

# Fach-Information Nr. 3

## Flachdach - mit der Einblasdämmung sicher sanieren

Rund 1,6 Millionen Wohngebäude in Deutschland wurden mit Flachdach errichtet. Die Bauweise fasste erst nach 1950 richtig Fuß. Abgeschaut vom Steildach bestehen viele Flachdächer aus belüfteten Holzbalkenkonstruktionen, die ursprünglich treffend als „Kaltdach“ bezeichnet wurden. Denn durch die Belüftung kühlt die Konstruktion unvoreilhaft aus. Dipl.-Ing. Werner Eicke-Hennig vom Energieinstitut Hessen zeigt eine sichere Methode der Sanierung.



den luftdichten Dachaufbau hinzu. Sie führte zu vollgedämmten doppelt gedichteten hölzernen Flachdächern ohne Belüftung, mal mit und meist ohne nachgewiesener „Trocknungsreserve“ errichtet. Nach wie vor verblieb die Dämmung zwischen den Deckenbalken und leistete dadurch einer Auskühlung der oberen Dachhälfte in der Heizperiode Vorschub, von der hiesigen Diskussion erst spät erkannt. Für den schwedischen Holzbau resümierte der schwedische Bauforschungsrat schon 1987: „Die Anwendung einer Außendämmung auf Dächern mit geringer Neigung verbessert die Dämmleistung des Daches und behebt auch die häufigsten Feuchtigkeitsprobleme, die bei solchen Dächern auftreten.“ [3] Durch laufende Schadensfälle in deutschen Neubaufachdächern in Holzbauweise riß die Diskussion nicht ab. Auf der Suche nach zielführenden Antworten kamen 2016 die Aachener Bausachverständigentage auf die schwedische Lösung zurück. „Die obere Dämmschicht ist so zu dimensionieren, dass die darunter liegende Holzschalung ausreichend warm und damit trocken bleibt.“ [4] Damit hatte man die größte Schwäche des belüfteten Flachdachs erkannt: Kaltluft und Dämmung nur zwischen den Balken kühlen den Aufbau aus und erzeuge ein Tauwasserrisiko. Damit ist der Weg für die Sanierung solcher Flachdächer klar. Nachdem seit den 90ziger Jahren auf die Belüftung beim zweischaligem Mauerwerk und beim Steildach verzichtet wurde, gilt die Erkenntnis auch für das belüftete Flachdach: Belüftung bringt mehr Probleme als sie beseitigt.

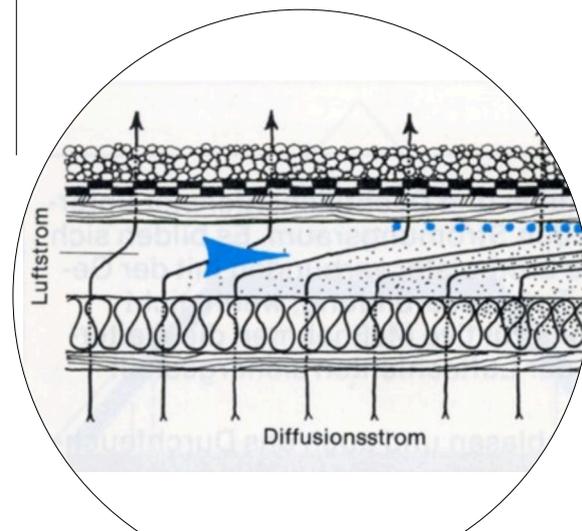
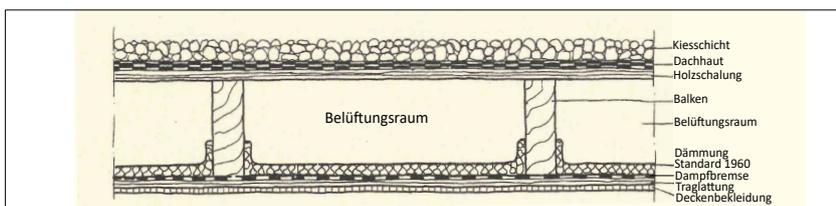
### Flachdachprobleme lösen

Das Flachdach mit und ohne Belüftungsraum ist seit 60 Jahren Gegenstand der Fachdiskussion. [Abb. 1] Die mangelnde Leistungsfähigkeit der Belüftung fiel bereits in den sechziger Jahren auf. Belüftete Flachdächer seien „keineswegs als narrensicher anzusprechen“ hieß es und „vielmehr ist gerade bei Zweischalendächern jede Vorsicht geboten.“ [1] Dem waagrecht verlaufenden Be-

lüftungsraum fehlt der Auftrieb und die Belüftung funktionierte nicht verlässlich, wie das Flachdachhandbuch 1961 und spätere Veröffentlichungen von BMBau und schwedischer Bauforschung immer wieder zeigten [2] [Abb. 2]. Die Lehre damals: Belüftete Flachdachkonstruktionen benötigen raumseitig eine „Dampfbremse“, heute als „diffusionshemmende Schicht“ bezeichnet, die DIN 4108 definierte ihren  $S_D$ -Wert mit  $\geq 10$  Metern. Zur Diskussion der Wasserdampfdiffusion trat in den 1990er Jahren die Debatte um

