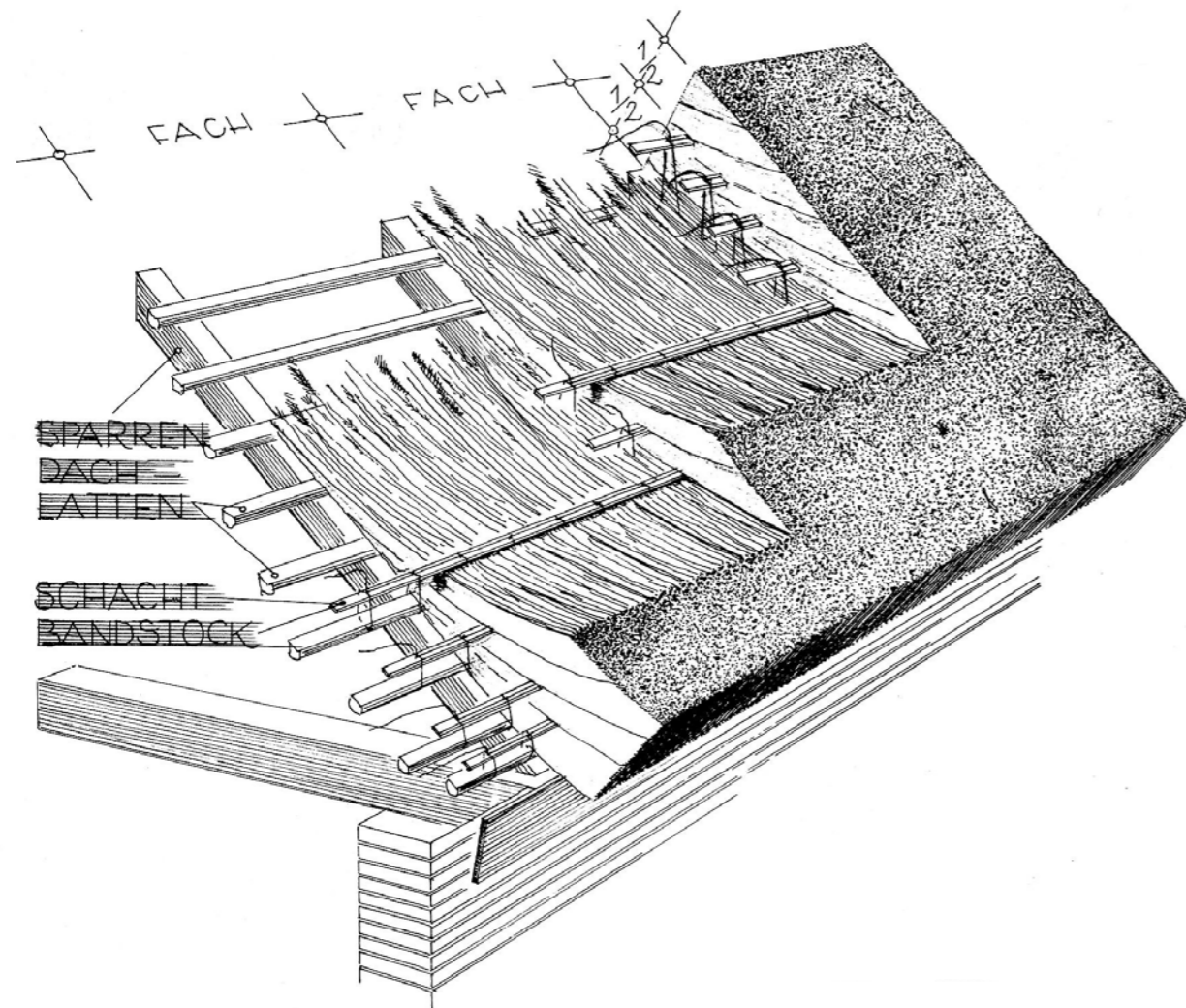


Historischer Wärmeschutz: Das Steildach





Der Wandel der Dächer

Abb. 1 Reed ist Schilfrohr und gehört ebenso wie Stroh zu den sogenannten „weichen Bedachungen“, die in Dicken von 30 bis 40 cm noch bis vor hundert Jahren zur Eindeckung von Dächern üblich waren. Mit großen Schilffasern ($\lambda = 0,14 \text{ W/(mK)}$) ergeben sich bei solchen Dächern U-Werte um $0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, bei feinerem Stroh sogar $0,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ – ein Wert, der erst im 21. Jahrhundert wieder erreicht wurde. In Dachräumen unter Reed-gedeckten Häusern wird das Raumklima in der Literatur übrigens stets gelobt. Wichtig: Das Reed sollte frei von Luft umspült werden. Nachteilig sind die Gefahr der Verrottung, die Feuchteempfindlichkeit, das nicht vermeidbare Ungeziefer und vor allem die Brennbarkeit – was letztlich der „harten Bedachung“ zum entscheidenden Vorteil gereichte.

Am Anfang war das Dach. Bauen begann hierzulande mit dem Windschirm, der sich zum Steildach über einer Erdgrube entwickelte. Der Weg vom primitiven Witterungsschutz, dem sprichwörtlichen Dach überm Kopf, hin zur luftdichten und gedämmten Dachkonstruktion verbesserte Schritt für Schritt den Komfort. Die zugige Dachkemenate gehört längst der Vergangenheit an – neue Materialien und Bauweisen haben die Naturbaustoffe längst verdrängt, um besseren Qualitäten des Schall-, Wärme- und Brandschutzes zu genügen. Der Blick zurück auf die konstruktive und bauphysikalische Entwicklung des Steildaches verdeutlicht das Schutzprinzip dieses Bauteils und ist eine wichtige Voraussetzung, um die Substanz alter Dächer im Bestand bewerten zu können.

