

NICHT BELÜFTET, VOLL GEDÄMMT: Die beste Lösung für das Steildach!

Dr.-Ing. Helmut Künzel und Dipl.-Ing. (FH) Theo Großkinsky,
Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Bereich Wärme/Klima
(Institutsleiter: Prof. Dr. Dr. h.c. K. A. Gertis),
8150 Holzkirchen.

NICHT BELÜFTET, VOLL GEDÄMMT: Die beste Lösung für das Steildach!

Dr.-Ing. Helmut Künzel, Dipl.-Ing. (FH) Theo Großkinsky

1. Einführung und Übersicht

Vordeckungen durch Holzschalungen und Dachpappen oder Unterspannbahnen unter Dachdeckungen haben sich eingebürgert, um den Raum unterhalb eines Steildaches von Flugschnee, Staub und Rückstauwasser freizuhalten und damit als Lagerraum gut nutzbar zu machen. Dies wird auch beibehalten oder ausgeführt, wenn der Dachraum zu Wohnzwecken ausgebaut wird, obwohl Dachpappe und Unterspannbahn die Abfuhr von Feuchte aus dem Wohnbereich nach außen verhindern bzw. erschweren. Die Anordnung einer belüfteten Luftschicht bei dampfdichten Vordeckungen oder die Verwendung dampfdurchlässiger Unterspannbahnen sind erforderlich, wenn nicht raumseitig eine zuverlässige Dampfsperre angebracht werden kann. Bei Dämmschichtanordnungen unter oder über den Sparren sowie zwischen den Sparren sind dabei jeweils unterschiedliche Möglichkeiten in der handwerklichen Anbringung der Dampfsperren gegeben.

Nach DIN 4108 [1] ist bei Steildächern über 10° Neigung kein rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls infol-

ge Dampfdiffusion erforderlich, wenn die Konstruktion mit Belüftung unter der Unterspannbahn oder Vordeckung unter Einhaltung gewisser Größen der Lüftungsöffnungen im Trauf- und Firstbereich ausgeführt wird. Bekanntlich kann aber nicht nur auf Grund von Diffusion sondern auch auf Grund von Luftströmungen durch Undichtheiten ein Feuchtetransport vom Wohnbereich durch die Dachkonstruktion nach außen erfolgen, der wesentlich größer sein kann als der Diffusionstransport. Wenngleich auch nicht belüftete Steildachkonstruktionen bei Einhaltung abgestimmter Diffusionswiderstände von Dampfsperre und Unterspannbahn funktionieren (z.B. [2, 3, 4]), war bisher doch die Meinung vorherrschend, daß belüftete Konstruktionen sicherer seien, insbesondere weil sie unabhängig von der Ausführung und Art der Dampfsperre und von den Eigenschaften der Unterspannbahn seien. Diese Meinung hat sich auch deshalb verbreitet, weil irrtümlicherweise nur belüftete Konstruktionen ohne Nachweis als geeignet nach DIN 4108 gelten. Der Irrtum rührt daher, daß in dieser Norm eine sehr schematisierte Darstellung über die grundsätzliche Ausführung belüfteter Steildachkonstruktionen enthalten ist (s. Bild 1).

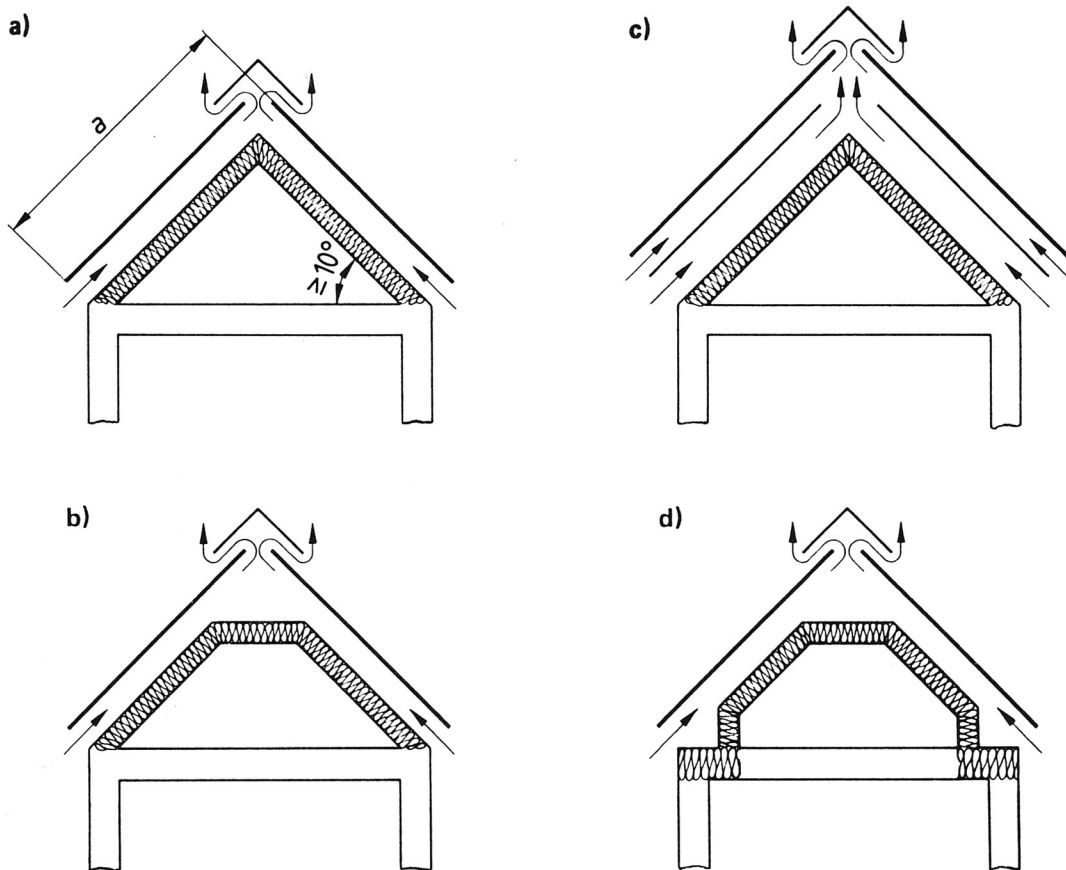


Bild 1: Beispiele für belüftete Dächer mit einer Dachneigung $\geq 10^\circ$ (schematisiert) nach DIN 4108 [1].

Etwas instruktivere Darstellungen für belüftete Konstruktionen enthalten die Dachdeckerrichtlinien [5], aus denen in Bild 2 der Fall für Wärmedämmung zwischen den Sparren dargestellt ist. Damit die Unterlüftung der Unterspannbahn funktionieren kann, sind im Trauf- und Firstbereich Lüftungsöffnungen erforderlich. An der Traufe ist dies unter dem Schutz des Dachüberstands leicht möglich. Am First müssen die Unterspannbahnen nach den Dachdeckerrichtlinien ca. 50 mm unterhalb des Firstscheitelpunktes enden, wobei im Firstbereich eine Verbindung mit der Außenluft vorausgesetzt wird.

