Wärmedämmende Steildachelemente

Autor(en): **Menti, Karl**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 8

PDF erstellt am: **23.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75410

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Wärmedämmende Steildachelemente

Von Karl Menti, Luzern

Anforderungen der Architektur («Wohnen im Dachraum») und der Ausführung (weniger Arbeitsgänge auf der Baustelle) haben in den letzten Jahren zur Bauweise mit wärmegedämmten Steildachelementen geführt. Die verschiedenen Systeme werden einander gegenübergestellt und aufgrund von acht bauphysikalischen-bautechnologischen Anforderungen beurteilt. Praktische Erfahrungen zeigen, dass von den vielen Systemen nur wenige als genügend bzw. gut bezeichnet werden können und diese den Beweis der langfristigen Bewährung noch zu erbringen haben.

Was sind wärmedämmende Steildachelemente?

Bis ungefähr 1977 wurden wärmegedämmte Steildachkonstruktionen fast ausschliesslich in *konventioneller Kaltdachkonstruktion* ausgeführt. Die Wärmedämmschicht ist zwischen den Sparren verlegt (Bild 1).

In den letzten Jahren kam die Forderung, die Holzkonstruktion aus architektonischen Gründen sichtbar zu belassen. Unter diesem Einfluss wurden *neue, wärmegedämmte Steildachkonstruktionen* mit über den Sparren angeordneter Wärmedämmschicht gebaut (Bild 2).

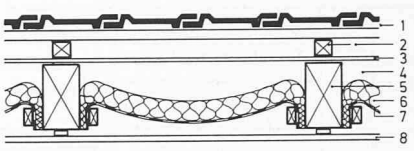
Mit der verbreiteten Anwendung der über den Sparren wärmegedämmten Dachkonstruktionen wurde der erfinderische Geist in der Baustoffindustrie wach. Es kam die Idee auf, statt jede der verschiedenen, einzelnen Schichten separat zu verlegen, hierzu *vorgefertigte Elemente* zu verwenden. Zur Weiterentwicklung und Realisierung der daraus entstandenen wärmegedämmten Steildachelemente hat wohl auch der Einzug der Schaumkunststoffe in die Steildachkonstruktion beigetragen (Bilder 3 und 4).

Aus der Betrachtung der Bilder 1 bis 4 und dem daraus zu ziehenden Vergleich kann folgende *Definition* abgeleitet werden:

Wärmedämmende Steildachelemente sind ein- oder mehrschichtige Elemente, die mindestens die Funktionen des Unterdaches und der Wärmedämmschicht übernehmen. Sie sind Ersatz für mehrere, verschiedene, einzelne Schichten, wie sie im konventionell wärmegedämmten Steildach verwendet werden.

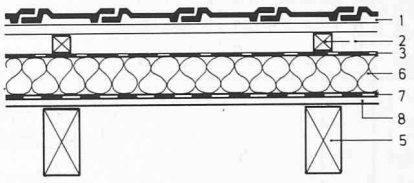
Funktionen

Die verschiedenen Funktionen und die daraus resultierenden Anforderungen an ein wärmedämmendes Steildachelement sind sehr unterschiedlich. Sie sind direkt davon abhängig, welche Schichten des konventionell wärmegedämmten Daches weggelassen und durch das Element ersetzt werden. Hier kann unterschieden werden zwischen *primären* und *sekundären* Funktionen. Die primären Funktionen müssen von allen Systemen der wärmedämmenden Steildachelemente übernommen werden. Die sekundären Funktionen hingegen können wahlweise je nach Konstruktionskonzept vom Steildachelement, von einer oder mehreren konventionell angebrachten, separaten Schichten übernommen werden (Tabelle 1).



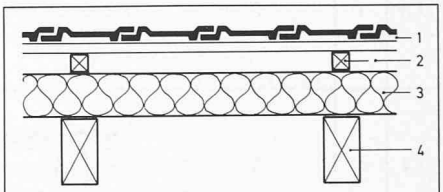
1 Eindeckung auf Lattung
2 Belüftungsraum, Konterlattung
3 Unterdach
4 Unterlüftung des Unterdaches
5 Sparren
6 Wärmedämmschicht
7 Dampfbremse, Luftdichtigkeitsschicht
8 Verkleidung

Bild 1. Traditionelle, konventionell zwischen den Sparren wärmegedämmte Steildachkonstruktion (Querschnitt)



1 Eindeckung auf Lattung
2 Belüftungsraum, Konterlattung
3 Unterdach
5 Sparren
6 Wärmedämmschicht
7 Dampfbremse, Luftdichtigkeitsschicht
8 Dachschalung, Verlegeunterlage

Bild 2. Neuere, konventionell über den Sparren wärmegedämmte Steildachkonstruktion (Querschnitt)

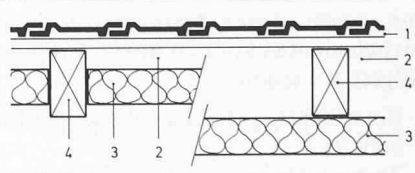


1 Eindeckung auf Lattung
2 Belüftungsraum, Konterlattung
3 Wärmedämmendes Steildachelement als
- Unterdach
- Wärmedämmschicht
- Dampfbremse
- Luftdichtigkeitsschicht
- Verkleidung