Abb.2 Tauwasserrisiko im Belüftungsraum, Bild: BMBau

Abb. 1 Aufbau des belüfteten Flachdachs, Grafik: RKW



## Die Lösung: Vom „Kaltdach“ zum Kombidach

Bei der Modernisierung von Altbau-Flachdächern verhindert der Belüftungsraum den notwendigen Einbau dickerer Dämmschichten und ist zusammen mit der zu geringen Altdämmung Ursache für die winterliche Auskühlung des Dachaufbaus. Abb. 4 auf Seite 3 zeigt die Null-Grad Celsius-Isotherme für ein belüftetes Flachdach mit 4 cm raumseitiger Dämmung zwischen den Deckenbalken. Schon bei - 5 °C Außentemperatur liegen in über 75 % des Dachaufbaus die Temperaturen unter Null. Latente Tauwassergefahr, erhöhter Heizenergieverbrauch und Unbehaglichkeit sind die Folge. Abb. 5 zeigt dasselbe Flachdach mit einer Einblasdämmung im Balkenzwischenraum und 14 cm Dämmplatten auf der alten Dachhaut (Umkehrdach). Die 0 °C-Isotherme liegt nun weit außerhalb der Tragkonstruktion in der neuen Dämmung auf dem Dach. Die gesamte Tragkonstruktion und die Einblasdämmung weisen Temperaturen von 5 °C bis 15 °C auf. Die Verhältnisse ähneln der Außendämmung bei Außenwänden: Die gesamte Tragkonstruktion kommt in den warmen Bereich und ist geschützt.

Die Lösung liegt in einer Kombination von Dämmung auf der alten Dachhaut und Füllung des Belüftungsraumes mit Einblasdämmstoff. Das entstandene „Kombi-Dach“ hält in der Heizperiode das gesamte Bauteil warm. Da warme Wasserdampfmoleküle nicht kondensieren (Dipolwirkung), ist das Tauwasserproblem mit dieser Maßnahme behoben. (Abb. 4 und 5) Mit einem nun möglichen U-Wert um 0,1 W/(m<sup>2</sup>K) ist das Optimum des Wärmeschutzes als auch der Behaglichkeit erreichbar. Das GEG wird eingehalten und Fördermittel können ab U = 0,14 W/(m<sup>2</sup>K) beantragt werden.

## Aufbau und Vorteile im Detail

Die vorhandene Dachkonstruktion wird beim „Kombi-Dach“ komplett erhalten. Dazu gehören die Dachhaut (wasserführende Ebene), die darunter liegende Holzschalung, die Dachbalken, die zwischenliegende alte Wärmedämmung sowie die Deckenbekleidung inclusive der „diffusionshemmenden Schicht“ unter den Balken. So reduzieren sich die Umbaukosten, die Menge der benötigten neuen Baustoffe incl. der in ihnen steckenden „Grauen Energie“ als auch der Bauschutt. Dachhaut und diffusionshemmende Schicht haben ihre Funktionsfähigkeit bewiesen die Holzkonstruktion ist trocken.

### Umkehrdach: Warm und trocken

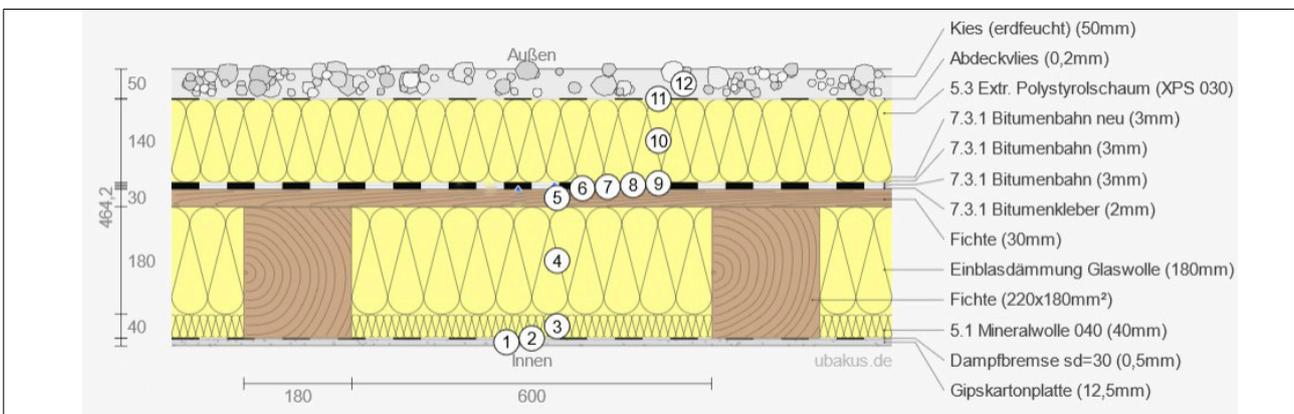
Die äußere Dämmschicht wird auf und nicht unter der Dachhaut verlegt, daher der Name „Umkehrdach“. Der Aufbau erschließt zwei Vorteile: Witterungsschutz der Dachhaut und Warmhaltung des nun von außen gedämmten Dachaufbaus. Das größte Manko, seine Auskühlung in der Heizperiode, wird eliminiert. Die Wärmedämmung besteht aus wasserabweisenden Dämmstoffen (DUK). Extrudierte Polystyrol-Dämmstoffe (XPS) haben bisher als einzige eine Zulassung für das Umkehrdach und weisen eine gute Dämmwirkung von 0,033 bis 0,037 W/(mK) auf. Die Dämmung wird einlagig lose verlegt oder punktförmig auf der Dachhaut verklebt. Eine Schichtdicke bis 20 cm ist möglich. Eine zeitweiliges Unterlaufen der Dämmplatten mit Regenwasser ist zulässig, gleichwohl wird dies durch ein diffusionsoffenes Kunststoffservlies auf der Dämmung vermieden, um deren Wirkung nicht zu mindern. Die erforderliche Beschwerung der Dämmplatten gegen Windsog z.B. mit Kies, einem Gründach oder Platten wirkt auch als Schutz gegen Flugfeuer. Die Tragfähigkeit der Deckenbalken ist unter Einbezie-