Werner Eicke-Hennig

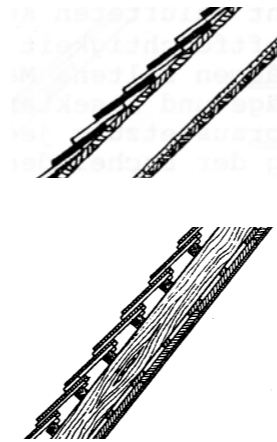


Abb. 2 Dieser „worst-case“ einer mehr als hundert Jahre alten belüfteten Dachkonstruktion kommt auf einen U-Wert um $3,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Hier dämmen vor allem die Wärmeübergangswiderstände des Aufbaus aus Asbestschiefer, Bitumenpappe, Schalung, ungedämmten Sparrengefachen (Luft), Strohmatte, Putz und innerer Bretterbekleidung. Das hier gezeigte Schieferdach mit Vordeckung bewirkt einen inneren Windschutz, dämmt aber nur marginal – trotzdem sind solche Konstruktionen bis heute unter Ziegeleindeckungen zu finden. Klare Hinweise darauf geben backofenähnliche Zustände in den Dachwohnungen im Sommer und kühlstrahlgleiche Temperaturen im Winter.

Abb. 3 Das Dämmen zwischen oder unterhalb des Sparrens kennt man schon seit dem 19. Jahrhundert – bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs begnügte man sich mit wenigen Zentimetern. Beliebte waren drei bis vier Zentimeter dünne Torfplatten, die am Ende dem Dach einen U-Wert von $1,3$ bis $1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ bescheinigen. Produziert hat solche Torfplatten beispielsweise der Zementhersteller Dyckerhoff unter dem Markennamen „Torfoleum“. Innenseitig verputzt, sind solche Dächer sogar luftdicht. Anlass zur Herstellung solcher Dämmplatten gab die Kohlennot nach dem Ersten Weltkrieg, zusätzlich befördert durch die in Mode kommende Betonbauweise, die das Wohnen in den Häusern winters ohne Heizung fast unmöglich machte.

