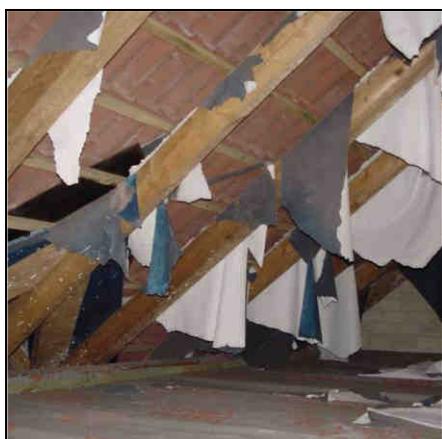


## Dauerhaftigkeit

### von diffusionsoffenen Unterspann- und Unterdeckbahnen unter Eindeckungen

#### Abschlussbericht





**Dauerhaftigkeit  
von diffusionsoffenen Unterspann- und Unterdeckbahnen  
unter Eindeckungen**

Abschlussbericht

Gefördert vom: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung,  
Bonn

Aktenzeichen: SF – 10.08.18.7-10.20

Bearbeitet durch: AIBAU  
Aachener Institut für Bauschadensforschung  
und angewandte Bauphysik, gGmbH, Aachen

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Rainer Oswald

Bearbeiter/Autoren: Dipl.-Ing. Silke Sous  
Dipl.-Ing. Matthias Zöller

Aachen, im März 2013

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Bearbeitern.



## INHALT:

1.	Einleitung.....	9
1.1	Aufgabenstellung und Forschungsansatz.....	9
1.2	Ziel und Eingrenzung der Arbeit.....	11
2.	Vorgehensweise / Datenermittlung .....	13
2.1	Literaturrecherche / Sachverständigenumfrage .....	13
2.2	Ergebnisse aus Recherche und Umfrage.....	13
2.2.1	Gebäudenutzung.....	17
2.2.2	Dachaufbau .....	18
2.2.3	Stoffe .....	19
2.2.4	Schäden .....	20
2.2.5	Auswertbarkeit der vorliegenden Umfrageergebnisse .....	21
2.3	Dank.....	21
3.	Bauphysikalische Grundlagen / Konstruktive Situation .....	22
4.	Bahnenarten .....	24
5.	Regelwerke und Prüfzeugnisse .....	27
5.1	Merkblätter und Produktdatenblätter des ZVDH .....	27
5.2	DIN EN 13859-1: Abdichtungsbahnen – Definitionen und Eigenschaften von Unterdeck- und Unterspannbahnen: Teil 1: Unterdeck- und Unterspannbahnen für Dachdeckungen .....	29
5.3	Sonstige Prüfungen (entnommen aus Herstellerangaben).....	30
5.4	DIN 4108-3: Wärmeschutz und Energieeinsparung, Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz.....	30
5.4.1	Nachweisverfahren .....	30
5.4.2	Nachweisfreie Konstruktionen.....	31

Inhalt	
5.5	DIN 68800-2: Holzschutz, Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen ..... 32
6.	Vorliegende Untersuchungen ..... 33
6.1	Dissertation Langner [Langner 2005] ..... 33
6.1.1	Widerstand gegen Wasserdurchgang ..... 35
6.1.2	Zug-Dehnungsverhalten ..... 37
6.2	Langjährige Produktprüfungen des Sachverständigen Szeglat ..... 41
6.2.1	Versuchsaufbauten ..... 41
6.2.2	Ergebnisse der Langzeittests ..... 45
7.	Eigene Untersuchungen ..... 47
7.1	Schadensfälle an Dächern mit diffusionsoffenen Unterspann-/ Unterdeckbahnen ..... 47
7.1.1	Zerfall der Funktions- und Trägerschicht ..... 47
7.1.1.1	Vollständiges Versagen der einzelnen Schichten ..... 47
7.1.1.2	Abkreiden der Beschichtung ..... 52
7.1.1.3	Beschädigung durch Tiere ..... 54
7.1.2	Mechanische Überbeanspruchung ..... 56
7.1.3	Durchfeuchtungsprobleme ..... 57
7.1.4	Problemkreis Anschlüsse ..... 59
7.2	Dächer mit diffusionsoffenen Unterspann- / Unterdeckbahnen ohne Schäden ..... 61
7.3	Beobachtungen an gitterverstärkten Bahnen ..... 62
7.4	Ergebnisse der Temperaturmessungen ..... 64
7.5	Zusammenfassende Ursachenanalyse ..... 65
8.	Regenbeanspruchung und Notwendigkeit von zweiten Entwässerungsebenen ..... 67
9.	Materialeigenschaften und Einbaurandbedingungen ..... 69
10.	Ergebnisse der Forschungsarbeit ..... 71

10.1	Konstruktions-/ Ausführungsempfehlungen .....	71
10.2	Veränderung der Prüfgrundsätze.....	72
10.3	Kennzeichnung .....	75
11.	Zusammenfassung.....	76
11.1	Grundsätzliches .....	76
11.2	Weiterer Forschungsbedarf .....	77
12.	Objektdokumentation .....	79
13.	Anhang.....	103
13.1	Erhebungsbogen.....	104
13.2	Literatur .....	105
13.2.1	Fachbücher und Fachaufsätze .....	105
13.2.2	Normen und Regelwerke.....	108



## 1. Einleitung

### 1.1 Aufgabenstellung und Forschungsansatz

In Steildachkonstruktionen wird aus energetischen Gründen zunehmend auf belüftete Konstruktionen mit belüfteter Ebene zwischen Wärmedämmung und zweiter wasserableitender Ebene verzichtet, um den Sparrenzwischenraum vollständig mit Dämmstoff zu füllen (s. Abb. 1 und Abb. 2).

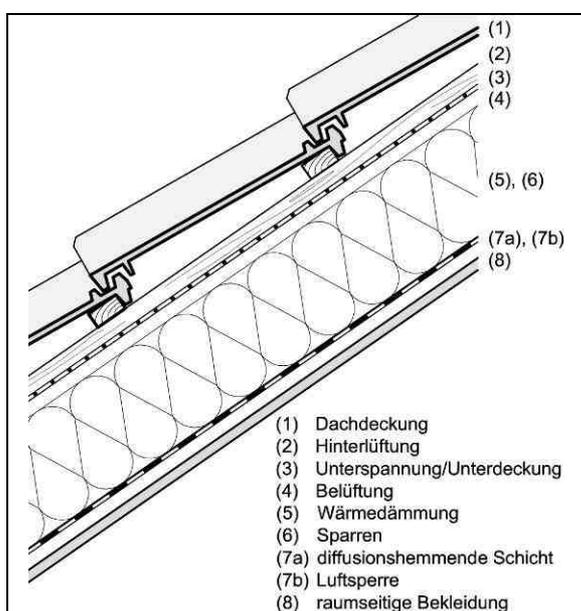


Abb. 1: Belüftete Dachkonstruktion

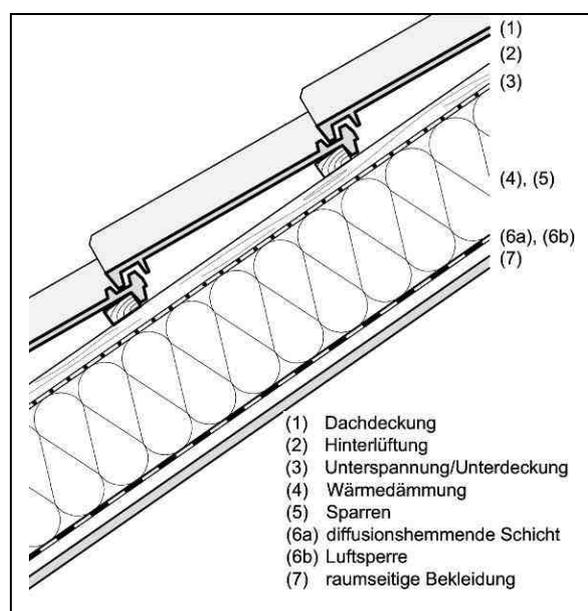


Abb. 2: Unbelüftete Dachkonstruktion

Bei belüfteten Konstruktionen sind die Diffusionseigenschaften von Bahnen zweiter Entwässerungsebenen unter nur regensicheren Eindeckungen bedeutungslos, während in unbelüfteten Konstruktionen i.d.R. die Belüftung in der Ebene zwischen der Bahn und der Eindeckung liegt. Dann sollen zur Ableitung von aus dem Innenraum diffundierender Feuchtigkeit oder zur Austrocknung von Baufeuchte die Bahnen unter den Eindeckungen geringe Diffusionswiderstände aufweisen.

Die Kombination aus Undurchlässigkeit gegen flüssiges Wasser und Durchlässigkeit von solchem in Gasform (geringer Diffusionswiderstand) bedeutet eine technische Herausforderung, die von seit langem bewährten Dachdichtungsbahnen aus Kunststoff oder Bitumen nicht erfüllt wird.

Bahnen zweiter Entwässerungsebenen über nicht belüfteten Dachdämmungen sollen daher:

- unter die Dacheindeckung gelangendes Wasser ableiten,
- Feuchtigkeit aus dem Dachquerschnitt aus Dämmung und tragenden Hölzern nach außen abtrocknen lassen,
- i.d.R. die Dämmebene winddicht abschließen,
- eine ausreichende mechanische Festigkeit aufweisen,
- gegen die in Dachquerschnitten unter sonnenbeschienenen Eindeckungen auftretenden Temperaturen beständig sein,
- dauerhaft ihre Aufgabe erfüllen
- sowie einen ausreichenden Schutz gegen Regen, Sturm und sonstigen Witterungseinflüssen bieten, bevor die eigentliche Dacheindeckung aufgebracht wird
- und anschließend noch eine ausreichende Nutzungsdauer aufweisen, auch unterhalb nicht vermeidbaren Durchscheinstellen der Dacheindeckung.

Aus bisherigen Schadensfällen, wie sie in diesem Bericht dargestellt werden, ist zu schließen, dass bisherige Prüfverfahren für diffusionsoffene Unterspannungen und Unterdeckungen ganz offensichtlich nicht real auftretende Beanspruchungen berücksichtigen.

An Eindeckungen aus Dachziegel und Betondachsteinen werden zunehmend Anforderungen an die Anpassbarkeit an den Untergrund gestellt, da mittlerweile weniger neu errichtete Gebäude eingedeckt werden als vorhandene eine neue Eindeckung erhalten. Daher werden Dachziegel i. d. R. nicht mehr mit einem doppelt umlaufender Verfalzung produziert, sondern mit kopfseitigen Schiebefalzen, die das Drücken oder Strecken von bis zu  $\pm 2$  cm, also eine Verlegetoleranz von bis zu 4 cm, zulassen. Bei solchen Ziegeln oder Dachsteinen werden die Kopffalze auf die Oberfläche entwässert und von den Seitenfalzen durch Stege abgetrennt. Zwar werden bei diesen neueren Produkten in Prüfständen noch immer die Regeldachneigung hinsichtlich ihrer Wasserdurchlässigkeit ermittelt, dennoch

kann nicht ausgeschlossen werden, dass durch die weniger passgenaue Verfalzung die Regensicherheit von verlegten Eindeckungen nicht im gleichen Maße zuverlässig ist wie die der früher üblichen mit doppelt umlaufenden Ringverfaltungen.

Ein geringerer Schlagregenschutz der Eindeckung ist bei zuverlässig funktionierenden zweiten Entwässerungen möglich, da das unter Eindeckungen gelangende Wasser dort sicher abgeleitet wird. Dann sind aber an die Zuverlässigkeit zweiter Entwässerungsebenen höhere Anforderungen als bisher zu stellen. Sie müssen über die Nutzungsdauer von Eindeckungen funktionieren, was bislang nicht selbstverständlich ist.

Bahnen zweiter Entwässerungsebenen sind geregelte Bauprodukte, die in der Bauregelliste im Teil B, Teil 1 in Verbindung mit Anhang 01 aufgeführt sind. Dabei stehen aber die Brandschutzeigenschaften im Vordergrund, nicht die Eignung als wasserableitende Ebene.

Die vorliegende Forschungsarbeit soll klären, unter welchen baupraktischen Randbedingungen neuere diffusionsoffene Unterspannbahnen und Unterdeckbahnen in geneigten Dächern über die vorgesehene Nutzungsdauer ausreichend zuverlässig ihre Aufgabe erfüllen und welche Ursachen zu vorzeitigen Schäden oder gar zum vollständigen Versagen der Bauteilschichten führen. Mit der Forschungsarbeit werden auf Grundlage von Untersuchungen sowie von Erfahrungen aus der Sachverständigentätigkeit der Autoren in der Baupraxis anwendbare Konstruktionsempfehlungen zum nachhaltigen Einsatz von Unterspannungen und Unterdeckungen erarbeitet sowie deren Anwendung und Grenzen beschrieben.

## **1.2 Ziel und Eingrenzung der Arbeit**

Bisherige Untersuchungen beschäftigten sich im Wesentlichen mit der Ausbildung von raumseitig der Wärmedämmung liegenden Luftdichtheitsebenen und deren Details, nicht aber mit der Nutzungsdauer von zweiten Entwässerungsebenen.

In heute üblichen, nicht belüfteten Dächern kann Feuchtigkeit aus dem Sparrenzwischenraum nicht mehr unmittelbar abgeführt werden. Neben der bloßen

Wasserableitung, die auch ein 5 mm hoher Spalt gewährleistet, soll daher die Ebene unmittelbar unter der Eindeckung auch die Belüftung übernehmen. Evtl. anfallende Feuchtigkeit kann dann ausreichend schnell abtrocknen sowie übermäßige strahlungsbedingte Wärme unter der Eindeckung abgeführt werden. Zusätzlich sollen zweite Entwässerungsebenen winddicht sein, um energetisch ungünstige Rotationsströmungen bei nicht immer zu vermeidenden Lücken und Spalten in der Dämmstoffebene zu minimieren. Mit der Zunahme der Aufgabe der zweiten Entwässerungsebenen nimmt auch deren Bedeutung hinsichtlich der dauerhaften Zuverlässigkeit zu.

Mit der Forschungsarbeit soll geklärt werden, ob Schäden an diffusionsoffenen Unterspann- und Unterdeckbahnen auf die jeweilige Einbausituation zurückzuführen sind, etwa auf eine zu geringe Belüftung unterhalb oder oberhalb der Bahnen, auf eine zu lange Freibewitterung bis zum Aufbringen der Eindeckung oder auf zu hohe Temperaturen im eingebauten Zustand oder auf eine Überlagerung dieser möglichen Ursachen. Falls solche Einflüsse sich nur untergeordnet auswirken sollten, liegt die Vermutung nahe, dass die Produkte nicht oder nur eingeschränkt realitätsnah auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft werden. Für Produkthersteller und Prüfinstitute sind dann Anregungen und Hinweise zu Veränderungen der derzeit vorhandenen Prüfregeln sinnvoll. Architekten, Ingenieuren und Handwerkern sollen Empfehlungen an die Hand gegeben werden, unter welchen Bedingungen Unterspann- und Unterdeckbahnen dauerhaft funktionieren.

Nicht untersucht wurden Aspekte des Arbeitsschutzes beim Aufbringen der Bahnen, wie etwa die mechanische Festigkeit beim Betreten durch Dachdecker.

## **2. Vorgehensweise / Datenermittlung**

### **2.1 Literaturrecherche / Sachverständigenumfrage**

Zunächst wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt. Des Weiteren wurden eigene Gutachten und bauphysikalische Beratungen des dem Institut angegliederten Sachverständigenbüros Prof. Dr.-Ing. R. Oswald Bausachverständige zum Thema der Forschungsarbeit ausgewertet.

Parallel hierzu wurden 1.565 Architekten und deutschlandweit tätige öffentlich bestellte und vereidigte Bausachverständige mit den Bestellsgebieten Schäden an Gebäuden, Bautenschutz, Bauphysik und Dachdeckerhandwerk angeschrieben. Die Sachverständigen wurden nach ihren Erfahrungen mit diffusionsoffenen Unterspann- und Unterdeckbahnen unter Dacheindeckungen befragt und darum gebeten, Schadensfälle für eine detaillierte Auswertung zur Verfügung zu stellen.

Mit dem vom AIBAU entwickelten Umfragebogen (s. Kapitel 13.1) wurde um Angaben zur Art und zur Einbausituation der Bahnen gebeten sowie zur Lage der Objekte und deren Baujahr. Weiterhin wurde nach Plänen und Fotos gefragt sowie nach der Möglichkeit, die benannten Objekte im Rahmen der Forschungsarbeit zu besichtigen.

### **2.2 Ergebnisse aus Recherche und Umfrage**

Von den 1.565 angeschriebenen Personen haben 222 geantwortet. Dies entspricht einem Rücklauf von etwa 14,1 %. Aufgrund der in Bezug der Anwendungshäufigkeit vergleichsweise geringen Fallzahlen können die Ergebnisse der Umfrage in nur sehr begrenztem Umfang als statistisch repräsentativ gelten. Einige der Hinweise und Informationen allgemeiner Art und zu konkreten Objekten sind jedoch in die vorliegende Forschungsarbeit eingeflossen.

58 Umfrageteilnehmer (ca. 26 %) gaben an, dass sie in den letzten zehn Jahren 162 Schadensfälle an Unterspann-/Unterdeckbahnen untersucht haben. Drei Sachverständige teilten mit, dass sie über positive Erfahrungen in 70 Fällen verfügen.

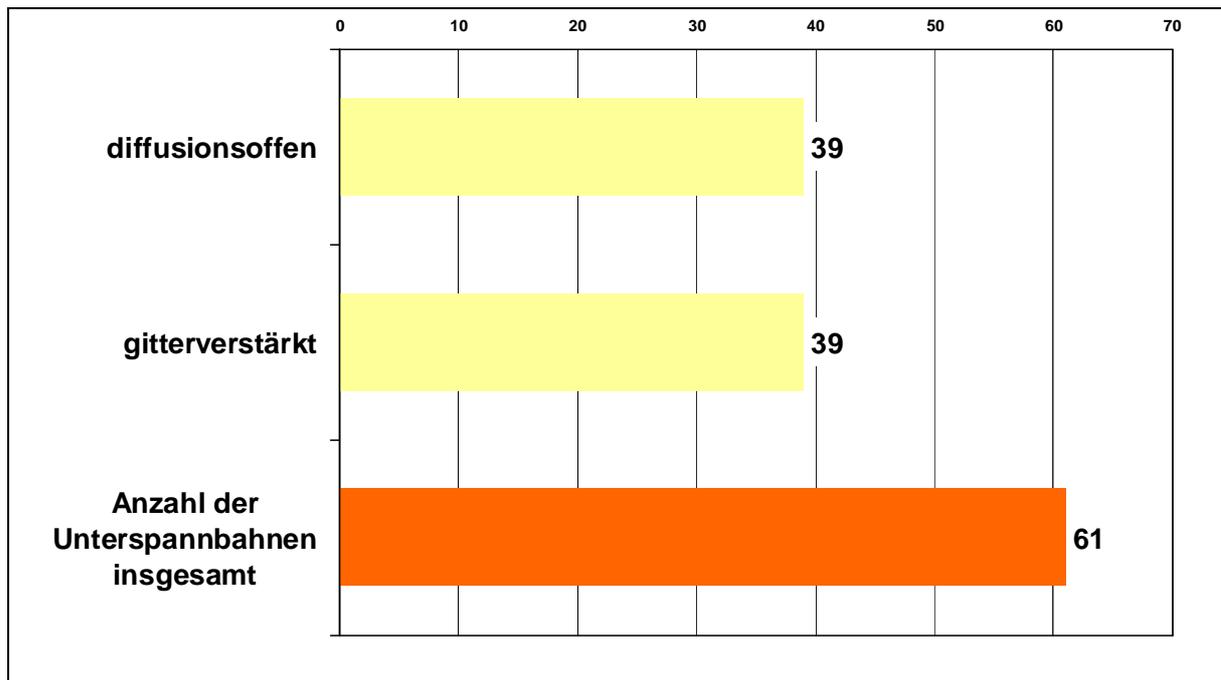


Abb. 3: Art und Anzahl der Unterspannbahnen (Nennung beider Kategorien möglich)

Die Befragten nannten gleich häufig (jeweils 39-mal; es konnten auch beide Bahntypen angegeben werden) diffusionsoffene bzw. gitterverstärkte Unterspann-/Unterdeckbahnen (s. Abb. 3).

Die Anzahl der genannten Objekte mit Schadensfällen liegt je zurückgesandtem Fragebogen zwischen einem und 20 Fällen. Etwa 30% der Angaben bestätigten keine Schäden an diffusionsoffenen Bahnen, ca. 70% der Angaben beziehen sich auf schadhafte Unterdeck- und Unterspannbahnen. An 19 % aller genannten Bahnen waren Schäden an diffusionsoffenen Bahnen aufgetreten, 14 % an gitterverstärkten Bahnen. In 37 % waren Schadensfälle nicht nach Bahntyp differenziert worden (s. Abb. 4). Von den als schadhaft angegebenen Bahnen standen etwa 30 für die weiteren Untersuchungen zur Verfügung.

Die benannten Dächer mit nicht geschädigten Unterspann-/Unterdeckbahnen konnten nicht in Augenschein genommen werden, obwohl ein Kollege angab, dass Erfahrungen in etwa 50 Fällen vorliegen. An dieser Stelle ist anzumerken, dass eine statistische Auswertung bei vergleichsweise geringen Fallzahlen und einzelnen „Ausreißern“ nur begrenzt zielführend ist, da die Beurteilung eines Einzelnen die Ergebnisse (durch „Haufenbildung“) einseitig beeinflussen.

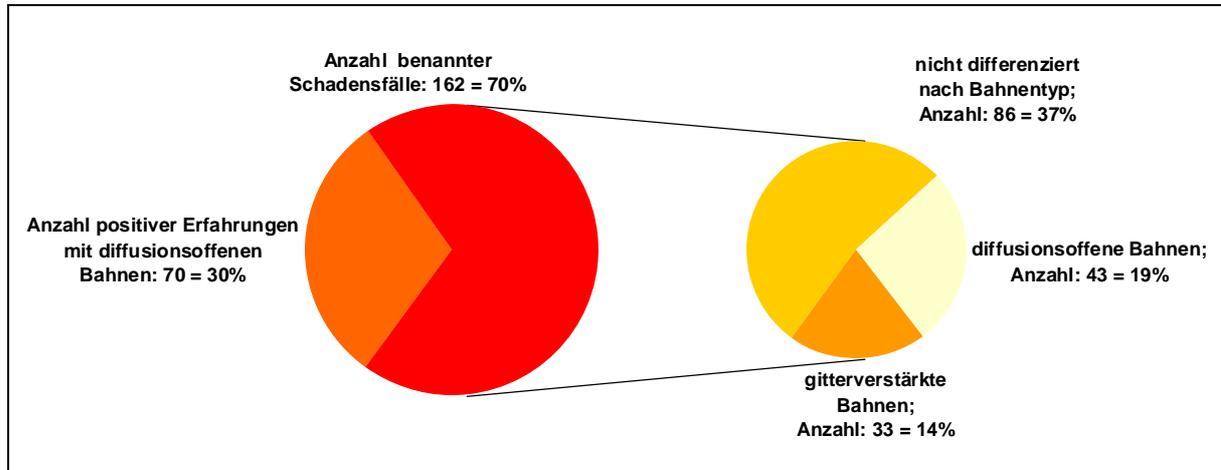


Abb. 4: Anzahl der benannten Schadensfälle und Differenzierung nach Bahnentyp

Auf Grundlage der Recherche und der Umfrage wurden 45 Gebäude genauer ausgewertet, die sich deutschlandweit verteilt befinden (Abb. 5). Zu 22 Objekten konnten detaillierte Informationen zusammengetragen werden. Diese umfassen die Grunddaten zum Gebäude, zur ausgeführten Dachkonstruktion, zu Besonderheiten bei der Detailausbildung, Ausführung, Nutzung und ggf. vorhandenen Schäden. Nach dem Einholen weiterer Informationen bei den Sachverständigen bzw. Eigentümern wurden für die zur Verfügung stehenden Dächer Besichtigungstermine für etwa 15 der benannten Gebäude vereinbart.

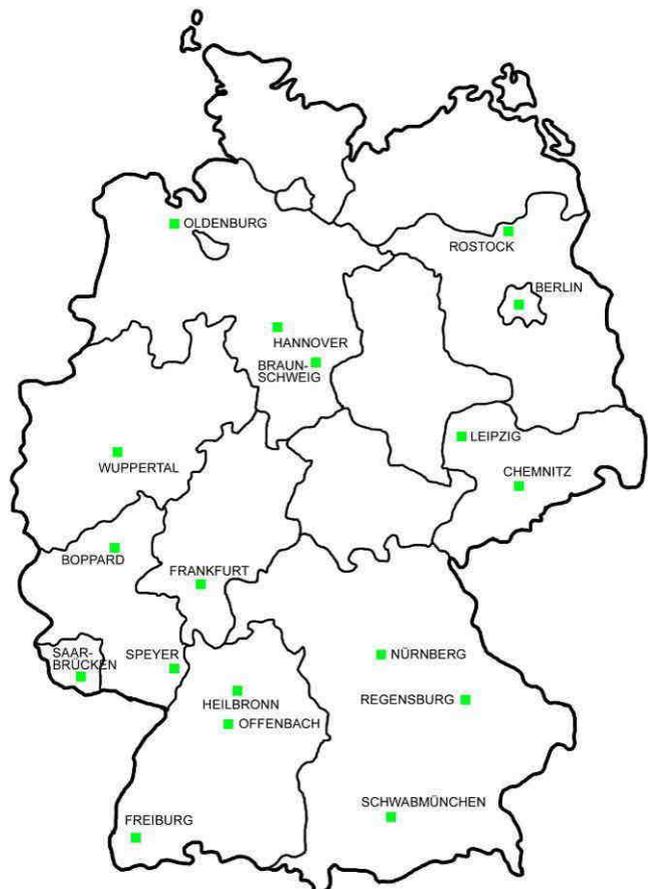


Abb. 5: Lage der Untersuchungsobjekte

Die Dachkonstruktion dieser Häuser konnte in Augenschein genommen werden. Bei Zustimmung der jeweiligen Bauherren bzw. Hauseigentümer waren auch Probeentnahmen von den Bahnen möglich.