hung der Schneelast zu prüfen, bei üblichen Balkenquerschnitten bestehen meist noch Reserven. Regenwasser wird auch weiterhin in die vorhandene meist innenliegende Entwässerung eingeleitet. Die Dachneigung sollte mindestens 2 % betragen. Die vorhandene Dachhaut wird geprüft und wenn nötig nachgedichtet. Optional kann auch eine zusätzliche neue Bitumen- oder Kunststoffbahn verlegt werden. Das Umkehrdach bringt eine neue Sicherheit für die Dachhaut, ihre Lebensdauer verlängert sich durch den Schutz vor Witterung (Sommerhitze, Frost) und damit vor Belastungen zwischen + 70 °C und - 20 °C. Mit ihr bleibt auch die auf den Deckenbalken liegende Holzschalung erhalten. Trockenes Holz unterliegt keinem Verschleiß, eine Erneuerung ist demnach nicht erforderlich.

### Einblasdämmung im Belüftungsraum

Die Einblasdämmung in den Belüftungsraum schafft zusammen mit dem Umkehrdach einen optimalen Wärmeschutz, die vorhandene Dämmung bleibt erhalten. [Abb. 3] In den Belüftungsraum wird vom Dachrand her flockiges Dämmmaterial eingeblasen. Zellulose, Stein- oder Glaswollflocken mit Wärmeleitzahlen zwischen 0,035 und 0,039 W/(mK) bilden eine homogene Dämmschicht, die sich nicht setzt. Der Dämmstoff verschließt auch Undichtheiten und verhindert damit die bis dahin mögliche Durchströmung der alten Dämmschicht mit feuchtwarmer Raumluft durch kleinere Fugen/Ritzen in der „Dampfbremse“. Untersuchungen zeigen, bei mit Dämmflocken gefülltem Luftraum kommt es nicht zu nennenswerten Luftdurchströmungen durch das Dämmmaterial.[5] Luft strömt nur ein, wenn sie durch gegenüberliegende Undichtheiten wieder ausströmen kann. Die Dämmflocken, die dichte Dachhaut und die Abdichtung der Belüftungsöffnungen am Dachrand unterbinden dies. Die Kondensation

Abb 3: Prinzipskizze „Kombi-Dach“ mit optimalem Aufbau. Grafik: ubakus

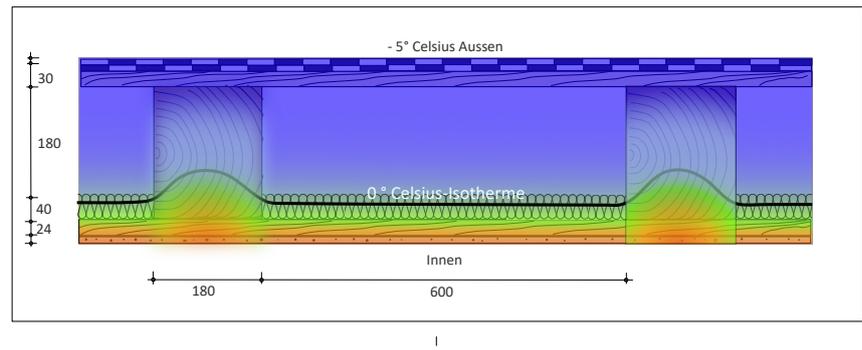


von Wasserdampf im Einblasdämmstoff scheitert am Wärmeschutz des Umkehrdachs. Auch bei  $-5^{\circ}\text{C}$  Außentemperatur herrschen im gedämmten Belüftungsraum Temperaturen um  $10$  bis  $15^{\circ}\text{C}$ , so dass kein Kondensat entsteht. Die diffusionshemmende Schicht begrenzt ohnehin das Eindringen von Wasserdampf in den Dachaufbau. Fachbetriebe für Einblasdämmung kontrollieren vor den Arbeiten die Holzfeuchte der Dachbalken auf Werte unter  $15$  Masse-%. Ein weiterer positiver Effekt zeigt sich in der Verbesserung des Schallschutzes nach außen und zwischen den Räumen. Bei Gebäuden bis zwei Stockwerken ist keine Gerüststellung erforderlich. Die Arbeiten werden vom Dachdeckerbetrieb zusammen mit dem Umkehrdach oder durch einen Fachbetrieb für Einblasdämmung mit QS-Qualifikation ausgeführt. Die Bekleidung des Dachrandes muss erneuert werden, da die neue Verkleidung mit etwa  $60\text{ cm}$  Höhe auch die Dämmschicht des Umkehrdaches überdecken muss.

