



Dächer mit
Kunststoffabdichtungen
frei bewittert, bekiest, begrünt

Dächer mit Kunststoffabdichtungen frei bewittert, bekiest, begrünt

dicht & grün

Beratungs-, Planungs-, Sachverständigenbüro
mit eigenem Baustoffprüflabor
Dipl. Ing. (FH) Wolfgang Ernst
Wolfratshauer Straße 45 b
D - 82049 Pullach i.L.
Tel.: 0049 / 89 / 7930382
Internet: www.dichtundgruen.de
email: we82049@aol.com

© Wolfgang Ernst

Der Inhalt der Broschüre ist urheberrechtlich geschützt.
Nachdruck und/oder fotomechanische Vervielfältigung
bedarf der schriftlichen Genehmigung des Autors. Alle
Rechte vorbehalten.

Herausgegeben im Eigenverlag
1. Auflage - Januar 2018

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

1 Kunststoffabdichtungen

- 1.1 Materialqualität
- 1.2 Alterungsverhalten
- 1.3 Materialbezogene Funktionsdauer
- 1.4 Auswahlkriterien
- 1.5 Empfehlenswerte Produkte

2 Anwendung

- 2.1 Kiesdächer
- 2.2 Extensivbegrünungen
- 2.3 Frei bewitterte Dachflächen
- 2.4 Sanierung/Instandsetzung
 - 2.4.1 Teilsanierung
 - 2.4.2 Abbruch oder Substanzerhaltung
- 2.5 Funktionssichere Planung
 - 2.5.1 Neue Regelwerke
 - 2.5.2 Werkleistungspflicht
 - 2.5.3 a.a.R.d.T.

3 Verarbeitung

- 3.1 Nahtfügung
- 3.2 Offene Schweißnähte
- 3.3 Schutzmaßnahmen
- 3.4 Wartung / Inspektion

4 Langzeitfunktionstauglichkeit

- 4.1 Ausführungsproblematik
- 4.2 Ausführungsüberwachung
- 4.3 Technische Abnahme
 - Zustandsfeststellung
 - 4.3.1 Schälzugprüfung
 - 4.3.2 Bausoll

5 Anzustrebende Lebensdauer > 30 Jahre

- 5.1 PV-Anlagen auf Flachdächern
- 5.2 Gebäudeversicherungen

6 Zusammenfassung

Einleitung

In der Vergangenheit gab es immer wieder Diskussionen über die Lebensdauer von Dächern mit Kunststoffabdichtungen. Vielfach wird auf in der Literatur veröffentlichten Pauschalangaben Bezug genommen und entsprechend interpretiert:

“Es kann davon ausgegangen werden, dass in der Praxis mit einer Nutzungsdauer von 15-20 Jahren für Kunststoffabdichtungsbahnen gerechnet werden kann”.

Solche veralteten, schablonisierten Einschätzungen, aus der Zeit der 0,8 - 1,0 mm dicken, homogenen PVC-Bahnen, sind nicht mehr zeitgemäß und werden auch nicht durch andauernde Wiederholungen aussagekräftiger.

Immer wieder kommt auch es heute noch vor, dass unter Zugrundelegung einer Nutzungsdauer des Gebäudes von 50 Jahren eine 2x-ige Komplettsanierung für Dächer mit Kunststoffabdichtungen errechnet und diese (nicht unerheblichen) Kosten dann als abzugsfähige Instandhaltungskosten angesetzt werden.

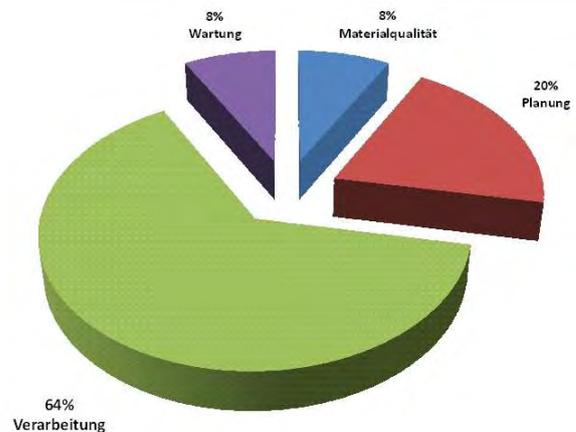
Die Auswertung von über hundert Problem- und Schadensfällen ergibt, dass konkrete Aussagen über die Lebensdauer von Dächern mit Kunststoffabdichtungen nicht pauschal angegeben werden können, sondern dass diese werkstoff-, produkt-, bauteil- und ausführungsbezogen ermittelt werden müssen um im jeweiligen Einzelfall belastbare Ergebnisse zu erhalten.