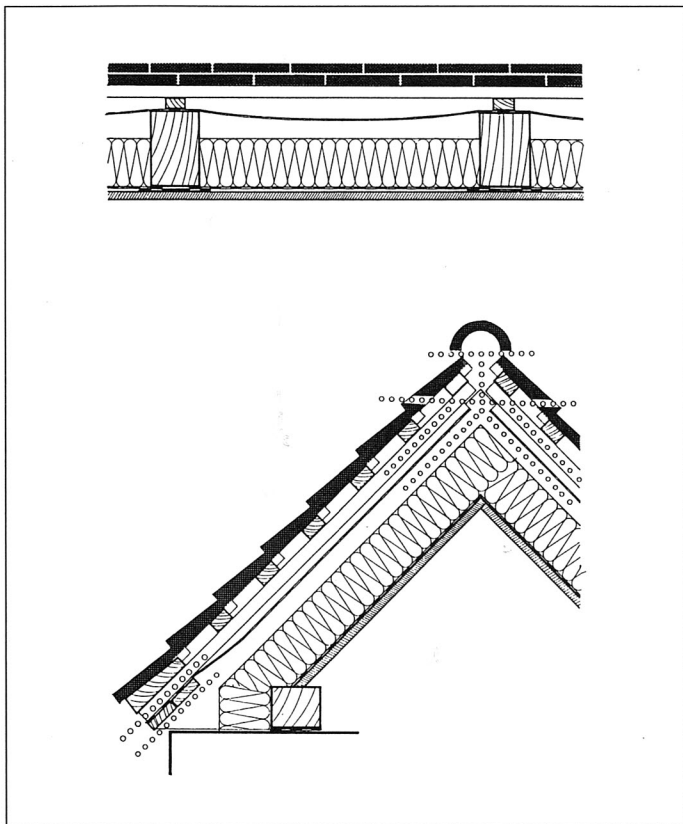


Bild 2: Konstruktionsschema für ein Steildach mit Wärmedämmung zwischen den Sparren nach den Dachdeckerrichtlinien [5].

Diese Überlegungen beziehen sich auf die Vermeidung schädlicher Tauwasserbildung in der Dachkonstruktion auf Grund eines Feuchtetransports aus dem Wohnbereich nach außen. Daß sich aber infolge der Belüftung auch Tauwasser aus der Außenluft an der Unterseite der Unterspannbahn niederschlagen kann, das durch Abtropfen oder Abfließen Feuchteerhöhungen im Dämmstoff oder Sparrenholz zur Folge haben kann, wurde bisher in den Regelwerken nicht berücksichtigt. Diese Möglichkeit besteht speziell dann, wenn warm-feuchte Außenluft an einer Unterspannbahn vorbeistreicht, die infolge nächtlicher Abstrahlung oder infolge Schneebedeckung oder Beschattung des Daches unterkühlt ist. In Bild 3 sind die beiden «Transportwege» für Feuchtigkeit schematisch dargestellt.

Gemäß DIN 4108 ist bei Verwendung einer Unterspannbahn oder einer Vordeckung auch eine Unterlüftung der Dachdeckung vorzusehen, wie in Bild 1, Fall c, angedeutet. Es ist zu prüfen, ob diese auch in den Dachdeckerrichtlinien wiederzufindende Maßnahme (Bild 2) bei luftdurchlässigen Dachdeckungen – wie mit Dachziegeln und Dachsteinen – notwendig ist.

Im folgenden werden Untersuchungsergebnisse zu den angeschnittenen Fragen dargestellt. Insbesondere wird die Wirkung der durch Unterlüftung der Unterspannbahn von außen eindringenden Luftfeuchte aufgezeigt, die bisher nicht berücksichtigt worden ist.

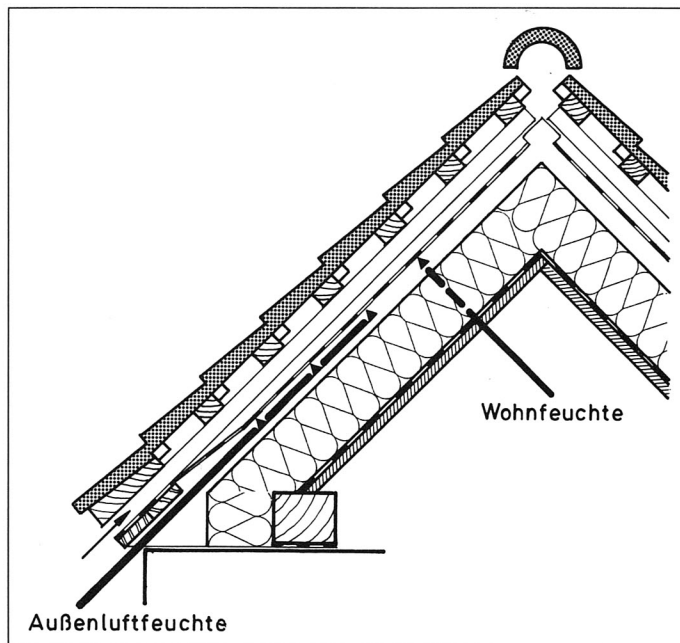


Bild 3: Schematische Darstellung der Feuchteeinwirkung bei einem Steildach von der Raumseite (Wohnfeuchte) und von außen bei Unterlüftung der Unterspannbahn (Außenfeuchte). Die Wohnfeuchte wird durch Diffusion (infolge Dampfdruckgefälle und Diffusionsdurchlässigkeit) und Luftströmung (infolge Luftdruckdifferenz und Undichtheiten) nach außen transportiert. Sie taut an der Unterspannbahn bzw. wird durch die Belüftung weggeführt. Außenluftfeuchte kann an der Unterspannbahn tauen, wenn die Taupunkttemperatur der Außenluft größer ist als die Temperatur der Unterspannbahn (z.B. bei Unterkühlung des Daches infolge nächtlicher Abstrahlung). Die Menge der Tauwasserbildung hängt von der Intensität der Unterlüftung ab und ist im allgemeinen größer als die Tauwasserbildung infolge Wohnfeuchte.