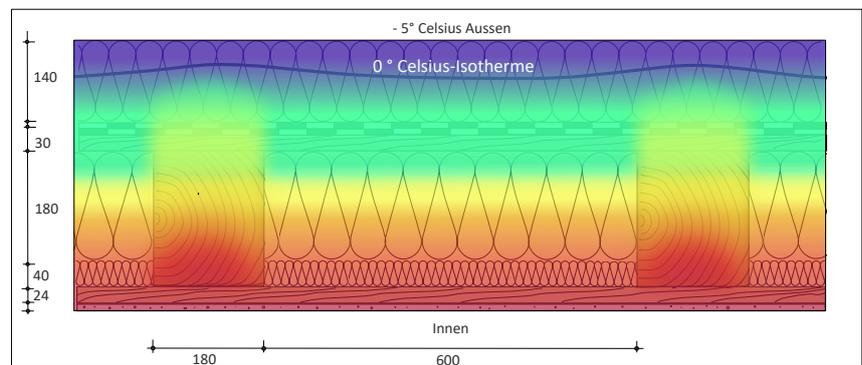
### Weiternutzung der „Dampfbremse“

Die „Dampfbremse“ heißt heute „diffusionshemmende Schicht“ und ist flächig unter den Balken befestigt. Meist aus Aluminium oder Polyethylenfolie bestehend, hält die Schicht aus dem Hausinnern diffundierenden Wasserdampf

**Abb. 4** Belüftungsraum und dünne Dämmung führen zur Auskühlung des Dachprofils im Winter ( $-5^{\circ}\text{C}$  Aussentemperatur,  $20^{\circ}\text{C}$  Innenlufttemperatur; Grafik: Energieinstitut Hessen)



**Abb. 5** Dämmung auf dem Dach + Einblasdämmung sichern eine Konstruktion ohne Tauwasserrisiko ( $-5^{\circ}\text{C}$  Außentemperatur,  $20^{\circ}\text{C}$  Innenlufttemperatur; Grafik: Energieinstitut Hessen)



und strömende feuchtwarme Luft von der Dachkonstruktion fern. Als Dichtheitsbeweis hinsichtlich Fugen und Ritzen gilt die bisherige Schadensfreiheit der hölzernen Dachkonstruktion. Die Luftdichtheit der „Dampfbremse“ kann an

den Stellen mit Rohrdurchführungen durchs Dach (Ventilator Bad/Toilette, innenliegende Entwässerung) überprüft und nötigenfalls nachgebessert werden.

### Die Deckenbekleidung

Die Erhaltung der Deckenbekleidung in den Zimmern ermöglicht die Wohnnutzung während der Bauarbeiten. Besteht die Innenbekleidung z.B. aus Innenputz oder Gipskartonplatten, unterstützt dies die Luftdichtheit der Konstruktion. Bei Profilholzverkleidungen ist eine zukünftige Erneuerung durch derartige Platten sinnvoll.

Bild: Dach-Fit

Die Höhe des Luftraumes begrenzt den durch Einblasdämmung erzielbaren U-Wert auf  $0,23$  bis  $0,31\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Deshalb ist eine Kombination mit der Dämmung auf dem Dach erforderlich, um die gesetzlichen Anforderung von  $0,20\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zu erfüllen.



## Der Feuchtehaushalt des „Kombi-Daches“

Der Feuchtehaushalt des „Kombi-Daches“ wird durch die äußere Wärmedämmung und die Abstellung von Luftströmungen in der Dachkonstruktion positiv verändert. Das Dach bleibt warm und trocken. Feuchtwarme Luft im ehemaligen Belüftungsraum stellt kein Problem mehr da. Die Wasserdampf-moleküle in der Luft bleiben energiegeladen und damit dampfförmig und kondensieren nicht mehr an den Holzbauteilen. Tab. 1 zeigt die feuchtetechnischen Verhältnisse verschiedener nach DIN 4108-3 berechneter Varianten. Berechnet wurde die Tauwassermenge normgemäß für 4 Monate Frostbelastung bei -5 ° Celsius. Das Ergebnis ist nicht eine real anfallende Tauwassermenge, sondern eine „rechnerische“ Menge, die ausschließlich zum Abgleich mit den Anforderungswerten der DIN 4108-3 dient. In allen Varianten ist der Belüftungsraum mit Dämmstoff gefüllt, variiert werden diffusionshemmende Schicht und Umkehrdach.