Ausgewählte, typische Praxisbeispiele zeigen auf, dass die Lebensdauer von Flachdächern mit Kunststoffbahnen wesentlich abhängig ist von:

- werkstoff-/produktbezogene Materialqualität und -dicke,

- objekt- und bauteilbezogene Planung,
- Qualität der bauseitigen Verarbeitung, und Schutz während der Bauzeit, sowie
- einer nachfolgenden regelmäßigen Wartung.

Werden Kunststoffbahnen falsch eingesetzt, während der Bauzeit nicht ausreichend geschützt, mangelhaft verarbeitet und nachfolgend nicht gewartet hat dies wesentlichen Einfluß auf die Lebensdauer des Daches.



Darstellung 01:
Lebensdauerreduzierende Ursachen bei Dächern mit Kunststoffbahnen.

Viele Praxisbeispiele bestätigen, dass bei modernen, qualitativ hochwertigen Kunststoffabdichtungen (mit Dicken von $\geq 1,8$ mm), mit deutlichem Gefälle bzw. geeigneten Schutzschichten, von materialerfahrenen, geschulten Verarbeitern sorgsam ausgeführt, mit Zeiträumen gerechnet werden kann, die weit über die bisher veröffentlichten Pauschalangaben für die Lebensdauer von Kunststoffabdichtungen liegen.

Nach den heutigen Erfahrungen sind Ausführungslösungen bei Flachdächern mit Kunststoffbahnen mit einer Lebensdauer von >30 bis >50 Jahren möglich und machbar.

1 Kunststoffabdichtungen

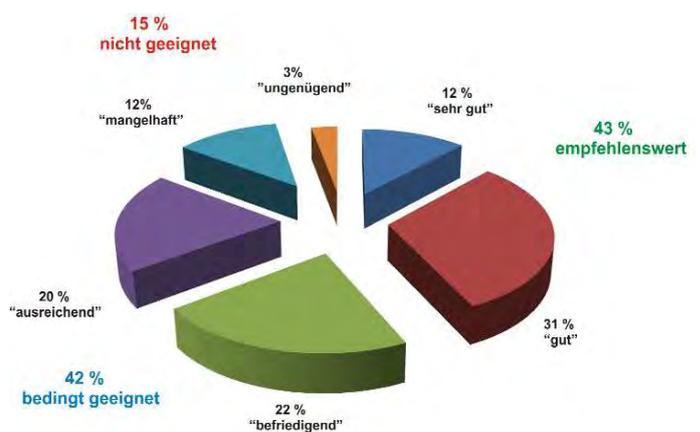
Das vielfältige Marktangebot für Kunststoffbahnen ist für den Anwender jedoch schwer überschaubar. Die europäischen Stoffnormen für Kunststoffbahnen legen zwar einige Mindestanforderungen fest, die durch nationale Anwendungsnormen weiter konkretisiert und ergänzt werden. Trotzdem sucht der Anwender in den Regelwerken vergeblich nach konkreten Entscheidungskriterien (z.B. Angaben zur Funktionsdauer bei unterschiedlichen Dachaufbauten: frei bewittert, bekiest, extensiv begrünt, die ihm helfen können, das Produkt zu finden, das für seinen speziellen Anwendungsfall am geeignetsten ist. Von den Herstellern und ihren Beratern ist kein interessenunabhängiger Beitrag zur Lösung dieses Problems zu erwarten. Umso positiver sollten alle Anwender, die auf dauerhaft, sichere Lösungen Wert legen, Untersuchungen begrüßen, die zur Verbesserung der Informationslage beitragen [1].