4 Sparren

Bild 3. Wärmedämmendes Steildachelement über den Sparren angeordnet (Querschnitt)

Bild 4. Wärmedämmendes Steildachelement zwischen und unter den Sparren angeordnet (Querschnitt)



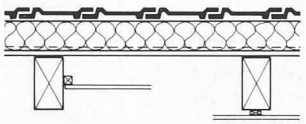
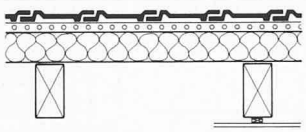
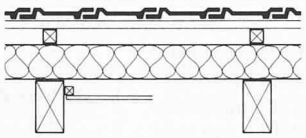
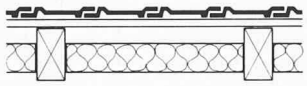
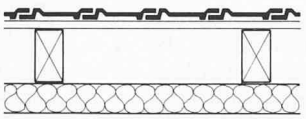
1 Eindeckung auf Lattung
2 Belüftungsraum
3 Wärmedämmendes Steildachelement als
- Unterdach
- Wärmedämmschicht
- Dampfbremse
- Luftdichtigkeitsschicht
- Verkleidung

4 Sparren

Tabelle 1. Primär- und Sekundärfunktionen von wärmedämmenden Steildachelementen

Primärfunktion	Unterdach	- Schutz gegen Feuchtigkeit von aussen durch Flugschnee, undichte Eindeckung, Rückschwellwasser
	Wärmedämmschicht	- Schutz gegen Wärmeverluste im Winter und äussere Wärmeeinwirkung im Sommer
Sekundärfunktion	Dampfsperre	- Schutz gegen schädliche Feuchtigkeitseinwirkungen von innen durch Dampfdiffusion
	Luftdichtigkeitsschicht	- Schutz gegen Wärmeverluste im Winter durch nach aussen entweichende Raumluft - Schutz gegen schädliche Feuchtigkeitseinwirkungen als Folge von Kondensatausscheidungen durch nach aussen entweichende Raumluft
	Verkleidung	- Gestaltung des Innenraums
	Verschiedene Schichten	- Brandschutz - Schallschutz

Tabelle 2. Einschichtige Steildachelemente

System- / Konstruktionsnummer	Anzahl Schichten des Steildachelementes	Schichtnummer / Schichtbezeichnung 1	2	3	4	Konstruktion / Schemaskizze *mit einschichtigen Steildachelementen*	Beurteilung / Kriterien Unterlüftung	Wasserabfluss	Rückschwellwasser	Winddichtigkeit	Diffusionsverhalten	Luftdichtigkeit	Wärmeschutz	Brandschutz EFH	Brandschutz MFH
		Unterdach	Wärmedämmstoff	Dampfbremse/Luftdichtigkeitsschicht											
		H = Hartplatte F = Folie/P = Papier	S = Schaumstoff FA = Faserdämmstoff	H = Hartplatte F = Folie/P = Papier	V = Verkleidung	Materialspezifikationen: Schicht 2/S – Schaumpolystyrol – Polyurethanhartschaum Bemerkung: Schicht 4/V – ist je nach ästhetischen Anforderungen notwendig	** gut * genügend ° ungenügend *° genügend bzw. ungenügend je nach Produkt								
1.1	1		S				o	o	o	o	*	o	o	*	o
1.2	1		S				o	o	o	o	*	o	o	*	o
1.3	1		S				**	o	o	o	*	o	o	*	o
1.4	1		S				**	o	o	o	*	o	o	*	o
1.5	1		S				**	o	o	o	*	o	o	*	o

Systeme und Merkmale

Gruppierung

Die verschiedenen Systeme von Steildachelementen können in *vier Gruppen* aufgeteilt werden:

- Einschichtige Steildachelemente (Tabelle 2)
- Zweischichtige Steildachelemente (Tabelle 3)
- Dreischichtige Steildachelemente (Tabelle 3)
- Steildachelemente kombiniert mit separaten Schichten (Tabelle 4)

Zusätzliche, ausschliesslich aus ästhetischen Anforderungen angebrachte Verkleidungen werden nicht als Systemschicht bezeichnet. Die verschiedenen Systeme und ihre Anwendungen sind auf den Tabellen 2 bis 4 schematisch skizziert sowie im Schichtaufbau und den Materialien spezifiziert. Auf die in den Tabellen rechts aufgeführte Beurteilung einiger ausgewählter Kriterien wird noch näher eingegangen. Die Tabellen erheben keinen Anspruch auf vollständige Erfassung aller auf dem Markt erhältlichen Systeme.

Einschichtige Steildachelemente

Diese Elemente (Tabelle 2, Systeme bzw. Konstruktionen 1.1 bis 1.5) bestehen alle aus *organischem Schaumkunststoff* auf der Basis von Polystyrol und Polyurethan. Die Verlegung kann unter, zwischen oder über den Sparren erfolgen.