### Flachdach ohne diffusionshemmende Schicht, mit und ohne Umkehrdach

In Variante 3 und 6 kann ohne raumseitige Dampfbremse sehr viel Luftfeuchte in das Dach diffundieren. In der Variante 3 ohne Umkehrdach tritt zur Feuchte die winterliche Auskühlung von oben und erzeugt rechnerisch 3300 Gramm Tauwasser pro

m<sup>2</sup> und Tauperiode sowie eine Holzauffeuchtung um 24,2 Masse-%, eine deutliche Überschreitung der zulässigen 500 Gramm pro m<sup>2</sup> bzw. 5 Masse-%. In Variante 6 verhindert das Umkehrdach mit 20 cm Dämmdicke diese massive Auffeuchtung, obwohl keine diffusionshemmende Schicht eingebaut ist. Im warmen Dach bleibt die rechnerische Tauwassermenge mit nur 260 Gramm pro m<sup>2</sup> um 48 % unter der zulässigen Menge. Zudem liegt die Trocknungsdauer bei nur 13 Tagen und eine Auffeuchtung der Konstruktionshölzer ist mit 1,9 Masse-% gering. Fugen und Ritzen in der diffusionshemmenden Schicht müssen also bei einer warmen Dachkonstruktion nicht zu einem schädlichen Tauwasserausfall führen. Wegen möglicher raumseitiger Luftundichtheiten wird diese Variante nicht empfohlen.

### Flachdach mit diffusionshemmender Schicht ohne Umkehrdach

Da belüftete Flachdächer eine diffusionshemmende Schicht aufweisen, wird deren Einfluss in den Varianten 1 und 2 ohne Umkehrdach berechnet. Wieder ist der Belüftungsraum mit Einblasdämmung verfüllt, jedoch kein Umkehrdach eingebaut. Die Varianten weisen wegen des kleineren Diffusionsstroms rechnerisch nur geringe Tauwassermengen um 37 Gramm pro m<sup>2</sup> und Tauperiode auf, die Trocknungszeiten

sind aber mit über 100 Tagen sehr lang, was zur Abwertung führt.

### „Kombi-Dach“

Die Varianten 4 und 5 entsprechen dem „Kombi-Dach“ mit diffusionshemmender Schicht, Einblasdämmung und Umkehrdach, variiert ist nur dessen Dämmdicke (14 bzw. 20 cm). In beiden Fällen werden die Anforderungen der DIN 4108 eingehalten, das Dach bleibt trocken. Die minimale rechnerische Tauwassermenge von 11 bzw. 3,5 Gramm pro m<sup>2</sup> trocknet schnell ab und liegt 98 % bzw. 99 % unter den zulässigen Grenzwerten für Tauwasser und Holzauffeuchtung. Das Dach bleibt in seinem Konstruktionsholzbereich warm und trocken.

Das Kriterium der „Trocknungsreserve“ nach DIN 68800 ist für Umkehrdächer im Altbau ungeeignet. Risiken einer zu hohen Holzfeuchte oder mangelnde Austrocknung durch Verschattung sowie die höhere Feuchtebelastung auf Nordseiten von Steildächern existieren bei Flachdächern kaum. Auch im Holzbau sieht man die Dämmung oberhalb der Dachbalken zunehmend als feuchtetechnische Lösung für das Flachdach.

**Tabelle 1:** Feuchtetechnische Werte des Kombidaches im Vergleich mit Ausführung ohne äußere Dämmung (Stoffwerte in Tab. 2)

Variante	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Rechnerische Diffusionsmenge [g/m <sup>2</sup> ]	Trocknungs-dauer Tage [d] Masse-%	Trocknungs-reserve <sup>1)</sup> [g/m <sup>2</sup> *a]	Sommerspitzen temperatur der Dachdecke innen [° C]	Winter Temperatur Dachdecke innen <sup>****)</sup> [° C]
1 Nur Einblasdämmung 10 cm + 4 cm vorhandene Dämmung	0,31	37	123 d mangelhaft Holzauffeuchtung <sup>***)</sup> + 0,3 M-%	0	28	16,7
2 Nur Einblasdämmung 18 + 4 cm vorhanden	0,23	37	124 d mangelhaft Holzauffeuchtung <sup>***)</sup> + 0,3 M-%	0	26,5	17,5
3 Wie Zeile 2, jedoch ohne diffusionshemmende Schicht	0,23	3300 <sup>**)</sup>	133 d mangelhaft Holzauffeuchtung <sup>***)</sup> + 24,2 M-%	0	26,5	17,5
4 Umkehrdach 14 cm XPS-Dämmung + Einblasdämmung 10 + 4 cm vorhanden	0,12	11	41 d gut Holzauffeuchtung <sup>***)</sup> + 0,1 M-%	14	25	18,7
5 Umkehrdach 20 cm XPS-Dämmung + Einblasdämmung 18 + 4 cm vorhanden	0,10	3,5	13 d gut Holzauffeuchtung <sup>***)</sup> + 1,9 M-%	22	24,5	18,9
6 Wie Zeile 5, jedoch ohne diffusionshemmende Schicht	0,10	260 <sup>**)</sup>	13 d Verbesserung Holzauffeuchtung <sup>***)</sup> + 0,3 M-%	1534	24,5	18,9

