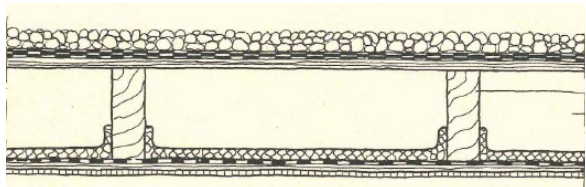
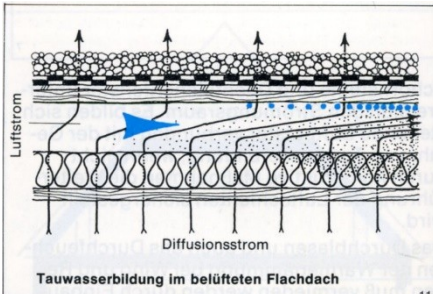


Belüftetes Flachdach im Altbau - sicher sanieren

Rund 1,6 Millionen Wohngebäude in Deutschland wurden mit Flachdach errichtet. In den USA schon länger als Bauart etabliert, fasste sie hierzulande erst nach 1950 richtig Fuß und eroberte sich schnell einen Platz vor allem bei Reihenhäusern und Bungalows. Ähnlich wie das Steildach bestehen viele Flachdächer aus belüfteten Holzbalckenkonstruktionen, die ursprünglich treffend als „Kaltdach“ bezeichnet wurden.

Das doppelt abgedichtete 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 Belüftungsraum fehlt der Auftrieb und die Belüftung funktionierte nicht verlässlich, wie das Flachdachhandbuch 1961 und spätere Veröffentlichungen von BMBau und schwedischer Bauforschung immer wieder zeigten [Abb. 2].² Die Lehre damals: Belüftete Flachdachkonstruktionen benötigen raumseitig eine „Dampfbremse“, heute als „diffusionshemmende Schicht“ bezeichnet, die DIN 4108 definierte ihren S_d -Wert mit ≥ 10 Metern. Zur Diskussion der Wasserdampfdiffusion trat in den 1990ziger Jahren die Debatte um den luftdichten Dachaufbau hinzu. Sie führte, an die neuen Energiesparstandards des Niedrigenergie- und Passivhauses im Neubau gekoppelt, zu vollgedämmten doppelt gedichteten hölzernen Flachdächern ohne Belüftung, die mal mit und meist ohne nachgewiesener „Trocknungsreserve“ errichtet wurden. Nach wie vor verblieb die Dämmung zwischen den Deckenbalken und leistete dadurch einer Auskühlung der oberen Dachhälfte in der Heizperiode Vorschub, die in der hiesigen Diskussion erst spät einen Stellenwert bekam. Für den schwedischen Holzbau resümierte hingegen 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 Die laufenden Schadensfälle in deutschen Neubaufachdächern in Holzbauweise ließen die Diskussionen nicht abreißen. Auf der Suche nach zielführenden Antworten kam man auf die schwedische Lösung zurück. 2016 wurde auf den Aachener Bausachverständigentagen die äußere Wärmedämmung auf dem Dach als Feuchteschäden verhindernde Maßnahme beschrieben: „Die obere Dämmschicht ist so zu dimensionieren, dass die darunter liegende Holzschalung ausreichend warm und damit trocken bleibt.“⁴

Die Lösung der Außendämmung des Flachdaches gilt nicht nur für den Neubau sondern auch für belüftete Flachdächer im Altbau. Deren Modernisierung kann zur Verbesserung des Wärmeschutzes, Erhöhung der Behaglichkeit sowie Einsparung von Heizenergie und CO₂ erheblich beitragen. Um eine optimale Qualität zu erreichen, ist der Umgang mit dem Belüftungsraum im Altbau-Flachdach von entscheidender Bedeutung. Bleibt er erhalten, sind nur geringfügige Verbesserungen des Wärmeschutzes möglich und die Anforderungen des GEG bleiben unerfüllt. Weitaus effektiver ist es, die in dieser belüfteten Konstruktion steckenden Risiken zu beseitigen. Basierend auf dem Wissen über die Schwächen dieses Kaltdachaufbaus, kristallisierte sich eine Methode heraus, die durch Umwandlung des Kaltdaches in ein „Kombi-Dach“ den erwähnten Zielen einer optimalen Modernisierung gerecht wird.