Zweischichtige Steildachelemente

Elemente mit zweischichtigem Aufbau (Tabelle 3, 2.11 und 2.12) weisen eine obere Schicht aus *organischem Schaumkunststoff* und eine untere, *warmseitige Abdeckschicht* aus Spanplatten oder dünnem, geprägtem, folienartigem Kunststoff auf. Die Verlegung erfolgt ausschliesslich über den Sparren.

Dreischichtige Steildachelemente

Die aus drei Schichten aufgebauten Elemente (Tabelle 3, 3.1 bis 3.4) sind eigentliche *Sandwichkonstruktionen.* Als obere, äussere Schicht werden Kunststoff- und Aluminiumfolien, beschichtete Kraftpapiere sowie Holzwerkstoffplatten verwendet. Der Kern aus Wärmedämmstoff besteht aus organischem Schaumkunststoff oder anorganischen Faserstoffplatten.

Bei letzteren sind aus konstruktiven Gründen im Kern noch Einlagen aus Holz oder Holzwerkstoffen eingebaut. Die untere, innere Schicht besteht aus Holzwerkstoff- oder Gipsplatten, Kunststoff- oder Aluminiumfolien oder Kraftpapier. Verlegt werden die Elemente ausschliesslich auf die Sparren.

Steildachelemente kombiniert mit separaten Schichten

Hier handelt es sich um Steildachkonstruktionen (Tabelle 4, 4.1 bis 4.5), bei denen ein- oder mehrschichtige Steildachelemente in *Kombination mit separaten, konventionellen Schichten* verwendet werden. Diese zusätzlichen Schichten sind meistens innen bzw. warmseitig angeordnet. Es sind primär Dampfbremsen und Luftdichtigkeitsschichten sowie Unterdachschichten; sekundär sind oft auch zusätzliche Verkleidungen angebracht. Bei diesen Konstruktionen sind die Steildachelemente sowohl auf als auch zwischen den Sparren angeordnet.

Beurteilung

Randbedingungen, Hinweise

Die Beurteilung der Dachkonstruktionen mit wärmedämmenden Steildachelementen gilt für deren *Anwendung direkt über beheizten, bewohnten Räumen* sowie für Räume mit ähnlichem Raumklima. In der Beurteilung sind nur bautechnologische und bauphysikalische, nicht aber architektonische Aspekte einbezogen. Bezüglich der maximalen äusseren klimatischen Einflüsse sind

die Bedingungen für das *schweizerische Voralpengebiet* zugrunde gelegt. Für die Beanspruchungen durch die inneren, raumklimatischen Bedingungen gelten die für Wohnräume üblichen Werte. Die in den einzelnen Kapiteln aufgeführten Konstruktionsnummern beziehen sich auf jene in den Tabellen 2 bis 4.

Dachsysteme

Die Konstruktionen mit ein- und zweischichtigen Elementen sind im Prinzip meistens Kaltdächer. Bemerkungen bezüglich der Unterlüftung erfolgen im entsprechenden, separaten Abschnitt.

Konstruktionen mit dreischichtigen Elementen und Kombinationen von Elementen mit separaten Schichten, die eine obere, kaltseitige Beschichtung der Wärmedämmschicht als Unterdach aufweisen (z. B. 3.11 bis 3.4, 4.2, 4.5), entsprechen nicht mehr dem klassischen Kaltdachkonzept. Beim Planen und Ausführen ist dieser Situation Rechnung zu tragen.

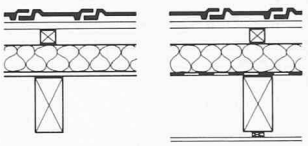
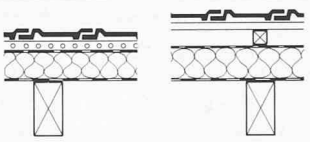
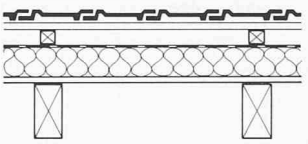
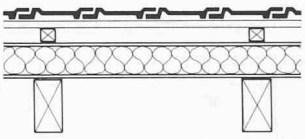
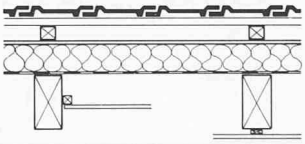
Unterlüftung

Alle Konstruktionen weisen lediglich eine *Unterlüftung der Dacheindeckung*, nicht aber des «Unterdaches» auf. Mit Ausnahme der Konstruktionen ohne konventionelle Konter- und/oder Ziegellattungen (1.1, 1.2, 3.11, 4.1), bei denen die Unterlüftung ungenügend ist, ist sie allgemein gut.