1.1 Materialqualität

Im Jahr 2009 wurden von ERNST [1] die Ergebnisse von über 100 Bahnen und Beschichtungen im direkten Qualitätsvergleich veröffentlicht. Davon waren 82 Kunststoffbahnen der Werkstoffgruppen ECB, EVA/PVC, VAE, PIB, PVC und FPO/TPO. In den nachfolgenden Jahren wurden weitere 17 Kunststoffbahnen geprüft und ebenfalls nach 14 praxisorientierten, normenangepassten Tests mit Schulnoten bewertet, so dass insgesamt eine Auswertung von 99 marktgängigen Produkten aktuell vorliegt.

Die Auswertung ergibt, dass 43% der geprüften Kunststoffbahnen empfehlenswert sind, 42% bedingt und 15% nicht geeignet für dauerhafte Flachdachlösungen.

In jeder Werkstoffgruppe findet man Produkte die qualitativ hochwertig sind und deshalb mit "sehr gut" und "gut" bewertet wurden. Bei diesen Bahnen kann angenommen werden, dass sich das Alterungsverhalten so in Grenzen hält, dass von einer langfristig dauerhaften Funktionsdauer von >30 bis >50 Jahre ausgegangen werden kann.



Darstellung 02:
Qualitätseigenschaften von 99 geprüften und nach Schulnoten bewerteten Kunststoffbahnen.

1.2 Alterungsverhalten

Die Alterung ist "die Gesamtheit aller im Laufe der Zeit in einem Material irreversibel ablaufenden chemischen und physikalischen Vorgänge" [2]. Die Alterung eines Werkstoffes hat mehrheitlich eine Verschlechterung von Leistungsmerkmalen zur Folge und wirkt sich daher stets auf die Funktionstüchtigkeit bzw. die Lebensdauer aus.

Das Alterungsverhalten aller Kunststoffbahnen wird in erster Linie durch die Qualität des Materials und der Materialdicke bestimmt, wobei die Art und Güte der Ausgangsstoffe und das Herstellungsverfahren eine wesentliche Rolle spielen. Unter Berücksichtigung aller Umwelteinflüsse die auf eine Kunststoffbahn einwirken, ob frei bewittert, bekiest oder begrünt,

wird das Alterungsverhalten und damit die Langzeitfunktionstüchtigkeit bestimmt durch:

- **Extraktion** (physikalisches Stofftrennverfahren, bei dem durch Wasser eine leicht lösliche Komponente aus einer Bahn gelöst wird).
- **Migration** (Wandern (migrieren) niedermolekularer Stoffe, wie z.B. Weichmacher, an die Oberfläche von Kunststoffbahnen).
- **Hydrolyse** (Spaltung/Zersetzung von Stoffen durch Wasser).
- **Verseifung** (Aufspaltung von Stoffgruppen durch Auslaugung).
- **Beständigkeit gegen Mikroorganismen** (Bakterien, Pilze, Algen).
- **Witterungsbeständigkeit** (UV-Strahlung, Hagel, Kälte, Hitze)

In den vergangenen Jahren konnten bei zahlreiche Proben von verlegten Kunststoffbahnen die Veränderung der Materialeigenschaften nach Praxiseinsatz im Vergleich zu den vorliegenden Werten von Neumaterial festgestellt werden. Aus einer Vielzahl von Untersuchungen lässt sich eine deutliche Tendenz erkennen.

Tabelle 1:
Testergebnisse, Prognosen, Empfehlungen der Europäischen Vereinigung dauerhaft dichtes Dach - ddD e.V.

Testergebnisse nach ERNST, 2009	Prognosen zur Lebensdauer	Empfehlungen des ddD e.V.
„sehr gut“	> 50 Jahre	empfohlen für dauerhafte Flachdachlösungen.
„gut“	ca. 30-50 Jahre	
„befriedigend“	ca. 30 Jahre	bedingt geeignet
„ausreichend“	ca. 20-30 Jahre	
„mangelhaft“	< 20 Jahre	nicht geeignet für dauerhafte Flachdachlösungen
„ungenügend“	< 10 Jahre	

Die Veränderungen der Materialeigenschaften durch Alterung korrelieren mit der Bewertung der Schulnoten nach 14 praxisorientierten Prüfungen bei Neumaterial, so dass unter der Voraussetzung einer fachqualifizierten Ausführung und jährlicher Wartung jetzt Zuordnungen nach Tabelle 1 möglich sind.