2. Durchführung der Untersuchungen

Bei dem in Bild 4 dargestellten Versuchshaus auf dem Freigelände Holzkirchen des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik mit Firstrichtung von West nach Ost wurden – bei Eindeckung mit gleichen Dachsteinen und Firststeinen, gleicher Unterspannbahn (s_d -Wert ca. 2,5 m) sowie gleicher Dämmung zwischen den Sparren, gleicher raumseitiger Dampfsperre und Beplankung – folgende Varianten in einzelnen Dachfeldern ausgeführt:

- mit Konterlatten
- ohne Konterlatten
- ohne Konterlatten und zusätzlichen Belüftungsmaßnahmen im Traufbereich
 - a) Lüftersteine zur Belüftung zwischen Unterspannbahn und Dachdeckung in der Untersuchungsperiode 1988
 - b) Lüftungsöffnungen an der Traufe zur Belüftung des Luftspaltes zwischen Dämmung und Unterspannbahn in der Untersuchungsperiode 1989

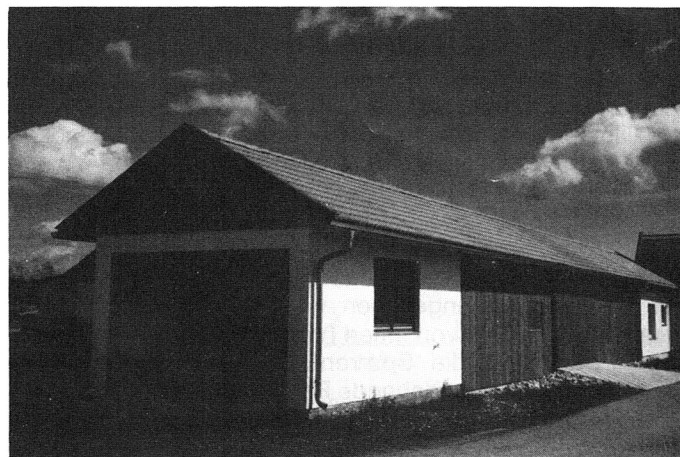


Bild 4: Versuchsgebäude mit Blick auf die nach Süden geneigte Dachhälfte. Dachneigung: 30°, Dachlänge von Traufe zu First: 3,2 m, Breite eines Dachfeldes, die gegeneinander abgedichtet sind: 3,0 m, Raumluft im Dachraum im Winter: 20 °C, 45 bis 50% r.F.

- ohne Konterlatten und Abdichtung aller Dachstein-Stöße mit einer dauerelastischen Dichtungsmasse. (Diese Variante wurde lediglich aus versuchstechnischen Vergleichsgründen gewählt.)

Details der Dachausführungen sind den Bildern 5 und 6 zu entnehmen. Die verschiedenen Versuchsvarianten wurden im September und Oktober 1987 auf dem im Sommer 1987 errichteten Dachstuhl eingebaut.

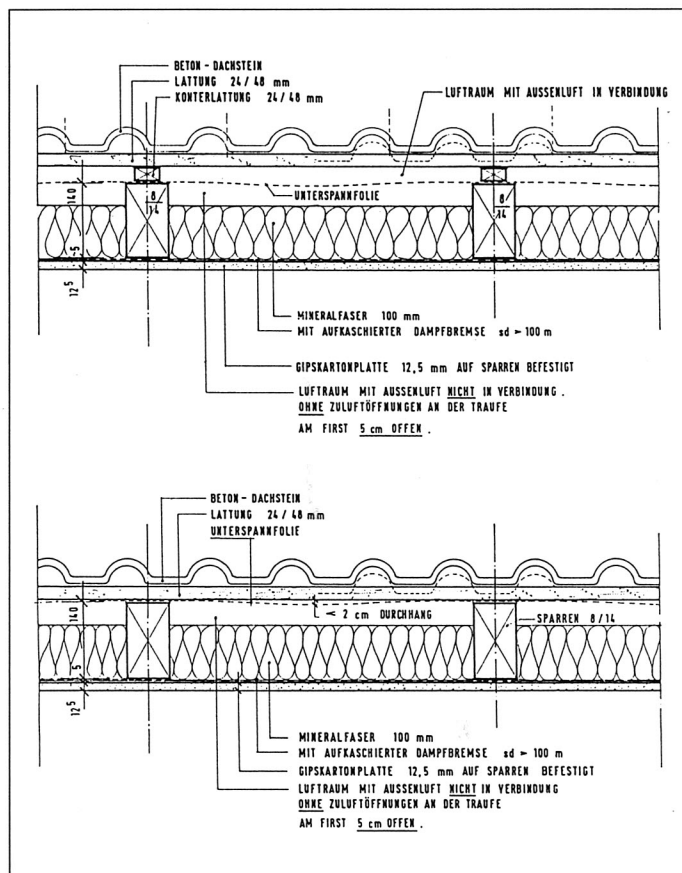


Bild 5: Dachaufbau mit Konterlattung (oben) und ohne Konterlattung (unten). Der Luftraum zwischen Dämmschicht und Unterspannbahn war nur bei einer Versuchsvariante im Traufbereich durch Lüftungsöffnungen in Verbindung mit der Außenluft, so daß in diesem Fall Be- und Entlüftungsöffnungen vorhanden waren.

Die Beheizung des Dachgeschosses erfolgte durch elektrische Heizkabel, die auf dem wärmegeprägten Dachgeschoßboden so ausgelegt waren, daß eine gleichmäßige Raumwärme auf 20 °C möglich war. Die Raumluftfeuchte wurde mit Hilfe von regelbaren Verdunstern auf 45 bis 50 % r.F. eingestellt.

Temperaturen wurden mit Hilfe von Thermoelementen gemessen und die Werte auf einer Datenerfassungsanlage mit PC-Steuerung als Stundenmittelwerte abgespeichert. Für die Messung der Holzfeuchte wurden an repräsentativen Stellen an Sparren und Latten Schraubelektroden installiert; die Werte wurden über einen Umschalter und mit Hilfe eines elektrischen Holzfeuchtemeßgerätes nach Bedarf wöchentlich oder täglich gemessen. Bei der Auswertung der Meßdaten hat es sich gezeigt, daß als zweckmäßiges und aussagefähiges Bewertungskriterium für das «Funktionieren» einer Dachkonstruktion die Holzfeuchte der Dachsparren angesehen werden kann. Sowohl die Feuchteeinwirkung von innen (Wohnfeuchte) als auch von außen beeinflusst die Sparrenfeuchte, wenn keine der Feuchtezufuhr entsprechende Feuchteabfuhr gegeben ist. Die über den elektrischen Widerstand an ca. 20 mm tief ins Holz eingesetzten Elektroden ermittelte Holzfeuchte gibt die maximalen Werte in der Oberflächenschicht des Holzes an. Eine quantitative Aussage über die vom Holz aufgenommene Feuchte ist damit nicht möglich. Für eine verglei-

chende Bewertung der Vorgänge des Feuchtetransports und der Feuchteeinwirkung ist aber die maximale Holzfeuchte ein geeigneter Kennwert.