	
<p>Abb.1 Aufbau des belüfteten Flachdachs Bild: RKW, k-Werte alter Bauteile, Eschborn 1983</p>	<p>Abb.2 Tauwassergefahren im Belüftungsraum Bild: BMBau (Hrsg.), Praxisinformation Energieeinsparung, Bonn 1983</p>

Vom „Kaltdach“ zum „Kombi-Dach“

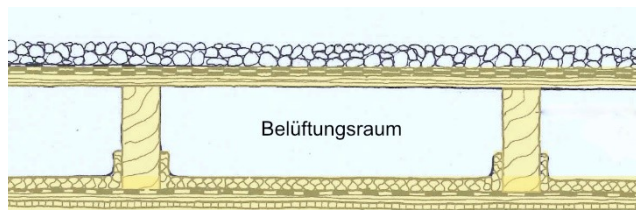
Die Lösung liegt in einer Kombination von Dämmung auf der alten Dachhaut und Füllung des Belüftungsraumes mit Einblasdämmstoff. Das entstandene „Kombi-Dach“ hält in der Heizperiode das gesamte Bauteil warm. Da warme Wasserdampfmoleküle nicht kondensieren (Dipolwirkung), ist das Problem der die Konstruktion angreifenden Feuchte mit dieser Maßnahme behoben. Mit einem nun möglichen U-Wert von $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ist das Optimum des Wärmeschutzes als auch der Behaglichkeit erreichbar. Das GEG wird eingehalten und Fördermittel können ab $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ beantragt werden.

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: Bei den Kosten, der Herstellungsenergie- und dem CO_2 -Aufwand.
- Das Haus bleibt während des Umbaus bewohnbar.
- Die Qualität des neuen Dachs entspricht dem Bundesenergiegesetz und ist nach BEG förderfähig.

Aufbau und Vorteile im Detail

Die vorhandene schadensfreie Dachkonstruktion wird beim „Kombi-Dach“ komplett erhalten. Weiter nutzbare



Komponenten sind in Abb. 3 gelb gekennzeichnet. Dazu gehören die Dachhaut, die darunter liegende Holzschalung, die Dachbalken, die zwischenliegende alte Wärmedämmung sowie die Deckenbekleidung inklusive der „diffusionshemmenden Schicht“ unter den Balken. So reduzieren sich die Umbaukosten, die Menge der benötigten neuen Baustoffe incl. der in ihnen stecken-

den „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 (Kennzeichnung DUK). Extrudierte Polystyrol-Dämmstoffe (XPS) haben als einzige eine Zulassung für das Umkehrdach und weisen eine gute Dämmwirkung von $0,033$ bis $0,037 \text{ W}/(\text{mK})$ 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 bleibt schadensfrei, gleichwohl wird dies durch ein diffusionsoffenes Kunststofffaservlies 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 Einbeziehung 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 $+70 \text{ °C}$ 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.

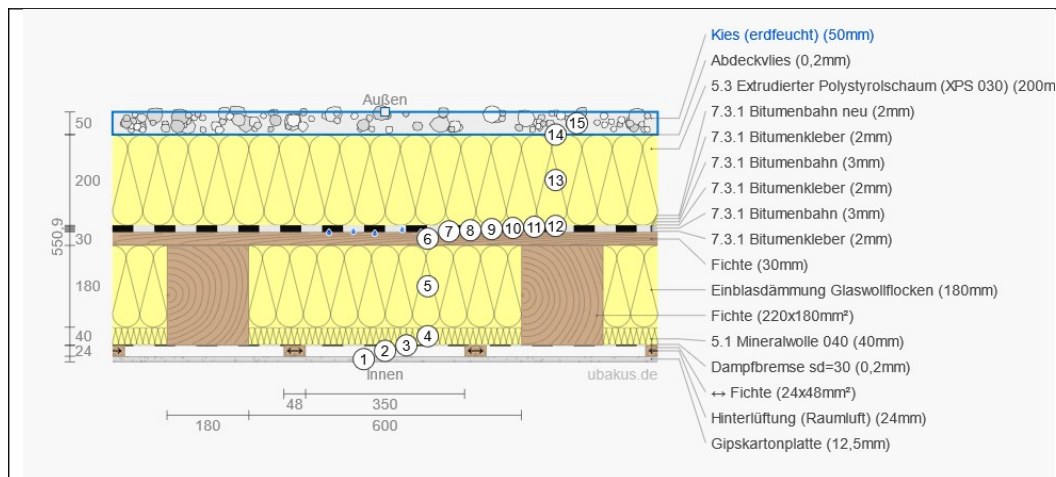


Bild 2: Prinzipskizze „Kombi-Dach“ mit optimalem Aufbau. Grafik: ubakus Ein Abdruck erfordert ubakus-Abbo