1.3 Materialbezogene Funktionsdauer

Prognosen zur Funktionsdauer sind dann möglich, wenn nach einer bestimmte Liegezeit die Materialwerte der beanspruchten Bahn ermittelt und mit den tatsächlichen Referenzwerten vom Neumaterial verglichen werden können. Ein Bezug auf die in den Datenblättern angegebenen Werte ist dabei nicht korrekt, da es sich bei diesen Angaben um Maximal- bzw. Durchschnittswerte handelt.

Für eine vereinfachte Ermittlung der Lebensdauer von Kunststoffbahnen können beispielsweise folgende Prüfungen herangezogen werden:

- Bestimmung des Zug-Dehnungsverhaltens nach DIN EN 12311-2, Verfahren A, Prüfung: 100 mm/min, (Reißdehnung, Reißfestigkeit, Höchstzugkraft)
- E-Modul nach DIN EN ISO 527-1 (DIN 16726 /5.6.2), Dehnungsbereich 1-2 %,
- Falzen bei tiefen Temperaturen, Prüfung in Anlehnung an DIN EN 495-5,
- Kältekontraktion, Prüfung nach ERNST (1999),
- Widerstand gegen stoßartige Belastung nach DIN EN 12 691, bei verschiedenen Minustemperaturen, Fallgewicht: 500 g, Fallhöhen: 250 / 500 / 1000 mm.

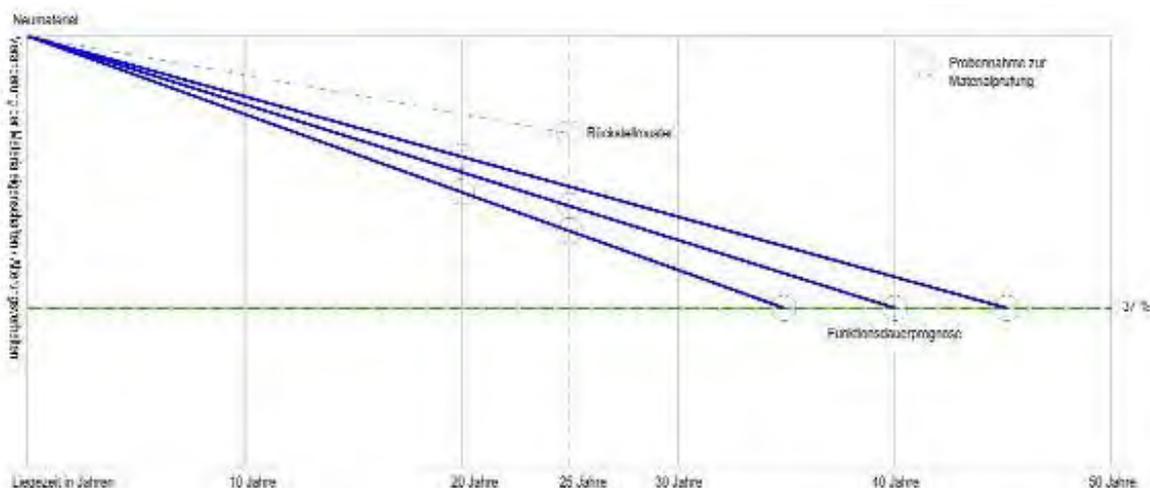
Werden die ermittelten Werte bei Bahnen nach Praxiseinsatz in Bezug gesetzt zu den Werten des Neumaterials (100%) ergibt sich unter Berücksichtigung der Liegezeitdauer ein vereinfachtes Diagramm.

Durch die Ergänzung der in der Physik definierten Lebensdauer eines Produktes bei der die Sollwerte bis auf $\leq 37\%$ gefallen sind, kann ein Zeitrahmen prognostiziert werden bei dem das Produkt nicht mehr alle zweckbestimmenden Funktionen aufweist und damit das Risiko eines unkontrollierten Schadeneintrittes sehr hoch wird. Dies ist der Zeitpunkt, bei dem in der Regel eine Instandsetzung/Sanierung erforderlich wird - siehe Darstellung 03.