Von den entnommenen Materialproben wurden drei Bahnenstücke hinsichtlich ihrer Wasserdichtheit und ihrer Reißfestigkeit geprüft (Abb. 6 und Abb. 7). Es handelte sich um eine dreilagig und eine zweilagig aufgebaute Unterspannbahn, bei denen jeweils die einzelnen Schichten miteinander thermisch verschweißt waren. Obwohl die Bahnenstücke nach einem ersten Eindruck zumindest größtenteils als funktionsfähig bewertet wurden, hat sich bei der Prüfung herausgestellt, dass sie nicht mehr den Prüfanforderungen der Reißfestigkeit und Wasserdichtheit entsprachen.

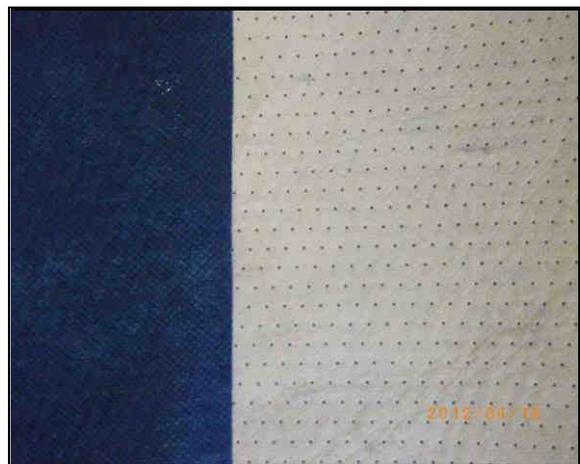


Abb. 6 und Abb. 7: Zur Materialprüfung verschickte Bahnenproben

Der Sachverständigenkollege Ernst Szeglat aus Hüfingen und Immendingen im Schwarzwald hat seit etwa 30 Jahren auf eigene Kosten die Funktion und Dauerhaftigkeit von zweiten Entwässerungsebenen an hierfür eigens errichteten Prüfständen untersucht und dokumentiert. Eine ausführliche Erläuterung der durchgeführten Versuche und deren Ergebnissen ist in Kapitel 6.2 enthalten.

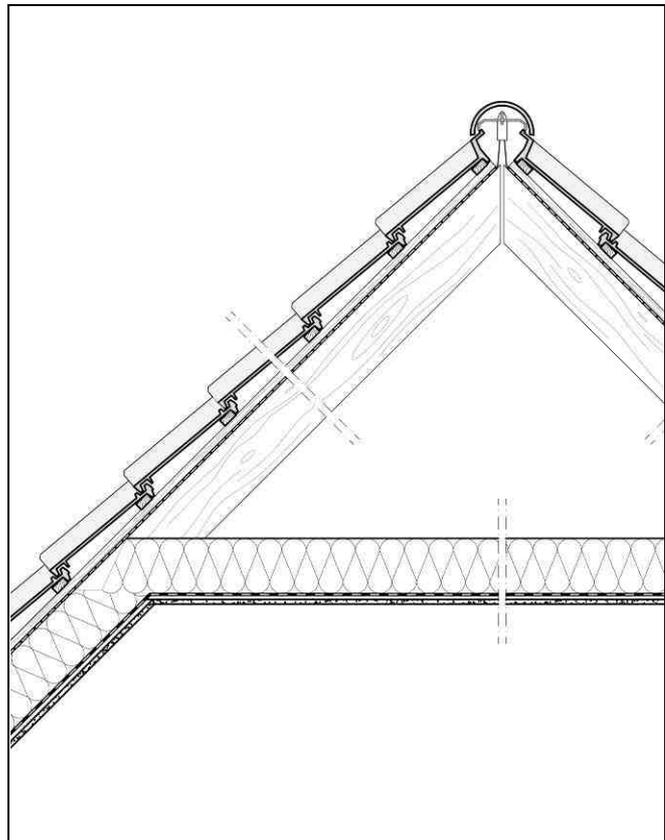
Die von den Besitzern, Nutzern und Sachverständigen zur Verfügung gestellten Planunterlagen und Fotos wurden durch Feststellungen der Autoren im Rahmen von Begehungen ergänzt. Die Ergebnisse sind in Kapitel 12 zusammengefasst.

### 2.2.1 Gebäudenutzung

Bei den untersuchten Gebäuden handelt es sich um Ein- oder Mehrfamilienwohnhäuser mit bis zu drei Vollgeschossen, die zwischen 1991 und 2006 errichtet wurden. Bei einem älteren Haus wurde im Jahr 2010 der Dachstuhl erneuert.

Nahezu alle Untersuchungsobjekte weisen Sattel- bzw. Walmdächer mit Dachneigungen zwischen  $11^\circ$  und  $49^\circ$  auf.

Bei 14 dieser Gebäude ist der Dachraum in der unteren Ebene ausgebaut, der darüber liegende Spitzboden jedoch nicht. So liegen die auf diesen Dächern verlegten Bahnen im unteren, ausgebauten Bereich meistens unmittelbar auf der Vollsparrendämmung auf und sind damit als Unterdeckungen einzustufen, während im oberen, nicht ausgebauten Bereich die Bahnen frei gespannt sind und damit als Unterspannungen zu klassifizieren sind (s. Abb. 8). In 13 Fällen sind Dachgauben bzw. Dachflächenfenster in die Dachkonstruktion



eingefügt.

Abb. 8: Übergang zwischen ausgebautem und nicht ausgebautem Dachraum

Im Bereich der oberhalb des ausgebauten Dachgeschosses verbleibenden Spitzböden sind häufig lichtdurchlässige Dachfenster oder -klappen eingebaut, wodurch die Bahnen nicht nur an den Fensteranschlüssen, sondern auch raumseitig (wenn auch in vergleichsweise geringem Umfang) durch Tageslicht beansprucht sind. In drei Fällen sind in nicht ausgebauten Dachräumen Fenster in der Giebelwand vorhanden.

Bei zwei Einfamilienhäusern bildet ein Pultdach mit einer Dachneigung von  $5^\circ$  bzw.  $17^\circ$  den oberen Gebäudeabschluss. Auch bei diesen sind die unter dem Dach liegenden Räume zu Wohnzwecken genutzt.

### 2.2.2 Dachaufbau

Die Dacheindeckungen der untersuchten Gebäude sind verschieden. Acht der Dächer sind mit roten Betondachsteinen bzw. Dachziegeln eingedeckt. In einem Fall waren rote Biberschwanzziegel, in drei weiteren Fällen bei geringer Dachneigung rote Flachdachpfannen verwendet worden. Fünfmal kamen graue Betondachsteine bzw. Dachziegel zum Einsatz. Ein Dach mit sehr geringer Dachneigung ist mit grauen Welleternitplatten eingedeckt.

Die Dachkonstruktionen sind in der Regel an einer oder mehreren Stellen durch Rohrleitungen oder Kamine unterbrochen. In je einem Fall waren Solarkollektoren bzw. eine Satellitenschüssel aufgebaut worden.

Bei nahezu allen untersuchten Dachkonstruktionen waren Lattung und Konterlattung eingebaut, so dass über der zweiten Entwässerungsebene ein Luftspalt vorhanden ist. Nur in einem Fall wurde auf den Einbau der Konterlattung verzichtet. In acht Fällen sind Belüftungsöffnungen an Traufe und First vorhanden.

Bahnen auf tragfähiger Unterlage (wozu nicht nur Schalungen oder Unterdeckplatten, sondern auch Dämmungen gehören, an die zurzeit noch keine Anforderung an die Druckfestigkeit und Formbeständigkeit gestellt werden), werden als Unterdeckungen bezeichnet, Bahnen über belüfteten und nicht belüfteten Luftschichten als Unterspannbahnen.

Bei vier Dächern waren die Bahnen auf Holzschalungen bzw. auf Holzfaserplatten verlegt worden (s. Abb. 9).

Bei den Dachkonstruktionen der genutzten Dachgeschosse war der Hohlraum zwischen den Sparren in elf Fällen vollständig mit Mineralwollgedämmen ausgefüllt (s. Abb. 10). In vier dieser Fälle war der Dachaufbau im Bereich der oberen, nicht ausgebauten Spitzböden ebenfalls gedämmt.

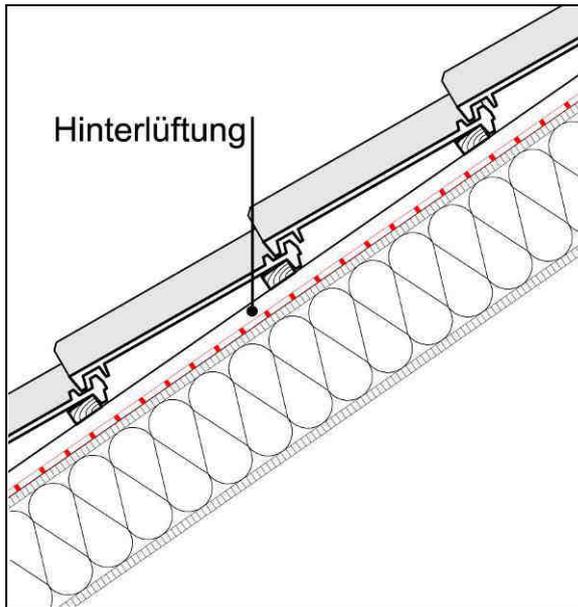


Abb. 9: Unbelüftete Dachkonstruktion, Unterspannbahn auf Schalung verlegt, Vollsparrendämmung

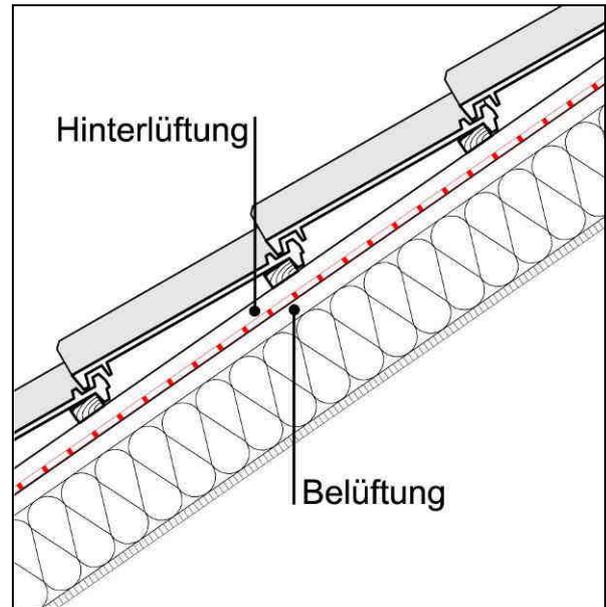


Abb. 10: Belüftete Dachkonstruktion mit Luftspalt oberhalb der Dämmung

Bei drei Dächern befand sich zwischen der Mineralwolldämmung und der zweiten Entwässerungsebene ein Luftspalt. Von diesen wurde der obere, nicht ausgebaute Spitzboden nur in einem Fall gedämmt, in den beiden übrigen Dächern verlief die Dämmung in der Kehlbalckenlage.

Den unteren Abschluss zur Raumseite bildeten in drei Fällen folienförmige Dampfsperren und mit Karton kaschierte Gipsplatten. In den anderen Gebäuden konnten zum inneren Aufbau keine (zerstörende) Untersuchungen vorgenommen werden, so dass bei diesen zur Luftdichtung, zur raumseitigen Bekleidung der Dachkonstruktion und zur Dampfsperre keine Aussage getroffen werden kann.

### 2.2.3 Stoffe

Bei den insgesamt 20 für die Untersuchung zur Verfügung stehenden Dächern waren die Bahnen in zehn Fällen gekennzeichnet und damit bestimmbar. Andere Bahnen konnten teilweise aufgrund des äußeren Erscheinungsbildes oder aufgrund des vorhandenen Schadensbildes identifiziert werden. In anderen Fällen war dies nicht möglich. Die

Identifizierbarkeit ist eine Voraussetzung, um die Zuverlässigkeit einer Bahn erkennen zu können.

Grundsätzlich sollten nur Bahnen mit einer entsprechenden Produktkennzeichnung verwendet werden, weil bei anderen keine ausreichende Gewissheit über deren Gebrauchstauglichkeit besteht. Bereits durch die Streichung von Unterspannbahnen in der Bauregelliste C, die dort in der Ausgabe 2007/01 aufgenommen worden waren, und Aufnahme dieser Bahnen in die Bauregelliste B Teil 1 verdeutlicht, dass nur bestimmte und identifizierbare Bahnen verwendet werden dürfen.

Diffusionsoffene Unterspann- bzw. Unterdeckbahnen bestehen aus mehreren Schichten. Die Funktionsschichten sind ausreichend wasserundurchlässig und leiten damit flüssiges Wasser ab, setzen aber gasförmigem Wasser (= Wasserdampf) einen möglichst geringen Diffusionswiderstand entgegen. Da Funktionsschichten nicht ausreichend mechanisch fest sind, werden diese entweder einseitig oder beidseitig mit Schutz- und Trägerlagen versehen.

#### 2.2.4 Schäden

Die geschädigten Unterspannbahnen wiesen unterschiedliche Schadensbilder auf:

In einigen Fällen waren lediglich optische Beeinträchtigungen wie Verfleckungen oder Verschmutzungen festzustellen, die in der Regel keine Beeinträchtigungen der Funktionsfähigkeit zur Folge hatten. Weiterhin waren bei einer Bahn leichte Abkreidungserscheinungen, bei einer anderen eine erhöhte Oberflächenrauigkeit festzustellen.

Bei der Mehrzahl der schadhafte Unterspannbahnen war eine Zerstörung der Funktions- und Trägerschicht in Form von Materialrissen (entlang der Sparren, aber auch in Feldmitte) bis hin zur vollständigen Auflösung der Funktions- und Trägerschichten der Bahnen festzustellen. In einigen Fällen wurden Schäden an den Bahnen erst durch daraus resultierende Durchfeuchtungsprobleme und Wassereintritte in den darunter befindlichen

Geschossen feststellbar. Die häufigsten Schäden gingen von Anschlüssen und Durchdringungen aus. Bei einem Dach aber war die Wasserundurchlässigkeit nicht gegeben, es regnete durch die Bahn unter Stößen der Dachziegel hindurch.

Eine detaillierte Beschreibung der an den untersuchten Unterspannbahnen festgestellten Schäden und typische Schadensbilder ist in Kapitel 7 enthalten.

### 2.2.5 Auswertbarkeit der vorliegenden Umfrageergebnisse

Auf der zuvor beschriebenen Datengrundlage werden im Rahmen der Forschungsarbeit Aussagen zu Schadensmechanismen in Abhängigkeit von den jeweiligen Einbaurandbedingungen gemacht. Diese Ergebnisse werden detailliert in Kapitel 7.2 beschrieben.

## 2.3 Dank

Eine wichtige Grundlage der vorliegenden Arbeit stellt die zuvor beschriebene Umfrage unter Sachverständigen dar. Diese hatte u. a. zum Ziel, festzustellen, wie sich die jeweilige Einbausituation auf die Dauerhaftigkeit der Unterspannbahnen auswirkt und welches Langzeitverhalten Unterspannbahnen aufweisen. Die Befragten haben unentgeltlich an Umfragen teilgenommen, teilweise ihre persönlichen Erfahrungen und Erkenntnisse sowie umfangreiches Informationsmaterial zur Verfügung gestellt und geholfen, geeignete Untersuchungsobjekte zu finden. Einige haben durch persönliche Kontakte erheblich zum Gelingen der Vor-Ort-Untersuchungen und der Befragungen der Hauseigentümer beigetragen. Ihnen allen gilt daher ein besonderer Dank.

Gedankt sei außerdem den Arbeitsgruppenmitgliedern Herrn Sascha Diver, Herrn Heinz Peter Raidt, Herrn Dr.-Ing. Normen Langner, Herrn Josef Rühle, Herrn Wilfried Walther und Herrn Dipl.-Ing. Hanns-Christoph Zebe für die fachliche Beratung.

### 3. Bauphysikalische Grundlagen / Konstruktive Situation

Dachkonstruktionen können nach Dachform, Dachneigung, Dachtragwerk und Dachaufbau unterschieden werden.

Einfache Dachgeometrien vermeiden Risiken bei z. T. komplizierten Übergängen und tragen so zur Zuverlässigkeit erheblich bei. Dachflächenfenster oder Dachgauben unterbrechen den Regelquerschnitt, Anschlüsse an diesen Stelle können zu Einschränkungen führen. Ähnliche Auswirkungen können Durchdringungen wie Rohrdurchführungen oder der Einbau von Solarkollektoren haben.

Die vorliegende Forschungsarbeit beschäftigt sich mit geeigneten Dächern mit unterschiedlichen Dachdeckungen, deren Dachneigungen zwischen 5° und 49° liegen. Die am häufigsten ausgeführten Dachformen sind hierbei Sattel-, Walm- oder Pultdächer.

Dachdeckungen haben die Aufgabe, Regenwasser abzuleiten. Sie sind regensicher, jedoch nicht wasserdicht ausführbar. Der Grad der Regensicherheit hängt von der Dachneigung, der Qualität der Verfalzung bzw. Überdeckung der Deckwerkstoffe und der Bewitterung ab. Zur Ableitung von durch Schlagregen oder Flugschnee unter die Eindeckung gelangenden Wassers sind zweite Entwässerungsebenen erforderlich. Die zu wählende Art dieser Ebenen (z.B. Unterspannbahn, Unterdeckung oder Unterdach, s. Kap. 4) hängt von den erhöhten Anforderungen ab, die sich aus Dachneigung, Konstruktion, Nutzung, klimatischen Verhältnissen oder örtlichen Bestimmungen ergeben.

Zu unterscheiden sind belüftete und unbelüftete Dachkonstruktionen (vgl. Abb. 9 und 10). Unter dem Begriff Belüftung wird eine belüftete Luftschicht unmittelbar außenseitig der Wärmedämmung (meistens als Zwischensparrendämmung ausgeführt) verstanden. Bei unbelüfteten Dächern wird keine belüftete Luftschicht unmittelbar über der Dämmung vorgesehen. Wird der Sparrenzwischenraum vollständig mit Dämmung (Vollsparrendämmung) gefüllt und außenseitig unmittelbar eine zweite Entwässerungsebene aufgebracht, handelt es sich um eine nicht belüftete Konstruktion. Das gilt auch bei nicht

belüfteten Luftschichten unmittelbar über der Dämmung. Ein belüfteter Luftspalt zwischen der zweiten Entwässerungsebene und der Dachdeckung wird im Folgenden als Hinterlüftung beschrieben.

Die Wirksamkeit der Belüftung, die eventuell in den Dachquerschnitt eingedrungene Feuchte abführen soll, ist in starkem Maße abhängig vom Luftaustausch zwischen Belüftungsebene und Außenluft. Dieser wiederum wird gesteuert von thermischem Auftrieb und Windeinflüssen. In Abhängigkeit der Deckungsart wirken sich auf die Intensität der Belüftung Zu- und Abluftöffnungen insbesondere an den Traufen aus. Die Lüftungsöffnungen an Firsten und Graten weisen aus Gründen der Regensicherheit i. d. R. nur Querschnitte von lediglich einem Viertel der von Traufen auf. Daher führt der Luftstrom in Belüftungen oder Hinterlüftungen nicht von Traufen zu Firsten oder Graten, sondern unter diesen hinweg von Traufe zu Traufe [Künzel 1996]. Die meisten Eindeckungen sind aber nicht winddicht, sie fördern die Hinterlüftung über die Dachfläche.

Zur Verhinderung von Feuchteinträgen in den Bauteilquerschnitt während der kalten Jahreshälfte ist die Luftdichtheit raumseitig der Wärmedämmung wesentlich, die die konvektive Mitführung von in der Raumluft enthaltenen Wassermolekülen verhindert. Eine dazu geeignete Luftdichtheitsschicht kann (muss aber nicht) gleichzeitig die Funktion einer Dampfsperre erfüllen und so Diffusionsvorgänge und ebenfalls den Feuchteintrag aus Innenräumen reduzieren.

Die Zuverlässigkeit eines Daches in Leichtbauweise hängt im Wesentlichen davon ab, ob bereits bei der Planung handwerklich machbare Lösungen entwickelt wurden, die den vorhandenen Anforderungen genügen. Dabei sind unvermeidliche kleinere handwerkliche Abweichungen zu berücksichtigen. So dürfen unvermeidbare und unter energetischen Aspekten unbedeutende kleine Fehlstellen nicht zu Schädigungen an Hölzern führen. Bauteile müssen eine ausreichende Fehlertoleranz aufweisen, gerade bei Holzkonstruktionen dürfen kleinste Lücken in Luftdichtheitsschichten oder Baufeuchte nicht eine Gefährdung des gesamten Bauteils zur Folge haben.

#### 4. Bahnenarten

Bahnen zweiter Entwässerungsebenen werden im verlegten Zustand unter Eindeckungen nicht bewittert, sie dienen aber der Erhöhung der Zuverlässigkeit von nur regensicheren, aber nicht wasserdichten Eindeckungen. Unter diese durch Schlagregen oder Flugschnee gelangendes Wasser wird über die Bahnen an die Traufen hin- und dort ausgeleitet. Die wasserableitende Funktion wird am besten durch wasserdichte Stoffe erfüllt. Diese weisen aber einen für viele Holzkonstruktionen mit dazwischen liegender Dämmung zu hohen Diffusionswiderstand auf. Da die Wasserbeanspruchung gering ist, genügen ausreichend hohe Wasserdurchdringungswiderstände der Bahnen, die auch diffusionsoffen sein können. Trägerlagen sind erforderlich, da Funktionsschichten keine ausreichende mechanische Festigkeit aufweisen. Die einzelnen Lagen werden durch Verkleben, Verschweißen oder Weben bzw. Filzen zusammengefügt. Die technisch einfachste Methode ist das Verkleben, aber auch die am geringsten zuverlässige, da Kleber häufig nicht ausreichend temperaturbeständig sind und bei höheren Temperaturen die einzelnen Lagen delaminieren können.

Die z. T. gegensätzlichen Eigenschaften ausreichender Wasserundurchlässigkeit, geringem Diffusionswiderstandes, mechanischer Festigkeit und Dauerhaftigkeit unter Einbaubedingungen (insbesondere durch Temperatur und UV-Lichteinflüssen) können durch verschiedene Materialkonzeptionen erzielt werden. Unter Berücksichtigung dieser Produktmerkmale können unterschiedliche Qualitätseigenschaften definiert werden.

Der UV-Widerstand kann erzielt werden, indem entweder Kunststoffe verwendet werden, die eine von vorneherein hohe UV-Beständigkeit aufweisen oder durch eine Ausrüstung mit Zusatzstoffen, wie Kohlenstoff. Dadurch wird ein in Abhängigkeit der tatsächlichen UV-Belastung ausreichender UV-Widerstand erzielt, der einer angemessenen Freibewitterungszeit zwischen Aufbringen der Unterspannbahn und der Eindeckung sowie einer UV-Belastung während der Nutzungsdauer durch Durchscheinstellen der Eindeckung standhält.

Im Folgenden werden beispielhaft zwei Produkte unterschiedlicher Preis- und Qualitätsklassen beschrieben.

#### Beispiel 1:

Bahn mit Funktionsschicht aus Polypropylen (PP), Flächengewicht ca. 130g/m<sup>2</sup>.

PP ist relativ diffusionsdicht und wird z.B. gegen Aromenverluste und Schutz vor Gerüchen bei Verpackungen in der Lebensmittelbranche verwendet.

Für Funktionsschichten werden extrudierte, dickschichtige Folien verwendet. Um deren Diffusionswiderstand zu senken, wird die Folie in mehrstufigen Kalandern (liegende, rotierende Stahlzylinder) bei jeweiliger Steigerung der Rotationsgeschwindigkeit von Folgekalandern unter Zugabe von Kreide gereckt, um feinste Risse zu erzeugen, durch die Wassermoleküle wandern können und dadurch den Diffusionswiderstand zu senken. Die Dicke der Folie verringert sich, sie wird grau und papierartig. Die Dickenkontrolle erfolgt durch automatische Messung auf den Kalandern, die Messung steuert die Geschwindigkeiten der einzelnen Kalandern. Die gereckte Folie wird thermisch entspannt (relaxiert), um das Rückstellbestreben zu minimieren.

Die gereckte Folie ist mechanisch nicht fest, daher wird diese in ein äußeres, dickeres Vlies (mechanische Festigkeit von außen) und ein inneres, dünneres Vlies (gegen Beschädigung z.B. durch sägeraue Sparren) eingebettet. Die Flächenverbindung erfolgt durch Ultraschallverschweißen über Pyramidenwalzen bei kurzzeitigen Temperaturen von ca. 200°C, so dass punktuelle Verbindungen zwischen den Lagen entstehen. Ultraschall erzeugt Kontaktwärme nur an Berührungspunkten, der Rest bleibt kalt und verändert damit nicht die sonstigen Eigenschaften. Die hohen Temperaturen dürfen nur kurzzeitig einwirken, da sonst Oxidationsprozesse einsetzen und die Bahn an den Kontaktstellen verbrennt.

#### Beispiel 2:

Bahn mit Funktionsschicht aus Polyurethan (PU), Flächengewicht ca. 190g/m<sup>2</sup>

PU nimmt Wassermoleküle in die Molekülstruktur auf der Seite mit höherer Molekülkonzentration auf und gibt diese auf der Seite geringerer Konzentration ab. Wassermoleküle werden daher durch die Molekülstruktur der Funktionsschicht hindurch transportiert. Dadurch ist PU diffusionsoffen, muss deshalb nicht gereckt werden und ist

Bahnenarten
-------------

deswegen gegen flüssiges Wasser von vorneherein dicht.