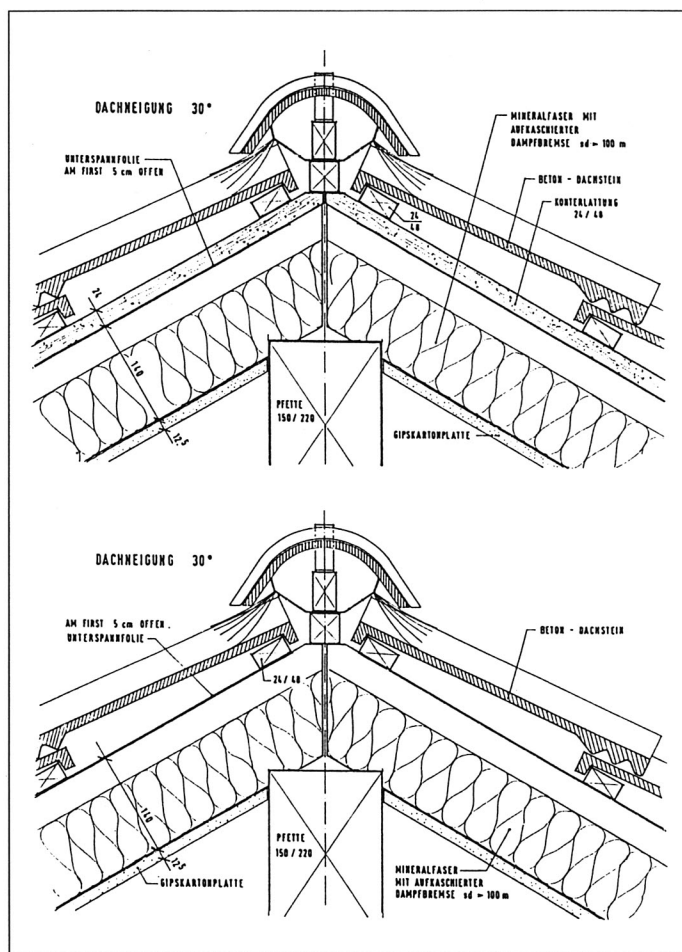


Bild 6: Firstausbildung bei dem Dachfeld mit Konterlattung (oben) und bei den Feldern ohne Konterlattung (unten).

In der ersten Untersuchungsperiode wurden die Messungen von Januar bis Mai 1988 durchgeführt, die zweite Untersuchungsperiode dauerte von Januar bis März 1989. Die erste Untersuchungsperiode war ausgesprochen schnee- und windreich mit winterlichen Außenlufttemperaturen zwischen -10 °C und 0 °C. In der zweiten Periode mit etwas milderen Temperaturen herrschten «normale» Windverhältnisse. Die Untersuchungen in der zweiten Winterperiode dienten zur Absicherung der im Jahr zuvor gefundenen Ergebnisse bei anderen Witterungsverhältnissen, zur Kontrolle der Wirkung der raumseitigen Dampfsperre und zur Prüfung weiterer Varianten im Falle der belüfteten Konstruktion.

3. Ergebnisse der Untersuchungen

Die Einwirkung der Wohnfeuchte könnte durch eine wirk-same, fehlerfreie raumseitige Dampfsperre völlig eliminiert werden. Da aber Fehlstellen in der Dampfsperre – wie eingangs erläutert – nie ganz auszuschließen sind, wurde in der ersten Untersuchungsperiode jeweils auf einer Dachhälfte – nämlich auf den nach Norden geneigten Versuchsflächen – die Dampfsperre so durchlöchert, daß deren s_d -Wert von > 100 m auf ca. 0,5 m reduziert worden ist. Die Messungen in der ersten Untersuchungsperiode (1988) ergaben, daß generell bei allen Dachfeldern die Sparrenfeuchte auf der Nordseite höher ist als auf der Südseite. Daß dies aber nicht auf die Einwirkung der Wohnfeuchte durch die perforierte Dampfsperre zurückzuführen ist, belegen Kontrollmessungen in der zweiten Untersuchungsperiode (1989), in der auch die Dampfsperren auf den nach Süden geneigten Dachflächen in gleicher Weise

wie auf der Nordseite perforiert worden sind. Die Gegenüberstellung der Meßergebnisse in Bild 7 läßt erkennen, daß die Sparrenfeuchte auf der Nordseite im Vergleich zur Südseite ohne oder mit Perforation der Dampfsperre etwa um den gleichen Betrag höher ist. Dieser erhöhte Feuch-

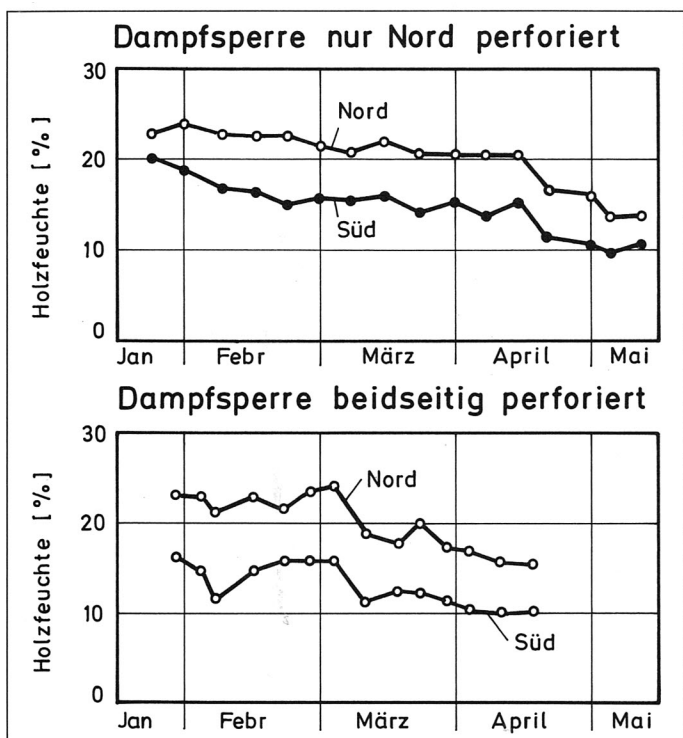


Bild 7: Zeitliche Verläufe der Dachsparrenfeuchte auf der Nord- und Südseite bei dem Dachfeld ohne Konterlattung. In der Meßperiode Januar bis Mai 1988 war die Dampfsperre nur auf der Nordseite perforiert (obere Abbildung). Von Januar bis April 1989 sind die Verläufe der Sparrenfeuchte bei beidseitig perforierter Dampfsperre dargestellt (untere Abbildung).

tegehalt kann somit nicht in nennenswerter Weise durch Dampfdiffusion von innen hervorgerufen sein, sondern hauptsächlich auf die unterschiedlichen klimatischen Verhältnisse: In den zeitweilig besonnten Südhälften der Dächer stellen sich im Mittel höhere Temperaturen und damit niedrigere relative Luftfeuchtwerte ein als in den Nordhälften; dies beeinflusst die Holzfeuchte entsprechend.

Deutlich höhere Werte der Sparrenfeuchte treten bei allen Dachkonstruktionen auf, bei denen durch spezielle Maßnahmen die Zufuhr von Außenluft in die Konstruktionen gefördert wird, sei es durch Konterlatten, die eine durchgehende Luftschicht unterhalb der Dachdeckung bewirken, durch Lüfterziegel oder durch Belüftungsöffnungen im Traufbereich. In all diesen Fällen werden unter winterlichen Bedingungen die Sparren der nach Norden geneigten Dachhälften feuchter, wie aus den Ergebnissen in den Bildern 8 bis 10 hervorgeht. Alle geprüften Belüftungsmaßnahmen wirken sich somit nachteilig aus.