Einblasdämmung in den Belüftungsraum

Die Einblasdämmung in den Belüftungsraum schafft zusammen mit dem Umkehrdach den erforderlichen optimalen Wärmeschutz, die vorhandene Dämmung bleibt erhalten. 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 Raumlufte 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 von Wasserdampf im Einblasdämmstoff scheitert am Wärmeschutz des Umkehrdaches. Auch bei -5 ° Celsius Außentemperatur herrschen im gedämmten Belüftungsraum Temperaturen um 15 °C, so dass kein Kondensat entsteht. Der Fachbetrieb für Einblasdämmung kontrolliert 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 entweder 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 cm Höhe auch die Dämmschicht des Umkehrdaches überdecken muss. Diese Höhe wirkt auch bei eingeschossigen Gebäuden nicht erdrückend und kann durch Farbgestaltung dem Gebäude angepasst werden.

Bei einem Ausgangs-U-Wert von 0,83 W/(m²K) führte eine alleinige Verfüllung des Belüftungsraums, bei 10-18 cm Einblasdämmstoff plus 4 cm vorhandenen Altdämmstoff, nur zu einem U-Wert zwischen 0,23 bis 0,31 W/(m²K). Das genügt nicht der gesetzlichen Anforderung von 0,20 W/(m²K) für den Erneuerungsfall. Im Sommer kann die raumseitige Dachdecke trotz der Zusatzdämmung noch bis zu 28 °C heiß werden.

Weiternutzung der inneren „Dampfbremse“

Die „Dampfbremse“ heißt heute „diffusionshemmende Schicht“ und ist flächig unter den Balken befestigt. Diese Folie aus Aluminium oder Polyethylen hält aus dem Hausinnern nach oben diffundierenden Wasserdampf und strömende feuchtwarme Luft aus 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 ausgebessert werden.

Die Innendecke

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.

Der Feuchtehaushalt des „Kombi-Daches“

Der Feuchtehaushalt des „Kombi-Daches“ wird durch die äußere Wärmedämmung und die Abstimmung von Luftströmungen in der Dachkonstruktion positiv verändert. Das Dach bleibt warm und trocken. Feuchtwarme Luft im ehemaligen Belüftungsraum stellt kein Problem mehr da. Die Wasserdampfmoleküle in der Luft bleiben energiegeladen und damit dampfförmig und kondensieren nicht mehr an den Holzbauteilen. Tabelle 1 zeigt die feuchtetechnischen Verhältnisse verschiedener nach DIN 4108-3 berechneter Varianten. 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 3300 Gramm Tauwasser pro m² und Tauperiode sowie eine Holzauffeuchtung um 24,2 Masse-%, eine deutliche Überschreitung der zulässigen 500 Gramm pro m² bzw. 5 Masse-%. In Variante 6 verhindert das Umkehrdach mit 20 cm Dämmung diese massive Auffeuchtung, obwohl keine diffusionshemmende Schicht eingebaut ist. Im warmen Dach bleibt die rechnerische Tauwassermenge mit nur 260 Gramm pro m² 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 führen also bei einer warmen Dachkonstruktion nicht zu einem schädlichen Tauwasserausfall.

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 nur geringe Tauwassermengen um 37 Gramm pro m² 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 Feuchtebelastung von 11 bzw. 3,5 Gramm pro m² 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.

Tabelle 1: Feuchtetechnische Werte des Kombidaches im Vergleich mit Flachdach ohne äußere Dämmung

	U-Wert [W/(m ² K)] nach DIN EN 6946	Diffusi- onsmen- ge [g/m ²]	Trocknungs- dauer Tage [d] Masse-%	Trock- nungsre- serve ¹⁾ [g/m ² *a]	Sommer Spitztempe- ratur der Dach- decke innen [°C]	Winter Temperatur der Dachde- cke innen ^{****)} [°C]
1 Nur Einblasdämmung: 10 cm + 4 cm vorhandene Dämmung	0,31	37	123 d mangelhaft Holzauffeuchtung ^{***)} + 0,3 M-%	0	28	16,7
2 Nur Einblasdämmung: 18 + 4 cm vorhandene Dämmung	0,23	37	124 d mangelhaft Holzauffeuchtung ^{***)} + 0,3 M-%	0	26,5	17,5
3 Wie Zeile 2, jedoch ohne diffusi- onshemmende Schicht	0,23	3300 ¹⁾	133 d mangelhaft Holzauffeuchtung ^{***)} 24,2 M-%	0	26,5	17,5
4 Umkehrdach 14 cm XPS-Däm- mung + Einblasdämmung 10 + 4 cm vorhandene Dämmung	0,12	11	41 d gut Holzauffeuchtung ^{***)} + 0,1 M-%	14	25	18,7
5 Umkehrdach 20 cm XPS-Däm- mung + Einblasdämmung 18 + 4 cm vorhandene Dämmung	0,10	3,5	13 d gut Holzauffeuchtung ^{***)} 0 M-%	22	24,5	18,9
6 Wie Zeile 5, jedoch ohne diffusi- onshemmende Schicht	0,10	260 ¹⁾	13 d gut Holzauffeuchtung ^{***)} + 1,9 M-%	1534	24,5	18,9