Die Bedachungen frühzeitiger Behausungen setzte sich aus den Naturmaterialien zusammen, die im Umkreis zu finden waren: Äste, Zweige, Baumstämme, Grassoden, Schilf und Laub waren das Konstruktions- und Eindeckungsmaterial der Frühzeit. Aus den Erdgruben formten sich im Lauf der Zeit ebenerdig zugängliche Häuser mit Umfassungswänden, gekrönt von Sparren- und Pfettendächern. Weiterhin dominierte zunächst die „weiche Bedachung“ aus natürlichem Eindeckmaterial, das gleichermaßen dem Regen-, Wind- und Wärmeschutz diente. Grassoden oder Torf ergaben einen eher ungünstigen Wärmeschutz, hingegen 30 bis 40 cm Reed oder Stroh schon einen veritablen U-Wert von $0,4$ - $0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Weiche Bedachung ohne Wärmeschutz

In ländlichen Gebieten dominierte die weiche Bedachung (Abb. 1) bis 1800 als Eindeckungsmaterial. Bei den Frühformen der Wohnhäuser, den Einraumhütten, schloss der Wohnraum auch den Dachraum ein, zum Beispiel im norddeutschen Hallenhaus. Die Abtrennung des Dachraumes durch eine Geschossdecke begann allmählich ab dem 10. bis 12. Jahrhundert in den nun aufblühenden Kleinstädten. In denen wuchsen Stockwerkbauten wegen der durch die Wehrmauern bedingten

Bodenknappheit in die Höhe. Über dem Wohnraum entstand ein Söller, ein kleiner Dachboden als Stapelraum für häusliche Vorräte. Die Dächer im Mittelalter sind häufig mehrstöckig und steil geneigt, um auf minimalem Grund möglichst viel Stau- und Wohnraum zu schaffen. Den Wärmeschutz brachte die Obergeschossdecke mit ihrer Lehm- oder Sandschüttung, die Sparren blieben innenseitig ohne Bekleidung, so dass die Unterseite der Eindeckung stets zu sehen war.

Unwirtliche Dachwohnungen

Wohnen unterm Dach begann mit den Städtegründungen ab dem 11. Jahrhundert – erst zögerlich und mit einem miserablen Wärmeschutz. Noch acht Jahrhunderte später verzeichnete 1929 die erste DIN 4701 (Heizanlagen-Norm) beim Steildach, dessen Eindeckung zwar schon aus Tondachziegeln besteht aber noch immer keinerlei innere Bekleidung aufweist, einen U-Wert um $5,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Der gesamte Sparrenzwischenraum lag frei, Dämmung fehlte. Solche kalten und zugigen Räume waren dem sogenannten Gesinde vorbehalten. Auch heute trifft man bei Altbauten noch solche Dächer an, mittlerweile um einen Innenputz auf Spalierlattung oder um Schilfrohrergewebe ergänzt, was den U-Wert immerhin auf $3,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ halbiert hat (Abb. 2). Mit der Einbeziehung der Dachräume zu Wohnzwecken, etwa

Mindestwärmeschutz DIN 4108, umgerechnet als U-Wert-Anforderungen in $\text{W/(m}^2\text{K)}$								
1949	1952	1960	1967	1974	1981	2001	2003	
1,19/1,01/ 0,89/0,78 ¹⁾	1,3/1,3/1,3	1,3 ²⁾	0,78	0,58	0,76	0,90	0,71	Steildächer gegen Außenluft
1,19/1,01/ 0,89/0,78 ¹⁾	1,47	1,47	1,18	0,83	0,90	0,90	0,90	Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen; Kehlbalkenlagen

¹⁾ für die Wärmedämmgebiete I, II, IV, Karte siehe DIN 4108 von 1952. I = Küstengebiete, II bezeichnet den größten Teil Deutschlands, III = kältere Gebiete wie Harz, Bayr. Wald, Schwäb. Alb; IV wurde in die Endnorm 1952 nicht aufgenommen (Ostpreußen). Für leichte Dächer unter 100 kg/m^2 gelten leicht erhöhte Anforderungen (Tabelle 4 der DIN 4108-2).
²⁾ gilt für alle drei Dämmgebiete gleich.

Abb. 4 Anforderungen der DIN 4108 an den hygienischen Wärmeschutz von Steildächern 1949 - 2003



Abb. 5 Die sogenannte Wickelstakung findet man bereits in den Decken der Fachwerkhäuser um 1500 - und als Wärmeschutz im Dach bis zum Zweiten Weltkrieg gang und gäbe. Sie war teuer, unbeliebt bei der Ausführung und füllte die halbe oder ganze Sparrenhöhe aus. Wahlweise hat man die Stakung unterhalb des Sparrens direkt mit Lehmputz verstrichen oder mit einer Spalierlattung mit Deckenputz raumseitig abgeschlossen. Der erzielbare U-Wert lag bei voll ausgefülltem Sparren mit innerer Holzschalung bei 1,6 W/(m²K); mit 6 cm Wickel und belüftetem Hohlraum darüber sank dieser Wert auf 2,1 W/(m²K).