<sup>1)</sup> Die Trocknungsreserve von 250 Gramm/(m<sup>2</sup>\*Periode) wird bei Altbaudächern durch die eingebaute diffusionshemmende Schicht begrenzt. Sie ist keine Anforderung der DIN 4108, sondern dient nach DIN 68800 für die Einstufung von Dächern in Gebrauchsklassen; das Kombidach ist der Gebrauchsklasse 1 zuzuordnen, bei geringer gemessener Holzfeuchte ist auch 0 möglich; chemischer Holzschutz ist nicht erforderlich. Berechnung ubakus-Rechner, Randbedingungen, 2021 gültige DIN 4108-3; <sup>2)</sup> Zulässig bei Holzkonstruktionen 500 g/m<sup>2</sup> und Tauperiode; <sup>3)</sup> Grenzwert DIN 4108 für Auffeuchtung Holzbauteile 5 M-%. <sup>4)</sup> Oberflächentemperatur der Dachinnenbekleidung im Urzustand mit Belüftungsraum bei -5°C Außentemperatur: 15 °C

**Tabelle 2:** Stoffliche Daten für die Tauwasserberechnung

Material	Dicke [m]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Diffusionswiderstand [ $\mu$ ]
Kies	0,05	-	-
Schutzvlies	0,002	0,16	150
XPS-Dämmung	0,20	0,036	250
Dachhaut 2-lagig	0,008	0,17	20000
Dachhaut, Schicht neu	0,003	0,17	60000
Rauhspund-schalung	0,03	0,13	20
Glaswolle-flocken	0,18	0,035	1
Alte Dämmung Glaswolle	0,04	0,04	1
Diffusionshemmende Schicht $S_d$ 30 m	0,0005	0,22	60000
Gipskartonpl.	0,0125	0,25	4

### „Kombi-Dach“ - Dreifacher Vorteil durch Klimaschutz

„Kombi-Dach“ verbindet einen dreifachen Vorteil beim Klimaschutz mit direktem Nutzen für Hausbesitzer.

**Vorteil 1:** Die ökologische Lebenszyklusbilanz ist positiv. Bei Ausgangs-U-Werten des vorhandenen Daches zwischen 1,2 bis 0,45 W/(m<sup>2</sup>K) wird eine Amortisation der Herstellungenergie der Dämmstoffe innerhalb von 1,4 bis 6,4 Jahren und beim CO<sub>2</sub> von 2,0 bis 6,4 Jahren erzielt. [Tab. 3] Je besser der Ausgangs-U-Wert, je geringer die Einsparung aber desto geringer auch die Dämmdicken zur Erzielung des U-Wertes von 0,1 W/(m<sup>2</sup>K).

Auch bei Ausgangs-U-Werten unter 0,45 W/(m<sup>2</sup>K) ist eine CO<sub>2</sub>-Amortisation möglich, jedoch sind in diesen Baujahren besserem Wärmeschutz meist unbelüftete Holzdachkonstruktionen und Betonflachdächer anzutreffen.

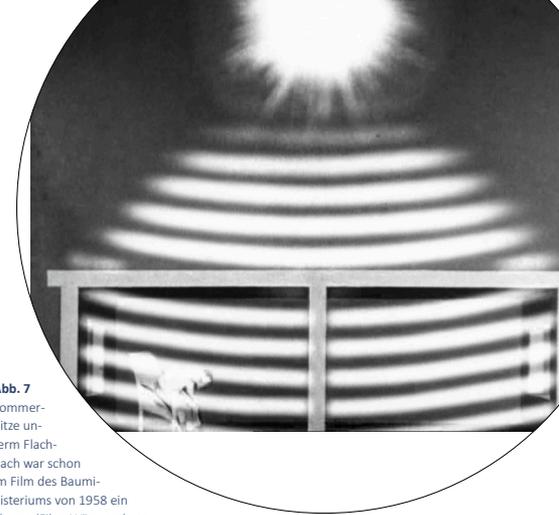
**Vorteil 2:** Bauteilerhaltung geht vor Neubau. Gegenüber Abriss und Neuaufbau eines Steildachs oder Betondachs ist die „Graue Herstellungenergie“ beim „Kombi-Dach“ geringer. [Tabelle 4 auf Seite 6] Die Alternativen weisen höhere Herstellungsprimärenergie- und CO<sub>2</sub>-Aufwände

### Behaglichkeit im Winter

Im Winter stellten sich bei Raumtemperaturen von 20 °C und – 5 °C Außenlufttemperatur im alten Zustand des Daches raumseitige Oberflächentemperaturen der Dachinnenbekleidung von nur 15 °C ein. Sie werden durch die neue Dämmung auf 18,9 °C angehoben, die näher an der Temperatur der menschlichen Hautoberfläche liegt und deshalb als behaglich empfunden wird. Besitzen auch die übrigen Bauteile des Hauses ein solches Wärmeschutzniveau, sinkt die Raumtemperatur im Winter nachts bei abgestellter Heizung kaum mehr ab.