Die PU-Funktionsschicht wird mit einem Trägervlies nicht durch thermisches Schweißen verbunden, sondern mittels ober- und unterseitigem Nagelbrett mit Widerhaken verwoben. Dadurch bleibt der Verbundwerkstoff bei steigender Reißfestigkeit im Gegensatz zu verschweißten Bahnen flexibel, die durch die punktuelle Fixierung bei steigender Reißfestigkeit härter wird. Bei verwobenen Bahnen richten sich bei punktuellen Belastungen, wie beim Auftreten bei der Verlegung, die Fasern nach der Belastung aus. Aus diesem Grund erfährt die Bahn bei mechanischer Beanspruchung keine hohen Punktkräfte, sondern verteilt diese und ist deshalb bei gummiähnlichen mechanischen Eigenschaften besonders reißfest. Solche Bahnen bestehen aus kostenintensiven Rohstoffen, die wegen ihrer hohen Wasseraufnahmefähigkeit dauerhaft trocken gelagert werden müssen. Sie werden unter hohem Aufwand gefertigt und sind dadurch teurer, weisen aber eine hohe mechanische Festigkeit, eine geringe Aufnahme von flüssigem Wasser, eine gute Temperatur- und UV-Beständigkeit und damit eine hohe Alterungs- und Langzeitbeständigkeit auf.

## **5. Regelwerke und Prüfzeugnisse**

An die Eigenschaften von Unterspann- und Unterdeckbahnen sowie an die verwendeten Werkstoffe werden unterschiedliche Anforderungen gestellt, die in den Merkblättern und Produktdatenblättern des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks geregelt sind. Die notwendigen Prüfregeln sind in einer europäischen Norm beschrieben. Diese Regelwerke werden in den folgenden Kapiteln kurz erläutert.

Zusätzlich werden an Steildächer, die sich über genutzten Räumen befinden, Anforderungen des Wärme-, Feuchte- und Schallschutzes gestellt. Insoweit diese für das vorliegende Forschungsthema von Relevanz sind, wird hierauf ebenfalls im Folgenden eingegangen.

### **5.1 Merkblätter und Produktdatenblätter des ZVDH**

Das Merkblatt für Unterdächer, Unterdeckungen und Unterspannungen des ZVDH [ZVDH 2010-1] regelt die Anforderungen, die zu verwendenden Werkstoffe sowie die unterschiedlichen Einsatzbereiche für Unterdächer, Unterdeckungen und Unterspannungen unter Dachdeckungen. Weiterhin umfasst das Merkblatt Hinweise zur Ausführung der unterschiedlichen Konstruktionen sowie zur Detailausbildung im Bereich von Dachrändern, sonstigen Anschlüssen und Durchdringungen.

Unterdächer, Unterdeckungen und Unterspannungen werden in dem o. g. Merkblatt als Zusatzmaßnahmen beschrieben, die durch Einordnung in sechs Klassen (Klasse 1 = höchste Funktionssicherheit; Klasse 6 = geringste Funktionssicherheit) hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit bewertet werden. Die Klassifizierung erfolgt in Abhängigkeit von der Art der Konterlatteneinbindung und der Qualität der Naht- und Stoßausbildung. So ist beispielsweise zwischen verschweißten, verklebten, überdeckten, genagelten, verfalzten oder lose überlappenden Nähten zu unterscheiden.

Im Folgenden wird nur auf die Regelungen hinsichtlich der Unterspann- und Unterdeckbahnen eingegangen.

Der Begriff der Unterdeckung meint eine Zusatzmaßnahme aus ausreichend wasserundurchlässigen Bahnen, die auf einer tragfähigen Unterlage eingebaut werden oder als Unterdeckplatten ausgeführt werden.

Unter einer Unterspannung wird eine Zusatzmaßnahme aus ausreichend wasserundurchlässigen Bahnen ohne flächige Unterlage verstanden, die frei gespannt oder mit planmäßigem Durchhang verlegt wird. Zu einer solchen Verlegung ist aber Folgendes anzumerken: Bei Neubaumaßnahmen und bei Modernisierungen ist das außenseitige Aufbringen von Konterlatten einfacher zu bewerkstelligen, wodurch Unterspannbahnen nicht durchhängend verlegt werden müssen. Beim nachträglichen Einbau von Unterspannbahnen vom Dachraum aus können von innen Latten in Feldmitten parallel zu den Sparren angebracht werden, um so einen Entwässerungsspalt zwischen Bahn und Dachlatten sicherzustellen. Allerdings ist i. d. R. dabei die Entwässerung an den Fußpunkten nicht möglich. Enden Unterspannbahnen auf Holzbalkendecken, ist das Risiko von erheblichen Schäden größer als in Situationen ganz ohne Unterspannbahnen. In diesem Fall verbleibt das unter die Eindeckung gelangende Wasser in der Fläche und kann von dort in den meisten Fällen schadensfrei wieder abtrocknen. Es dringt nicht konzentriert in die Baukonstruktion ein. Daher kann der Verzicht auf eine Unterspannbahn in bestimmten Situationen die bessere Lösung, nämlich das kleinere Übel, darstellen. Aber auch bei Neubaumaßnahmen können planmäßig durchhängende Bahnen an den Fußpunkten nicht zielgerichtet entwässert werden ohne einen „Wassersack“ oberhalb der Traufschalung oder eines Tropfblechs zu bilden.

In den Produktdatenblättern für Unterspann- / Unterdeckbahnen ZVDH [ZVDH 2010-2/-3] wird unmittelbar auf das o. g. Merkblatt und die hierin aufgeführten Klassen Bezug genommen. Zusätzlich wird geregelt, dass Unterspannbahnen der Klasse USB-A / Unterdeckbahnen der Klasse UDB-A auch den Anforderungen der Klasse USB-B bzw. UDB-B entsprechen müssen. Die Eignung der Bahn für den jeweils anderen Anwendungsfall sowie Einschränkungen hinsichtlich der Einsatzbereiche sind seitens der Hersteller nachzuweisen und anzugeben.

Gefordert wird in diesen Datenblättern eine Übereinstimmung und ein Erfüllen der Prüfkriterien nach DIN EN 13859-1 (s. u.). Diese sowie zusätzliche Prüfungen werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

## **5.2 DIN EN 13859-1: Abdichtungsbahnen – Definitionen und Eigenschaften von Unterdeck- und Unterspannbahnen: Teil 1: Unterdeck- und Unterspannbahnen für Dachdeckungen**

DIN EN 13859-1 [DIN EN 13859-1:2010-11] enthält Festlegungen für die Eigenschaften von Unterspann- und Unterdeckbahnen unter Dachdeckungen. Weiterhin werden Anforderungen an Produkteigenschaften und Prüfverfahren festgelegt. Diese umfassen die Länge, die Breite, die Geradheit, die flächenbezogene Masse sowie die Maßhaltigkeit. Zusätzlich werden geprüft:

- das Brandverhalten,
- der Widerstand gegen Wasserdurchgang (Einordnung in die Klassen *W1*, *W2* oder *W3*, in Abhängigkeit von der Höhe der anstehenden Wassersäule, der Prüfdauer und der Menge des durch den Prüfkörper durchgegangenen Wassers),
- die Wasserdampfdurchlässigkeit nach DIN EN 1931 [DIN EN 1931:2001-03] bzw. DIN EN ISO 12572 [DIN EN ISO 12572:2001-09] (mit der Feststellung der wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke, dem  $s_d$ -Wert)
- das Zug-Dehnungsverhalten (Reißfestigkeit bzw. Höchstzugkraft längs und quer)
- Widerstand gegen Weiterreißen längs und quer
- das Kaltbiegeverhalten (Biegsamkeit)
- die Dauerhaftigkeit nach künstlicher Alterung nach Anhang C (Beanspruchung durch UV-Strahlung und erhöhte Temperatur): Der Prüfkörper wird bei erhöhter Temperatur einer dauernden UV-Strahlung (14 Tage bei 50°C) und anschließend einer Langzeitbeanspruchung durch Wärme (90 Tage bei 70° ± 2°C) ausgesetzt. Nach einer

derart simulierten künstlichen Alterung werden der Widerstand gegen Wasserdurchgang sowie das Zug-Dehnungsverhalten bestimmt.

- der Widerstand gegen Luftdurchgang
- die Wasserdichtheit der Nähte bei einem Wasserdruck von 2.000 Pa (200 mm Wassersäule)
- und ob die Bahnen gefährliche Substanzen beinhalten.

### **5.3 Sonstige Prüfungen (entnommen aus Herstellerangaben)**

Einige Hersteller führen zur werkinternen Qualitätskontrolle ihrer Produkte zusätzliche Tests durch. So werden beispielsweise die Höhe der Wassersäule (nach DIN EN 20811), der die Unterspannbahn standhält, überprüft oder durch externe Labors wie das der TU Berlin Schlagregentests durchgeführt. Weiterhin werden der in der Baupraxis anzutreffende Temperatureinsatzbereich und die UV-Beständigkeit der Bahn kontrolliert und die Freibewitterungszeit im Falle der Verwendung als Behelfsdeckung bestimmt.

### **5.4 DIN 4108-3: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden, Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz**

#### **5.4.1 Nachweisverfahren**

Der klimabedingte Feuchteschutz wird in Teil 3 von DIN 4108 [E DIN 4108-3:2012-01] geregelt, in dem Anforderungen an Bauteile und Nachweisverfahren zur Tauwasserbeurteilung beschrieben werden. Bei dem sog. Nachweisverfahren nach Glaser handelt es sich um ein Diffusions-Berechnungsverfahren, bei dem unter stationären Randbedingungen (Tauperiode: Außenklima  $-5^{\circ}\text{C}$  (in der noch geltenden Fassung  $-10^{\circ}\text{C}$ ) und 80% rel. Feuchte, Innenklima:  $+20^{\circ}\text{C}$  und 50% rel. Feuchte) Tauwasserausfall über drei Monate (zurzeit noch zwei Monate) und Verdunstung des auftretenden Tauwassers (Verdunstungsperiode: Außen-/Innenklima  $+20^{\circ}\text{C}$  und 70% rel. Feuchte, drei Monate) ermittelt werden. Die in der Norm festgelegten Anforderungen besagen, dass die

rechnerisch ausfallende Tauwassermenge unter der Verdunstungsmenge liegen muss sowie generell  $1,0 \text{ kg/m}^2$  und bei kapillar nicht wasseraufnahmefähigen Schichten  $0,5 \text{ kg/m}^2$  nicht überschreiten darf. Bei Holz darf sich der Feuchtegehalt durch Tauwasserbildung um nicht mehr als 5 Masse-% erhöhen, bei Holzwerkstoffen um nicht mehr als 3 Masse-%.

#### 5.4.2 Nachweisfreie Konstruktionen

Ebenfalls in DIN 4108-3 werden Konstruktionen festgelegt, für die kein rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls infolge Diffusion unter den o. g. Normklimabedingungen erforderlich ist, wenn folgende Kriterien eingehalten werden:

##### 1. Nicht belüftete Dachkonstruktionen

- mit belüfteter (*Anmerkung: hinterlüfteter*) Dachdeckung und einer Wärmedämmung über, zwischen oder unter den Sparren, wenn folgende Anforderungen an die diffusionshemmenden Schichten eingehalten werden

$s_{d,e}$	$s_{d,i}$
$\leq 0,1$	$\geq 1,0$
$\leq 0,3$	$\geq 2,0$
$> 0,3$	$\geq 6 s_{d,e}$

- oder mit einer inneren diffusionshemmenden Schicht  $s_{d,i} > 100 \text{ m}$  raumseitig der Wärmedämmung, wobei der Wärmedurchlasswiderstand unterhalb der diffusionshemmenden Schicht höchstens 20 % des Gesamtwärmedurchlasswiderstandes betragen darf;
- oder aus Porenbeton ohne innere diffusionshemmende Schichten und Wärmedämmung;
- oder als Umkehrdächer mit dampfdurchlässiger Auflast auf der Wärmedämmung.

##### 2. Belüftete Dachkonstruktionen,

- die bei einer Dachneigung unter  $5^\circ$  mit einer inneren diffusionshemmenden Schicht  $s_{d,i} > 10 \text{ m}$  raumseitig der Wärmedämmung versehen sind, wobei der

Wärmedurchlasswiderstand unterhalb der diffusionshemmenden Schicht höchstens 20% des Gesamtwärmedurchlasswiderstandes betragen darf;

- die bei einer Dachneigung über 5° bestimmte Bedingungen hinsichtlich der Belüftungsquerschnitte (freier Lüftungsspalt von 200 cm<sup>2</sup>/m (entspricht einer freien Lüftungshöhe von 2 cm), Lüftungsquerschnitte an Traufen von mehr als 2 ‰ bei Sparrenlängen <10m und 0,5 ‰ der Dachfläche an Firsten und Graten) erfüllen und die raumseitig mit einer diffusionshemmenden Schicht  $s_{d,i} > 2$  m versehen sind.

## 5.5 DIN 68800-2: Holzschutz,

### Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau

Dachkonstruktionen, deren Sparrenzwischenraum vollständig gedämmt und mit diffusionsoffenen Unterspann-/ Unterdeckbahnen zu einer belüfteten Schicht abgedeckt ist, sind nach [DIN 68800-2:2012-02] der Gebrauchsklasse 0 zuzuordnen und bedürfen keines chemischen Holzschutzes.

Die Anmerkung aus dem Entwurf von 2009, dass Konstruktionen, die auf der Außenseite diffusionsoffene Schichten aufweisen, zu bevorzugen sind, ist im Weißdruck der Norm von 2012 nicht mehr in dieser Klarheit enthalten, obwohl sich diese Regel in der Baupraxis als sehr sinnvoll erwiesen hat. Teil 2 der Norm lässt zu, Dächern im Glaserverfahren mit einer Trocknungsreserve von 250 g/(m<sup>2</sup>a) nachzuweisen. Konvektiver Feuchteeintrag und Baufeuchte braucht rechnerisch nicht berücksichtigt zu werden, wenn außenseitig der Diffusionswiderstand höchstens 30 cm beträgt beziehungsweise 4 m bei werkseitig vorgefertigter Holztafelbauweise.

## **6. Vorliegende Untersuchungen**

### **6.1 Dissertation Langner [Langner 2005]**

Zur Beschreibung der Dauerhaftigkeit und des Langzeitverhaltens diffusionsoffener Unterspannbahnen sind neben Laborprüfungen länger andauernde Untersuchungen mit Freibewitterung erforderlich, um die natürliche Alterung festzustellen. Dabei treten zwar deutlich höhere Beanspruchungen auf als in der eingebauten Situation unter der Dacheindeckung, die vor starker UV-Beanspruchung, Schlagregen, Sturm und Hagel schützt. Durch eine Freibewitterung wird zwar die zweite Entwässerungsebene deutlich höher beansprucht, dennoch kann durch eine solche Überbeanspruchung auf die dauerhafte Zuverlässigkeit von zweiten Entwässerungsebenen geschlossen werden. Laborprüfungen simulieren nicht zwingend real auftretende Beanspruchungen. Sie führen zur Beschreibung von Materialeigenschaften, aus denen sich eine Aussage über die Verwendbarkeit ableiten lassen soll.

Ergebnisse von Freibewitterungsversuchen sind standortabhängig und daher nur eingeschränkt vergleichbar. Bei den Labortests stellt sich die Frage, inwieweit die simulierten Belastungen tatsächlich die Realität abbilden und ob die Prüfbedingungen in der Baupraxis überhaupt auftreten.

Im Rahmen der o. g. Dissertation sollten Kurzzeitversuche zur baupraktischen Einstufung des Langzeitverhaltens diffusionsoffener Unterspannbahnen entwickelt werden, die Alterungskennwerte liefern. Weiterhin sollte eine Prüfmethodik aufgestellt werden, anhand derer Korrelationen zwischen Laborversuchen und Freilanduntersuchungen festgestellt und zur Bewertung der Dauerhaftigkeit von Unterspannbahnen herangezogen werden können.

## Vorliegende Untersuchungen

Tabelle 1:  
Materialdaten der ausgewählten Unterspannbahnen

Folien- kurzbe- zeichnung	Material- verbund	Gewicht g/m <sup>2</sup>	Reißfestigkeit längs/quer in N/50 mm	Nagelausreiß- festigkeit längs/quer in N/50 mm	Wasser- säule in mm	s <sub>d</sub> - Wert in m
<b>A</b>	Polyester-Vlies mit PU Beschichtung	190	350/350	350/350	"dicht"	0,15
<b>B</b>	1 Lage HD PE	60	140	140	> 1000	0,02
<b>C</b>	2 Lagen PP/PP	105	150/120	180	> 1500	0,02
<b>D</b>	3 Lagen PP/PP/PP	175	445/325	345/365	> 1500	0,02
<b>E</b>	3 Lagen PP/PE/PP	155	200/200	140	> 4000	0,04
<b>F</b>	5 Lagen	700	600	280 (CEN)	7000	0,30



Abb. 11: Ansicht der Kleinbewitterungsstände

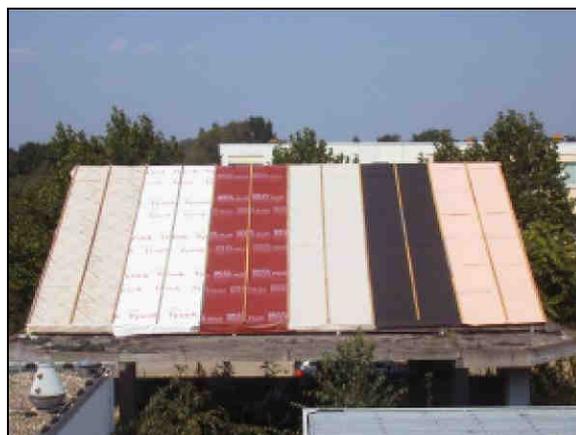


Abb. 12: Ansicht der Großbewitterungsstände

Zu sechs Bahnen wurden zahlreiche Untersuchungen zum Alterungsverhalten durchgeführt und die Untersuchungsergebnisse ausgewertet. Die Materialdaten der verwendeten Bahnen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Zunächst wurden die Herstellerangaben mit den im Labor überprüften Produkteigenschaften verglichen. Die Testbahnen wurden anschließend auf nach Süden orientierten Freibewitterungsständen unterschiedlicher Größen befestigt (s. Abb. 11 und Abb. 12). Nach jeweils drei Monaten wurden Teilstücke entnommen. An diesen Proben wurde die Veränderung des Widerstandes gegen Wasserdurchgang, der diffusionsäquivalenten Luftschichtdicke, des Zug-Dehnungsverhaltens und der Luftdurchlässigkeit festgestellt. Neben der Freibewitterung wurden Proben der Unterspannbahnen einer Laborprüfung zur künstlichen Alterung unterzogen. Dazu wurden sie nach Wärmelagerung und nach UV-

Bestrahlung hinsichtlich der o. a. Kriterien geprüft und die Ergebnisse mit denen nach Freibewitterung verglichen. Im Folgenden wird auf die Veränderungen des Widerstandes gegen Wasserdurchgang und des Zug-Dehnungsverhaltens eingegangen, weil diese beiden Kriterien wesentlich für die Funktion zweiter Entwässerungsebenen sind.

### 6.1.1 Widerstand gegen Wasserdurchgang

Die Bahn mit PU-Beschichtung (A) besaß im Ausgangszustand den höchsten Widerstand gegen Wasserdurchgang, bei den übrigen Bahnen war ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der Lagen der Höhe des Widerstandes feststellbar.

Bei drei Folien war bereits innerhalb der ersten drei Monate ein deutlicher Rückgang des Wasserdurchdringungswiderstands zu verzeichnen, bei der Bahn mit PU-Beschichtung erst nach neun Monaten. Geringen Einfluss hatte die Freibewitterung auf den Wasserdurchgang bei Folie B (1 Lage HD PE), auch wenn diese den geringsten Ausgangswert aufwies (Abb. 13).

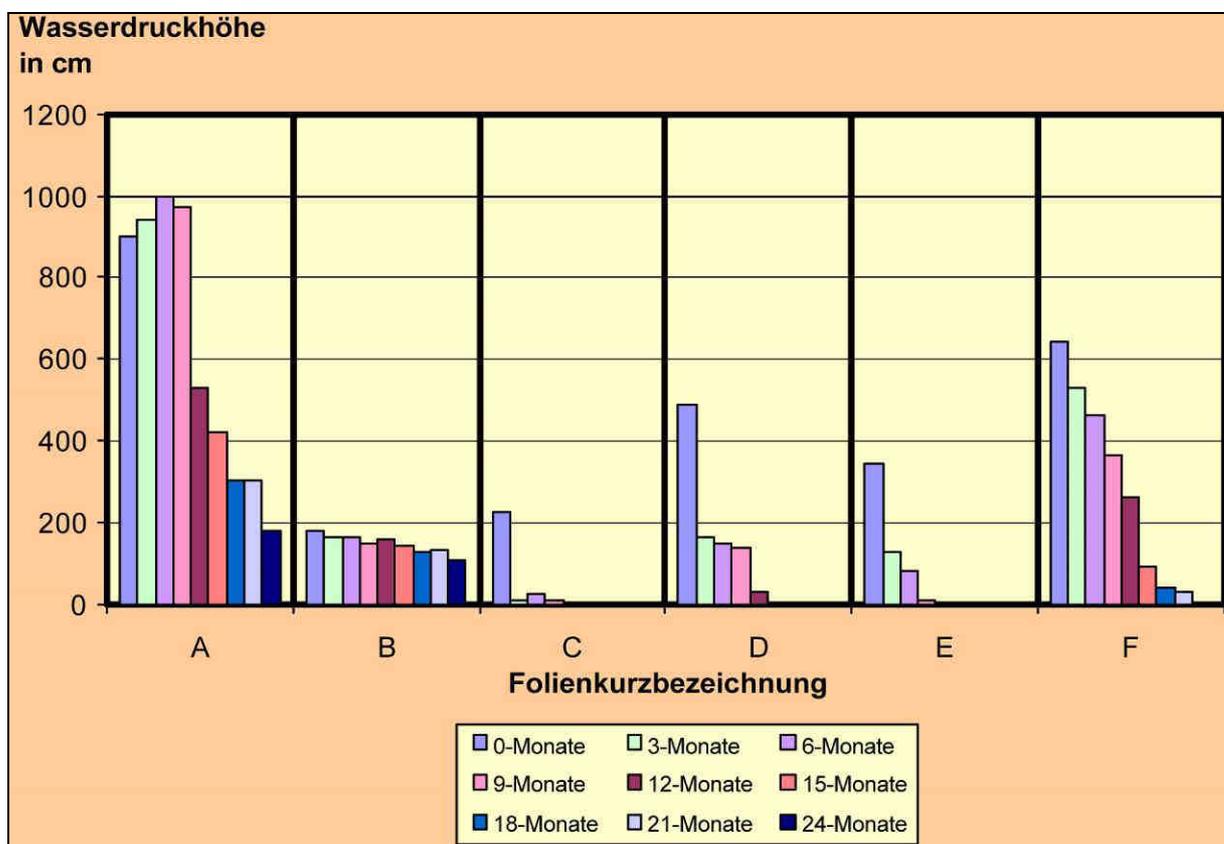


Abb. 13: Wasserdurchdringungswiderstände von frei bewitterten Unterspannbahnen

Vorliegende Untersuchungen

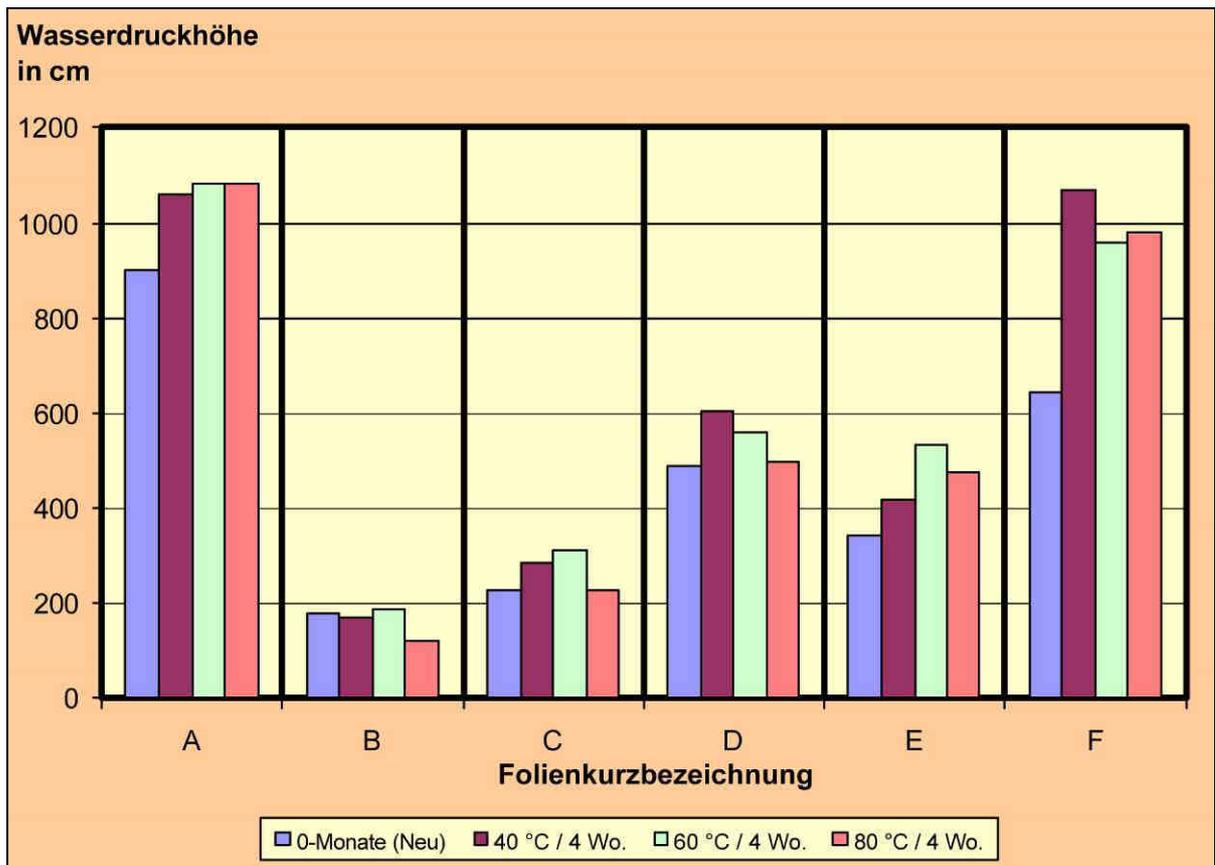


Abb. 14: Wasserdurchdringungswiderstände durch Wärmelagerung künstlich gealterter Unterspannbahnen

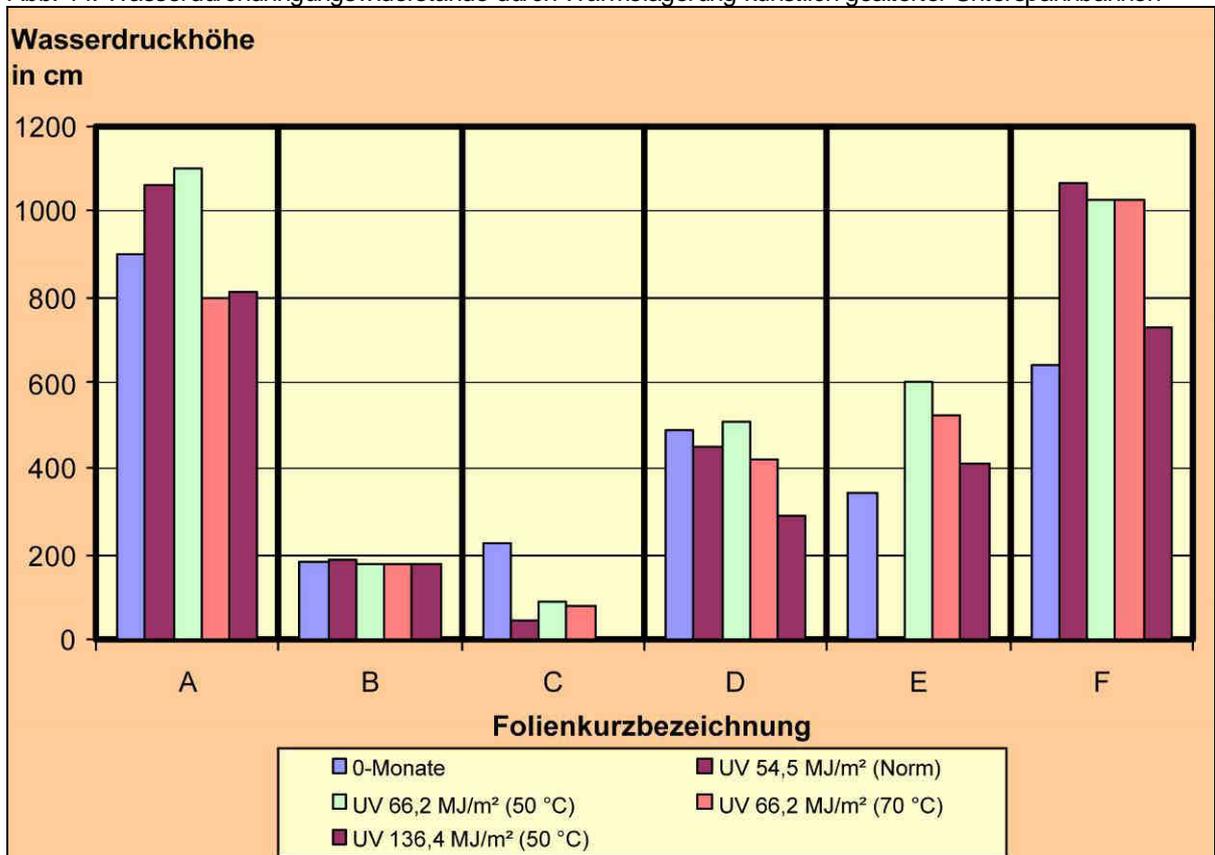


Abb. 15: Wasserdurchdringungswiderstände von durch UV-Bestrahlung künstlich gealterter Unterspannbahnen

Die Wärmelagerung führte bei den meisten Proben zu keiner negativen Veränderung des Widerstandes gegen Wasserdurchgang, lediglich bei den Bahnen B und C kam es bei 80°C zu einer mäßigen Verringerung der Werte (Abb. 14).