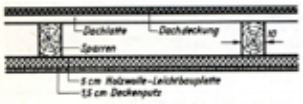


Abb. 6 Zu den Klassikern seit den 1920er Jahren gehört die Holzwolleleichtbauplatte, direkt unter die Sparren genagelt - sehr beliebt, weil Putzträger und Wärmeschutz in einem Bauteil. Eine 35 mm dicke Platte ergab einen U-Wert von 1,7 W/(m²K), mit 50 mm kam man auf 1,2 W/(m²K). Die Wärmeleitfähigkeit der Holzwolleleichtbauplatte hängt von ihrer Dicke ab, weil die Holzwollestruktur keine luftdichte Deckschicht ergibt.



Abb. 7 Die Bimsstein-Ausmauerung (oder: Schwemmstein-Ausrollung) kannte man bis in die 1950er Jahre. Aufgrund seines geringen spezifischen Gewichtes erreicht der Schwemmstein ein λ um 0,25 bis 0,3 W/(mK). Auch hier bildet die Dämmung gleichzeitig die raumseitige Putzträger-schicht. Der U-Wert liegt bei solchen Dächern um 1,5 W/(m²K) - also dem Anforderungswert, den die Bauordnungen seinerzeit in Anlehnung an die 38 cm dicke Vollziegelwand vorgaben.

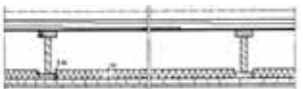


Abb. 8 Noch bis 1984 fand sich diese Steildachkonstruktion bei einem großen Fertighaushersteller: Durch den Einbau einer 50 mm dicken Glaswolle-Dämmung (der sogenannten Randleistenmatte) ergab sich ein U-Wert von 0,7 W/(m²K), mit 70 mm dicker Dämmung (vorzugsweise in der Kehlbalckenlage) immerhin 0,50 W/(m²K). Erst nach der WSV 1984 erhöhten sich die Dämmschichtdicken auf rund 14 cm.

dem Mansarddach bei größeren Gebäuden in den Städten des 16. Jahrhunderts, kommen erstmals Naturmaterialien als Dämmstoff ins Spiel (Abb. 5). Dies war nicht der Liebe zum Naturprodukt geschuldet, sondern dem ökonomischen Entwicklungsstand: Allein schon die Transportprobleme beschränkte die Produktauswahl auf örtlich vorhandenen Baumaterialien: Lehmschlag, Lehmwickel, Gipsdielen, Torfdämmplatten und später ab 1900 die Holzwolleleichtbauplatte und die Bimssteinausmauerung. Diese Materialien übernahmen auch die Funktion des Putzträgers. Ganz nebenbei: Der damalige Nassverputz, auch unter der Dachschräge, ist heute eine willkommene luftdichte Schicht, wenn er noch zu erhalten ist.

Ziegel, Schiefer und Metalle erobern die Dächer

Mit der ab 1850 einsetzenden Industrialisierung beginnt ein bis dahin nicht gekanntes Bevölkerung- und Städte-wachstum. Die Holzbauweise gerät zunehmend in den Hintergrund - man baut nun massiv: Der industriell gebrannte Ziegelstein macht die Massivbauweise zum üblichen Standard. Ganze Dörfer und Städte werden im doppelten Wortsinn „massiv“ umgebaut und erweitert. Das Steildach ficht das nicht an: es bleibt eine Holzkonstruktion. Was jedoch seit dem 13. Jahrhundert mit einzelnen hoheitlichen Edikten begann, wird jetzt aus Brandschutzgründen überall vorgeschrieben: die harte Bedachung als Ziegel-, Schiefer- und Metalldeckung.