Für die Anordnung von Konterlatten unter den Dachlatten wurden bisher zwei Gründe aufgeführt: Einmal das Vermeiden einer Stauwirkung für eingedrunenes Regen- oder Schmelzwasser durch die Dachlatten auf einer ebenen Vordeckung, zum anderen eine verbesserte Unterlüftung der Dachdeckung zu deren rascheren Trocknung und damit Reduzierung der Frostgefährdung. Im Rahmen der Untersuchungen durchgeführte Messungen der Dachlattenfeuchte ohne und mit Konterlatten bei verschiedenen Wetterbedingungen geben keinen Hinweis auf einen meßbaren Einfluß der Konterlattung auf die Feuchteverhältnisse der Dachlatten (siehe Tabelle 1). Damit ist auch kein nennenswerter Unterschied in den Feuchteverhältnissen der in unmittelbarem Kontakt mit den Latten befindlichen Dachziegel oder Dachsteinen zu erwarten.

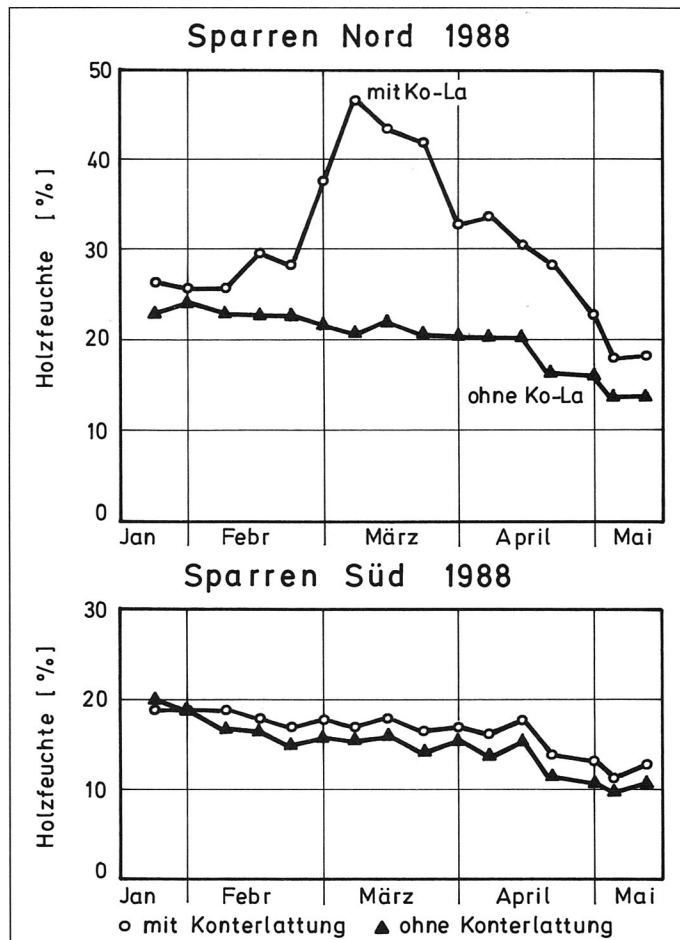


Bild 8: Zeitliche Verläufe der Holzfeuchte der Dachsparren auf der Nord- und Südseite bei den Dachfeldern mit und ohne Konterlattung in der Meßperiode 1988.

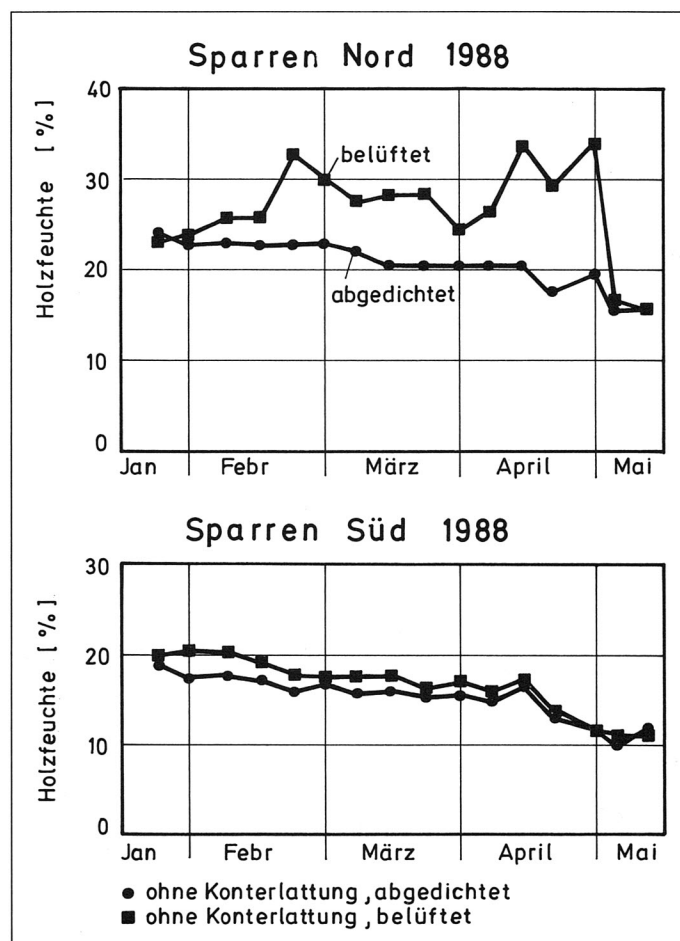


Bild 9: Zeitliche Verläufe der Dachsparrenfeuchte auf der Nord- und Südseite beim Dachfeld mit Lüfterziegeln an der Traufe («belüftet») und beim Feld mit Abdichtung der einzelnen Betondachsteine durch eine dauerelastische Dichtmasse («abgedichtet») in der Meßperiode 1988.