Die künstliche Alterung durch UV-Bestrahlung führte zu keinem eindeutigen Ergebnis. Bahn B wies einen geringen, aber keinen wesentlich veränderten Wasserdurchgang auf. Bei den Bahnen A, E und F stieg der Wasserprüfdruck zunächst während der UV-Bestrahlung, um aber dann wieder abzusinken. Ähnlich war dies bei Bahn D. Bahn C wies von vorneherein einen geringen Wert auf und verringerte durch die UV-Belastung den Wasserdurchdringungswiderstand (Abb. 15).

#### 6.1.2 Zug-Dehnungsverhalten

Das Zug-Dehnungsverhalten der Bahnen war je nach Material und Gewicht sehr unterschiedlich, lag jedoch in allen Fälle über 100N/50mm. Alle Bahnen wiesen in Längsrichtung höhere Festigkeiten als in Querrichtung auf. Die maximal erreichbare Zugkraft hing mehr vom Flächengewicht als von den Stoffen ab. Bahn A besaß hohe Zugkraft und Dehnfähigkeit, Bahn B nur geringe. Bahn F konnte hohe Zugkräfte aufnehmen, war aber nur wenig dehnfähig (Abb. 16).

Die Freibewitterung führte bei allen geprüften Bahnen zu einer Verringerung der Werte (Abb. 17). Die durch Wärmelagerung hervorgerufene künstliche Alterung wirkte sich nicht auf das Zug-Dehnungsverhalten der getesteten Unterspannbahnen aus (Abb. 18). Eine UV-Bestrahlung führt zu keinem eindeutigen Ergebnis: Während bei den Bahnen A und B ein stärkerer Rückgang der Zugkraft zu verzeichnen war, steigerte Bahn F die Zugfestigkeit. Die anderen Testbahnen zeigten nur geringfügig fallende Tendenzen (Abb. 19).

Vorliegende Untersuchungen

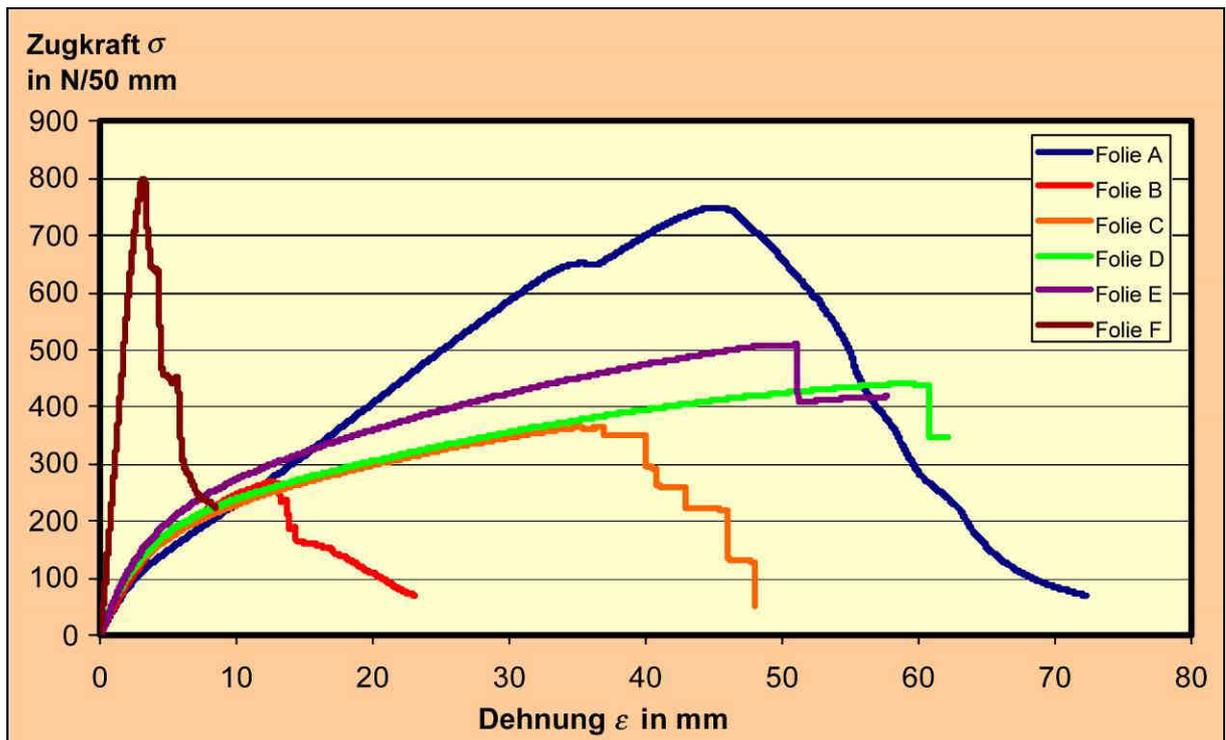


Abb. 16: Zug-Dehnungsdiagramm neuer Unterspannbahnen (Folienlängsrichtung)

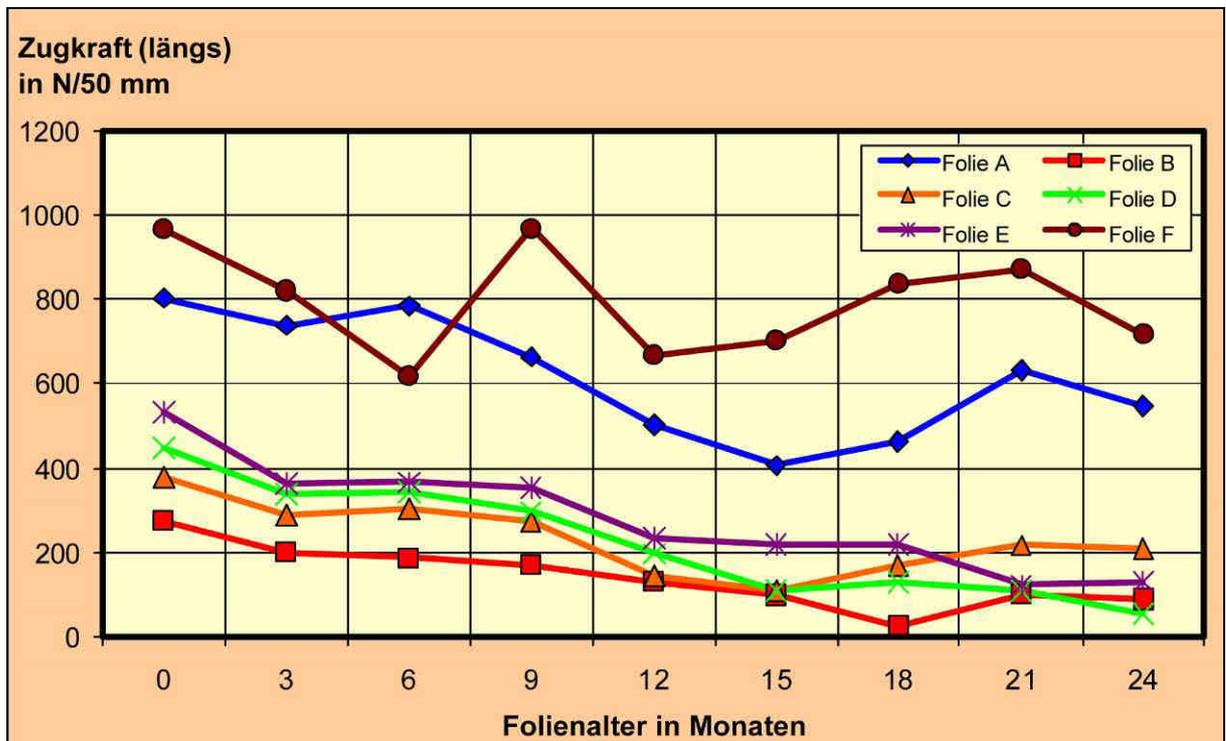


Abb. 17: Zugfestigkeit natürlich gealterter Unterspannbahnen (Folienlängsrichtung)

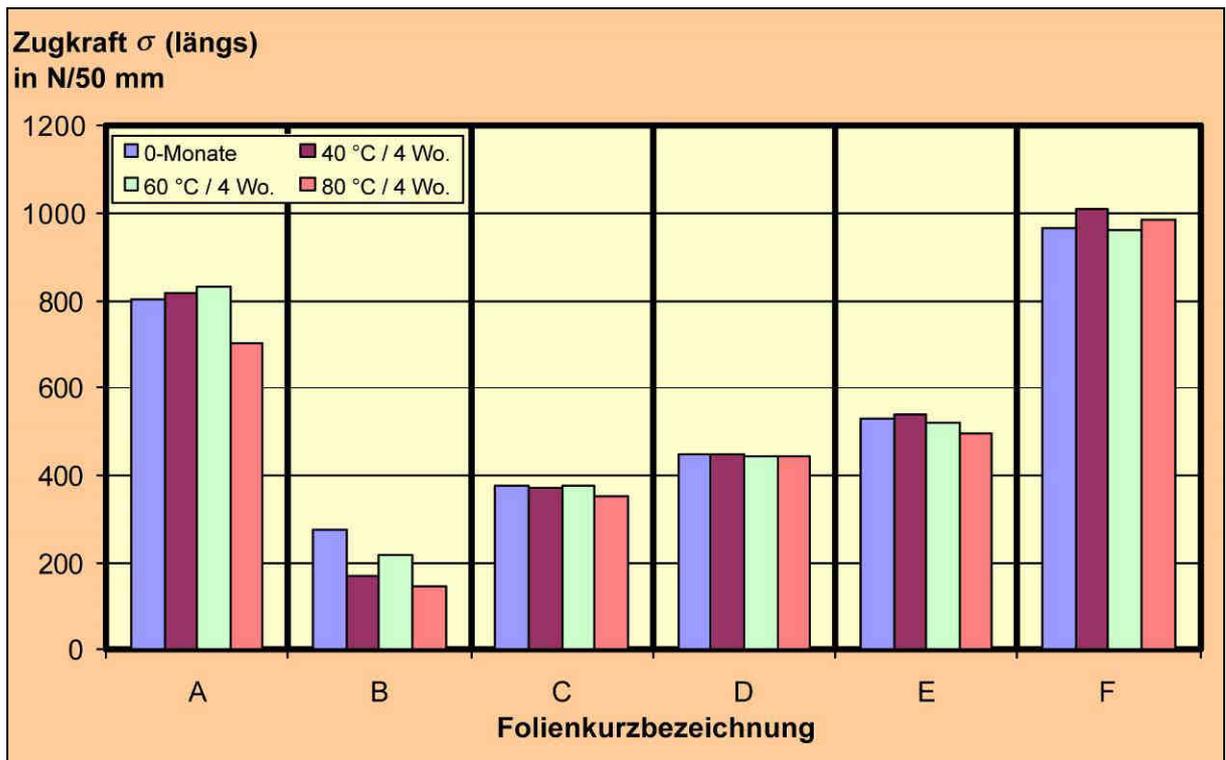


Abb. 18: Zugfestigkeit künstlich durch Wärmelagerung gealterter Unterspannbahnen

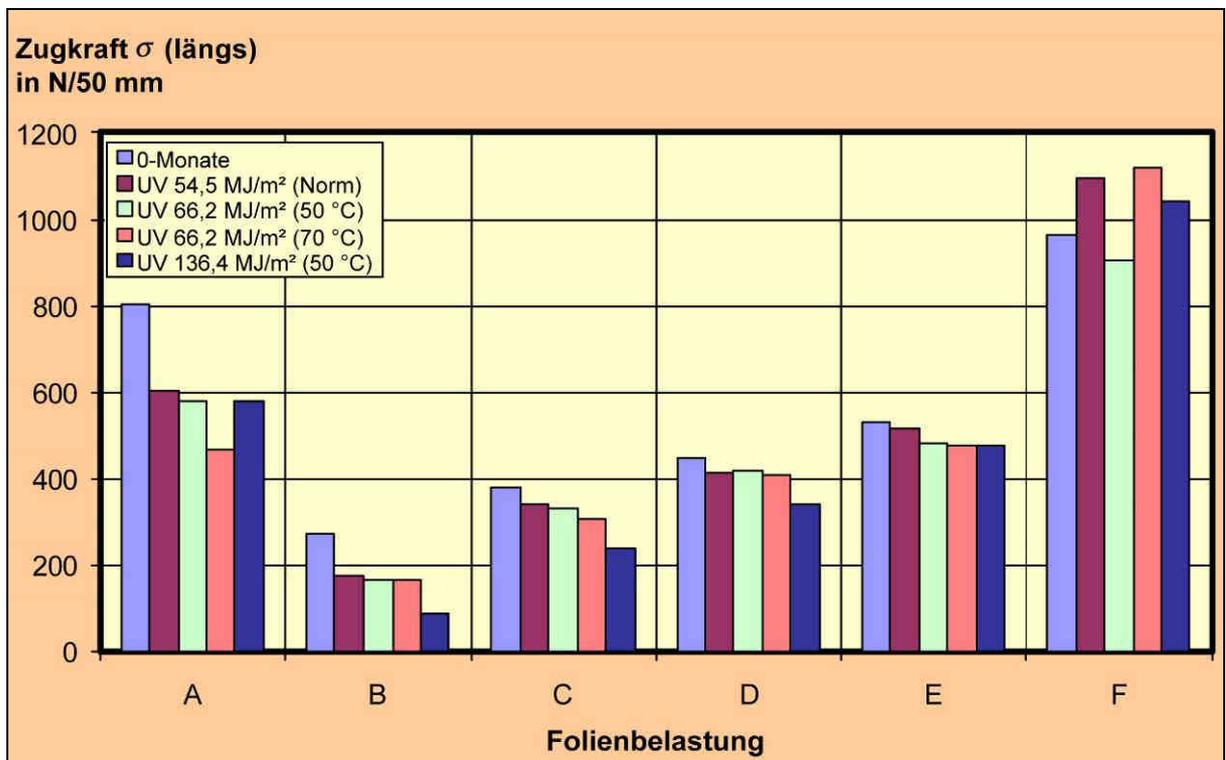


Abb. 19: Zugfestigkeit künstlich durch UV-Bestrahlung gealterter Unterspannbahnen

## Vorliegende Untersuchungen

Tabelle 2:  
Zusammenfassung der Ergebnisse nach verschiedenen Untersuchungen

Erkenntnisse nach der natürlichen Alterung durch Freibewitterung	Erkenntnisse nach der künstlichen Alterung durch Wärme - und/oder UV-Lagerung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es traten Alterungserscheinungen bei allen Produkten auf.</li> <li>• Der Materialabbau der Polymerfolien konnte durch Alterungskennziffern verfolgt werden.</li> <li>• Die Untersuchungsergebnisse ermöglichen die Entwicklung einer Langzeitfunktion.</li> <li>• Die aus den Versuchen ermittelten Alterungsfaktoren korrelieren mit der Langzeitfunktion.</li> <li>• Auf Basis der Alterung in den ersten drei Monaten kann mit der Langzeitfunktion eine baupraktische Einstufung der Dauerhaftigkeit der Unterspannbahnen erfolgen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Wärmelagerung hatte keinen oder nur geringen Einfluss auf die Folien.</li> <li>• Die UV-Bestrahlung führte zu einem stark unterschiedlichen Verhalten der Bahnen.</li> <li>• Die künstliche Alterung nach Norm führte bei den meisten Produkten zu einer nur geringen Abnahme der Materialeigenschaften.</li> <li>• Die Abbauerscheinungen nach der UV-Bestrahlung sind von der Temperatur in der Prüfkammer abhängig.</li> <li>• Den künstlichen Alterungsversuchen konnten keine einheitlichen Alterungszeiträume zugeordnet werden.</li> <li>• Die künstlichen Alterungsversuche waren nicht geeignet, um das Langzeitverhalten der diffusionsoffenen Folien einzustufen.</li> </ul>

Zusammenfassend ist festzustellen: Bei Freibewitterung verschlechtern sich bei allen Bahnen die Materialeigenschaften, bei künstlicher Alterung waren keine eindeutige Tendenz feststellbar (s. Tabelle 2).

Aus einzelnen Versuchen (Wärme- und UV-Beanspruchung) konnten Rückschlüsse auf das Langzeitverhalten der jeweiligen Bahn in einer genau definierten Einbausituation getroffen werden. Eine allgemeingültige Aussage durch ein Laborprüfverfahren zur Einstufung der Dauerhaftigkeit aller Unterspannbahnen lies sich jedoch nicht herleiten. Es besteht keine Korrelation zwischen dem Materialverhalten unter Freibewitterung und den Ergebnissen der Laborprüfungen.

## 6.2 Langjährige Produktprüfungen des Sachverständigen Szeglat

### 6.2.1 Versuchsaufbauten

Seit circa 30 Jahren beschäftigt sich Herr Szeglat, Dachdeckermeister und Gebäudeenergieberater sowie öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für das Dachdeckerhandwerk, im südlichen Schwarzwald mit der Prüfung von zweiten Entwässerungsebenen. Er hat hierzu unterschiedliche Prüfstände entwickelt, an denen die auf Unterspannbahnen einwirkenden Beanspruchungen nachvollzogen und die Folgen für die Dauerhaftigkeit der Bahnen überprüft werden. Es werden nicht nur die Prüferergebnisse der Freibewitterungen aufgezeichnet und die Besonderheiten an den Unterdeckbahnen zum Teil zusätzlich durch fotografische, digitale Aufnahmen dokumentiert, sondern auch an einer auf dem Gelände vorhandenen Wetterstation täglich Temperatur, relative Luftfeuchte, Strahlungswerte und Windbelastungen sowie die Sonnenscheindauer festgehalten. Zusätzlich wird der Freibewitterungsstand ganzjährig durch zwei Videokameras überwacht. Diese Daten werden im 5-Minuten Takt aufgezeichnet. Zwei weitere Videokameras zeichnen die aktuelle Witterungslage (Sonne, Bewölkung, Regen und Schnee) permanent auf.

Darüber hinaus werden einige Bahnen auf einem kleineren Versuchstand an gleicher Stelle und parallel in Davos in den schweizerischen Alpen frei bewittert.

Auf dem Freibewitterungsstand in Immendingen sind 27 Bahnen über zwei Sparrenfelder ( $b = \text{ca. } 1,50 \text{ m}$ ) bei einer Sparrenlänge von  $\text{ca. } 3,00 \text{ m}$  aufgebracht und mit Konterlatten fixiert. Die seitens Herrn Szeglat geprüften Bahnen waren bei verschiedenen Händlern für Produkte des Dachdeckerhandwerks gekauft worden, um sicherzustellen, dass es sich um jeweils im Handel erhältliche Produkte und nicht um eigens angefertigte Prüflinge handelt.

Im Rahmen der Forschungsarbeit war es möglich, die Versuchsbauten in Augenschein zu nehmen und die langjährig dokumentierten Ergebnisse einzusehen.

Zu Beginn der Versuchsreihen wurden zwei L-förmige Versuchshäuschen gebaut, deren Dachflächen unterschiedlich bzw. teilweise nicht eingedeckt wurden. Anfangs handelte es sich bei den geprüften Materialien um Oxidationsbitumenbahnen auf Holzschalungen, kurze

## Vorliegende Untersuchungen

Zeit später wurden die ersten gitterverstärkten Bahnen ebenfalls auf den beiden Versuchshäuschen verlegt. Bei den gitterverstärkten Bahnen gab es nach Feststellungen Herrn Szeglats erhebliche Qualitätsschwankungen. Ältere Bahnen aus dem Produktionsjahr 1972 waren wesentlich UV-stabiler und hitzebeständiger als die gleichen Bahnen des selben Herstellers aus dem Jahre 1982.

Eine der V-13 Bahn sowie eine Bitumenbahn G 200 DD auf Holzschalung, die nach Südost bis Südwest ausgerichtet sind und seit mittlerweile 30 Jahren frei bewittert werden, sind noch weitestgehend funktionsfähig (Abb. 20 rechts), obwohl auf diesen während der bisherigen Prüfungsdauer keine Eindeckung gelegen hat. Am gleichen Prüfstand sind auf der Nordwestseite gitterverstärkte Bahnen eingesetzt, die sich annähernd vollständig aufgelöst haben (Abb. 20 links). Eine andere Unterdeckbahn mit Kunststoff-Faservlies und dünnen Bitumendeckschichten so wie beidseitiger Talkumierung, welche ca. Mitte der 80er Jahre auf dem Markt eingeführt wurde, hatte sich dagegen auf der nach Südwesten geneigten Dachfläche über sehr viele Jahre bei vollständiger Freibewitterung bewährt, wurde aber später schadhaft (Abb. 21).



Abb. 20: Ansicht eines L-förmigen Versuchshäuschens, das mit einer V13-Bahn (rechts) und einer gitterverstärkten Folie (links) abgedeckt wurde.

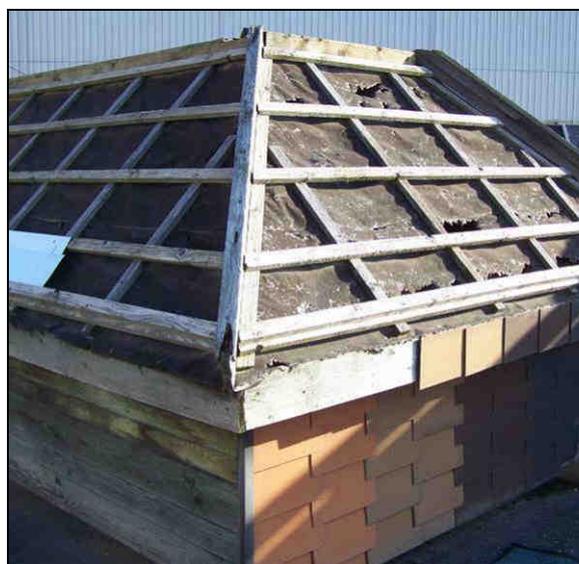


Abb. 21: Ansicht eines L-förmigen Versuchshäuschens, das mit einer V13-Bahn eingedeckt wurde.

Nach der Markteinführung von diffusionsoffenen Bahnen Mitte der 1990-er Jahre hat Herr Szeglat einen weiteren ca. 10 m langen Prüfstand errichtet, der bis zum Jahre 2007 für die Freibewitterung genutzt wurde. Seit dem Jahr 2007 bis heute werden auf einem ca. 40 m

langen Prüfstand 27 unterschiedliche Bahnen über jeweils 2 x 0,75 m Feldbreiten (2 Sparrenfelder) bei einer Sparrenlänge von 3,00 m in jeweils 4 Zeitabschnitten pro Jahr der Freibewitterung ausgesetzt.