Wasserabfluss

Bei diesem Kriterium handelt es sich um das Abfliessen von Wasser, das unter die Eindeckung gedrungen ist (Wind, defekte Eindeckung, undichte Anschlüsse usw.) bzw. vor dem Eindekken auf die Unterdachelemente gelangt. Flächen aus ein- und zweischichtigen, einzelnen, zusammengefügten Schaumkunststoffplatten weisen an der äusseren Oberfläche bei den Elementstössen *Fugen* auf. Diese sind auch bei einwandfreier Arbeitsausführung nicht vermeidbar, denn bei diesen *Stössen* treten als Folge der Materialeigenschaften unter den wechselnden Temperatureinflüssen Bewegungen auf (Dehnung und Kontraktion). Statt dass alles Wasser auf der Oberfläche des Elementes abläuft, sammelt sich ein Teil in den offenen Fugen an und kann dann *ins Gebäudeinnere* gelangen. Durch solche Wasseransammlungen sind speziell Elemente mit feuchtigkeitsempfindlichen Schaumstoffen gefährdet. Bei systembedingter, ungenügender Unterlüftung und insbesondere bei der Konstruktion 1.1, wo die Ziegel ohne Lattung direkt auf die Schaumstoffelemente verlegt werden, ist der Wasserabfluss nochmals beeinträchtigt.

Tabelle 3. Zwei- und dreischichtige Steildachelemente

System- / Konstruktionsnummer	Anzahl Schichten des Steildachelementes	Schichtnummer / Schichtbezeichnung 1	2	3	4	Konstruktion / Schemaskizze *mit zwei und dreischichtigen Steildachelementen*	Beurteilung / Kriterien: Unterlüftung	Wasserabfluss	Rückschwellwasser	Winddichtigkeit	Diffusionsverhalten	Luftdichtigkeit	Wärmeschutz	Brandschutz EFH	Brandschutz MFH
		H = Hartplatte F = Folie/P = Papier	S = Schaumstoff FA = Faserdämmstoff	H = Hartplatte F = Folie/P = Papier	V = Verkleidung										
		Unterdach	Wärmedämmstoff	Dampfbremse/Luftdichtigkeitsschicht											
						Materialspezifikationen: Schicht 1/H – Hartfaserplatte – Spanplatte Schicht 1/F – Kunststoff-Folie 1/P – Kraftpapier – Alu-Folie Schicht 2/S – Schaumpolystrol – Polyurethanhartschaum Schicht 2/FA – Mineralfaserplatte Schicht 3/H – Hartfaserplatte – Spanplatte – Gipskartonplatte Schicht 3/F – Kunststoff-Folie 3/P – Kraftpapier – Alu-Folie	** gut * genügend ° ungenügend *° genügend bzw. ungenügend je nach Produkt								
2.11	2		S	H			**	°	°	°	*	°	°	*	°
2.12	2		S	F			**	°	°	°	*	°	°	*	°
3.11	3	P	S	P			°	°	°	°	*	°	°	*	°
3.12	3	F	S	P			**	**	**	**	*	*	**	*	°
3.2	3	P	S	H			**	°	°	°	*	°	°	*	°
3.3	3	H	S	H			**	*°	°	*°	*	°	°	*	°
3.4	3	H	FA	P			**	*	°	°	**	°	*	*	*

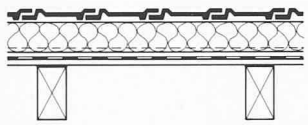
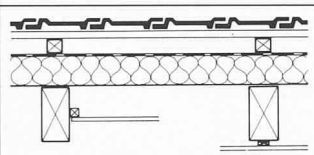
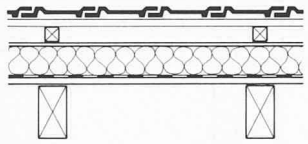
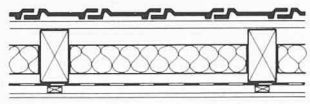
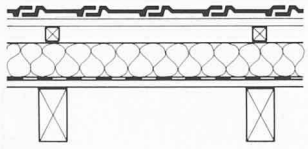
Dreischichtige Elemente mit geschupptem Unterdach (3.3, 3.4, 4.5) sind im Prinzip als *genügend* zu bezeichnen. Bei Anschlüssen an Durchdringungen weisen sie aber vor allem während der Bauphase ein erhöhtes Schadenrisiko auf. Dreischichtige Elemente ohne überdeckte Fugen in der Unterdachebene (3.2, 3.3) sind ungenügend.

Rückschwellwasser

Gute Dichtigkeit gegen Rückschwellwasser bieten lediglich die Konstruktionen 3.12 und 4.2. Bei der ersten handelt es sich um ein Panel mit äusserer, relativ dampfdurchlässiger, überlappter und fugenlos verschweisster PVC-Unterdachbahn. Das gleiche Material wird z. B. als separates Unterdach bei der Konstruktion 4.2 verwendet. *Speziell gefährdet* bezüglich Rückschwellwasser sind zwei- und dreischichtige Elemente sowie ein- und zweischichtige Elemente mit separaten Schichten kombiniert, welche

- keine kaltseitige, obere Unterdachschicht aufweisen (z. B. 2.11, 2.12, 4.1, 4.3, 4.4)
- nur eine obere Unterdachschicht mit stumpf gestossenen Fugen haben (z. B. 3.2, 3.3)
- eine geschuppte Unterdachschicht besitzen (z. B. 3.4, 4.5) und/oder die Wärmedämmschicht aus feuchtigkeitsempfindlichem Material besteht (z. B. 2.11, 3.2, 3.4, 4.5)