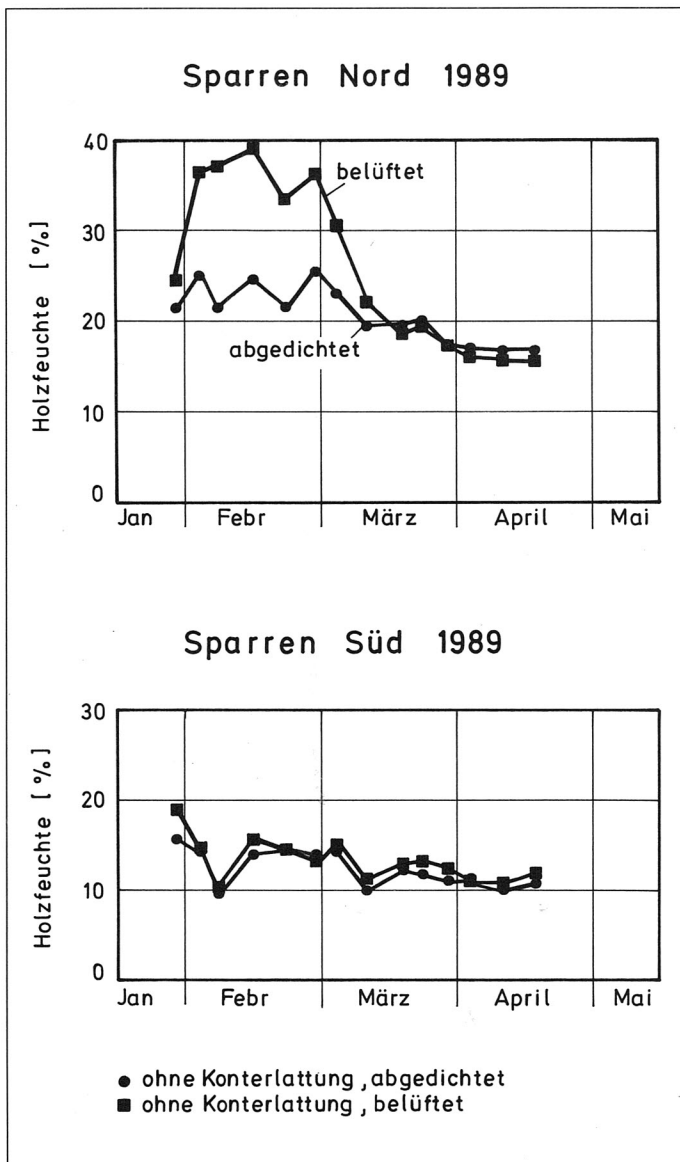


Bild 10: Zeitliche Verläufe der Dachsparrenfeuchte auf der Nord- und Südseite bei dem zwischen Unterspannbahn und Dämmung durch zusätzliche Öffnungen im Traufbereich belüfteten Feld («belüftet») und dem Feld mit Abdichtung der einzelnen Betondachsteine durch eine dauerelastische Dichtmasse («abgedichtet») in der Messperiode 1989.

Tabelle 1: Mittelwerte der Dachlattenfeuchte auf den Nord- und Südfächen der Dachfelder ohne und mit Konterlatten bei verschiedenen Wetterbedingungen. Die Mittelwerte wurden aus jeweils 9 Einzelmessungen an Dachlatten, gemessen mit einem elektrischen Holzfeuchtemeßgerät nach Abnahme der Dachsteine, gewonnen.

Meßzeitpunkt Dachorientierung		Feuchtegehalt der Dachlatten [Masse-%]	
		ohne Konterlatten	mit Konterlatten
15.03.1988 Tauwetter nach Schneebedeckung	Nord	20,4	19,9
	Süd	17,2	17,1
12.04.1988 nach einigen sonnigen Frühlingstagen	Nord	15,1	15,9
	Süd	10,6	11,7
09.06.1988 nach regnerischen Sommertagen	Nord	11,6	11,8
	Süd	9,7	10,2
Mittelwerte		14,1	14,4

4. Erläuterung und Beurteilung der Ergebnisse

Die Ergebnisse sind pauschal durch die Aussage zusammenzufassen, daß um so höhere Feuchtegehalte im Sparrenholz auftreten, je besser ein Luft- und damit Feuchte-austausch zwischen der Außenluft und der Luft in der Dachkonstruktion bzw. zwischen unterschiedlich orientierten Konstruktionen erfolgen kann (Traufbelüftung, Lüftersteine, Konterlattung). Wie bereits eingangs dargelegt wurde, ist dabei Tauwasserbildung durch eindringende Außenluft an der unterkühlten Unterspannbahn primäre Ursache für die Feuchterhöhung des Sparrenholzes. Durch das Foto in Bild 11 ist erkennbar, wie diese Befeuchtung erfolgen kann. Durch Abtupfen mit Fließpapier wurde

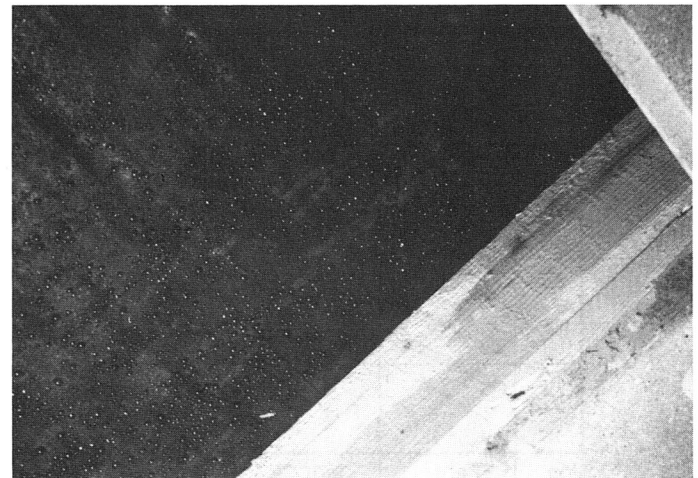


Bild 11: Tauwassertropfen auf der Unterseite einer Unterspannbahn, und sichtbare Oberflächenfeuchte an der Seite eines Dachsparrens, fotografiert nach Herausnahme der Glaswollematte über einen abnehmbaren, dicht angebrachten Deckel in der raumseitigen Beplankung. Zwischen der Glaswolledämmung und der Unterspannbahn befand sich eine 4 cm dicke, belüftete Luftschicht.

festgestellt, daß auf diese Weise innerhalb 24 Stunden ca. 100 g Tauwasser pro Quadratmeter auftreten können, je nach den Witterungsbedingungen. Tauwassermengen in der gleichen Größenordnung ermitteln sich rechnerisch nach dem Glaserverfahren für eine ganze Winterperiode! Daraus wird die große Bedeutung der äußeren Feuchteeinwirkung bei belüfteten Steildachkonstruktionen deutlich.

Eindringende Außenluft kann bei entsprechenden Witterungs- und Temperaturverhältnissen sowohl an der Ober- als auch an der Unterseite der Unterspannbahn zu Tauwasserbildung führen. Nur das Tauwasser an der Unterseite kann das Sparrenholz befeuchten; das oberseitig gebildete Tauwasser kann ablaufen und wieder verdunsten. Eine unmittelbare und starke Feuchtebeeinträchtigung ergibt sich daher bei direkter Unterlüftung der Unterspannbahn durch Belüftungsöffnungen im Trauf- und Firstbereich. So ist die rasche und stärkere Befeuchtung im Falle der in Bild 10 dargestellten Belüftungsart zu erklären im Vergleich zur zusätzlichen Belüftung über Lüftersteine (Bild 9), welche primär die Belüftung in der Ebene über die Unterspannbahn intensivieren können. Man muß aber davon ausgehen, daß die verschiedenen Belüftungsebenen miteinander in Verbindung sind. Einmal ist an den Überlappungen der Unterspannbahnen ein Austausch zwischen den Luftschichten oberhalb und unterhalb der Bahnen möglich, wie durch hörbares «Flattern» der Bahn bei Wind festzustellen war. Zum anderen spielt eine wesentliche Rolle die alle Belüftungsebenen miteinander verbindende Firstausbildung, wie entsprechend den Dachdeckerrichtlinien in Bild 2 ausgeführt. Wird eine Dachhälfte besonnt, dann können dort im Winter relativ hohe Temperaturen auftreten, z. B. 30 bis 40 °C in Verbindung mit einer – je nach Feuchtegehalt der Dachsteine oder -ziegel – entsprechend hohen Luftfeuchte. Die andere Dachhälfte kann gleichzeitig sehr kalt sein (bei Schneebedeckung um 0 °C oder bei Frostwetter