Auf der Nordseite werden die gleichen Bahnen wie auf der Südseite über einen längeren Zeitraum (mehrere Jahre) frei bewittert. Die Bahnen auf der Südseite werden nach einem viertel-, halben-, dreiviertel-, bzw. einem Jahr gewechselt (s. Abb. 22 und Abb. 23).



Abb. 22: Luftbild der Versuchsanlage



Abb. 23: Südliche Ansicht

Diese Versuchsanlage ist von innen begehbar und weist einen offenen First auf. Von innen wurden jeweils zwischen den Sparren in Teilabschnitten verschiedenartige Dämmstoffe eingebaut, die unmittelbar auf der Innenseite der jeweiligen Unterspannbahn / Unterdeckbahn anliegen, um den Empfehlungen der Vollsparrendämmung gerecht zu werden (s. Abb. 24 bis Abb. 26).



Abb. 24: Innenansicht



Abb. 25: Lage der Dämmung unter den Bahnen und Anordnung der Aussparung für die Datenlogger

## Vorliegende Untersuchungen

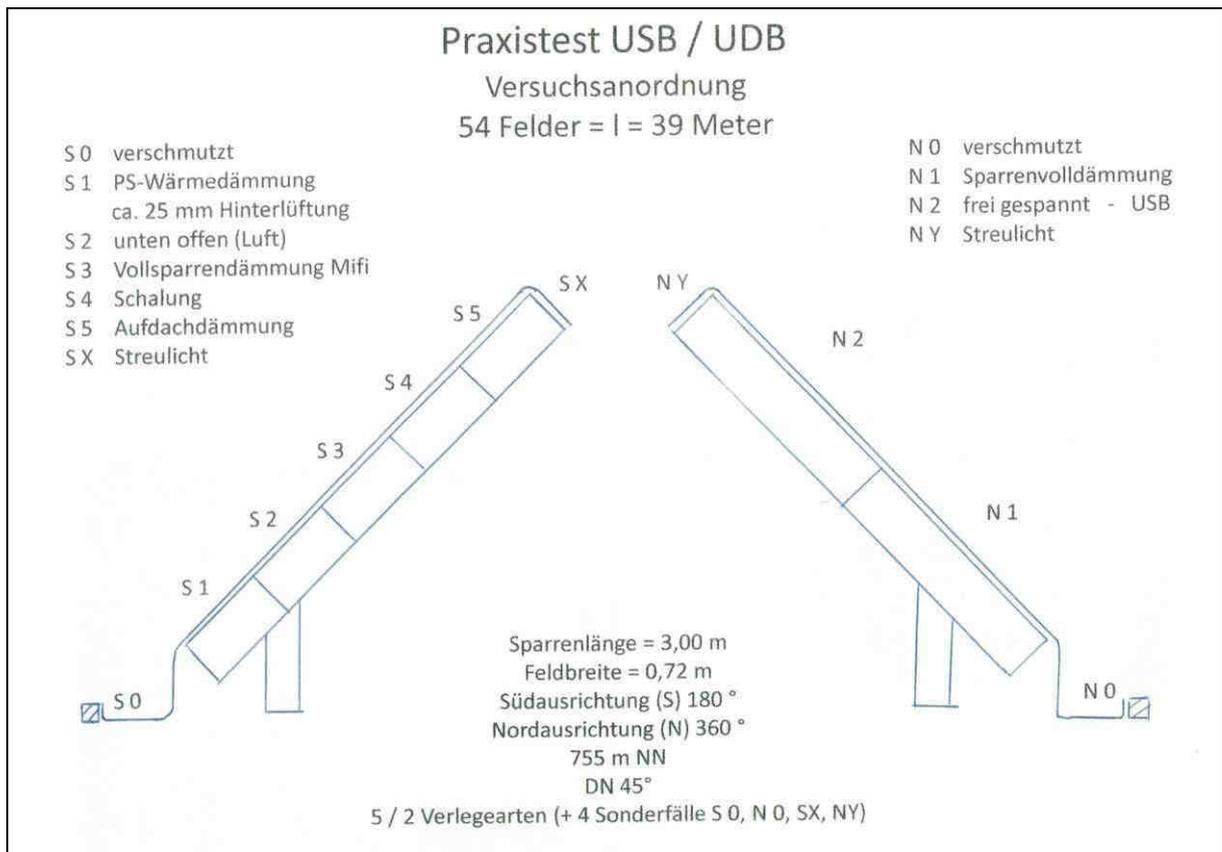


Abb. 26: Schnitt durch die Versuchsanlage mit Feldeinteilungen durch unterschiedliche Einbausituationen.

In dem Prüfstand werden zwar die Bahnen überwiegend frei bewittert, ein kleiner Teil (über fünf Sparrenfelder) ist aber mit verschiedenartigen und -farbigen Ziegeln beziehungsweise Betondachsteinen abgedeckt (Abb. 22 und Abb. 23 links). Hier werden die Temperaturen unmittelbar unter den Ziegeln / Betondachsteinen und auf den Unterspannbahnen / Unterdeckbahnen gemessen, um deren Materialtemperatur festzustellen. In die innenseitig eingebauten Dämmstoffe sind „verschießbare“ Aussparungen eingeschnitten, in die Datenlogger eingelegt sind. Bei den nicht abgedeckten, frei bewitterten Bahnen wird die Materialtemperatur ebenfalls unmittelbar unter den Bahnen festgestellt. Insgesamt sind etwa 100 Datenlogger im Prüfstand montiert, deren Daten spätestens monatlich ausgelesen werden. Aus den seit vielen Jahren festgestellten Daten hat sich mittlerweile eine sehr umfassende Datenbank ergeben, die jeweils die Chargendaten und die jeweiligen Materialveränderungen nach den unterschiedlich langen Freibewitterungen beinhalten. Zusätzlich sind alle Materialproben gekennzeichnet und für evtl. Nachprüfungen geschützt und gesichert gelagert.

Ebenfalls werden unbewitterte Rückstellmuster der Originalbahnen im gleichen Raum gesichert gelagert.

### 6.2.2 Ergebnisse der Langzeittests

Auf den frei bewitterten Unterdeckbahnen ergaben sich je nach Bahnentyp bereits schon im Monat März und ebenso auch noch im Monat Oktober tägliche Temperaturamplituden von ca. 80° Kelvin. Im Monat Juli waren durch die nächtlichen Wärmeabstrahlungen bei klarem Himmel Temperaturen im Minusbereich unter den Bahnen gemessen worden. Bei einzelnen Bahnen wurden zeitgleich unterschiedliche Maximaltemperaturen von + 37° C, bzw. bis zu + 82° C unter der Oberfläche gemessen. Bei einem Hagelniederschlag von mäßiger bis mittlerer Intensität und einer Korngröße bis 20 mm, wurden nahezu 2/3 der 27 Bahnen so geschädigt, dass deren Funktion nicht mehr gewährleistet war.

Einige Bahnen wiesen trotz Materialveränderungen an oberen Schichten gute funktionale Eigenschaften auf. Andere hatten gute Wasserableitungseigenschaften, die sich auch nach langer Freibewitterung erhielten, waren aber nur wenig mechanisch fest.

Teilweise veränderten sich Bahnen bereits innerhalb der ersten Woche stark, z.B. schrumpften manche Bahnen innerhalb der ersten Bewitterungsphase deutlich, um sich aber dann nur noch unwesentlich zu verkürzen.

Die wiederholten Langzeitprüfungen gleicher Bahnen aus unterschiedlichen Chargen haben z. T. auch deutlich abweichende Ergebnisse, wobei jüngere Bahnen nicht immer die besseren sind, also Produktweiterentwicklungen nicht unbedingt zu Verbesserungen führen.

Unter Einfluss von Wärme leiden einige Bahnen. Dabei ist die Wärmeentwicklung bei Vollsparrendämmung ungünstiger als bei Dachaufbauten mit einer Luftschicht zwischen Dämmstoff und Unterspannbahn, da die Wärmeenergie dieser Bahnen nicht nach unten abgegeben werden kann. Am stärksten treten diese Erscheinungen bei frei bewitterten Bahnen auf, bei denen die Strahlungswärme unmittelbar einwirkt und nicht durch die

Vorliegende Untersuchungen
----------------------------

Eindeckung abgemildert wird. Einige Bahnen schrumpften bereits innerhalb einer Woche, allerdings in Längs- und Querrichtung unterschiedlich stark.

Weitere Bahnen schrumpften innerhalb Monatsfrist, allerdings unterschiedlich in der Längs- und Querrichtung verschieden stark. Durch die teilweise erheblichen Zugspannungen auf die Befestigungspunkte / Durchnagelungen / Verschraubungen kam es trotz der aufliegenden und fixierten Konterlatten zu Einrissen bzw. Langlöchern im Bereich der Befestigungen. Dies erhöhte die Hinterläufigkeit durch Niederschlagswasser im Bereich der Konterlatten und deren Befestigungen.

Bei Vollsparrendämmung kann der Dämmstoff bei nur geringfügigem Quellen die Unterspannbahnen / Unterdeckbahnen nach außen drücken, wodurch über die Bahnen ablaufendes Wasser zu den Konterlatten hin geleitet wird und diese sowie die Durchnagelungspunkte der Bahnen stärker beansprucht. Nageldichtbänder können den Wasserdurchdringungswiderstand unter den Latten erhöhen.

Nach den aus den Messreihen getroffenen Feststellungen Herrn Szeglats weisen neuere Bahnen grundsätzliche höhere Widerstände gegen Wärme und UV-Bestrahlung auf als die, die vor 2008 bzw. 2009 produziert wurden. Aber auch einige ältere Bahnen einzelner Hersteller sind ausreichend alterungsbeständig, wie die Versuchsreihen von mittlerweile nicht mehr erhältlichen Bahnen zeigen.

Durch die Freibewitterungen lassen sich deutlich erkennbare Qualitätsunterschiede zwischen den geprüften Produkten feststellen, auch wenn die Beanspruchungen ohne schützende Dacheindeckungen deutlich höher sind als unter üblichen Einbausituationen unter Eindeckungen.

Bei Bahnen, an denen unter Freibewitterung innerhalb von ein bis drei Monaten bereits merkliche Veränderungen und Qualitätsminderungen auftreten, sind in der Nutzungsphase unter der Dacheindeckung vorzeitige Beeinträchtigungen der Funktion zu erwarten.

## 7. Eigene Untersuchungen

### 7.1 **Schadensfälle an Dächern mit diffusionsoffenen Unterspann-/Unterdeckbahnen**

#### 7.1.1 Zerfall der Funktions- und Trägerschicht

##### 7.1.1.1 Vollständiges Versagen der einzelnen Schichten

Bei mehreren Dächern mit Dachneigungen zwischen 35° und 45°, die in den Jahren 1995 bis 2001 errichtet wurden, war es zum völligen Versagen der eingebauten Unterspannbahnen gekommen. Es handelte sich in allen Fällen um Satteldächer mit Betonstein- oder Ziegeleindeckung, die auf Lattung und Konterlattung verlegt waren. Die Unterspannbahnen sind mit einer Ausnahme, bei der die Bahn auf einer Schalung ruhte, ohne tragfähige Unterlage verlegt worden.

In sechs Fällen waren die Bahnen nicht gekennzeichnet, daher konnte nicht ermittelt werden, um welches Material es sich handelte. In zwei Fällen bestanden die eingebauten Unterspannbahnen aus Polypropylen bzw. Polyethylen mit zwei bzw. dreilagigem Aufbau (ober-/unterseitige Vlieskaschierung), deren Schichten untereinander thermisch verschweißt waren.

Die Dächer sind teilweise zu Wohnzwecken ausgebaut und die Sparrenzwischenräume in den unteren Bereichen mit Mineralwolle auf der gesamten Sparrenhöhe gedämmt worden. Die Dachräume werden über Dachgauben oder Dachflächenfenster belichtet.

Im Bereich der nur zu Lagerzwecken genutzten Spitzböden sind die Dachflächen nicht gedämmt, die Unterspannbahn liegt auf der Unterseite offen zum Dachraum. Die Belichtung erfolgt in diesen Räumen über lichtdurchlässige Dachluken. In einem Fall war ein Fenster in der Giebelwand vorhanden.

## Eigene Untersuchungen

Die Zeit der freien Bewitterung der Unterspannbahnen ist in einigen Fällen nicht bekannt. Es wurde aber auch von sehr unterschiedlich langen Zeitspannen zwischen dem Verlegen der Bahnen und der Eindeckung berichtet. Bei einem Dach hatte die Bahn nur 2 – 3 Tage vor dem Eindecken offen gelegen. In einem anderen Fall betrug dieser Zeitraum mehrere Wochen, da alle Gebäude einer ganzen Straße entsprechend des jeweiligen Baufortschritts mit Bahnen versehen, aber erst später in einem Zuge eingedeckt wurden.

Die festgestellten Schäden waren in allen Fällen dennoch vergleichbar: Entweder lösten sich die Unterspannbahnen in ihre einzelnen Schichten auf (Delamination) oder es waren Risse in den oberen bzw. unteren Beschichtungen vorhanden. Beide Erscheinungsbilder führten im schlimmsten Fall zum vollständigen Versagen der Bahnen. In der Regel traten die Schäden auf den Südseiten der Dächer deutlich stärker als auf den Nordseiten auf.



Abb. 27: Großflächig zerstörte Unterspannbahn

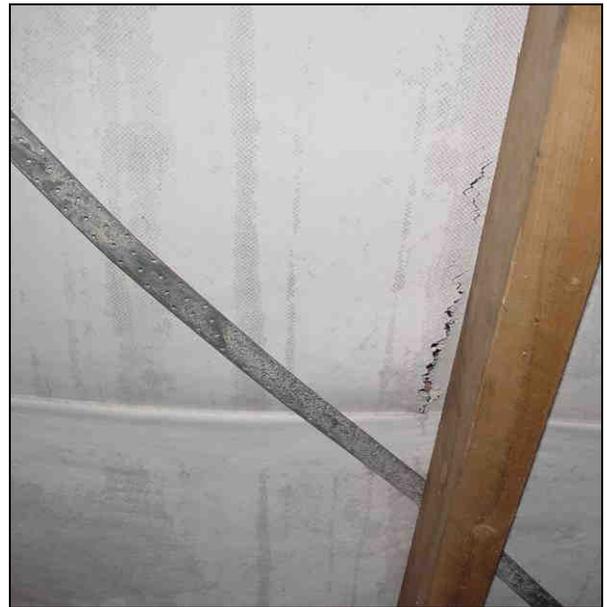


Abb. 28: Riss entlang eines Sparrens



Abb. 29: Nicht an die Unterspanbahn angeschlossene Rohrdurchführung



Abb. 30: Schäden am Übergang zur Dachluke



Abb. 31 und 32: Vollständige Zerstörung der Unterspanbahn in der Dachfläche und entlang der Traufe

Eigene Untersuchungen



Abb. 33: Craqueléartige Risse der oberen Beschichtung

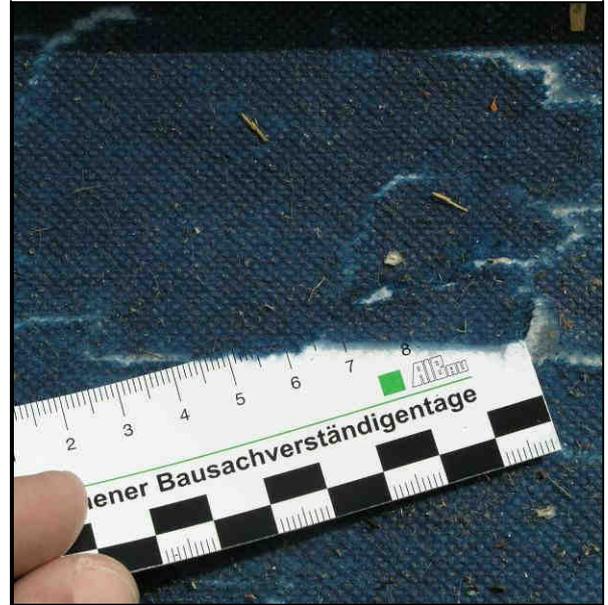


Abb. 34: Delamination der Unterspannbahn

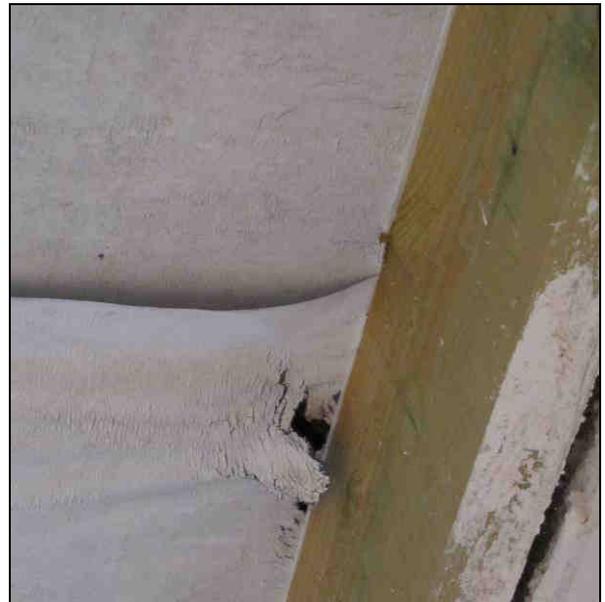


Abb. 35 und 36: Risse und Löcher in der Unterspannbahn in Feldmitte und am Rand der Sparrenfelder



Abb. 37 und 38: Auflösen der unteren Beschichtung



Abb. 39 und 40: Auflösen der unteren Beschichtung

#### 7.1.1.2 Abkreiden der Beschichtung

Bei einem im Jahr 2005 errichteten Satteldach mit höhenversetztem First waren die einzelnen Dachflächen unterschiedlich stark geneigt (30° und 40°). Auf der stärker geneigten Seite war eine Dachgaube in die Dachfläche eingebaute worden. Die Dachdeckung bestand aus schwarzen Dachziegeln, die auf Lattung und Konterlattung verlegt waren.

Als Unterspannbahn war eine dreilagige Unterdeckbahn aus einer Polyethylenfunktionsschicht mit ober- und unterseitigem Vlies verwendet worden.

Der Dachraum war nur zum Teil ausgebaut, daher gab es im Sparrenzwischenraum nur bereichsweise eine Mineralwollendämmung. Entlang der Traufe waren Belüftungsöffnungen vorhanden.

Im nicht ausgebauten Spitzboden, der verglasten Fensterflächen aufwies, konnte die Unterspannbahn von der Unterseite aus in Augenschein genommen werden. Es war festzustellen, dass die weiße untere Beschichtung sowohl in der Mitte der Sparrenfelder als auch am Rand entlang der Sparrenkante abkreidete.

Angabegemäß waren die einzelnen Dachelemente als Fertigteile geliefert und etwa 2 – 3 Tagen nach Lieferung eingebaut und eingedeckt worden. Über der Lagerzeitraum während der Herstellung im Werk konnten keine Angaben gemacht werden.

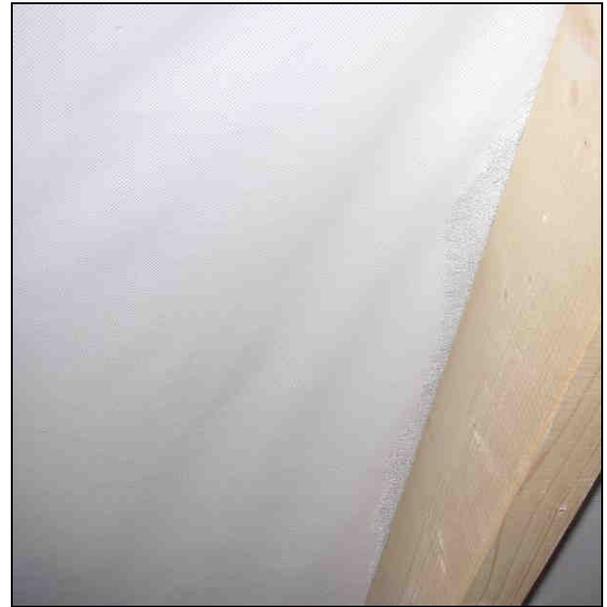


Abb. 41 und 42: Abkreiden der unteren Beschichtung in Feldmitte zwischen den Sparren und am Rand

### 7.1.1.3 Beschädigung durch Tiere

Bei zwei Walmdächern mit einer Dachneigung von 35° war die Unterspannbahn gerissen und löste sich fast vollständig auf. Die Gebäude waren im Jahr 1999 errichtet worden.

Als Dachdeckung waren rote Betondachsteine auf Lattung und Konterlattung verlegt worden. Das Material der Unterspannbahn konnte mangels Kennzeichnung nicht bestimmt werden. Da der Raum unter der Dachkonstruktion zu Wohnzwecken genutzt wurde, waren Dachgauben in die Dachkonstruktion eingebaut und der Sparrenzwischenraum gedämmt worden. Zwischen Dämmung und Unterspannbahn war eine Luftschicht angeordnet worden. Ob diese an Zu- bzw. Abluftöffnungen angeschlossen war, konnte nicht überprüft werden.

Informationen zu den weiteren Einbaurandbedingungen konnten ebenfalls nicht ermittelt werden.

Die Art der Beschädigung der Unterspannbahn lässt darauf schließen, dass es sich möglicherweise um Fraßgänge von Mäusen handelt (siehe hierzu auch [Holzapfel 2010]).



Abb. 43 und 44: Blick auf die zerstörte Unterspannbahn



Abb. 45 und 46: o. g. Dachfläche im Bereich von First und Ortgang

### 7.1.2 Mechanische Überbeanspruchung

Bei einem bis zu 49° geneigten Satteldach eines Einfamilienwohnhauses bestand die Dachdeckung aus roten Dachziegeln, die auf Lattung und Konterlattung verlegt waren.

Das Alter der verwendeten Unterspannbahn aus Polypropylen konnte nicht ermittelt werden.

Die Höhe des Hinterlüftungsquerschnittes ist nicht bekannt, da eine Begehung des Daches von außen nicht durchgeführt bzw. eine Öffnung der Dachdeckung nicht angelegt werden konnte. Da der Dachraum nicht ausgebaut war, konnte die Unterspannbahn aber von der Unterseite in Augenschein genommen werden.

Die Bahn wies zum einen an mehreren Stellen Verschmutzungen vermutlich durch Hydrauliköl auf, die während der Bauzeit entstanden waren. Zum anderen waren Aufrauungen und craqueléartige Risse auf bzw. im Material vorhanden, die auf eine mechanische Überbeanspruchung beim Verlegen der Bahn schließen lassen.

Die Dauer der freien Bewitterung ist in diesem Fall von untergeordneter Bedeutung.

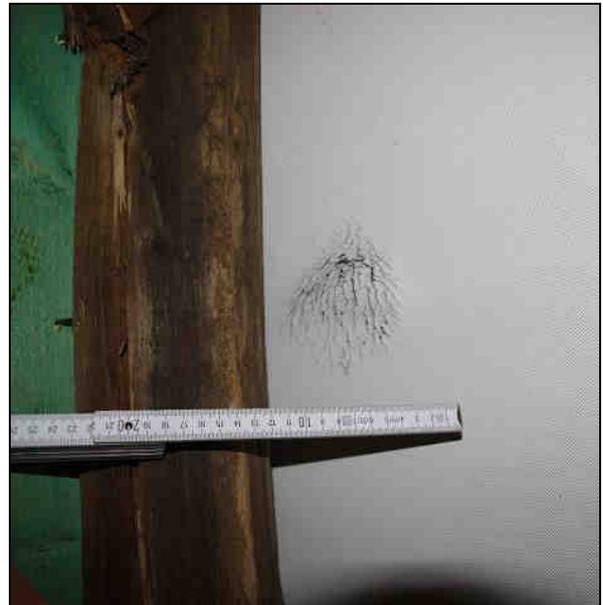


Abb. 47 und 48: Risse durch mechanische Überbeanspruchung

### 7.1.3 Durchfeuchtungsprobleme

In zwei Fällen ist es bei Satteldächern (Dachneigung 20° bzw. 35°) zu Wassereintrüben durch die Unterspannbahnen im Bereich des Regelquerschnittes und der Vernagelungspunkte der Konterlattung sowie der Fugen zwischen den Eindeckungselementen gekommen. Offensichtlich hatten die als Zusatzmaßnahme verwendeten Bahnen dem durch die Dachdeckung gelangten Regenwasser nicht standhalten können. Das geringer geneigte Dach war mit roten, gefalzten Dachziegeln, das steilere Dach mit roten Biberschwanzziegeln eingedeckt worden. Die Dachdeckung war jeweils auf Lattung und Konterlattung verlegt worden. Beim steileren der beiden Dächer wiesen die Lattungen jeweils Querschnittshöhen von 40 mm auf. Ebenfalls in beiden Fällen waren Dachflächenfenster bzw. Dachgauben in die Dachkonstruktion eingebaut worden, die darunter befindlichen Dachräume jedoch nicht ausgebaut.

In dem steileren der beiden Dächer war die Unterspannbahn vollflächig auf einer Holzschalung verlegt worden. Es handelte sich um eine Bahn aus Polypropylen-Spinnvlies mit diffusionsoffenem und wasserabweisendem Polypropylenfilm. Beim zweiten Dach war eine genauere Bestimmung der Unterspannbahn nicht möglich, da eine Kennzeichnung fehlte. Bei einem Objekt konnte das Alter der Unterspannbahn nicht ermittelt werden, im anderen Fall wurde die Bahn im Jahr 2000 verlegt.

Die Freibewitterungszeiträume der beiden Dächer waren sehr unterschiedlich: bei dem 20° geneigten Dach erfolgte die Eindeckung zeitnah nach dem Verlegen der Unterspannung, bei dem anderen Dach lag die Unterspannbahn etwa 11 Wochen offen.

Als Schadensursache war die zu geringe Wasserdichtigkeit der Unterspannbahn gegenüber der vorhandenen Wasserbelastung anzusehen. Sie wies keinen ausreichenden Wasserdurchdringungswiderstand auf.