Tabelle 4. Steildachelemente, kombiniert mit separaten Schichten

System- / Konstruktionsnummer	Anzahl Schichten des Steildachelementes	Schichtnummer / Schichtbezeichnung 1	2	3	4	Konstruktion / Schemaskizze *Steildachelemente, kombiniert mit separater Dampfbremse/Luftdichtigkeitsschicht und Verkleidung*	Beurteilung / Kriterien Unterlüftung	Wasserabfluss	Rückschwellwasser	Winddichtigkeit	Diffusionsverhalten	Luftdichtigkeit	Wärmeschutz	Brandschutz MFH	Brandschutz EFH
		H = Hartplatte F = Folie / P = Papier Unterdach	S = Schaumstoff FA = Faserdämmstoff Wärmedämmstoff	H = Hartplatte F = Folie/P = Papier Dampfbremse/Luftdichtigkeitsschicht	V = Verkleidung	Materialspezifikationen: Schicht 1/H – Hartfaserplatte – Spanplatte; Schicht 1/F – Kunststoff-Folie; Schicht 2/S – Schaumpolystyrol – Polyurethanhartschaum; Schicht 2/FA – Mineralfaserplatte; Schicht 3/F – Kunststoff-Folie; 3/P – Kraftpapier – Alu-Folie – Bitumendichtungsbahn; Schicht 4/V – Spanplatte – Gipskartonplatte – Holzschalung	** gut; * genügend; o ungenügend; *o genügend bzw. ungenügend je nach Produkt								
4.1	1		S	F	V		o	o	o	o	*	**	o	*	o
4.2	1	F	S		V		**	**	**	**	*o	o	*	*	o
4.3	1		S	F	V		**	o	o	o	**	**	*	*	o
4.4	1		S	F	V		**	o	o	o	*	**	o	*	o
4.5	2	H	FA	F	V		**	*	o	*	**	**	**	*	*

Winddichtigkeit

Unter Winddichtigkeit ist der Schutz gegen das Eindringen von kalter Aussenluft in die warmen Zonen der Konstruktion und des Gebäudes zu verstehen. Aus den bereits beim Wasserabfluss beschriebenen Gründen (Fugen) kann kein einschichtiges System diesen Anforderungen genügen. Zwei- und dreischichtige Systeme ohne fugenloses Unterdach bzw. ohne geeignete Elementfugendichtung sind ebenfalls ungenügend (z. B. 2.11, 2.12, 3.11 usw.). Je nach Ausbildung der Elementstösse (Dichtung, Überlappung usw.) sind Konstruktionen vom Typ 3.3. genügend oder ungenügend. Auch die verschiedentlich mit Klebeband und ähnlichem an der unterseitigen Dampfbrems-/Luftdichtigkeitsschicht getroffenen, sekundären Dichtungsmassnahmen führen nicht zu einer dauerhaft genügenden Winddichtigkeit (z. B. 3.4).

Dampfdiffusion

In Tabelle 5 ist als Beispiel ein einschichtiges Element beschrieben und das Diffusionsdiagramm nach *Glaser* mit den Rechenergebnissen aufgezeigt.

In der Kondensatzone im äusseren Drittel beträgt die während der angenommenen Kondensationsperiode (1440 h) berechnete Kondensatmenge lediglich 25,3 g/m²a. Die Austrocknungsmenge ist mit 504,8 g/m²a ca. 20 mal grösser und ergibt somit eine einwandfreie Diffusionsbilanz.

Im Beispiel 2 der Tabelle 5 sind Abklärungen an einem dreischichtigen Element dargestellt. Das Diffusionsdiagramm zeigt klar eine ohne Winkeländerung verlaufende Linie der Dampfdruckkurve p_{eff}. Das bedeutet, dass kein Diffusionskondensat ausgeschieden wird, und dies, obwohl die Dampfbremse aus verstärktem Kraftpapier nur einen bescheidenen Diffusionswiderstand d/λ_D von ca. 12 m²hPa/mg aufweist. Bezüglich Wasserdampfdurchgang verhalten sich Elemente dieser Art also trotz des nicht unterlüfteten Unterdaches gut.

Die nähere Betrachtung des Dampfdiffusionsverhaltens der verschiedenen Elementsysteme hat gezeigt, dass fast alle in dieser Hinsicht den Anforderungen genügen. Bedingte Ausnahmen bilden die dreischichtigen Elemente 3.12 und die kombinierte Konstruktion 4.2. Diese beiden Systeme funktionieren nur dann, wenn der Dampfdiffusionswiderstand der Unterdachschicht jenem der warmseitig vorgelagerten Schichten angepasst wird.