noch weniger). Die Luftfeuchte, die infolge Diffusion oder Strömung von der Außenluft oder von der warmen zur kalten Seite in den oberen Belüftungsweg in Bild 2 gelangt (zwischen Dachdeckung und Unterspannbahn) ist – wie schon erwähnt – unschädlich. Die Luftfeuchte, die aber in den unteren Belüftungsweg geleitet wird (zwischen Unterspannbahn und Dämmung), kann sich wiederum an der kalten Unterspannbahn niederschlagen und teils auf die Dämmung abtropfen, teils mit den Dachsparren in Kontakt kommen und deren Feuchtegehalt erhöhen. Letzteres ist nicht oder weniger zu erwarten, wenn die Unterspannbahn oder die Vordeckung eine gewisse Wasseraufnahmefähigkeit aufweist, so daß an deren Unterseite kein tropfbar flüssiges Wasser auftritt. Dies ist z.B. bei einer Holzschalung der Fall, wenngleich dies im Hinblick auf deren Feuchtegehalt nicht erstrebenswert ist. Die sehr hohe Sparrenfeuchte bei der nach Norden geneigten Dachfläche mit Konterlattung im Vergleich zum Fall ohne Konterlattung in Bild 8 läßt erkennen, wie stark durch die Konterlattung ein Luftaustausch und Luftausgleich in den unterschiedlich orientierten Dachkonstruktionen gefördert wird.

5. Verallgemeinerung und Folgerungen

Die dargelegten Ergebnisse wurden an relativ kleinen Versuchsdachflächen mit 30° Neigung und Orientierung nach Süd und Nord im Holzkirchener Klima gewonnen. Bei anderen Dachneigungen, Dachlängen und -formen, sowie anderen Klimata, sind entsprechend modifizierte Ergebnisse zu erwarten, wie durch weitere Überprüfungen noch zu ermitteln sein wird. Die grundsätzliche Feststellung, daß die Feuchtebelastung einer Dachkonstruktion von außen über die dargelegten verschiedenen Transportmechanismen für Luftfeuchte zu Erhöhungen der Holzfeuchte der Dachkonstruktion führen kann, ist aber allgemein gültig. Unterschiedliche Dachabmessungen bei gleicher Konstruktion werden die Ergebnisse nur quantitativ beeinflussen. Zur Reduzierung der Feuchtebelastung von außen ist generell eine Minderung der Außenluftzufuhr im Bereich unterhalb der Unterspannbahn und Vordeckung notwendig, sowie eine Minderung des Luftaustausches in diesen Bereichen zwischen klimatisch unterschiedlich beanspruchten Dachflächen (z.B. unterschiedliche Orientierung). Demgegenüber berücksichtigen die geltenden Regeln – DIN 4108, Teil 3, und Dachdeckerrichtlinien – nur die mögliche Feuchtebelastung durch die Wohnfeuchte (Diffusion von innen nach außen). Die prinzipiell gegebene Feuchtebelastung durch feuchte Luft von außen wird durch die Konstruktionsanweisungen der genannten Regeln noch gefördert; sie sind daher in diesem Punkt nicht mehr vertretbar.

Beiden Arten der Feuchtebelastung – von innen und von außen – wird eine Konstruktion entsprechend der schematischen Darstellung in Bild 12 gerecht: Eine gesonderte Belüftung zur Trockenhaltung der Dachlatten ist nicht erforderlich; hierzu reichen die vorhandenen Undichtheiten bei Dachsteinen oder Dachziegeln. Der außenseitige zusätzliche Schutz gegen Rückstauwasser oder Flugschnee soll möglichst dampfdurchlässig sein und ggf. die Eigenschaft einer gewissen Feuchtepufferung aufweisen. Die raumseitige Beplankung der Sparren muß winddicht sein; ihr Diffusionswiderstand ist auf den des äußeren Abschlusses abzustimmen (einfache Regel: Diffusionswiderstand der inneren Schicht größer als derjenige der äußeren Schicht). Wird unter der Dachdeckung eine Vordeckung angeordnet, dann ist für den ungehinderten Ablauf eingedringenen Wassers ein Abstand zwischen Dachlatten und Vordeckung einzuhalten. Wird der Sparrenraum nicht voll ausgefüllt und wird eine Unterspannbahn verwendet, die durchhängt, dann erübrigt sich dieser Abstand. In beiden Fällen wird empfohlen, im Firstbereich

einen Luftaustausch zwischen den beiden Hälften eines Steildaches zu verhindern. Bei dem in Bild 12 dargestellten wesentlich einfacheren Konstruktionsschema als gemäß den Dachdeckerrichtlinien in Bild 2 können nachteilige Feuchteerhöhungen des Sparrenholzes durch unterschiedliche außerklimatische Einwirkungen nicht auftreten, desgleichen auch keine durch das Wohnklima diffusionsbedingten Feuchteschäden.

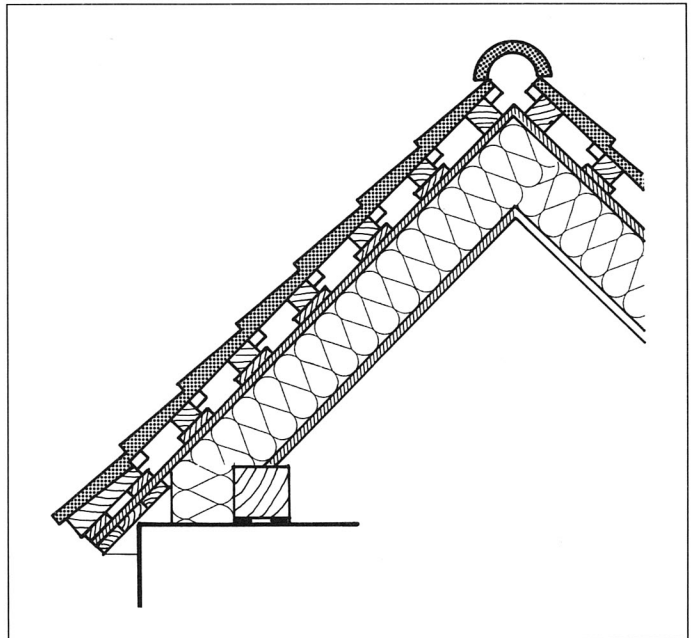


Bild 12: Schematische Darstellung eines geneigten Daches mit Wärmedämmung zwischen den Sparren nach den neuen Gesichtspunkten. Ein Luftaustausch zwischen unterschiedlich orientierten Dachflächen ist zu vermeiden. Eine Belüftung zur Trockenhaltung der Dachlatten ist durch die vorhandenen Undichtheiten der Dachdeckung (Dachziegel, Dachsteine) ausreichend. Zum ungehinderten Ablauf eingedringenen Wassers ist bei vorhandener Vordeckung ein Abstand zwischen dieser und den Dachlatten einzuhalten. Bei Unterspannbahnen mit Durchhang (nicht voll gedämmter Sparrenraum) erübrigt sich dies. Die raumseitige Beplankung der Sparren muß luftdicht und ihr Diffusionswiderstand auf den des äußeren Abschlusses abgestimmt sein.