Eigene Untersuchungen



Abb. 49 und 50: Zahlreiche Wasserdurchtritte durch die Unterspannbahn im Bereich des Regelquerschnittes und entlang der Fugen der Eindeckungselemente

#### 7.1.4 Problemkreis Anschlüsse

Bei zwei Einfamilienwohnhäusern waren Wassereinträge in den unter der Dachkonstruktion befindlichen Wohnräumen zu verzeichnen, die auf Fehlstellen entlang der Anschlüsse zwischen Unterspannbahn bzw. Unterdach und Rohrdurchführungen zurückgeführt werden konnten. In einem weiteren Fall waren zwar ebenfalls Lücken in der Anschlussmanschette vorhanden, Durchfeuchtungsschäden waren jedoch noch nicht eingetreten. Diese wurden aber von den Hauseigentümern befürchtet.

Die Dächer waren als flach geneigte Pultdächer (5° und 17°) bzw. als 11° geneigtes Satteldach ausgeführt worden. Die Dachdeckung bestand aus roten Ziegeln bzw. Dachsteinen. Das 5°-Dach war mit Faserzementwellplatten eingedeckt und die Unterspannbahn auf einer Schalung aus OSB-Platten verlegt. Die Bahn war dreilagig aufgebaut: eine diffusionsoffene, wasserdichte Folie war ober- und unterseitig mit zwei Polypropylen-Spinnvliesen kaschiert. In einem weiteren Dach war eine nicht gekennzeichnete Unterspannbahn ohne Unterlage eingebaut worden. Im dritten Fall wurde eine Holzweichfaserplatte als Unterdeckplatte verwendet.

Bei allen Dächern war der Sparrenzwischenraum vollständig mit Mineralwolle gedämmt worden. Als innere Luftdichtheitsschicht sind jeweils PE-Folien mit raumseitigen kartonbeschichteten Gipsplatten angeordnet worden.

Die Bewitterungszeiten der eingebauten Unterspannbahnen waren nicht bekannt.

Auch wenn in den o. g. Fällen die festgestellten Schäden nicht auf Materialfehler zurückzuführen sind, sondern auf Probleme beim Einbau, zeigen diese Beispiele typische Situationen auf, die zu Schäden an der zweiten Entwässerungsebene führen.

Eigene Untersuchungen



Abb. 51: Risse in der Butylbandmanschette der Rohrdurchführung

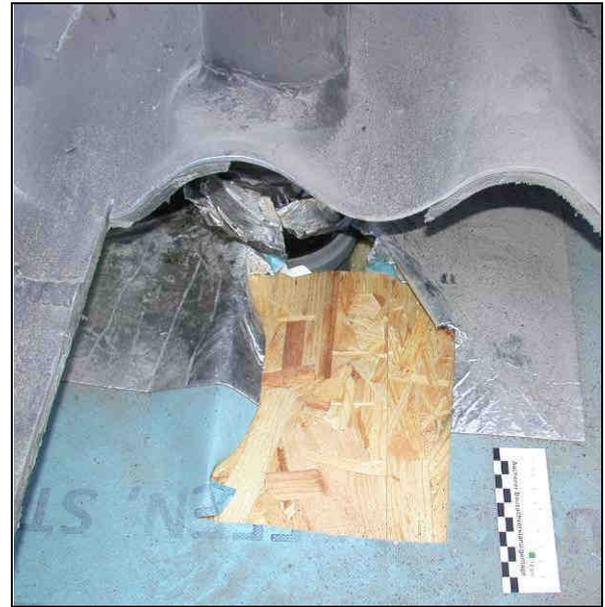


Abb. 52: OSB-Platte war nicht durch Feuchtigkeit geschädigt



Abb. 53: Offener Anschluss zwischen Unterspannbahn und Rohrdurchführung



Abb. 54: Versuche der Anschlussherstellung mit Klebebandstreifen

## 7.2 Dächer mit diffusionsoffenen Unterspann- / Unterdeckbahnen ohne Schäden

Aus der eigenen Sachverständigentätigkeit floss in die Untersuchung ein Walmdach mit einer Neigung von 30° bzw. teilweise 40° ein, das vor ca. 15 Jahren (1998) errichtet wurde und bei dem die Unterspannbahn auch bei ungünstigen Einbaurandbedingungen keinerlei Schädigungen aufwies. Die Dachdeckung besteht aus schwarzen Dachziegeln, die auf Lattung und Konterlattung verlegt sind. Es gibt jedoch keine Belüftungsöffnungen im Bereich der Traufe, an die die Hinterlüftung der Dachdeckung angeschlossen ist. Der unter der Dachkonstruktion befindliche Spitzboden ist begehbar, aber nicht ausgebaut. Die Dachfläche ist teilweise durch Lüftungsleitungen und Dachausstiegsfenster unterbrochen. Die Unterspannbahn ist zweilagig aufgebaut und besteht aus einem Polyethylenvlies mit einer außenseitigen Polyurethan-Beschichtung. Die Schichten sind miteinander verwoben. Angaben zur Bewitterungszeit der Bahn während der Bauzeit konnten nicht ermittelt werden.



Abb. 55: Unterspannbahn ohne Schäden...



Abb. 56: ... auch am Anschluss an das Dachflächenfenster.

### 7.3 Beobachtungen an gitterverstärkten Bahnen

Obwohl nicht Schwerpunkt der vorliegenden Forschungsarbeit, wurden auch drei Dächer untersucht, deren Unterspannbahnen aus gitterverstärkten Folien bestehen.

In einem Fall wurde eine solche Bahn durch einen Bauträger auf zahlreichen Mehrfamilienhäusern verwendet. Diese wurde in den zugänglichen Bereichen aller Dächer vollständig zerstört angetroffen (Abb. 57). In den beiden anderen Fällen waren keine wesentlichen Schädigungen festzustellen (Abb. 58). Diese Unterspannbahnen sind uneingeschränkt gebrauchstauglich.

Bei den zwischen 1985 und 1995 errichteten Giebeldächern mit Dachneigungen zwischen 30° und 45° wurden Eindeckungen aus roten bzw. schwarzen Betondachsteinen verwendet. Die Eindeckungen wurden bei den Dächern mit nicht geschädigten Unterspannbahnen auf Lattung und Konterlattung verlegt. Bei den Dächern mit schadhafte Bahnen fehlte die Konterlattung. In einem Fall wurde das Dach bis in den Spitzboden mit einer Mineralwolle-zwischensparrendämmung versehen. In den beiden anderen Fällen endete die Dämmung im ausgebauten Dachgeschoss, während die Dachkonstruktion des oberen Spitzbodens nicht gedämmt war. Bei allen Dächern waren Kamine und Rohre durch die Dachkonstruktion geführt. Die Belichtung der Räume erfolgte über verglaste Dachausstiegsfenster. In den nicht ausgebauten Spitzböden war in einem Fall die Unterspannbahn im Anschluss an diese vollständig zerstört, im anderen Fall nicht. Hier waren nur sehr vereinzelte Schäden jeweils in Feldmitte zwischen den Sparren festzustellen.

Offenbar ist der Einfluss von durch Dachfenster auf Unterspannbahnen gelangender UV-Strahlung nicht unbedingt ursächlich für das vollständige Versagen der Bahnen.



Abb. 57: Vollständig zerstörte gitterverstärkte Folie

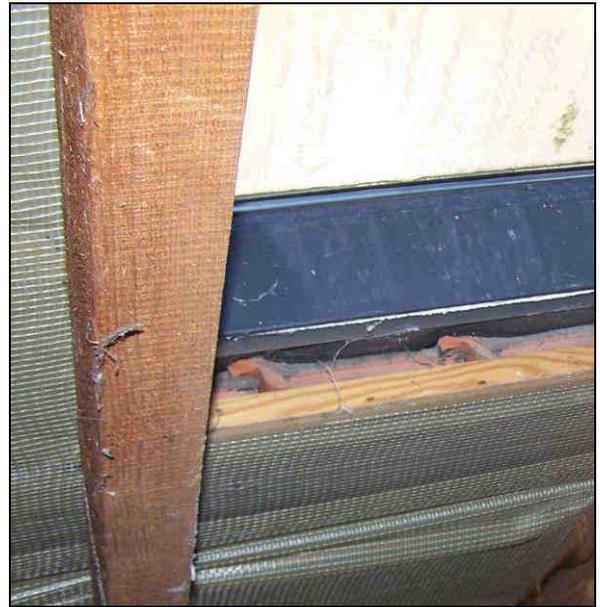


Abb. 58: Nach 28 Jahren voll funktionsfähige gitterverstärkte Folie trotz widriger Einbausituation

## 7.4 Ergebnisse der Temperaturmessungen

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen konnten an zwei Dächern Temperaturmessungen unmittelbar unter der Dachdeckung auf der Oberfläche der eingebauten Unterspannbahnen durchgeführt werden. Zur langfristigen Dokumentation wurden Datenlogger OPUS 10 der Firma LUFFT verwendet. Die Messpunkte lagen jeweils im oberen Drittel der Dachflächen.

In einem Fall wurden die Messungen auf der Südwestseite eines mit grauen Betondachsteinen eingedeckten Satteldaches über einem nicht ausgebauten Spitzboden für einen Zeitraum von zwei Monaten (August – September 2011) durchgeführt. Die zweite Messreihe erfolgte auf der Südostseite eines mit roten Dachsteinen eingedeckten Satteldaches. Hier war die Dachkonstruktion auch im Bereich des Spitzbodens mit einer Zwischensparrendämmung versehen. Gemessen wurde von September bis Oktober 2011.

Die Höchsttemperaturen unter den grauen Dachsteinen auf der Südwestseite waren mit etwa 70°C 10 K höher als unter den roten Dachsteinen der Südostseite der zweiten Dachfläche mit ca. 60°C. Auch wenn diese Messungen aufgrund der geringen Fallzahlen nicht als statistisch repräsentativ gelten können, geben sie doch Anhaltspunkte für die zwischen Dachdeckung und Unterspann-/Unterdeckbahn herrschenden Temperaturverhältnisse.

## 7.5 Zusammenfassende Ursachenanalyse

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde untersucht, ob Schäden im Zusammenhang mit der Einbausituation oder anderen Randbedingungen stehen, wie z.B. der Freibewitterungsdauer vor dem Eindecken. Im Folgenden wird auf die unterschiedlichen Schadenstypen eingegangen.

Beim vollständigen Versagen einzelner Schichten (Funktions- und Trägerschicht) konnte keine Korrelation der aufgetretenen Schäden zur Dauer der vorangegangenen Freibewitterung festgestellt werden. Offensichtlich wirken sich aber tatsächlich auftretende Temperaturen auf die Dauerhaftigkeit der Unterspann-/Unterdeckbahnen aus, da auf Südseiten Schädigungen deutlich stärker waren als auf Nordseiten.

Der unmittelbare Einfluss von UV-Licht auf die Funktionsfähigkeit der Bahnen konnte nicht bestätigt werden: In einigen Fällen kreidete die Beschichtung des Trägermaterials ab, obwohl nachweislich kein Tageslicht auf die Bahn einwirkte. In anderen Fällen war die verlegte Bahn, die ungeschützt an ein Dachfenster anschloss und daher dem UV-Licht ausgesetzt war, voll gebrauchstauglich. Auch ca. 20 – 30 Jahre alte gitterverstärkte Unterspannbahnen waren zwischen „im Wesentlichen funktionstauglich“ und „vollständig zerstört“ zu beurteilen.

Bei mechanischen Überbeanspruchungen oder Durchfeuchtungen im Bereich der Dachregelquerschnitte konnten ebenfalls keine Zusammenhänge zwischen Dachneigung, dem Vorhandensein einer Holzschalung und den verwendeten Materialien festgestellt werden. Die Dauer von Temperatur- und UV-Einwirkungen spielten für diesen Problemkreis ebenfalls keine Rolle.

Bei Wassereintrüben, die auf fehlerhafte Detailausbildungen im Bereich der Dachdurchdringungen zurückzuführen waren, waren Schäden bei flach geneigten Dächern (zwischen 5° und 17°) häufiger als bei steiler geneigten Dachkonstruktionen.

Eigene Untersuchungen
-----------------------

Insgesamt zeigen die im Rahmen der Forschungsarbeit durchgeführten Untersuchungen, dass keine Korrelation zwischen dem Auftreten von Schäden an Unterspann-/Unterdeckbahnen und der jeweiligen Einbausituation festgestellt werden kann. Es zeichnet sich ab, dass einige Unterspannbahnen unabhängig von den jeweiligen Randbedingungen gut funktionieren und dauerhaft einsetzbar sind. Andere sind materialbedingt als ungeeignet zu bezeichnen.

## **8. Regenbeanspruchung und Notwendigkeit von zweiten Entwässerungsebenen**

An keinem der untersuchten Dächer, bei denen die Unterspann- bzw. Unterdeckbahnen schadhaft waren oder sogar völlig versagt hatten, waren zweite Entwässerungsebenen instandgesetzt oder ausgetauscht worden. Dies ist nach den Erfahrungen der Autoren nicht nur an den untersuchten Dächern der Fall, sondern auch bei früher errichteten Dachkonstruktionen mit Gitterfolien-Unterspannbahnen, von denen mittlerweile eine Großzahl völlig versagte.

Andererseits sind Wasserschäden nicht zu vermeiden, wenn die Eindeckungen nicht an allen Stellen eine gute Regensicherheit aufweist und die darunter liegende zweite Entwässerungsebene fehlerhaft montiert wurde. Die Anforderungen an die Zuverlässigkeit zweiter Entwässerungsebenen sind gestiegen, da der Wärmeschutz von Dächern deutlich angehoben worden ist. Dadurch steht von innen weniger Wärmeenergie zur Abtrocknung des unter die Eindeckung kommendem Wasser zur Verfügung. Zusätzlich kann die unter die Eindeckung gelangende Wassermenge größer werden, wenn die durch die gestiegenen Anforderungen an die Höhenanpassbarkeit von Ziegeln, die mittlerweile ca. 4 cm erreicht hat, die Zuverlässigkeit der Regensicherheit sinken sollte.

Die Anforderungen in Regelwerken, die z.B. durch die entsprechenden Merkblätter des deutschen Dachdeckerhandwerks von Januar 2010 gestellt werden, haben deswegen eine grundsätzliche Berechtigung. Dennoch können offensichtlich nicht für alle Dächer zwingend eine zweite Entwässerungsebene mindestens in Form von Unterspannbahnen gefordert werden, da selbst die stark geschädigten Bahnen nicht ersetzt wurden. Tropfte das Wasser in so große Mengen in die Gebäude, dass daraus Schäden in nennenswertem Umfang entstünden, wären die schadhaften Unterspann- und Unterdeckbahnen zumindest in Teilbereichen ausgetauscht worden.

Regenbeanspruchung und Notwendigkeit von zweiten Entwässerungsebenen
--

Daher wird vorgeschlagen, im Einzelfall die Notwendigkeit von zweiten Entwässerungsebenen von der Dachgeometrie und der zu erwartenden Schlagregenbeanspruchung in Anlehnung an E DIN 4108 Teil 3 und der E DIN EN 927 [E DIN 927-1:2011-08] abhängig zu machen. Eine solche Unterscheidung erleichtert Maßnahmen an bestehenden Dächern im Rahmen von Modernisierungen, bei denen beobachtet werden kann, ob die Regensicherheit so weit ausreicht und kein Wasser unter die Dacheindeckung gelangt, das nicht schadensfrei wieder abtrocknen kann. Bei solchen Dächern müssen nach Auffassung der Autoren funktionierende Dacheindeckung nicht zwingend umgedeckt werden, um eine zweite Entwässerungsebene nachzurüsten, da bei diesen Maßnahmen nicht selten erhebliche Aufwendungen für die Anpassung der Anschlüsse an die wegen der Konterlatten höheren Lage der Dacheindeckung entstehen. Bei nachträglichem Einbau von der Innenseite werden nur die Bereiche zwischen den Sparren erfasst, die Fußpunkte können nicht nach außen entwässert werden. Aus diesem Grund ist diese Art des nachträglichen Einbaus nicht zu empfehlen. Dann ist der Verzicht auf eine Unterspannbahn weniger schadensträchtig, da evtl. unter die Eindeckung gelangendes Wasser in der Fläche verbleibt und von dort i. d. R. schadensfrei abtrocknet.

Für Neueindeckungen auf bestehenden und auf neuen Dächern sind die zweiten Entwässerungsebenen zu empfehlen. Dazu müssen Bahnen verwendet werden, die über die Nutzungsdauer von Eindeckungen gebrauchstauglich sind. Die Bahnen tragen zur Zuverlässigkeit der Dächer bei, da sie unter die Eindeckung gelangendes Wasser ableiten. Bei Zwischensparrendämmungen werden so energetisch ungünstige Rotationsströmungen vermieden, die bei der handwerklichen Verlegung von Dämmstoffen durch Lücken entstehen können.

## 9. Materialeigenschaften und Einbaurandbedingungen

Die Anforderungen an Unterspann- und Unterdeckbahnen sind an die jeweilige Einbausituationen anzupassen.

Bei idealen Einbaubedingungen, wie

- einfachen Dachgeometrien, kurzen Sparrenlängen, keinen oder nur wenigen Durchdringungen, keinen oder nur wenigen Gauben beziehungsweise Dachflächenfenster, keinen Kehl- und Gratsparren, mangelfreier Eindeckung mit hoher Regensicherheit bei Einhaltung der Regeldachneigung in nicht schneereichen Gegenden und geringer Schlagregenbeanspruchung,
- funktionierender Hinterlüftung mit ausreichend groß dimensionierten Lüftungsquerschnitten sowie Belüftungsöffnungen an der Traufe sowie Entlüftungsöffnungen an den Firsten,
- keiner UV Belastung im eingebauten Zustand sowie eine nur sehr kurze Zeitspanne von wenigen Tagen zwischen Montage der Unterspannbahnen und Aufbringen der Dacheindeckung

können Unterspann- und Unterdeckbahnen verwendet werden, die nur geringe Qualitätsanforderungen erfüllen. Im Rahmen der Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Zuverlässigkeitsanforderung unter so günstigen Rahmenbedingungen gering sind und selbst bei völligem Versagen keine nennenswerten Schadensfolgen auftreten. In solchen einfachen Beanspruchungssituationen sind aber dennoch aus den zuvor geschilderten Gründen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit zweite Entwässerungsebenen zu empfehlen. Dann sollten aber auch bei solchen Situationen Bahnen verwendet werden, deren Nutzungsdauer nicht erheblich kürzer ist als die der Eindeckung.

Sind die Beanspruchungen größer, zum Beispiel bei nur geringer Hinterlüftung oder einer hohen UV-Belastung, sind die Anforderungen an die Materialeigenschaften höher

anzusetzen. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass diffusionsoffene Bahnen zweiter Entwässerungsebenen auch bei ungünstigen Rahmenbedingungen und vergleichsweise langer Standzeit schadensfrei bleiben können. Dabei handelte es sich meistens um kostenintensivere Produkte.

## 10. Ergebnisse der Forschungsarbeit

Einige Unterspannbahnen wurden trotz günstiger Einbaurahmenbedingungen schadhaft, andere blieben trotz widriger Bedingungen auch über lange Jahre schadensfrei. Ob Unterspann- oder Unterdeckbahnen zuverlässig ihre Aufgabe erfüllen, hängt also nicht hauptsächlich von der jeweiligen Einbausituation ab.

### 10.1 Konstruktions-/ Ausführungsempfehlungen

Zweite Entwässerungsebenen dienen der Erhöhung der Zuverlässigkeit von nur regensicheren Dächern. Aufgrund der steigenden Anforderungen an die Regensicherheit und die aus energetischen Gründen zu empfehlende Winddichtheit von geeigneten Dächern ist auch eine höhere Zuverlässigkeit zweiter Entwässerungsebenen zu empfehlen. Daneben sollen die Lüftungsquerschnitte den Anforderungen der E DIN 4108-3:2012-01 und der Merkblätter des ZVDH (Fachregel für Dachdeckungen mit Dachziegeln und Dachsteinen, Merkblatt Wärmeschutz bei Dach und Wand) entsprechen, wobei die dort für Belüftungen geforderten Querschnitte auch für Hinterlüftungen anzuwenden sind.

Aus energetischen Gründen und zur Vermeidung von Rotationsströmungen soll in gedämmten Dachquerschnitten mit Zwischensparrendämmungen die Dämmung ohne Luftspalt an den Bahnen zweiter Entwässerungsebenen anliegen, ohne diese nach außen zu drücken. Bahnen sollen nicht durchhängend verlegt werden, weil dadurch die Oberseiten nicht ausreichend zuverlässig entwässert werden können. Zudem sind Überlappungen bei gespannten Bahnen besser abdichtbar. Zur Vermeidung von Durchfeuchtungen unter den Durchnagelungsstellen der Konterlatten sind Nageldichtbänder geeignet.

Da sich der aus der chemischen Zusammensetzung resultierende Widerstand gegen UV-Strahlen aufbraucht, sind Dächer möglichst zeitnah einzudecken, damit die Bahnen unter der Eindeckung auch für die vorgesehene Nutzungsdauer der Eindeckung ihre Aufgabe erfüllen. Zwischen dem Aufbringen der Unterspann- und Unterdeckbahnen und dem Einbau der Dacheindeckung soll ein Zeitraum von höchstens zwei Wochen angestrebt werden.

## 10.2 Ergänzung der Prüfgrundsätze

Die vergleichenden Untersuchungen haben gezeigt, dass gekennzeichnete Bahnen, deren Teilschichten nicht miteinander verklebt, sondern verschweißt oder verwoben sind, dauerhafter ihre Aufgabe erfüllen können und tendenziell eine höhere mechanische Festigkeit aufweisen als Bahnen mit verklebten Schichten. So werden Fehlstellen vermieden, die aus unvermeidbaren mechanischen Beanspruchungen bei der Montage resultieren.

Für wasserableitende Funktionsschichten sind Stoffe besser geeignet, die gasförmige Wassermoleküle „durchlassen“ als diffusionsdichte, die erst durch Reckverfahren diffusionsoffen werden.

Da zweite Entwässerungsebenen nicht nur unter sehr günstigen Rahmenbedingungen eingesetzt werden, sondern auch in Gegenden mit hoher Schlagregenbeanspruchung oder auf Dächern mit komplizierten Dachgeometrien und häufigen Durchdringungen, müssen Dachquerschnitte zuverlässig vor Feuchteintrag geschützt werden. Daher ist es zu empfehlen, neue Prüfungsgrundsätze ausarbeiten, um die Materialeigenschaften entsprechend der tatsächlich auftretenden Beanspruchungen aus der jeweiligen und gleichzeitig einwirkenden Kombination von UV-Strahlen, Wärme, Wind und Feuchtigkeit bzw. Wasser besser zu beschreiben.

Die Prüfung der Bahnen durch Freibewitterungen, wie sie im südlichen Schwarzwald sowie auf Vergleichsständen im schweizerischen Davos durchgeführt werden (s. Abschnitt 6.2), führen durchaus zu Ergebnissen, mit denen Qualitätsunterschiede zwischen den einzelnen Bahnen erkennbar sind.

Gegen die Freibewitterung als Prüfmethode von Unterspann- und Unterdeckbahnen spricht die tatsächliche Beanspruchung unter einer Eindeckung, die die zweite Entwässerungsebene schützt. Die Beanspruchung durch UV-Strahlen ist unter Durchscheinstellen erheblich geringer, die Erwärmung abgemildert, die kinetische Geschwindigkeit von auftreffendem Wasser oder Hagelschlag spielt (so gut wie) keine Rolle,

die Wassermenge ist deutlich kleiner. Frei bewitterte Unterspannbahnen werden also erheblich stärker beansprucht als solche unter einer Eindeckung, die lediglich durch Wind, gelegentlich unter die Eindeckungen gelangendes Tropfwasser beziehungsweise im Winter durch Flugschnee belastet sind. Dennoch lassen sich unter Bedingungen von Freibewitterungen die Nutzungsdauer betreffende Materialeigenschaften abschätzen, was ganz offensichtlich durch singuläre Laborprüfungen nicht möglich ist. Diese lassen sich zwar aufgrund der einstellbaren Prüfbedingungen wiederholt durchführen, lassen aber offensichtlich keine eindeutigen Hinweise auf die tatsächliche Gebrauchstauglichkeit zu.

Freibewitterungen zwischen dem Aufbringen von zweiten Entwässerungsebenen und der Eindeckung sind unvermeidbar. Dafür sind Zeiträume von sieben Wochen unter sommerlichen Bedingungen bei maximal 20% Bewölkungsgrad auf nach Süden ausgerichteten Dachflächen anzunehmen, die bei heutigen Bauabläufen nicht sicher verkürzbar sind. Um die Vergleichbarkeit der Prüfungen sicherzustellen, soll hieraus der Energieeintrag auf die Bahnen ermittelt werden, aus dem die tatsächliche Prüfdauer abzuleiten ist.

Bei einfachen Dachgeometrien, ausreichender Hinterlüftung, Überschreitung der Regeldachneigung, geringer Vorbeanspruchung durch Bewitterung und Sonnenbestrahlung vor der Eindeckung, geringer Schlagregenbeanspruchung und weiteren günstigen Rahmenbedingungen lassen zweite Entwässerungsebenen geringere Qualitätsanforderungen zu (Klasse II).

Bei ungünstigeren Randbedingungen mit höheren Anforderungen an die Zuverlässigkeit sind Produkte höherer Nutzungsdauer erforderlich, für die die jeweiligen Prüfbedingungen zu verschärfen sind (Klasse I). Bei nicht ausreichender Belüftung z. B. aufgrund ungünstiger Geometrien sind die Bahnen bei höheren Temperaturen zu prüfen. Bei einer Eindeckung mit einem großen Anteil von Durchscheinstellen oder beim Einbau von Glassteinen beziehungsweise transparenten Dachausstiegen sind Bahnen mit einer erhöhten UV-Beständigkeit zu verwenden.