Luftdichtigkeit

Durch eine *warmseitige Luftdichtigkeitsebene* soll verhindert werden, dass im Winter warme Raumluft durch die Fugen in die Kaltzonen der Dachkonstruktion gelangen und nach aussen entweichen kann. Neben den unter Wärmeschutz erwähnten negativen Auswirkungen besteht insbesondere Gefahr für Feuchtigkeitsschäden als Folge von Kondensatausscheidungen. Pro m³ entweichender Raumluft (+20 °C/50%) werden im Winter einige g Kondensat ausgeschieden. Auf der Tabelle 5 ist für das Beispiel 1 eine Kondensationsmenge von 25,3 g/m²a berechnet worden. Ein Vergleich zeigt, dass das Risiko für Feuchtigkeitsschäden durch *Kondensat aus entweichender Raumluft* viel grösser ist als Feuchtigkeitsschäden durch regelmässig verteiltes Diffusionskondensat. Alle ein- und zweischichtigen Systeme (1.1 bis 2.12) genügen den Anforderungen nicht. Von den dreischichtigen und mit separaten Schichten kombinierten ein- und zweischichtigen Elementen weisen nur jene eine genügende oder gar gute Luftdichtigkeit auf, welche spezielle elastische Elementfugendichtungen (z. B. 3.12) oder eine separate, fugenlos verklebte oder verschweisste Luftdichtigkeitsschicht aufweisen (z. B. 4.1, 4.3, 4.4, 4.5).

Wärmeschutz

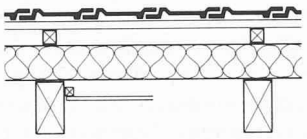
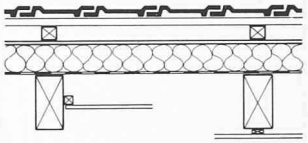
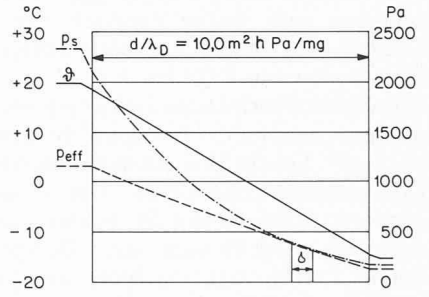
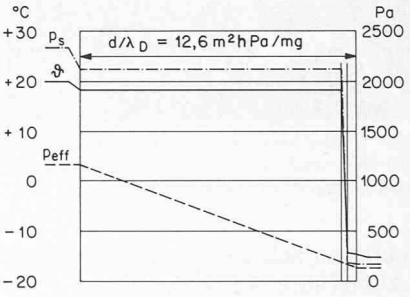
Die Beurteilung des Wärmeschutzes erfolgt unter Einbezug der Transmis-

sions- und Lüftungsverluste. Bei entsprechender Dimensionierung der Dikke der Wärmedämmschicht entsprechen theoretisch alle Systeme den heutigen, erhöhten Ansprüchen an den stationären Wärmedurchgang (k ca. < 0,3 W/m²K).

In der Praxis erweisen sich aber verschiedene, theoretisch gut wärmedämmende Konstruktionen als mangelhaft (z. B. 1.1 bis 1.5, 2.11, 2.12 u.a.), weil sie ungenügend wind- und/oder luftdicht sind. Beide Mängel führen neben der Beeinträchtigung der behaglichen Raumtemperatur auch zu bedeutenden, unverwünschten Energieverlusten.

Beim instationären Wärmedurchgang, der vor allem bei der sommerlichen Sonneneinstrahlung von Bedeutung ist, weisen *alle Systeme* mit kleinen Unterschieden *die bekannten Schwächen der Leichtkonstruktionen* auf, d. h. geringe Amplitudendämpfung und kleine Phasenverschiebung.

Tabelle 5. Wärmedämmende Steildachelemente. Wärme- und dampfdiffusionstechnische Berechnungen

Konstruktion mit einschichtigem Steildachelement	Beispiel 1	Konstruktion mit dreischichtigem Steildachelement	Beispiel 2
Konstruktion / Schemaskizze 		*Konstruktion / Schemaskizze* 	
Konstruktionsaufbau (von innen nach aussen)		*Konstruktionsaufbau* (von innen nach aussen)	
Nr. Bezeichnung	d(m)	Nr. Bezeichnung	d(m)
1 Sparren	0,180	1 Sparren	0,180
2 Schaumpolystyrolplatte	0,100	2 Dampfbremse Kraftpapier	0,001
3 Konterlattung	0,050	3 Mineralfaserplatte	0,100
4 Lattung	0,025	4 Hartfaserplatte	0,005
5 Dacheindeckung	0,015	5 Konterlattung	0,050
		6 Lattung	0,025
		7 Dacheindeckung	0,015
Wärmedurchgangszahl k = 0,34 W/m²K		Wärmedurchgangszahl k = 0,37 W/m²K	
Klimatische Bedingungen Kondensationsperiode (t = 1440 h) ϑ_i = + 20,0 °C rel. F. = 50% ϑ_a = − 15,0 °C rel. F. = 80% Austrocknungsperiode (t = 2160 h) ϑ_i = + 12,0 °C rel. F. = 70% ϑ_a = + 12,0 °C rel. F. = 70%		*Klimatische Bedingungen* Kondensationsperiode (t = 1440 h) ϑ_i = + 20,0 °C rel. F. = 50% ϑ_a = − 15,0 °C rel. F. = 80% Austrocknungsperiode (t = 2160 h) ϑ_i = + 12,0 °C rel. F. = 70% ϑ_a = + 12,0 °C rel. F. = 70%	
Diffusionsdiagramm nach Glaser 		*Diffusionsdiagramm nach Glaser* 	
Jährliche Kondensationsmenge GK = 25,3 g/m²a *Jährliche Austrocknungsmenge* $GA = GA_i + GA_a$ = 504,8 g/m²a *Dampfdiffusionsbilanz* $GK - GA$ = −479,5 g/m²a **Kein Restkondensat!**		**Kein Kondensat!**	

Brandschutz

Die Brandschutzvorschriften sind kantonal und daher sehr verschieden. Es sind aber Bestrebungen im Gange, diese möglichst zu vereinheitlichen.