Das Baurecht fordert erstmals einen Wärmeschutz im Dach

Vorgeschrieben wird seit 1870 aber auch ein Mindestmass an Wärmeschutz. „Bildet die Decke von Wohnräumen ganz oder zum Teil sogleich das Dach, so ist sie so auszubilden, dass sie zumindest den gleichen Schutz gegen Witterungseinflüsse bietet, wie eine 38 cm starke Normalziegelsteinwand mit innerem Wandverputz. ...Eine Ausstakung der Balken- und Sparrenfelder bei Decken mit Strohlehm, darüber die Dachhaut und darunter Schalung und Rohrputz, ist als ausreichend anzusehen.“, fasst das Preußisches Baupolizeirecht 1934 die vielen Vorläuferbauordnungen zusammen. Damit wurde ein Wand-U-Wert von 1,5 W/(m²K) der Orientierungswert, und stoffliche Dachaufbauten wurden klar benannt. Ab 1870 ist die historische Entwicklung jener Gebäude- und Dachtypen abgeschlossen, die wir noch heute kennen, bauen und nutzen: Satteldach, Walmdach,

Bims-Schwemmstein Ausmauerung zwischen Sparren, 500-800 kg/m ³	0,16-0,24
Strohlehmwickel	0,47
Strohlehm für Sparrenzwischenräume 800 kg/m ³	0,70
Gipsdielen 800 kg/m ³	0,349
Stroh	0,047-0,06
Holzwolleleichtbauplatten 25-35 mm	0,08
Pflanzliche Faserdämmstoffe, Seegras, Strohhäcksel	0,047
Torfoleumplatten < 250 kg/m ³	0,047
Schilfrohrplatten 200-300 kg/m ³	0,081-0,12
Korkstein	0,05
Holzschalung	0,14
Sägespäne-Holzspäne	0,07-0,093

Abb. 9 Wärmeleitfähigkeiten von historischen Naturmaterialien zur Wärmedämmung in Dachkonstruktionen in W/(mK).

	WSVO 1977	WSVO 1984	WSVO 1995	EnEV 2002	EnEV 2009
Steildach	0,45	0,30	0,22 ¹⁾	0,38 ²⁾	0,2 ³⁾
OG-Decke unter unbeheiztem Dachraum	0,45	0,30	0,35 ¹⁾	0,38 ²⁾	0,2 ¹⁾

¹⁾ Bauteilverfahren für kleine Wohngebäude bis 3 WE und 2 Vollgeschossen, sonst: Nachweis des Heizwärmebedarfs und keine Einzel-U-Wert-Anforderungen mehr.
²⁾ Oberer Wert bei Verwendung einer Elektrowärmepumpe und Außenwand von 0,5 W/(m²K), da nun der Primärenergiebedarf nachzuweisen ist, bei dem die Qualität des Wärmeschutzes mit der Qualität der Heizanlage verrechenbar ist. Insbesondere Elektrowärmepumpen und Holzkessel werden seither zur Verschlechterung der Dämmqualität eingesetzt.
³⁾ Vorgabewert für Referenzgebäude, kann für das Realgebäude wiederum verschlechtert werden auf Werte um 0,27-0,3 W/(m²K). Merke: EnEV verschlechtert durch ihr Rechenverfahren mit Primärenergieanforderungen die Voraussetzung für den Einsatz erneuerbarer Energien und dies paradoxerweise dadurch, dass man die Rechenwerte erneuerbarer Energien hierzu im Rechenverfahren benutzen kann, indem wieder alle Komponenten gegeneinander verrechnet werden können beim Nachweis des Primärenergiekennwertes.

Abb. 10 Neubau-Anforderungen der WSV 1977 bis 2009 an die U-Werte der Außenbauteile von 1977 bis 2009

Mansarddach, Pultdach usw. In die Dächer der Mehrfamilienhäuser und „Kleinhäuser“ (heutiges EFH) finden sich indes immer noch die erwähnten Naturbaustoffe. Sie sind teuer, feuchteempfindlich, kleintierfreundlich und bieten nur einen geringen Wärmeschutz - sommers wie winters. Dies sind Gründe für ein gesellschaftliches Bedürfnis nach Weiterentwicklung: In der Zeit zwischen den beiden Weltkriegen kommen erstmals in nennenswertem Umfang Kork-, Holzwolleleichtbau- und Torfplatten sowie „Glasseide“ auf (Abb. 6-8).