6. Vergleich mit anderen Ergebnissen

Umfangreiche Untersuchungen an flach- und steilgeneigten, belüfteten Dächern hat Liersch durchgeführt (z.B. [6 bis 10]), wobei im Vordergrund dieser Untersuchungen Lüftungs- und strömungsmechanische Gesichtspunkte stehen. Liersch weist auch verschiedentlich auf das Problem der Tauwasserbildung an unterkühlten Unterspannbahnen hin und meint, daß dies unter Sonneneinwirkung wieder verdunstet – auf klare Nächte mit starker Wärmeabstrahlung folgen meist sonnige Tage – und durch ausreichende Belüftung wieder abgeführt werden kann. Die Akkumulation von Feuchtigkeit im Sparrenholz hat er dabei nicht berücksichtigt.

Im Gegensatz zu Liersch, der belüftete Steildachkonstruktionen befürwortet, stellt Balkowski auf Grund von Untersuchungen an 20 belüfteten und nicht belüfteten Dächern in der Praxis fest, daß «der Dachstuhl bei belüfteten Konstruktionen feuchter ist als bei nicht belüfteten» und findet, daß «nicht belüftete Dächer weniger Risiko für den Planer und Ausführenden bringen» [3]. Auch Kabelitz legt dar [2], daß das nicht belüftete Steildach weniger mangelanfällig und daher problemloser auszuführen ist.

Schließlich kommt Hens durch andersartige Untersuchungen und Überlegungen – unabhängig von den Holzkirchener Ergebnissen – zu der gleichen Folgerung, daß nämlich nicht belüftete Konstruktionen die beste Lösung für wärmegeämmte Steildächer darstellen [11]. Sein Konstruktionsvorschlag ist identisch mit der Schemadarstellung in Bild 12. Offensichtlich ist die Zeit für die Entwicklung dieser

Steildachkonstruktion nunmehr reif. Im Nachhinein ist nicht einzusehen, daß für gedämmte Steildächer mit hölzernen Tragelementen im Prinzip andere Konstruktionen erforderlich sein sollten als für Holzwände in Tafelbauart.

Es mag sein, daß die bisherige Entwicklung beeinflußt worden ist durch die Anforderungen für belüftete Steildachkonstruktionen in DIN 4108, Teil 3 [1] (siehe Bild 1), in denen versäumt worden ist, zwischen luftdurchlässigen Dacheindeckungen – wie mit Dachziegeln und Dachsteinen – und relativ dichten Deckungen zu unterscheiden. Dadurch entstand eine aus heutiger Sicht unnötige «Belüftungsphilosophie». Dachziegel und Dachsteine – gleich welcher Ausführungsart – sind in der Deckung so undicht, wie kürzlich Achtziger und Cammerer nachgewiesen haben [12], daß besondere Lüftersteine nicht erforderlich sind. Damit erübrigt sich auch eine Konterlattung zur Verbesserung der Unterlüftung der Dachdeckung. Auch hierzu liegen begründete Aussagen vor, wie z. B. von Hauser [13] und von Schulze [14]. Letzterer berichtet von weit über 100 000 Häusern, bei denen sich Dächer ohne Konterlattung bewährt haben. Für die Behauptung, daß eine verbesserte Unterlüftung des Daches durch eine Konterlattung zu einer Verminderung der Frostgefährdung der Dachziegel führt, gibt es bisher keine meßtechnische Bestätigung.

7. Zusammenfassung

Wärmegeämmte Steildächer mit Belüftung zwischen Wärmedämmschicht und Unterspannbahn oder Vordeckung durch Holzschalung mit Dachpappe sind Konstruktionen, für die nach DIN 4108, Teil 3 kein rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls infolge Dampfdiffusion vom angrenzenden Wohnbereich erforderlich ist. Sie werden daher häufig ausgeführt und wurden in den Dachdekkerrichtlinien als Regelkonstruktion dargestellt. Untersuchungen, die über zwei Winterperioden an Versuchsdachflächen im Freigelände Holzkirchen des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik durchgeführt worden sind, lassen erkennen, daß durch Feuchteeinwirkung über belüftete Schichten von außen viel größere Feuchteerhöhungen im Sparrenholz und in der Dämmschicht hervorgerufen werden können als durch die Wohnfeuchte. Dieses Ergebnis wird durch andere, neue Untersuchungen und frühere Feststellungen bestätigt. Bei Verwendung ausreichend dampfdurchlässiger Unterspannbahnen ist eine Belüftung nicht erforderlich. Damit entfällt die Möglichkeit einer Feuchteeinwirkung von außen. In diesem Fall kann der Sparrenraum – bei Dämmung zwischen den Sparren – voll mit Wärmedämmstoff ausgefüllt werden, womit eine optimale Wärmedämmung entsprechend der Sparrenhöhe möglich ist.

8. Literaturhinweise

- [1] DIN 4108 Wärmeschutz im Hochbau, Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderung und Hinweise für Planung und Ausführung, August 1981.
- [2] Kabelitz, E.: Geneigte Wohnhausdächer mit Brett-schalung. Informationsdienst Holz (1986).
- [3] Balkowski, F.D.: Wann funktioniert das geneigte Dach? Bauhandwerk 10 (1988), H. 1/2, S. 35–38.
- [4] Wagner, H.: Gibt es feuchtigkeitstechnische Probleme bei fehlender Hinterlüftung zwischen Wärmedämmung und Dacheindeckung? wksb 18 (1984), S. 22–26.
- [5] Regeln für Dachdeckungen mit Dachziegeln und Dachsteinen. Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks. R. Müller, Köln (1985).
- [6] Liersch, K.W.: Strömungsmechanische Untersuchungen an einem belüfteten Steildach, Teil I und Teil II. Ges.-Ing. 101 (1980) H. 1/2, S. 13–20 und H. 5 S. 141–148.
- [7] Liersch, K.W.: Untersuchungen der Wärmeübertragungsvorgänge an einem belüfteten Steildach. Ges.-Ing. 104 (1983), H. 1, S. 22–36 und H. 3, S. 116–124.
- [8] Liersch, K.W.: Wärme- und Feuchteschutz belüfteter Dachkonstruktionen. DDH 103 (1982), H. 15, S. 29–39.
- [9] Liersch, K.W.: Bauphysikalische und baukonstruktive Besonderheiten belüfteter Flachdächer und Steildächer. Bauplan (1983), H. 6, S. 242–249.
- [10] Liersch, K.W.: Strömungsuntersuchungen beim belüfteten Flachdach und Steildach. Der Dachdeckermeister 37 (1984) H. 5, S. 50–61.
- [11] Hens, H.: The hygrothermal Behaviour of sloped Roofs CIB-W40-report Canada, Sept. 1989. Deutsche Veröffentlichung ist in der nächsten Ausgabe von wksb vorgesehen.
- [12] Achtziger, J.; Cammerer, J.; Komma, B.: Zum Feuchteverhalten wärmegeämmter Dachschrägen. wksb 33 (1988), H. 25, S. 41–44.
- [13] Hauser, G.: Beurteilung der Notwendigkeit einer Konterlattung bei geneigten Dächern. Bauen mit Holz (1988), H. 3, S. 156–158.
- [14] Schulze, H.: Hausdächer in Holzbauart. Werner Verlag (1984).