### Sommerhitze unterm Flachdach

Die Sonne bescheint Flachdächer im Sommer ganztägig, die Folge sind Überhitzungen in den Räumen. Demzufolge forderte die DIN 4108 seit 1952 zwar einen erhöhten Wärmeschutz für „leichte Dächer“ unter 300 kg/m<sup>2</sup> Flächengewicht, jedoch entstanden durch zu schwache Anforderungen die 1964 beschriebenen Ergebnisse:



**Abb. 7** Sommerhitze unterm Flachdach war schon im Film des Bauministeriums von 1958 ein Thema (Film „Wärmeschutz aber richtig“ des Bundesministeriums für das Bauwesen, Bonn)

„Im Sommer ergeben sich (...) innenseitige Oberflächentemperaturen von + 28 bis + 32 °. Dies kann sehr lästig werden. Man fühlt sich unter solchen Dächern wie in einem Backofen.“[6] Das Problem löst sich erst optimal bei einem U-Wert von 0,1 W/(m<sup>2</sup>K). Die raumseitige Temperatur der Dachinnenbekleidung bleibt konstant unter 25 °C, unabhängig von den Außentemperaturen und der Solarstrahlung.

	Ausgangs-U-Wert 1,2 W/(m <sup>2</sup> K) üblich bis 1967	Ausgangs-U-Wert 0,80 W/(m <sup>2</sup> K) üblich bis 1977	Ausgangs-U-Wert 0,45 W/(m <sup>2</sup> K) üblich bis 1995
	Amortisation in Jahren		
Herstellungs-Primärenergieaufwand	1,4	2,1	4,1
CO <sub>2</sub> -Herstellungsaufwand	2,0	3,1	6,4

Angesetzt wurden die Emissionsdaten des deutschen Energieträgermix Raumheizung 2021.[7]

**Tabelle 3:** Ergebnisse der Lebenszyklusbilanz für Herstellungsprimärenergie und CO<sub>2</sub>-Aufwand bei unterschiedlichen Ausgangs-U-Werten des Altdaches

im Lebenszyklus auf. Ein Steildachaufbau muss durch das örtliche Baurecht zugelassen sein. Die Vermeidung von Abriss und Neubau tritt als ökologische Gutschrift zur Amortisation des Herstellungsaufwandes durch die Heizenergieeinsparung hinzu. Ökologie trifft Ökonomie: Die Erhaltung der Konstruktion spart Baukosten.

**Vorteil 3:** Der Dachaufbau schöpft mit einem U-Wert von 0,1 W/(m<sup>2</sup>K) das Energiesparpotenzial des Daches völlig aus und ermöglicht damit einen effizienten Einsatz erneuerbarer Energien in der Gebäudeheizung. Bei der künftigen Nutzung von Windstrom über Elektrowärmepumpen zur

Raumheizung, verteuern die zur Deckung eines vermeidbaren Heizenergieverbrauchs erforderlichen Windräder das neue Stromversorgungssystem enorm. Sind alle Bauteile des Hauses auf dem Dämmniveau des „Kombi-Daches“, ist ein Heizungsspeicher verzichtbar, da das Haus auch einige Tage ohne Heizung warm bleibt. So lassen sich Hochpreisphasen bei den künftigen zeitvariablen Stromtarifen überbrücken. Die Dämmung verkürzt die Heizperiode zudem auf unter 100 Tage pro Jahr und ermöglicht ein kleineres Wärmepumpenaggregat.

Gutschrift durch	Herstellungs-Primärenergie [kWh/m <sup>2</sup> ]	CO <sub>2</sub> -Emissionen Lebensweg [kg CO <sub>2</sub> äquiv./m <sup>2</sup> ]
Vermeidung: Steildachaufbau mit OG-Deckendämmung	147*)	44/(87)**)
Vermeidung: Abriss und Neuaufbau des Flachdachs mit Dämmung und diffusionshemmender Schicht	320	89
Vermeidung: Abriss des Flachdachs und Neuaufbau in Stahlbeton mit Umkehrdach XPS	578	122
Herstellungs-Primärenergie Kombidach U = 0,1 W/(m <sup>2</sup> K)	142	65

\*) Ohne Erdarbeiten und Erdverrohrung für neuen Regenwasserabfluss \*\*) Im Klammerwert wurde die im deutschen ökobaudat-Datensatz enthaltene CO<sub>2</sub>-Gutschrift und in der Hauptsache den Bereichen A1-A3 entstammt, auf null gesetzt, da das beim Holzwachstum gebundenen CO<sub>2</sub> bei der End-of-Life-Behandlung wieder an die Atmosphäre abgegeben wird und es sich beim Holzwachstum ohnehin um einen Bestandteil des natürlichen Kohlenstoffkreislauf handelt. Kopplungsprozesse und Verdrängung anderer Energieträger gelten weiter. Würde der geringere CO<sub>2</sub>-Wert von 44 kg als Entscheidungsmaßstab herangezogen, wäre der Steildachaufbau trotz erhöhtem Ressourceneinsatz die führende Lösung, ein deutlicher Hinweis auf die Grenzen des CO<sub>2</sub>-Maßstabes für Planungsentscheidungen. Auch die Knappheit des Holzes wurde nicht berücksichtigt.

