowie die Reinigung von Vogelkot und Algenbewuchs und die Kontrolle nach Vogelfrass. Verschiedene Bauherren schliessen darum für grosse Flachdächer Unterhaltsverträge ab.

Wird beim Flachdach nicht gespart, was gegenüber dem Budget zwischen Fundament und Dachhaut überzogen wurde, und wählt man ein Flachdachsystem anstelle einzelner Materialien, erhält der Bauherr Gewähr, dass sein Flachdach ein dem gesamten Bauwerk ebenbürtiger Bauteil ist. Die Pionierzeit des Flachdaches «try and learn» ist eindeutig vorbei. Architekt und Bauunternehmer können über die Verantwortung hinaus getrost auch die Haftung übernehmen, wenn die Materialwahl systemgerecht erfolgte. Der Bauherr jedoch erhält im wahrsten Sinne des Wortes «ein Dach über dem Kopf». Die Frage nach der Lebensdauer stellt sich nur für seine Nachkommen.

Adresse des Verfassers: B. Wick, dipl. Ing. SIA, im Hubäcker 7, 8967 Widen.