Das Jahr 1952 bringt mit der DIN 4108 die entscheidende Wende

Noch in den zwanziger Jahren fiel auf, dass beispielsweise die Säuglingssterblichkeit in Dachwohnungen größer war als in den darunter liegenden Geschosse, was alsbald mit dem mangelnden Wärmeschutz der Dächer in Verbindung gebracht wurde. Viele Hygiene-Untersuchungen in Bezug auf die Sterblichkeit folgten und gaben den damaligen Temperaturverhältnissen im Dachgeschoss schlechte Noten.

Aber erst das Jahr 1952 brachte eine neue Qualität im Wärmeschutz (auch) von Dächern hervor. Mit der DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“ ging man auf die gesundheitlichen Probleme infolge des fehlenden Wärmeschutzes ein und forderte erstmals normativ eine Mindestdämmqualität gesetzt. Nun wird privatrechtlich gefordert: Wärmeschutz dient der Wohngesundheit und ist deshalb zu beachten.

Die Dämmstoffindustrie rüstet auf

Die seit etwa 1900 aufgekommene Entwicklung industriell hergestellter Dämmstoffe setzt sich nach dem Zweiten Weltkrieg fort und breitet sich in der Produktvielfalt immer weiter aus. Die bis heute bekannten und genutzten Dämmstoffe aus Glas- und Steinwolle finden als Matten und Platten Eingang ins Dach und werden in die Sparrenzwischenräume geklemmt. Die Fasermaterialien überzeugen schnell aufgrund ihres einfachen Handlings

beim Einbau in schiefen und unebenen Hohlräumen und generieren sich schnell zum Marktführer. Hinzu kommen Dämmstoffe aus Polystyrol, Polyurethan - die Holzwolleleichtbauplatten behalten einen geringen Anteil, und ab den 1990er Jahren bereichern wieder Holzfasern und Zellulosedämmstoffe als neu entdeckte Naturdämmstoffe die Angebotspalette.

Die Nachteile der Dämmstoffe der ersten Generation existieren nicht mehr: Der Preis der Dämmstoffe ist deutlich geringer, ihre Montage weniger lohnkostenintensiv (man denke an die Herstellung von Strohlehmwickeln an der Baustelle im Nassverfahren), und zuletzt weisen sie eine weitaus bessere und klar dokumentierbare Dämmqualität auf: Der Strohlehmwickel mit einem λ -Wert um 0,47 W/(mK) oder die Sandschüttung mit $\lambda = 0,53$ bis 0,68 W/(mK), häufig mit geruchsintensiven, organischen Verunreinigungen von den männlichen Arbeitern an der

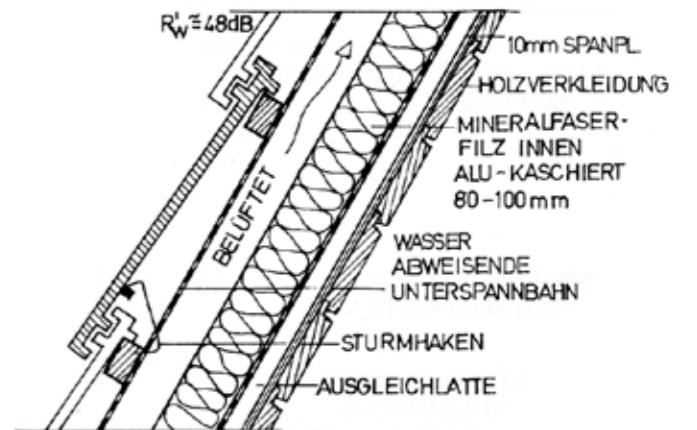


Abb. 11 Mit der Einführung der ersten WSV 1952 verbesserten sich die bis dahin geltenden Anforderungen aus der DIN 4108 (Mindestwärmeschutz) erheblich: Für das Dach gilt fortan ein U-Wert von 0,58 W/(m²K), ab 1981 dann der Rückfall auf „nur noch“ 0,76 W/(m²K). Doch die Alu-Randleistenmatte mit Glas- oder Steinwolle-Dämmung setzt sich weiterhin durch, deren Dämmschichtdicken ab 1984 acht bis zehn Zentimeter und damit U-Werte von 0,5 bis 0,43 W/(m²K) erreichen. Zwar wird damit der Mindestwärmeschutz erfüllt, nicht aber nicht immer die WSV 1984 - was nicht weiters auffällt, weil der U-Wert falsch berechnet wird, nämlich nur für das Dämmgefach. Aus heutiger Sicht ist diese Ausführung ohnehin überholt - Belüftungsebenen gibt es längst nicht mehr, und die Alukaschierung erlaubte nur theoretisch einen luftdichten inneren Abschluss.