**Tabelle 4:** Gutschriften für vermiedenen Mehraufwand für alternative Handlungsmöglichkeiten

## Wirtschaftlichkeit im Einzelfall

Die Wirtschaftlichkeit ist auf Basis des konkreten Heizenergieverbrauches im jeweiligen Fall zu bestimmen. Bei jährlichen Heizenergieeinsparungen zwischen 30 bis 100 kWh/m<sup>2</sup> läßt sich ein Kapitalrückfluss für den Aufwand der Dämmung erzielen, den eine Studie des FIW München mit 6-13 Jahren beziffert. [8] Die Massnahme ist mit U-Werten um 0,1-0,14 W/(m<sup>2</sup>K) förderfähig. Der staatliche Zuschuss für Einzelmaßnahmen (BAFA) liegt 2023 bei 30 %.

## Fazit

Das „Kombi-Dach“ aus Einblasdämmung und XPS-Umkehrdach bietet eine gute Lösung zur Erhaltung des Sachwerts alter Dächer und zur Erhöhung ihrer Feuchtesicherheit nach dem Prinzip „warm und trocken“. Mit einem U-Wert um 0,1 (W/m<sup>2</sup>K) wird das physikalische Optimum erreicht. Die ökologische Qualität des Aufbaus ist durch Heizenergieeinsparung und Wertenutzung aller Komponenten des Altdaches optimal. Bei der ganzjährig hohen Behaglichkeit sticht der sommerliche Hitzeschutz hervor. Das „Kombi-Dach“ verbindet diese Qualitätsmerkmale mit einer langen Lebensdauer.

## Impressum

© Fachverband Einblasdämmung  
Geschäftsführer: Arnold Drewer  
Mönchebreite 16  
33102 Paderborn  
Stand: 2023  
a.drewer@fved.net  
www.fved.net

## Die Vorteile des „Kombi-Daches“

- Die gesamte Dachkonstruktion bleibt erhalten, das spart Baumaterial, Bauaufwand und Baukosten.
- Die Dämmung schützt die Dachhaut vor der Witterung, ihre Lebensdauer verlängert sich.
- Feuchterisiken werden beseitigt, der Dachaufbau bleibt in der Heizperiode warm und trocken.
- Die Konstruktion ermöglicht einen hohen Wärmeschutz, die Heizkosten sinken.
- Sommerhitze unterm Dach verschwindet und die Wohnbehaglichkeit in der Heizperiode ist optimal.
- Der Aufwand amortisiert sich in wenigen Jahren durch Energieeinsparung und sinkende Emissionen aus der Gebäudeheizung sowie bei der Herstellungsenergie- und dessen CO<sub>2</sub>-Aufwand.
- Das Haus bleibt während des Umbaus bewohnbar.
- Die Qualität des neuen Dachs entspricht dem Bundesenergiegesetz und ist nach BEG förderfähig.

## Endnoten

- [1] Karl Moritz, Flachdachhandbuch, Wiesbaden 1964  
 [2] BMBau (Hrsg.), Praxisinformation Energieeinsparung, Bonn 1983  
 [3] Swedish Council for Building Research, Energy Answer '87, Stockholm 1988; Swedish Council for Building Research, Energy Answer '87, Stockholm 1988  
 [4] M. Mohrmann, Flach geneigte Flachdächer nach aktuellen Normen, in: Aachener Bausachverständigentage 2016, Wiesbaden 2016; Robert Borsch-Laaks, Durchströmung von Dämmschichten, in: euz, 8. EffizienzTagung Bauen + Modernisieren, Hannover 2016; Markus Zumoberhaus: Sind Schweizer Holzdächer anders? Erfahrungen mit der feuchtetechnischen Dimensionierung unbelüfteter Flachdächer, in: AKÖH – Arbeitskreis Ökologischer Holzbau e. V. (Hg.): Holzschutz und Bauphysik. Tagungsband des 2. Internationalen Holz (Bau) Physik- Kongresses, Leipzig 2011  
 [5] Prof. Matthias Zöllner, Unbelüftete Flachdächer aus Holz, Risiken und Nebenwirkungen, in euz, 8. EffizienzTagung Bauen + Modernisieren, Hannover 2016 ; Prof. Rainer Oswald, u.a., Zuverlässigkeit von Holzdachkonstruktionen ohne Unterlüftung der Abdichtungs- oder Decklage, IRB-Verlag Stuttgart 2015; Jochen Zeller, Luftdichtheitsanforderungen an Materialien, euz, 7<sup>th</sup> International BUILDAIR-Symposium, Stuttgart 2012; Robert Borsch Laaks, Zur Baupraxis von Niedrigenergiehäusern – Luftdichtheit, EUZ-Baufachtagung Springe-Eldagsen 1991; Daniel Kehl, Luftdurchlässigkeit von OSB-Platten, in: Neue Quadriga-Holzbau, Heft 5, 2015; Robert Borsch-Laaks, Tauwasserschutz im Holzbau, in Quadriga  
 [6] Karl Moritz, ebenda  
 [7] Bayrische Landesanstalt für Umwelt, Augsburg Emissionsfaktoren für Energieträger 2021  
 [8] Forschungsinstitut für Wärmeschutz, Wirtschaftlichkeit von Wärmedämmmaßnahmen, München 2015