## Ergebnisse

Da die Beanspruchungen sich nicht mit ausreichender Genauigkeit durch Labortests prüfen lassen, sollten die bisherigen Tests durch zusätzliche Freibewitterungen ergänzt werden, wobei aufgrund der Ungenauigkeiten der Prüfbedingungen, die sich aus unterschiedlichen Witterungen ergeben, die Testanforderungen noch festzulegen sind. Dazu wird vorgeschlagen, eine standardisierte Prüfung zu entwickeln, die beispielsweise folgende Prüfbedingungen beinhalten kann:

	Klasse I für hohe Beanspruchungen	Klasse II bei geringen Beanspruchungen
Prüfdauer und Jahreszeit, in der durch Freibewitterung zu prüfen ist:	3 Monate zwischen 15.6. und 15.9. eines Jahres äquivalenter Energieeintrag	2 Monate
Ausrichtung	Süden - Westen, ohne Verschattungen	
Untergrund	Mineralwollämmstoff, $d > 10$ cm, ohne Luftspalt eng anliegend	
Neigung	40°	
Hagelschlagprüfung	Prüfverfahren offen	
Widerstand gegen Wasserdurchgang	unverändert nach der Prüfung	
Schrumpfen	nach der Prüfung maximal 3%	
Festigkeitswerte für Dehnung und Reißfestigkeit entsprechend der Produktdatenblätter des ZVDH (für UDB-A/ USB-A) nach den Freibewitterungen *	65% der Ausgangswerte vor der Prüfung	60% der Ausgangswerte vor der Prüfung

(\*Produktdatenblatt für Unterdeckbahnen, Produktdatenblatt für Unterspannbahnen des Zentralverbands des Deutschen Dachdeckerhandwerks)

Die (vereinfachte) Hagelschlagprüfung sollte vorgenommen werden, da Hagelschlag gerade im Sommer nicht ausgeschlossen werden kann, wenn zwischen dem Aufbringen der Unterspann-/Unterdeckbahn und der Eindeckung ein Hagelschlag niedergeht. In solchen Fällen wird regelmäßig nicht die bis dahin aufgebrachte Bahn einschließlich Konterlatten und Dachlatten abgenommen, sondern im schadhafte Zustand belassen.

### 10.3 Kennzeichnung

Sowohl für Planer, Bauüberwachende und für Verarbeiter, als auch für Verbraucher sind unterschiedliche Materialeigenschaften neuer Bahnen von außen nicht erkennbar, wenn diese nicht gekennzeichnet sind. Ebenso sind im Rahmen von Inspektionen bei Instandhaltungen keine Abschätzungen bezüglich der Dauerhaftigkeit der zweiten Entwässerungsebenen möglich, wenn Bahnen keine dauerhafte Kennzeichnung tragen. Daher ist eine Kennzeichnungspflicht aller zum Feuchteschutz beitragenden Bauteile zu fordern, wie sie z. B. in der Norm für Flachdachabdichtungen nicht genutzter Dächer DIN 18531-3 verankert ist. Diese sollen besondere Verarbeitungshinweise, andere Produktspezifikationen, den Hersteller, das Produkt und die Charge beinhalten.

Weiterhin sind die Materialeigenschaften zu hinterlegen, die sich aus den bisherigen Prüfungen und aus den erweiterten Prüfungen ergeben, die in Abschnitt 10.2. vorgeschlagen sind.

## 11. Zusammenfassung

### 11.1 Grundsätzliches

Im Rahmen der Untersuchungen war festzustellen, dass etliche Bahnen nicht ausreichend wasserundurchlässig, regensicher und mechanisch fest sind. Ihre Nutzungsdauer ist erheblich kürzer als die der Dacheindeckungen, die aber i. d. R. nicht nur zum Austausch von zweiten Entwässerungsebenen umgedeckt werden.

Aus energetischen Gründen und zur Vermeidung von Schäden sollen zweite Entwässerungsebenen so lange ihre Aufgabe erfüllen, wie Dacheindeckungen genutzt werden können. Die Ergebnisse der Forschungsarbeit zeigen aber, dass dies zurzeit nicht der baupraktischen Realität entspricht. Auch war festzustellen, dass Schäden weniger auf die Einbausituation als vielmehr auf Produkteigenschaften zurückzuführen sind. Die Dauerhaftigkeit von Unterspann- und Unterdeckbahnen ist mit den derzeitigen Prüfkriterien nicht in ausreichendem Maße sicherzustellen. Daher ist eine Ergänzung der bisherigen Prüfungen durch Freibewitterungsprüfungen erforderlich, um die Nutzungsdauer von zweiten Entwässerungsebenen zuverlässiger prognostizieren zu können als das bisher der Fall ist.

Die Kostenunterschiede zwischen sehr preisgünstigen Unterspann- und Unterdeckbahnen und den bei den Untersuchungen positiv aufgefallenen Bahnen liegen bei ca. 2 € - 4 €/m<sup>2</sup>. Bei üblichen Reihenhäusern mit Dachflächen von etwa 250 m<sup>2</sup> sind Mehrkosten zwischen ca. 500 € und 900 € zu erwarten. Aufgrund der höheren Zuverlässigkeit der qualitativ höherwertigen Bahnen sollten solche verglichen mit den gesamten Gebäudekosten geringen Mehrkosten finanzierbar sein. Durch diese Maßnahmen kann die Dauerhaftigkeit des Regenschutzes über die Nutzungsdauer von Dacheindeckungen sichergestellt werden. Vorzeitige Dachumdeckungen, die mit deutlich höheren Kosten verbunden sind, werden dann vermieden.

## 11.2 Weiterer Forschungsbedarf

Zur Feststellung der tatsächlichen Dauerhaftigkeit von zweiten Entwässerungsebenen müssen die derzeit bestehenden Prüfkriterien erweitert werden. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit war es nicht möglich, genauere, über die Vorschläge des Abschnitts 10.2 hinausgehende Prüfgrundsätze zu erarbeiten. Hierzu sollten vergleichende Prüfungen auf Prüfständen in unterschiedlichen klimatischen Regionen bei variierenden Ausrichtungen vorgenommen werden. Abschließend sind qualitätssichernde Prüfgrundsätze festzulegen, ohne die Machbarkeit von wasserableitenden, diffusionsoffenen Bahnen zu riskieren.



## 12. Objektdokumentation



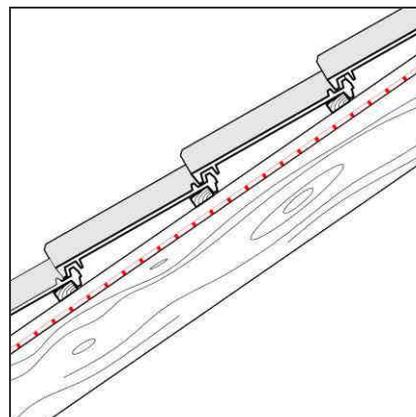
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 1

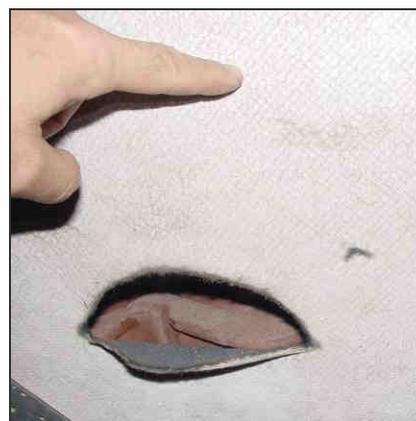
<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Mehrfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	1998
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	35°
<b>Sparrenlänge</b>	
<b>Dachaufbauten</b>	Dachgauben
<b>Dachfenster</b>	vorhanden
<b>Durchdringungen</b>	Rohrdurchführungen, Kamine
<b>Dachraum ausgebaut</b>	teilweise
<b>Sonstige Einflüsse</b>	-

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	rote Dachziegel
<b>Belüftungsöffnungen</b>	vorhanden
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung, 24 mm Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	teilweise Vollsparrendämmung
<b>Dampfsperre</b>	nicht bekannt
<b>Untergrund</b>	teilweise nicht ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	-
<b>Werkstoff</b>	
<b>Einlage / Verstärkung</b>	
<b>Schäden</b>	Versprödung, Risse, verstärkt auf der Südseite
<b>Einbaurandbedingungen</b>	nicht bekannt



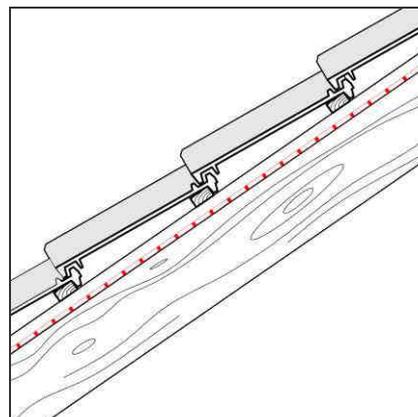
**ALLGEMEINE ANGABEN**

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Mehrfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	1998
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	35°
<b>Sparrenlänge</b>	
<b>Dachaufbauten</b>	Dachgauben
<b>Dachfenster</b>	vorhanden
<b>Durchdringungen</b>	Rohrdurchführungen, Kamine
<b>Dachraum ausgebaut</b>	teilweise
<b>Sonstige Einflüsse</b>	-

Objekt-Nr.: 2

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	rote Dachziegel
<b>Belüftungsöffnungen</b>	vorhanden
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung, 24 mm Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	teilweise Vollsparrendämmung
<b>Dampfsperre</b>	nicht bekannt
<b>Untergrund</b>	teilweise nicht ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	-
<b>Werkstoff</b>	
<b>Einlage / Verstärkung</b>	
<b>Schäden</b>	Versprödung, Risse, verstärkt auf der Südseite
<b>Einbaurandbedingungen</b>	nicht bekannt



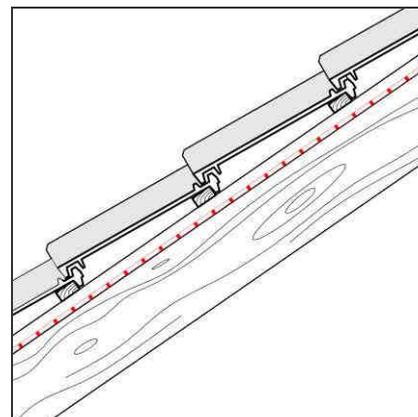
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 3

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Mehrfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	1998
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	35°
<b>Sparrenlänge</b>	
<b>Dachaufbauten</b>	Dachgauben
<b>Dachfenster</b>	vorhanden
<b>Durchdringungen</b>	Rohrdurchführungen, Kamine
<b>Dachraum ausgebaut</b>	teilweise
<b>Sonstige Einflüsse</b>	-

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	rote Dachziegel
<b>Belüftungsöffnungen</b>	vorhanden
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung, 24 mm Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	teilweise Vollsparrendämmung
<b>Dampfsperre</b>	nicht bekannt
<b>Untergrund</b>	teilweise nicht ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	-
<b>Werkstoff</b>	
<b>Einlage / Verstärkung</b>	
<b>Schäden</b>	Versprödung, Risse, verstärkt auf der Südseite
<b>Einbaurandbedingungen</b>	nicht bekannt



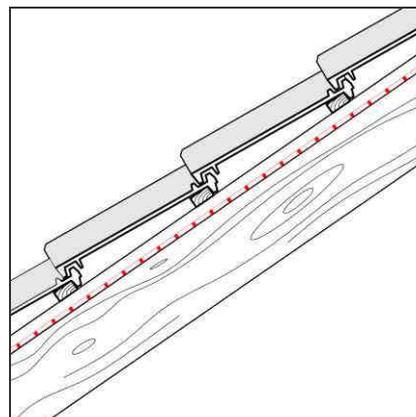
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 4

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Mehrfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	1998
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	35°
<b>Sparrenlänge</b>	
<b>Dachaufbauten</b>	Dachgauben
<b>Dachfenster</b>	vorhanden
<b>Durchdringungen</b>	Rohrdurchführungen, Kamine
<b>Dachraum ausgebaut</b>	teilweise
<b>Sonstige Einflüsse</b>	-

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	rote Dachziegel
<b>Belüftungsöffnungen</b>	vorhanden
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung, 24 mm Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	teilweise Vollsparrendämmung
<b>Dampfsperre</b>	nicht bekannt
<b>Untergrund</b>	teilweise nicht ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	-
<b>Werkstoff</b>	
<b>Einlage / Verstärkung</b>	
<b>Schäden</b>	Versprödung, Risse, verstärkt auf der Südseite
<b>Einbaurandbedingungen</b>	nicht bekannt



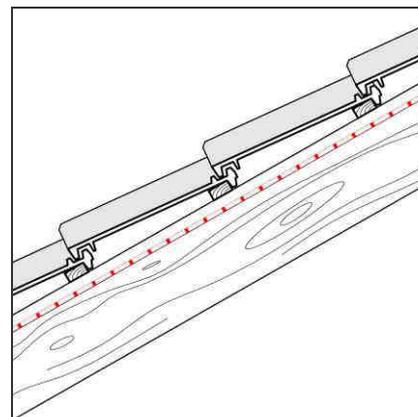
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 5

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Einfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	2005/2006
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach mit versetztem First
<b>Dachneigung</b>	15° / 30° / 40°
<b>Sparrenlänge</b>	5,50m / 6,50m
<b>Dachaufbauten</b>	Dachgaube
<b>Dachfenster</b>	vorhanden
<b>Durchdringungen</b>	Rohrdurchführungen
<b>Dachraum ausgebaut</b>	teilweise
<b>Sonstige Einflüsse</b>	-

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	schwarze Dachziegel
<b>Belüftungsöffnungen</b>	5 mm hoch an der Traufe
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	teilweise Mineralwolle
<b>Dampfsperre</b>	nur im Wandbereich
<b>Untergrund</b>	teilweise nicht ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	vorhanden
<b>Werkstoff</b>	PE
<b>Einlage / Verstärkung</b>	Obervlies, diffusionsoffene Funktionsmembran, Untervlies
<b>Schäden</b>	Abkreiden, auf Südseite stärker
<b>Einbaurandbedingungen</b>	Einbau der Dacheindeckung nach 2-3 Tagen Lagerung des Fertigdaches auf der Baustelle



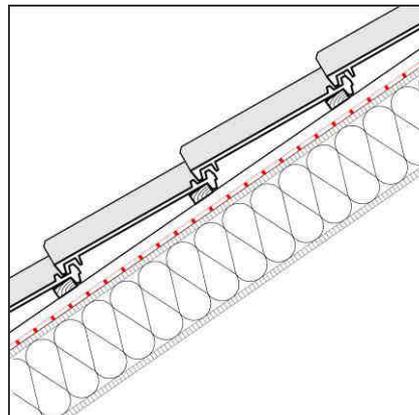
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 6

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Einfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	1998
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	30°-35°
<b>Sparrenlänge</b>	
<b>Dachaufbauten</b>	Dachgauben, Solarkollektoren
<b>Dachfenster</b>	vorhanden
<b>Durchdringungen</b>	Rohrdurchführungen
<b>Dachraum ausgebaut</b>	teilweise
<b>Sonstige Einflüsse</b>	

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	schwarze Betondachsteine
<b>Belüftungsöffnungen</b>	-
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	Schalung
<b>Dämmung</b>	teilweise MW-Vollsparrendämmung
<b>Dampfsperre</b>	-
<b>Untergrund</b>	teilweise nicht ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	-
<b>Werkstoff</b>	
<b>Einlage / Verstärkung</b>	
<b>Schäden</b>	Versprödung, Risse, Zerfall
<b>Einbaurandbedingungen</b>	2-3 Tage offen bis zur Eindeckung



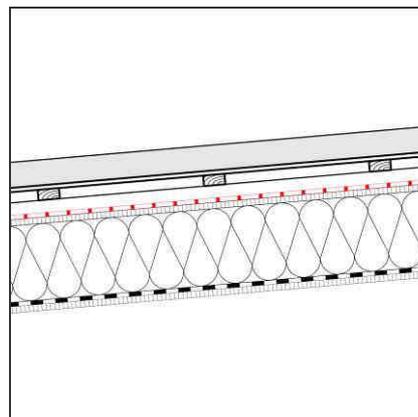
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 7

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Einfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	2001 / 2002
<b>Dachgeometrie</b>	Pulldach
<b>Dachneigung</b>	5°
<b>Sparrenlänge</b>	10,50m
<b>Dachaufbauten</b>	-
<b>Dachfenster</b>	-
<b>Durchdringungen</b>	Rohrdurchführungen, Satellitenschüssel
<b>Dachraum ausgebaut</b>	ja
<b>Sonstige Einflüsse</b>	

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	Schwarze Faserzementwellplatten
<b>Belüftungsöffnungen</b>	Ja
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	Schalung
<b>Dämmung</b>	Mineralwollvollsparrendämmung
<b>Dampfsperre</b>	PE-Folie, GK-Bekleidung
<b>Untergrund</b>	ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	vorhanden
<b>Werkstoff</b>	PP-Spinnvlies
<b>Einlage / Verstärkung</b>	atmungsaktive wasserdichte PP-Folie
<b>Schäden</b>	Anschlussmanschette der Rohrdurchführung gerissen
<b>Einbaurandbedingungen</b>	nicht bekannt



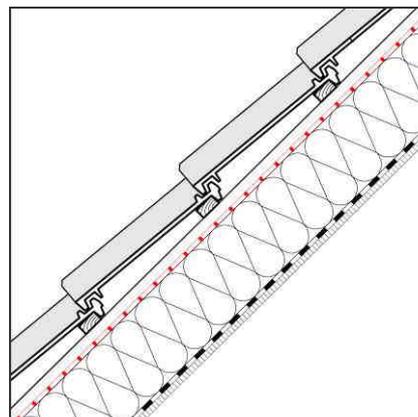
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 8

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Einfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	2001
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	45°
<b>Sparrenlänge</b>	
<b>Dachaufbauten</b>	Einbau Dachgauben 2011
<b>Dachfenster</b>	vorhanden
<b>Durchdringungen</b>	Rohrdurchführungen, Satellitenschüssel
<b>Dachraum ausgebaut</b>	teilweise
<b>Sonstige Einflüsse</b>	z.T. Verschattung durch Vegetation

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	Graue Betondachsteine
<b>Belüftungsöffnungen</b>	
<b>Belüftung unter</b>	Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann-</b>	Vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	Mineralwollevollsparrendämmung
<b>Dampfsperre</b>	PE-Folie
<b>Untergrund</b>	teilweise nicht ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	-
<b>Werkstoff</b>	PP/PE
<b>Einlage / Verstärkung</b>	
<b>Schäden</b>	Risse in der unteren Beschichtung
<b>Einbaurandbedingungen</b>	lange Bewitterung während der Bauzeit



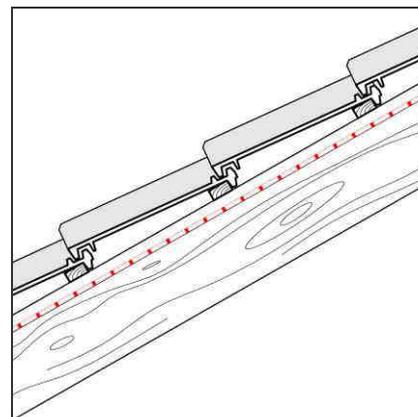
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 9

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Einfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	1998
<b>Dachgeometrie</b>	L-Form-Walmdach
<b>Dachneigung</b>	30° / 40°
<b>Sparrenlänge</b>	6 – 8 m
<b>Dachaufbauten</b>	-
<b>Dachfenster</b>	vorhanden
<b>Durchdringungen</b>	Lüfter
<b>Dachraum ausgebaut</b>	-
<b>Sonstige Einflüsse</b>	z. T. Verschattung durch Vegetation

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	schwarze Dachziegel
<b>Belüftungsöffnungen</b>	-
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	-
<b>Dampfsperre</b>	-
<b>Untergrund</b>	Nicht ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	vorhanden
<b>Werkstoff</b>	PU-Beschichtung
<b>Einlage / Verstärkung</b>	PE-Vlies
<b>Schäden</b>	-
<b>Einbaurandbedingungen</b>	Konterlattung, aber keine Belüftung an Traufen



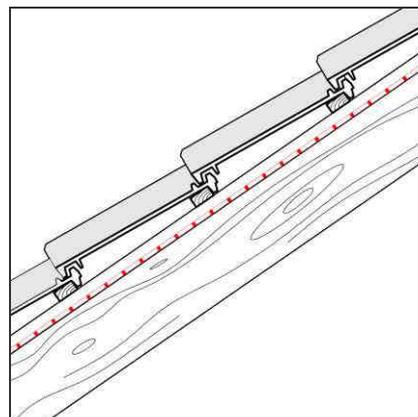
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 10

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Einfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	1995
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	35°
<b>Sparrenlänge</b>	7 m
<b>Dachaufbauten</b>	-
<b>Dachfenster</b>	Fenster in Giebelwand
<b>Durchdringungen</b>	-
<b>Dachraum ausgebaut</b>	-
<b>Sonstige Einflüsse</b>	-

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	Betondachsteine
<b>Belüftungsöffnungen</b>	im First
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	je 30 mm Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	-
<b>Dampfsperre</b>	-
<b>Untergrund</b>	nicht ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	-
<b>Werkstoff</b>	-
<b>Einlage / Verstärkung</b>	-
<b>Schäden</b>	Auflösung der unteren Beschichtung
<b>Einbaurandbedingungen</b>	nur kurze Bewitterung



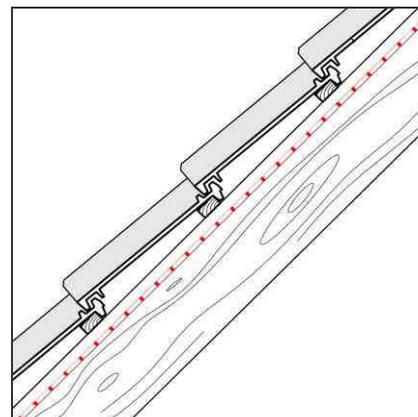
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 11

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Einfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	45 – 49°
<b>Sparrenlänge</b>	
<b>Dachaufbauten</b>	-
<b>Dachfenster</b>	Fenster in der Giebelwand
<b>Durchdringungen</b>	-
<b>Dachraum ausgebaut</b>	-
<b>Sonstige Einflüsse</b>	-

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	rote Dachziegel
<b>Belüftungsöffnungen</b>	
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	-
<b>Dampfsperre</b>	-
<b>Untergrund</b>	nicht ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	vorhanden
<b>Werkstoff</b>	PP
<b>Einlage / Verstärkung</b>	
<b>Schäden</b>	Aufrauung, Verschmutzung durch Öl
<b>Einbaurandbedingungen</b>	



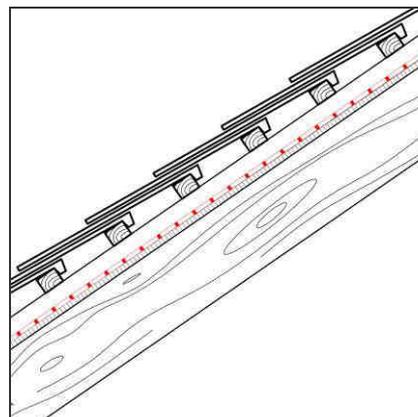
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 12

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Mehrfamilienwohngebäude
<b>Baujahr</b>	Erneuerung des Dachstuhls 2010
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	35°
<b>Sparrenlänge</b>	ca. 10 m
<b>Dachaufbauten</b>	Dachgauben
<b>Dachfenster</b>	-
<b>Durchdringungen</b>	-
<b>Dachraum ausgebaut</b>	
<b>Sonstige Einflüsse</b>	

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	rote Biberschwanzziegel
<b>Belüftungsöffnungen</b>	
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Je 40 mm Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	Schalung
<b>Dämmung</b>	Nicht bekannt
<b>Dampfsperre</b>	Nicht bekannt
<b>Untergrund</b>	z. T. ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	vorhanden
<b>Werkstoff</b>	PP-Spinnvlies
<b>Einlage / Verstärkung</b>	Diffusionsoffener und wasserabweisender PP-Film
<b>Schäden</b>	Wassereinträge
<b>Einbaurandbedingungen</b>	etwa 11 Wochen frei bewittert



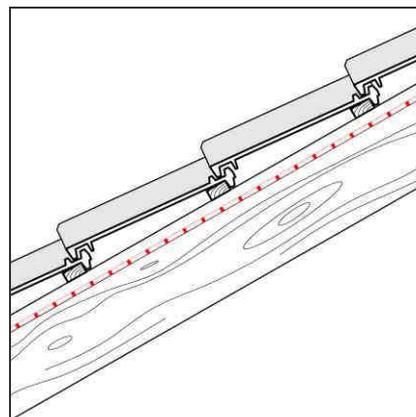
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 13

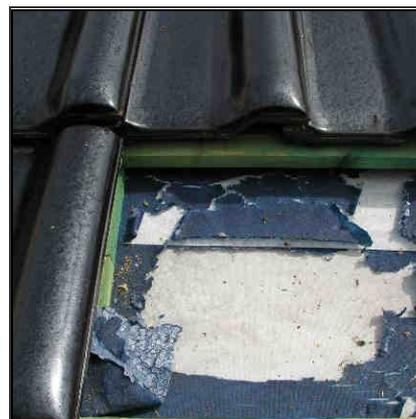
<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Einfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	1998
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	
<b>Sparrenlänge</b>	
<b>Dachaufbauten</b>	Dachgaube
<b>Dachfenster</b>	-
<b>Durchdringungen</b>	-
<b>Dachraum ausgebaut</b>	teilweise
<b>Sonstige Einflüsse</b>	-

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	schwarze Dachziegel
<b>Belüftungsöffnungen</b>	
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	
<b>Dämmung</b>	
<b>Dampfsperre</b>	
<b>Untergrund</b>	

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

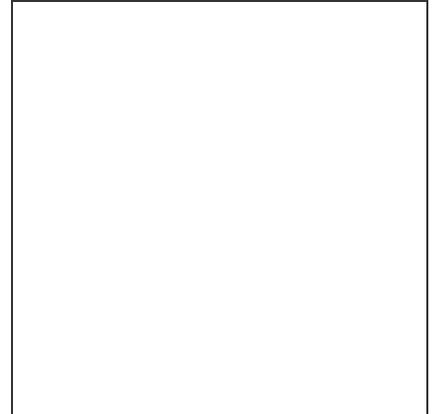
<b>Materialkennzeichnung</b>	vorhanden
<b>Werkstoff</b>	PP
<b>Einlage / Verstärkung</b>	PP-Vlies
<b>Schäden</b>	Risse und Auflösung der oberen Beschichtung
<b>Einbaurandbedingungen</b>	nur kurze freie Bewitterung