Der hierfür vorliegende und nachfolgend beschriebene Vorschlag bildet auch die Basis für die vorgenommene Beurteilung.

- Einfamilienhäuser und eingeschossige Gebäude bis 500 m²: Wärmedämmschicht mit Brandkennziffer V (schwer brennbar) zulässig ohne spezielle Abdeckschichten
- Mehrfamilienhäuser: Nur Wärmedämmschichten der Brandklasse VI (nicht brennbar) zulässig

Die Anforderungen für EFH werden praktisch von allen, jene für MFH aber nur von den Konstruktionen 3.4 und 4.5 mit Wärmedämmschichten aus Mineralfaserplatten erfüllt.

Statik

Kräfte aus Eigengewicht (Eindeckung), Schnee- und Windlasten müssen primär über die Konterlattung in die tragende Konstruktion abgeleitet werden. Daraus ergeben sich bei Konstruktionen mit zwischen den Sparren angebrachten Elementen keine, bei Konstruktionen mit über den Sparren verlegten Elementen jedoch beachtliche Probleme.

Der Grund liegt darin, dass bei solchen Konstruktionen auf die die relativ weiche Wärmedämmschicht (d ~ 10 bis 15 cm) durchstossende Konterlattennagelung - als Folge einer Art Hebelwirkung - für Nägel ungünstige Kräfte auftreten (Abscheren, Verbiegen, Ausziehen).

Übliche Abstände der Konterlattennagelungen von etwa 1,0 bis 1,2 m sind *absolut ungenügend*. Die von verschiedenen Elementherstellern vorgeschlagenen, kleinen Nagelabstände von ca. 25 bis 30 cm sind nicht praxisgerecht und werden deshalb von den Architekten und Unternehmern kaum verstanden. Bild 5 zeigt das Ergebnis eines durch einen Holzbaufachmann durchgeführten einfachen Modellversuches unter folgenden Bedingungen: Wärmedämmschicht 10 cm; Belastung 2,5 kN/m²; 1 Nagel 7,5/260 mm pro m²; Neigung 30°. Nach fünfmaligem Lastwechsel wurde eine Verbiegung bzw. Verschiebung der Konterlattung in Dachfallinie

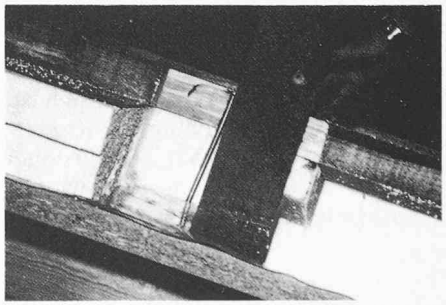
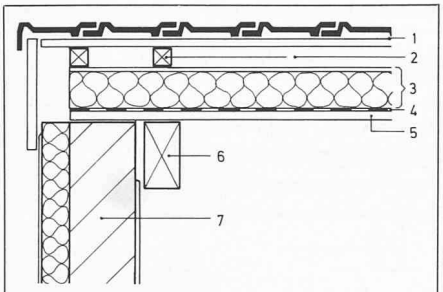


Bild 5. Ausschnitt aus dem Versuchsmodell mit sichtbarer Deformation eines Konterlattennagels in einem über den Sparren wärmegedämmten System

von etwa 10 mm festgestellt. Dadurch entstehen im Unterdach im Nagelbereich «Schlitze», die insbesondere bei fugenlosen Unterdächern deren Funktion wesentlich beeinträchtigen und zu



1 Eindeckung auf Lattung
2 Belüftungsraum, Konterlattung
3 Steildachelement, zweischichtig
4 Dampfbremse, Luftdichtigkeitsschicht
5 Holzschalung als Verlegeunterlage
6 Sparren
7 Backstein mit verputzter Aussendämmung

Bild 6. Ortabschluss (Querschnitt). Konstruktion mit über den Sparren verlegten zweischichtigen Elementen mit Mängeln bei den Anschlüssen der Dampfbrems-/Luftdichtigkeitsschicht an die Aussenwand

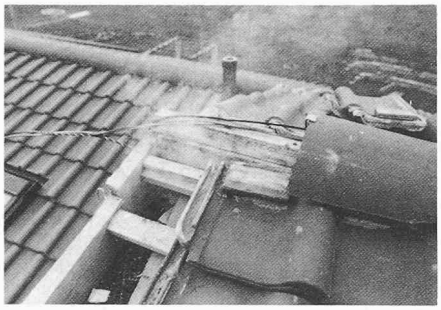


Bild 7. Ortabschluss mit First. Bei entfernten Ortziegeln klar sichtbarer Rauchaustritt als Folge von Luftundichtigkeiten (Rauchprobe)

erheblichen Schäden an der Dachkonstruktion führen können.