¹⁾ Die Trocknungsreserve von 250 Gramm/m²*Jahr 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; **) Zulässig bei Holzkonstruktionen 500 g/m² und Tauperiode; ***) Grenzwert DIN 4108 für Auffeuchtung Holzbauteile 5 M-%. ****) Oberflächentemperatur der Dachinnenbekleidung im Urzustand mit Belüftungsraum bei -5°C Außentemperatur: 15 °C

Das Kriterium der „Trocknungsreserve“ nach DIN 68800 ist für Umkehrdächer im Altbau nicht geeignet. Risiken einer zu hohen Holzfeuchte oder mangelnde Austrocknung durch Verschattung sowie die höhere Feuchtebelastung auf Nordseiten von Steildächern existieren nicht. Auch im Holzbau sieht man das Umkehrdach zunehmend als feuch-tetechnische Lösung für Flachdächer.

Material	Dicke [m]	Wärmeleitfähigkeit [W/(mK)]	Diffusionswiderstand [μ -Wert]
Kies	0,05	-	-
Schutzvlies	0,002	0,16	150
Umkehrdach XPS-Dämmung	0,20	0,036	250
Dachhaut 2-lagig, Kleber	0,008	0,17	20000
Dachhaut neue Schicht	0,003	0,17	60000
Rauspund	0,03	0,13	20
Glasfaserflocken	0,	0,035	1
Alte Dämmung Glaswolle	0,04	0,04	1
Diffusionshemmende Schicht	0,0002	200	150000
Gipskartonplatte	0,0125	0,25	4
Ökobilanzdaten: Ökobaudat			

Sommerhitze unterm Flachdach

Die Sonne bescheint Flachdächer im Sommer ganztägig, die Folge sind Überhitzungen in den Räumen. Demzufolge forderte die DIN 4108 seit 1952 einen erhöhten Wärmeschutz für „leichte Dächer“ unter 300 kg/m² Flächengewicht, jedoch entstanden durch zu schwache Anforderungen die 1964 beschriebenen Ergebnisse: „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/(m²K). Die raumseitige Temperatur der Dachinnenbekleidung bleibt konstant unter 25 °C, unabhängig von den Außentemperaturen und der Solarstrahlung.

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 ° Celsius angehoben, die näher an der menschlichen Hautoberflächentemperatur liegt und 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.

Dreifacher Vorteil durch Klimaschutz

Das „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 0,3 W/(m²K) wird eine Amortisation der Herstellungenergie der Dämmstoffe innerhalb von 1,4 bis 6,4 Jahren und beim CO₂ von 2,0 bis 6,4 Jahren erzielt. 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/(m²K).

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

Angesetzt wurden die Emissionsdaten des deutschen Energieträgermix Raumheizung 2021.⁷

Auch bei Ausgangs-U-Werten unter 0,45 W/(m²K) ist eine CO₂-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 Bondachs ist die „Graue Herstellungsenergie“ beim „Kombi-Dach“ geringer. Die Alternativen weisen höhere Herstellungsprimärenergie- und CO₂-Aufwände 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.

Tabelle 4: Gutschriften für vermiedenen Mehraufwand für alternative Handlungsmöglichkeiten

Gutschrift durch	Herstellung-Primärenergie [kWh/m ²]	CO ₂ -Emissionen Lebensweg [kg CO ₂ _{äquiv./m²]}
Vermeidung: Steildachaufbau mit OG-Deckendämmung	147 ¹⁾	44 (78) ¹⁾
Vermeidung: Abriss und Neuaufbau des Flachdachs mit Dämmung und diffusionshemmender Schicht	320	89
Vermeidung: Abriss des Daches und Neuaufbau in Stahlbeton mit Umkehrdach aus XPS	578	122
Herstellungsprimärenergie Kombidach U = 0,1 W/(m ² K)	142	65