**ALLGEMEINE ANGABEN**

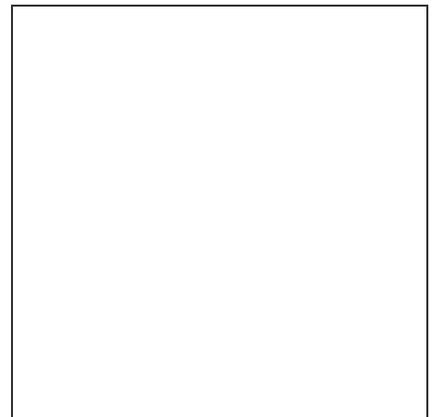
**Objekt-Nr.: 14**

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Wohnhaus
<b>Baujahr</b>	2001
<b>Dachgeometrie</b>	
<b>Dachneigung</b>	
<b>Sparrenlänge</b>	
<b>Dachaufbauten</b>	
<b>Dachfenster</b>	Fenster in Giebelwand
<b>Durchdringungen</b>	
<b>Dachraum ausgebaut</b>	-
<b>Sonstige Einflüsse</b>	



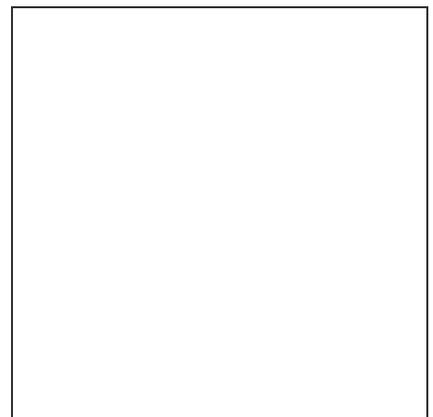
**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	
<b>Belüftungsöffnungen</b>	
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	
<b>Unterlage</b>	
<b>Dämmung</b>	
<b>Dampfsperre</b>	
<b>Untergrund</b>	



**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	vorhanden
<b>Werkstoff</b>	
<b>Einlage / Verstärkung</b>	
<b>Schäden</b>	Auflösung der unteren Beschichtung
<b>Einbaurandbedingungen</b>	



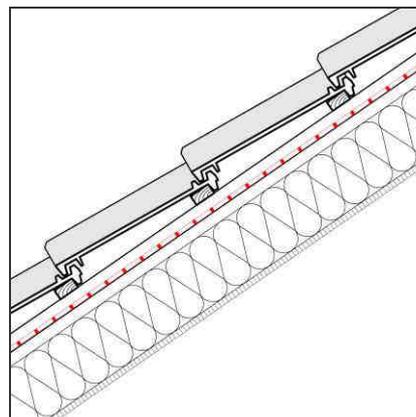
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 15

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Mehrfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	1999
<b>Dachgeometrie</b>	Walmdach
<b>Dachneigung</b>	35°
<b>Sparrenlänge</b>	
<b>Dachaufbauten</b>	Dachgaube
<b>Dachfenster</b>	vorhanden
<b>Durchdringungen</b>	Rohrdurchführungen, Kamin
<b>Dachraum ausgebaut</b>	teilweise
<b>Sonstige Einflüsse</b>	-

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	rote Betondachsteine
<b>Belüftungsöffnungen</b>	
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	Mineralwollezwischen-sparrendämmung
<b>Dampfsperre</b>	nicht bekannt
<b>Untergrund</b>	z.T. ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	vorhanden
<b>Werkstoff</b>	nicht bekannt
<b>Einlage / Verstärkung</b>	nicht bekannt
<b>Schäden</b>	Auflösung der Bahn
<b>Einbaurandbedingungen</b>	nicht bekannt



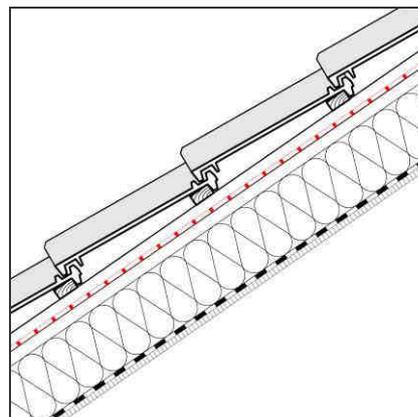
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 16

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Einfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	1991 / 1992
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	36°
<b>Sparrenlänge</b>	8,50 m
<b>Dachaufbauten</b>	-
<b>Dachfenster</b>	vorhanden
<b>Durchdringungen</b>	Kamin
<b>Dachraum ausgebaut</b>	ja
<b>Sonstige Einflüsse</b>	-

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	rote Dachsteine
<b>Belüftungsöffnungen</b>	vorhanden
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	Mineralwollezwischen-sparrendämmung
<b>Dampfsperre</b>	Alukaschierung, PE-Folie
<b>Untergrund</b>	ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	-
<b>Werkstoff</b>	gitterverstärkte Folie
<b>Einlage / Verstärkung</b>	nicht bekannt
<b>Schäden</b>	-
<b>Einbaurandbedingungen</b>	nur kurze freie Bewitterung im Sommer



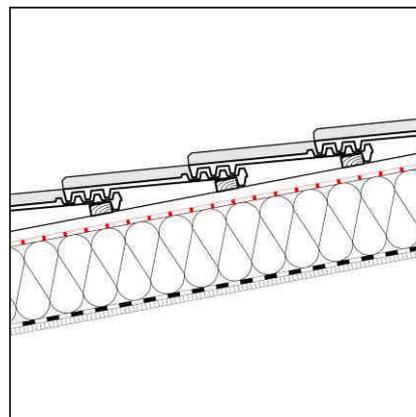
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 17

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Einfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	2006
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	11°
<b>Sparrenlänge</b>	
<b>Dachaufbauten</b>	
<b>Dachfenster</b>	
<b>Durchdringungen</b>	Rohrdurchführungen
<b>Dachraum ausgebaut</b>	
<b>Sonstige Einflüsse</b>	

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	rote Dachziegel
<b>Belüftungsöffnungen</b>	
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	Mineralwollevollsparrendämmung
<b>Dampfsperre</b>	PE-Folie
<b>Untergrund</b>	GK-Bekleidung, ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	vorhanden
<b>Werkstoff</b>	
<b>Einlage / Verstärkung</b>	
<b>Schäden</b>	Wassereintritte 2006 und 2009
<b>Einbaurandbedingungen</b>	



**ALLGEMEINE ANGABEN**

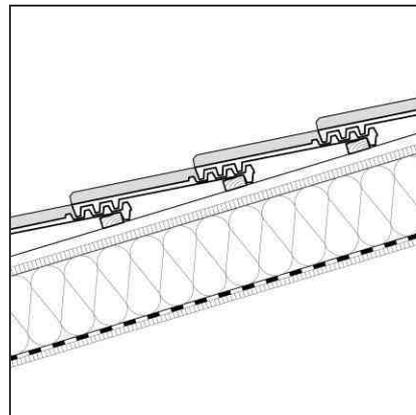
**Objekt-Nr.: 18**

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Einfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	2004
<b>Dachgeometrie</b>	Pulldach
<b>Dachneigung</b>	17°
<b>Sparrenlänge</b>	Ca. 12 m
<b>Dachaufbauten</b>	-
<b>Dachfenster</b>	vorhanden
<b>Durchdringungen</b>	Rohrdurchführungen, Satellitenschüssel
<b>Dachraum ausgebaut</b>	ja
<b>Sonstige Einflüsse</b>	-



**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	rote Betondachsteine
<b>Belüftungsöffnungen</b>	
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	-
<b>Unterdach</b>	22 mm Holzfaserplatten
<b>Dämmung</b>	Vollsparrendämmung
<b>Dampfsperre</b>	vorhanden
<b>Untergrund</b>	Bekleidung, ausgebauter Dachraum



**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	
<b>Werkstoff</b>	
<b>Einlage / Verstärkung</b>	
<b>Schäden</b>	Wassereintritte 2008
<b>Einbaurandbedingungen</b>	



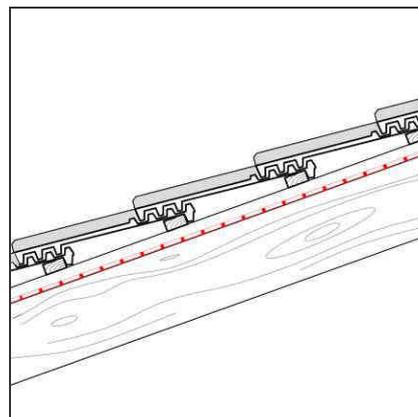
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 19

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Sportzentrum mit Wohneinheiten
<b>Baujahr</b>	2000
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	Ca. 20°
<b>Sparrenlänge</b>	
<b>Dachaufbauten</b>	-
<b>Dachfenster</b>	vorhanden
<b>Durchdringungen</b>	-
<b>Dachraum ausgebaut</b>	-
<b>Sonstige Einflüsse</b>	

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	rote Dachziegel
<b>Belüftungsöffnungen</b>	
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	-
<b>Dampfsperre</b>	-
<b>Untergrund</b>	nicht ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	-
<b>Werkstoff</b>	
<b>Einlage / Verstärkung</b>	
<b>Schäden</b>	Wassereinbrüche
<b>Einbaurandbedingungen</b>	Kurze freie Bewitterung



**ALLGEMEINE ANGABEN**

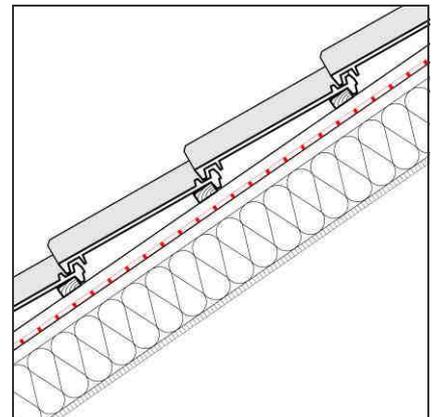
**Objekt-Nr. : 20**

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Mehrfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	1999
<b>Dachgeometrie</b>	Walmdach
<b>Dachneigung</b>	35°
<b>Sparrenlänge</b>	
<b>Dachaufbauten</b>	Dachgaube
<b>Dachfenster</b>	vorhanden
<b>Durchdringungen</b>	Rohrdurchführungen, Kamin
<b>Dachraum ausgebaut</b>	teilweise
<b>Sonstige Einflüsse</b>	-



**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	rote Betondachsteine
<b>Belüftungsöffnungen</b>	
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	Lattung und Konterlattung
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	Mineralwollezwischen-sparrendämmung
<b>Dampfsperre</b>	nicht bekannt
<b>Untergrund</b>	z.T. ausgebauter Dachraum



**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

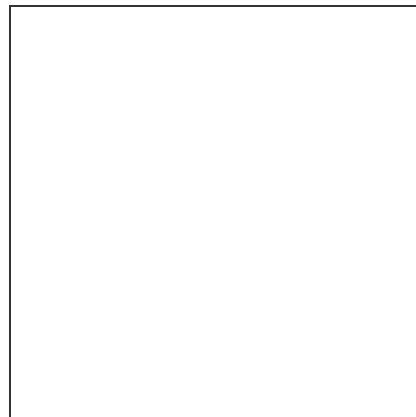
<b>Materialkennzeichnung</b>	vorhanden
<b>Werkstoff</b>	nicht bekannt
<b>Einlage / Verstärkung</b>	nicht bekannt
<b>Schäden</b>	Risse
<b>Einbaurandbedingungen</b>	nicht bekannt



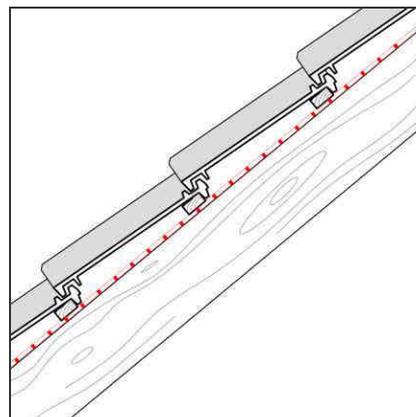
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 21

<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Mehrfamilienwohnhäuser
<b>Baujahr</b>	1985 - 1995
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	30 – 45°
<b>Sparrenlänge</b>	10 – 12 m
<b>Dachaufbauten</b>	Dachgauben, Kamine
<b>Dachfenster</b>	vorhanden
<b>Durchdringungen</b>	Lüfter, Kamine, Dachausstiege
<b>Dachraum ausgebaut</b>	ja bzw. teilweise
<b>Sonstige Einflüsse</b>	

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	rote Betondachsteine
<b>Belüftungsöffnungen</b>	vorhanden
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	keine Konterlatten
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	
<b>Dämmung (teilweise)</b>	kaschierte Mineralwolle dämmung
<b>Dampfsperre (teilweise)</b>	teilweise PE/PVC
<b>Untergrund (teilweise)</b>	Alukaschierung, GK-Bekleidung, ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	-
<b>Werkstoff</b>	gitterverstärkte Folie
<b>Einlage / Verstärkung</b>	
<b>Schäden</b>	vollständige Zerstörung
<b>Einbaurandbedingungen</b>	keine kontrollierte raumseitige Belüftung in nicht ausgebautem DG



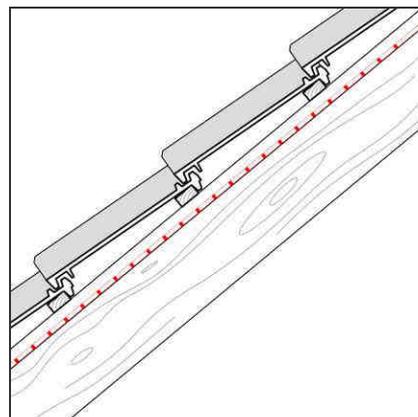
**ALLGEMEINE ANGABEN**

Objekt-Nr.: 22

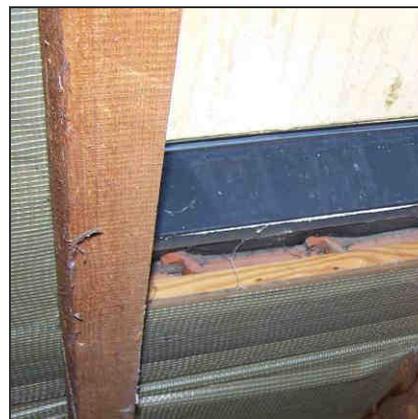
<b>Gebäudetyp / Nutzung</b>	Mehrfamilienwohnhaus
<b>Baujahr</b>	1984
<b>Dachgeometrie</b>	Satteldach
<b>Dachneigung</b>	40°
<b>Sparrenlänge</b>	4 – 10 m
<b>Dachaufbauten</b>	Dacheinschnitte, Loggien
<b>Dachfenster</b>	Dachluken mit Glasfüllung
<b>Durchdringungen</b>	Asbest-Vierkantrohre
<b>Dachraum ausgebaut</b>	teilweise
<b>Sonstige Einflüsse</b>	Nord-Süd-Ausrichtung

**SCHICHTENAUFBAU (von oben nach unten)**

<b>Dacheindeckung</b>	schwarze Betondachsteine
<b>Belüftungsöffnungen</b>	vorhanden
<b>Belüftung unter Eindeckung</b>	vorhanden
<b>Unterspann- /Unterdeckbahn</b>	vorhanden
<b>Unterlage</b>	-
<b>Dämmung</b>	-
<b>Dampfsperre</b>	-
<b>Untergrund</b>	nicht ausgebauter Dachraum

**ANGABEN ZUR UNTERS Spann- /UNTERDECKBAHN**

<b>Materialkennzeichnung</b>	-
<b>Werkstoff</b>	gitterverstärkte Folie
<b>Einlage / Verstärkung</b>	
<b>Schäden</b>	im wesentlichen nicht, nur sehr vereinzelt, aber nicht neben Luken, nur in Feldmitte
<b>Einbaurandbedingungen</b>	

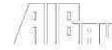


### 13. Anhang

Erhebungsbogen

### 13.1 Erhebungsbogen

**Dauerhaftigkeit von diffusionsoffenen Unterspann- und Unterdeckbahnen unter Eindeckungen – Erhebungsbogen**



Rückantwort

**AIBAU**

Aachener Institut für Bauschadensforschung  
und angewandte Bauphysik gGmbH  
Theresienstraße 19  
52072 AACHEN

**per Fax: 0241 / 91 05 07 20**

per Mail: silke.sous@aibau.de / matthias.zoeller@aibau.de

Absender:

Ansprechpartner für evtl. Rückfragen

.....

Sehr geehrte Damen und Herren,

anbei erhalten Sie den ausgefüllten Erhebungsbogen zum o.g. Forschungsprojekt zurück.

**I. Ich habe in den letzten zehn Jahren Schadensfälle an Steildächern mit Unterspann-/Unterdeckbahnen bearbeitet, die auf eine zu geringe Dauerhaftigkeit der Bahn zurückzuführen war.**

Ja                                       Nein                                      Anzahl: .....

**II. Handelt es sich hierbei um:**

– diffusionsoffene Bahnen?                       Ja                                       Nein

– gitterverstärkte Bahnen?                       Ja                                       Nein

**III. Ich stehe Ihnen auf Wunsch gerne für Rückfragen und weitere Informationen zur Verfügung.**

Ja                                       Nein

**IV. Ich kann die Thematik anhand von ausgeführten Objekten erläutern.**

Ja (s. Tabelle)                       Nein

Tabelle mit Angaben zu IV.

Adresse des Objekts	Baujahr	Gibt es Pläne oder Fotos?	Ist eine Besichtigung möglich?

– Detailliertere Angaben mit Fotos oder Skizzen sind erwünscht –

## 13.2 Literatur

### 13.2.1 Fachbücher und Fachaufsätze

#### **[Borsch – Laaks 2008]**

Holzbaudächer mit GK 0 – Was ist diffusionsoffen genug?, in: Holzbau, 5/2008, AKÖH, Herford, 2008

#### **[Diehl 1985]**

Neuartiger Unterdachschutz – Sichere Steildachdämmung unter extrem dampfdurchlässigen Unterspannbahnen, in: DDH, Ausgabe 2/1985, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 1985

#### **[Fischer, Jenisch, Stohrer, Homann, Freymuth, Richter, Häupl 2008]**

Mechanismen des Feuchtetransports, in: Lehrbuch der Bauphysik – Schall-Wärme-Feuchte-Licht-Brand-Klima, 6. Auflage, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2008

#### **[Fischer, Jenisch, Stohrer, Homann, Freymuth, Richter, Häupl 2008]**

Abführen der Baufeuchte, in: Lehrbuch der Bauphysik – Schall-Wärme-Feuchte-Licht-Brand-Klima, 6. Auflage, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2008

#### **[Gertis 1979]**

Neuere bauphysikalische und konstruktive Erkenntnisse im Flachdachbau, in: Aachener Bausachverständigentage, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 1979

#### **[Gumpert ]**

Energie einfach reflektieren. Unterdeckbahn, in: DDH Das Dachdeckerhandwerk

#### **[Holzapfel 2008]**

Typische Schäden am Dach – Erkennen-vermeiden-beheben, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 2008

#### **[Holzapfel 2010]**

Steildächer – Anforderungen, Planung, Ausführung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2010

#### **[Krüner 2005]**

Ruckzuck regensicher – Der Einbau von Funktionsschichten gewinnt an Bedeutung. Die Industrie entwickelt dafür „intelligente“ Systeme. Wir beschreiben neue Varianten., in: DDH, Ausgabe 11/2005, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 2005

**[Künzel, Großkinsky 1989]**

Nicht belüftet, voll gedämmt: Die beste Lösung für das Steildach!, wksb, Heft 27, Ludwigshafen am Rhein, 1989

**[Künzel, Großkinsky 1992]**

Neue Erkenntnisse – Vorteile diffusionsoffener, unbelüfteter Satteldachkonstruktionen., in: Sonderdruck aus DDH 113, Heft 14, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 1992

**[Künzel 1996]**

Dachdeckung und Dachbelüftung – Untersuchungsergebnisse und Folgerungen für die Praxis, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1996

**[Künzel, Kasper 1998]**

Von der Idee einer feuchteadaptiven Dampfbremse bis zur Markteinführung, in: Bauphysik, Sonderdruck aus 20, Heft 6, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1998

**[Künzel 1999]**

Dampfdiffusionsberechnung nach Glaser – quo vadis?, [www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de), Fraunhofer Institut für Bauphysik, Friedrichshafen, 1999

**[Künzel 2000]**

Feuchteschutz unbelüfteter Steildächer – Vereinbarkeit von DIN 68800-2 und des Neuentwurfs der DIN 4108-3 aus bauphysikalischer Sicht, [www.hoki.ibp.fhg.de](http://www.hoki.ibp.fhg.de), Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Friedrichshafen, 2000

**[Künzel 2001]**

Trocknungsfördernde Dampfbremsen – Einsatzvoraussetzungen und feuchteschutztechnische Vorteile in der Praxis, in: Sonderdruck aus wksb, Heft 47, Zeittechnik – Verlag GmbH, Neu-Isenburg, 2001

**[Langner 2005]**

Kurzzeitversuche zur baupraktische Einstufung des Langzeitverhaltens diffusionsoffener Polymerfolien für Dachkonstruktionen, Dissertation an der Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Stadtplanung der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus, 2005

**[Leimer-1]**

Reduktion von Bauschäden durch den Einsatz von hochdiffusionsoffenen Unterspannbahnen, [www.bbs-international.com](http://www.bbs-international.com),

**[Leimer-2]**

Berechnung der Feuchte im geneigten Dach – Ansatz des 'wahren' $s_d$ -Wertes von Unterspannbahnen, [www.bbs-international.com](http://www.bbs-international.com)

**[Leimer-3]**

Diffusionsoffene Unterspannbahnen – Eine Möglichkeit zur Vermeidung von Bauschäden? – , [www.bbs-international.com](http://www.bbs-international.com),

**[Leimer und Bode, Heuer, Septinus]**

Bauphysikalische Anforderungen an geneigte Dächer, [www.bbs-international.com](http://www.bbs-international.com),

**[Liersch 1986]**

Belüftete Dach- und Wandkonstruktionen, Band 3 – Dächer – Bauphysikalische Grundlagen des Wärme- und Feuchteschutzes, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1986

**[Liersch 2004]**

Dächer mit hölzernen Dachkonstruktionen – Einfluss der Dachbelüftung auf Tauwasserschutz und Trocknungsverhalten, in: Bauschadensfälle Band 6 – Der besondere Schadensfall Festschrift zu Ehren von Professor Günter Zimmermann, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2004

**[Messer 2006]**

Unterdeckung in Auflösung, in: DDH, Ausgabe 12/2006, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 2006

**[Pavel 2007]**

Dicht und luftig – kein Widerspruch, [www.braas.de](http://www.braas.de), in: DDH, Ausgabe 24/2007, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 2007

**[Raidt 2004]**

Auf die inneren Werte kommt es an – Das Angebot an Unterdeckbahnen ist sehr umfangreich, objektbezogen ist die richtige Wahl zu treffen. Wir sagen Ihnen, worauf Sie achten sollten., in: DDH, Ausgabe 23/2004, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 2004

**[Schröer 2006]**

Qualität ist ein komplexer Prozess – Steildachbahnen: Entwicklung, Prüfung und Fertigung erfordern ein hohes Maß an Kompetenz. Lesen Sie, wie ein Hersteller Qualität seiner Produkte dauerhaft sichert., in: DDH, Ausgabe 12/2006, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 2006

**[Stauch 1997]**

Neue Beurteilungskriterien für Unterdächer, Unterdeckungen und Unterspannungen im ausgebauten Dach, in: Aachener Bausachverständigentage, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 1997

**[Winter 2009]**

Ist Belüftung noch aktuell? – Zur Zuverlässigkeit unbelüfteter Wand- und Dachkonstruktionen, in: Aachener Bausachverständigentage, Dauerstreitpunkte, Beurteilungsprobleme bei Dach, Wand und Keller, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2009

**[Witzke 2006]**

Wenn der Spitzboden zur Tropfsteinhöhle wird, [www.luftdicht.de/tropfsteinhoehle.pdf](http://www.luftdicht.de/tropfsteinhoehle.pdf), Ing. Büro E. U. Köhnke GmbH, Uelsen, 2003

**[Zebe 2005]**

Unterdeckungen – Sicher wie das schwächste Glied, in: DDH, Ausgabe 13/2005, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG., Köln, 2005

**[Zebe 2008]**

Ans Dichten denken, in: DDH, Ausgabe 12/2005, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 2008

**[Zimmermann 2003]**

Unterspannungen, Unterdeckungen und Unterdächer – Fehler, Mängel, Schäden, in: Bauschadensfälle, Ausgabe 2/2003, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2003

**[Zimmermann 2006]**

Schäden an Dachdeckungen, in: Schadenfreies Bauen, Band 40, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2006

### 13.2.2 Normen und Regelwerke

**[ZVDH 2010-1]**

Merkblatt für Unterdächer, Unterdeckungen und Unterspannungen, Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V., Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 2010-01

**[ZVDH 2010-2]**

Produktdatenblatt für Unterspannbahnen, Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V., Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 2010

**[ZVDH 2010-3]**

Produktdatenblatt für Unterdeckbahnen, Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V., Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 2010

**[ZVDH 2004]**

Merkblatt Wärmeschutz bei Dach und Wand, Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik – e.V., Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 2004

**[E DIN 4108-3]**

Entwurf DIN 4108-3: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung, 2012-01

**[DIN 68800-2]**

DIN EN 68800-2: Holzschutz – Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau, 2012-02

**[E DIN EN 927-1]**

Entwurf DIN EN 927-1: Beschichtungsstoffe – Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für Holz im Außenbereich – Teil 1: Einteilung und Auswahl; 2011-08

**[DIN EN 13583]**

DIN EN 13583: Abdichtungsbahnen – Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen; 2012-10

**[DIN EN 13859-1]**

DIN EN 13859-1: Abdichtungsbahnen - Definitionen und Eigenschaften von Unterdeck- und Unterspannbahnen – Teil 1: Unterdeck- und Unterspannbahnen für Dachdeckungen; 2010-11

**[DIN EN 13859-2]**

DIN EN 13859-2: Abdichtungsbahnen – Definitionen und Eigenschaften von Unterdeck- und Unterspannbahnen – Teil 2: Unterdeck- und Unterspannbahnen für Wände; 2010-11