Baustelle belastet, werden ersetzt durch Glas- und Steinwolle mit $\lambda = 0,04$ und später $0,035 \text{ W/(mK)}$. Dem entspricht, dass nun wegen der wachsenden Einkommen die Steildächer keine Stauräume mehr sind, sondern zu Wohnzwecken ausgebaut oder von vorneherein so geplant werden.

Der Ölpreisschock in den 1970er Jahren lässt auch das Dach erzittern

Gleichwohl geht es unmittelbar nach dem II. Weltkrieg zunächst für etwa zehn Jahre mit den alten Produkten weiter. Noch bis in die sechziger Jahre dominiert die Holzwolleleichtbauplatte mit Dicken um 3,5 bis 5 cm, gibt es die Torfoleumplatte und die Bimsausmauerung. Die Glas- und Steinwolleplatten beginnen seit 1945 auch zunächst als Putzträgerplatten mit Schilfrohwergewebe und begnügen sich vielfach mit ängstlichen Dämmschichtdicken von nur 2 bis 4 cm.

Erst mit der ersten Energiepreiskrise von 1974 geht es mit der Dämmqualität und dem Wärmeschutz wieder spürbar aufwärts. Auch hinsichtlich der Hygiene entsprachen die schwachen Forderungen der DIN 4108 längst nicht mehr dem Komfortansprüchen. Was die Zentralheizung über Jahre bei minimalen Energiekosten zu kompensieren verstand, war angesichts des Preissprungs beim Öl nicht mehr haltbar: Mit der Wärmeschutzverordnung von 1977 rückte erstmals auch im

Dach die Energie- und Ressourceneinsparung in den Fokus. Der fürs Klima erstmals heilsame „Ölpreisschock“ bewirkte nicht nur auf autobahnfreie Sonntage, sondern auch ein Umdenken beim Beheizen respektive Dämmen - vom Sockel bis ins Dach.

21. Jahrhundert: Der Passivhausstandard wird zum Maß der Dinge

Mit dem Niedrigenergiehaus ab 1990 sowie dem Solarhaus- und Passivhausstandard ab 1995 erfuhren auch die Dächer in dämmtechnischer Hinsicht einen erneuten Umbruch: Die Hygiene wird die Zielgröße, politisch verklausuliert als CO_2 -Einsparung. Der Wärmeschutz dominiert nun anstelle der statischen Erfordernis das Maß der Sparrendicken und Dachaufbauten: Dämmschichtdicken von 25 bis 50 cm machen die Aufdachdämmung hoffähig, die Luftdichtheit im Dach gerät endlich mit zum ausschlaggebenden Qualitätskriterium.

Während die Industrialisierung vor 140 Jahren den beständigeren Baustoff und etwas mehr Wohnhygiene brachte, sind wir nun dabei, diese Entwicklung mit dem gesunden Wohlfühlhaus, bei geringsten Heizkosten abzuschließen. Was mit 40 cm Reeddach mit $U = 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ begann, findet heute mit 40 cm Dämmdach aus Mineralfasern und anderen wirkungsvoll dämmenden Materialien mit $U = 0,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ seinen vorläufigen Abschluss.



Autor

Dipl.-Ing. Werner Eicke-Hennig

»Energieinstitut-Hessen«

»Tel. 0179 / 1264973

eicke-hennig@energieinstitut-hessen.de

Dipl.-Ing. Werner Eicke-Hennig, geboren 13.07.1951 im Harz. Nach Bauzeichnerlehre und II. Bildungsweg: Studium der Stadtplanung und Architektur in Kassel. Ab 1989 bis 2017 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt. Zahlreiche Fachzeitschriften- und Buchveröffentlichungen. Ab 1996 Durchführung des »IMPULS-Programm Hessen«, ab 2001 bis zu seinem Ruhestand 2016 Leiter der »Hessischen Energiespar-Aktion« des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung. Heute leitet er zusammen mit Klaus Fey das Energieinstitut-Hessen.