¹⁾ Ohne Erdarbeiten und Erdverrohrung für neuen Regenwasserabfluss ^{**) Im Klammerwert wurde die im deutschen ökobaudat-Datensatz enthaltene CO₂-Gutschrift und in der Hauptsache den Bereichen A1-A3 entstammt, auf null gesetzt, da das beim Holzwachstum gebundene CO₂ bei der End-of-Life-Behandlung wieder an die Atmosphäre abgegeben wird. Koppelungsprozesse und Verdrängung anderer Energieträger gelten weiter. Würde der geringere CO₂-Wert von 44 kg als Entscheidungsmaßstab herangezogen, wäre der Steildachaufbau trotz erhöhtem Ressourceneinsatz die führende Lösung, ein deutlicher Hinweis auf die Grenzen des CO₂-Maßstabes für Planungsentscheidungen, zumal die Knappheit des Holzes nicht berücksichtigt ist.}

Vorteil 3: Der Dachaufbau schöpft mit einem U-Wert von 0,1 W/(m²K) 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.

Wirtschaftlichkeit im Einzelfall



Die Wirtschaftlichkeit bestimmt auf Basis des konkreten Heizenergieverbrauches im jeweiligen Fall ein Energieberater. Bei jährlichen Heizenergieeinsparungen zwischen 30 bis 100 kWh/m² läßt sich ein Kapitalrückfluss für den Aufwand der Dämmung erzielen, den eine Studie des FIW München mit 6-13 Jahren beziffert.⁸ Das Dach ist mit U-Werten um 0,1-0,14 W/(m²K) förderfähig. Die gesamten förderbaren Kosten werden durch einen staatlichen Zuschuss für Einzelmaßnahmen (BAFA) um 25 % reduziert.

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/m²K) wird das physikalische Optimum erreicht, weitere Modernisierungen entfallen. Die ökologische Qualität des Daches ist durch Heizenergieeinsparung und Weiternutzung aller Komponenten des Altdaches sehr gut. Bei der ganzjährig hohen Behaglichkeit sticht der hochwertige sommerliche Hitzeschutz hervor. Das „Kombi-Dach“ verfügt mit diesen Qualitätsmerkmalen über eine lange Lebensdauer.

Bilder-Angebot

<p>Tauwasserbildung im belüfteten Flachdach</p>		
<p>Tauwassergefahren im belüfteten Flachdach, Bild: BMBau Schriftenreihe 04.093, Bonn 1983</p>	<p>Prinzipische Skizze Belüftetes Flachdach der 1960ziger Jahre mit Belüftungsraum, Bild: RKW k-Werte alter Bauteile, Eschborn 1983</p>	<p>Querschnitt des Kombi-Daches: Skizze ist anzufertigen, hier ubakus-Graphik setzt Abbo voraus</p>

		
<p>Vergangenheit - Abtaulfläche auf Flachdach, Bild: Energieinstitut Hessen</p>	<p>Umkehrdach in der Ausführung, Bild: FV XPS</p>	<p>Einblasdämmung wird vom Dachrand vorgenommen, Bild: Peter Ludolf DACHFIT.DE</p>
		
<p>Staatsbibliothek Berlin – Umkehrdächer findet man auch dort, wo man sie nicht vermutet. Bild: FV Extruderschäum</p>	<p>Reihenhausanlage mit Flachdach aus den siebziger Jahren, Bild: Energieinstitut Hessen</p>	<p>Kleine Belüftungsöffnungen mit Gittern erschweren Lufteintritt, Energieinstitut Hessen</p>

- 1 Karl Moritz, Flachdachhandbuch, Wiesbaden 1964
- 2 BMBau (Hrsg.), Praxisinformation Energieeinsparung, Bonn 1983; Swedish Council for Building Research, Energy Answer `87, Stockholm 1988
- 3 "Can roof spaces and roofs be insulated without causing condensation problems?" in: Swedish Council for Building Research, Energy Answer `87, Stockholm 1988
- 4 M. Mohrmann, Sachverständiger für Schäden an Holzkonstruktionen, Flachgeneigte 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 (holzbauphysik-kongress.eu), S. 95ff.
- 5 Prof. Matthias Zöller, 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, 7th 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 <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/kapitel-4-der-zeitgenoessische-holzbau/tauwasserschutz-im-holzbau> ;
- 6 Karl Moritz, Flachdachhandbuch, Wiesbaden 1964
- 7 Bayerische Landesanstalt für Umwelt, Augsburg Emissionsfaktoren für Energieträger, fortlaufend aktualisierte EXCEL-Datei April 2021
- 8 Forschungsinstitut für Wärmeschutz FIW, Wirtschaftlichkeit von Wärmedämmmaßnahmen, München 2015