Bisher sind bezüglich der Statik keine grösseren Schäden festgestellt worden, da sich *offenbar die Reibung* Konterlatten/Element bzw. Element/Unterkonstruktion günstig auswirkt. Eine Berücksichtigung der Reibung in der statischen Berechnung ist jedoch sehr fraglich, weil unter anderem keine zuverlässigen Werte vorhanden sind und üblicherweise in den statischen Nachweisen die Reibung vernachlässigt wird. In der Praxis muss *von Fall zu Fall* durch Planer und Unternehmer entschieden werden, ob bei einem Objekt ein statischer Nachweis erforderlich ist. Die kombinierte Wirkung der Konterlattennagelung mit allfälligen Firstzugbändern sowie Widerlagerhölzern im Traufbereich darf nicht gemeinsam in Rechnung gestellt werden, weil deren Nachgiebigkeit ungleich ist. Je nach Eindeckung (Wellplatten, Schiefer usw.) ist neben dem Abrutschen auch für den Lastfall bei Windsog (Ausziehwiderstand) der Nachweis zu erbringen. Für jedes Objekt ist im Rahmen der Submission bzw. des Werkvertrages schriftlich zu vereinbaren, wer von den Beteiligten (Architekt, Ingenieur, Unternehmer) die *Verantwortung für die Statik* trägt.

Erfahrungen aus der Praxis

Die Praxis hat verschiedentlich bestätigt, dass *gewisse Systeme untauglich* sind. Untersuchungen an eingebauten Elementen, die theoretisch als gut bewertet werden, bei denen aber dennoch gewisse Bedenken bezüglich ihres Verhaltens bei Feuchtigkeitseinwirkungen bestehen, haben bisher keine negativen Resultate ergeben.

An Konstruktionen, bei denen Elemente verwendet werden, die als gut zu bezeichnen sind, liegen dennoch öfters Mängel vor, oder es traten bereits schwerwiegende Schäden auf. Vor allem sind es übermässige Lüftungsverluste mit erhöhtem Energieverbrauch oder gar Feuchtigkeitsschäden durch Kondensatausscheidungen. Die *Ursachen* sind insbesondere das Fehlen von richtigen Anschlüssen der Dampfbrems-/Luftdichtigkeitsschicht an die angrenzenen Bauteile am Ort, bei der Traufe usw. Einen solchen Mangel zeigt die Skizze des Ortdetails auf Bild 6. Die Abklärung mit Hilfe der Rauchprüfung zeigte deutliche Luftundichtigkeiten, denn der im Gebäudeinnern erzeugte Rauch trat umgehend am Ort aus (Bild 7). Eine einwandfreie Mängelbehebung ist oft kaum mehr oder nur noch mit sehr grossem Aufwand möglich.

Wer den verschiedenen Prospektangaben einzelner Hersteller von Steildachelementen glaubt, läuft Gefahr, eine mangelhafte Konstruktion mit grossem Bauschadenrisiko zu planen oder auszuführen. Beispielsweise

- sollen dreischichtige Elemente vom Typ 3.4, auf Schalung verlegt, ohne verklebte Fugen der Dampfbremsschicht funktionieren (Verklebung nicht möglich)
- soll die bei zweischichtigen Elementen vom Typ 2.11 verwendete Wärmedämmschicht aus Polyurethanhartschaum kein Wasser aufnehmen
- sollen überlappende Stösse der Unterdachschicht bei Elementen vom Typ 3.3 ein garantiert fugenloses Unterdach bilden und gegen Wind, Staub und Wasser absolut dicht sein.

Solche Angaben sind kritisch zu überprüfen.

Schlussfolgerungen

Wärmedämmende Steildachelemente werden erst seit einigen Jahren verwendet. Im Vergleich zu den langbewährten, konventionellen Konstruktionen sind die meisten Elemente anders konzipiert.

Jede neue, unerprobte Konstruktion bedeutet ein erhöhtes Schadenrisiko, auch wenn sie noch so sorgfältig geplant und entwickelt worden ist. Auch die heute als genügend oder gar gut zu bezeichnenden Systeme müssen *noch einen langjährigen Praxisbeweis* erbringen. Dass dieser auch wider Erwarten negativ ausfallen kann, zeigt die Tatsache, wonach - gestützt auf die neuen Erkenntnisse - einige Neukonstruktionen verschiedener Bauteile aus der Zeit um 1970 heute als untauglich gelten, obwohl sie damals als gut bewertet wurden.

Funktionstüchtige Konstruktionen mit Steildachelementen stellen im Vergleich zum traditionellen Kaltdach an Planung und Ausführung *erhöhte Anforderungen.*

Vortrag, gehalten an der EMPA/SIA-Studientagung vom 9./10. März 1983 in Zürich, vgl. Dokumentation SIA Nr. 60

Adresse des Verfassers: *K. Menti*, Architekt SIA, Büro Dr. Amrein + Martinelli + Menti AG, Bauphysik und Bautechnologie, Bruchstr. 77, 6003 Luzern.