Je öfter von einer Kunststoffdachbahn während der Liegezeit Proben zur Untersuchung entnommen werden können, desto genauer wird die Prognose. Eine deutlichere Darstellung wird auch dadurch erzielt, wenn von der selben Bahn von verschiedenen Objekten mit vergleichbarer Situation Prüfwerte ermittelt werden können und eventuell noch eine eingelagerte Rückstellprobe als Vergleichsprobe oder im Prüflabor als Referenzmuster vorliegt.

Darstellung 03:

Vereinfachtes Diagramm zur Ermittlung der (Rest-) Lebensdauer bei einer PVC-Bahn, 1,5 mm dick, E: GV, lose verlegt, mechanisch befestigt bei 3 Objekten im Rhein-Main-Gebiet. Probenahmen zur Laborprüfung nach 20 bzw. 25 Jahren Liegezeit. Bewertung der Bahn nach ERNST (2009): "gut".



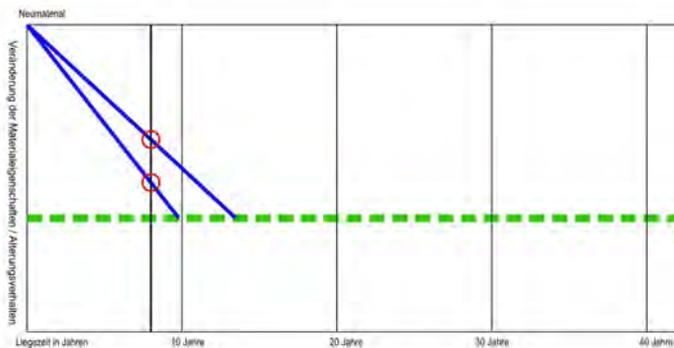
1.4 Auswahlkriterien

Zur wirtschaftlich angemessenen Nutzungsdauer einer Abdichtung finden sich in den Normen keine Angaben, deshalb ist die Definition in den vertraglichen Vereinbarungen zwischen Auftraggeber (Bauherr, Investor) und Auftragnehmer (Generalunternehmer, Dachdecker) unbedingt zu ergänzen. Erfolgt dies nicht, besteht nur der Anspruch auf eine übliche Nutzungsdauer der Abdichtung, die möglicherweise sehr gering sein kann - siehe nachfolgende Darstellung 04

Abbildung 01:

Versagen der Kunststoffbahnen (PVC) nach 13 Jahren.





Darstellung 04:

Diagramm zur Ermittlung der (Rest-) Lebensdauer bei einer TPO-Bahn, 1,8 mm dick, frei bewittert. Probenahme nach 8,5 Jahren.

In der einschlägigen Fachliteratur wird seit Jahren darauf hingewiesen, dass es bei genormten, markt gängigen Abdichtungen teilweise erhebliche Qualitätsunterschiede gibt und innerhalb der verschiedenen Werkstoffgruppen sowohl qualitativ hochwertige Produkte zu finden sind, bei denen eine Nutzungsdauer von >30 bis >50 Jahren Jahre erwartet werden kann, jedoch auch Produkte mit wesentlich geringerer Nutzungsdauer, von <15 Jahren. Dies wurde inzwischen durch Untersuchungen an über 100 Praxisbeispielen bestätigt.

Entscheidungskriterien zur Auswahl von geeigneten Kunststoffabdichtungsbahnen für die jeweils besondere Situation sind seit 2009 [1] veröffentlicht. Hier ist nun der vom Auftraggeber beauftragte Fachmann gefragt, denn aus dem Urteil des KG Berlin vom 05.06.2001 (Az.: 7 U 6697/00) resultiert:

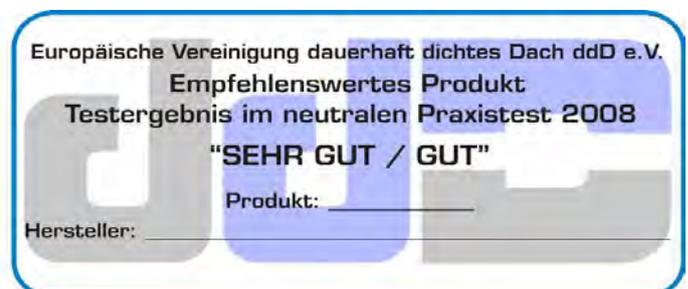
"Der Architekt hat im Rahmen der von ihm geschuldeten Planung für das jeweilige Objekt und die besondere Situation die richtigen Baumaterialien auszuwählen. Bei mehreren Alternativen muss er grundsätzlich den sichersten Weg gehen".

Aus einer Entscheidung zu einem, in der Fachliteratur als nicht empfehlenswert bewerteten Produkt, ergibt sich somit die Verpflichtung des Planers ***"die grundsätzlichen Baurisiken darzustellen"*** (BGH-Urteil vom 20.06.2013 - Az.: VII ZR 4/12). D.h. der Auftraggeber muss über eine eventuell eingeschränkte Nutzungsdauer und den daraus entstehenden Folgekosten des Flachdaches aufgeklärt werden.

1.5 Empfehlenswerte Produkte

Die Auswertung der Qualitätseigenschaften von 99 markt gängigen Kunststoffbahnen liegt der Europäischen Vereinigung dauerhaft dichtes Dach - ddD e.V. vor. Auf konkrete Anfrage können empfehlenswerte Produkte mit der Bewertung "gut" bis "sehr gut" erfragt werden, jedoch (leider) nur von den Bahnen bei denen die Hersteller einer Benennung zugestimmt haben.

Ein weiterer Anhaltspunkt ist das vom ddD e.V. seit 2009 vergebene Qualitätslabel für Abdichtungen. Bei diesen Produkten hält sich das Alterungsverhalten so in Grenzen, dass von einer langfristigen Nutzung der Abdichtung ausgegangen werden kann.



Darstellung 05:

Qualitätslabel Dachbahn für empfehlenswerte Produkte mit der Bewertung "gut" oder "sehr gut".

2 Anwendung

Bei der Untersuchung einer Vielzahl von Proben nach Praxiseinsatz gab es eindeutige Ergebnisse. Das Alterungsverhalten bei Kunststoffbahnen wird durch Schutzschichten, wie z.B. extensive Dachbegrünung oder Umkehrdachdämmung wesentlich reduziert, daraus resultiert eine deutlich längere Lebensdauer.

2.1 Kiesdächer

Bei Kiesschüttungen wirkt die Schutzfunktion nur dann, wenn zwischen Kies und Dachbahn ein oberseitig PE-folienkaschierter Vlies angeordnet ist und somit Schmutzablagerungen, als optimale Bedingungen für Mikroorganismen, von der Bahnoberfläche abgehalten werden. Die neuen Flachdachrichtlinien berücksichtigen dies auch unter 3.6.3.1. (7): *“Bei schwerem Oberflächenschutz ist über der Abdichtung eine (geeignete*) Schutzlage vorzusehen”* und unter 3.8.3 (3): *“Bei einlagigen Abdichtungen ist eine (geeignete*) Schutzlage anzuordnen”*.

* Anmerkungen des ddD e.V.

Abbildung 02:

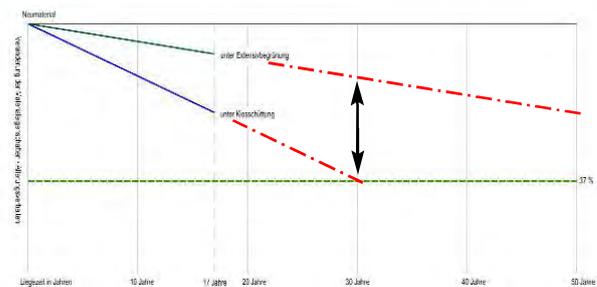
Dauerfeuchte Schlammablagerungen nach 5 Jahren auf einer Kunststoffbahn mit Kiesschüttung, dadurch beschleunigtes Alterungsverhalten und somit geringere Lebensdauer.



2.2 Extensivbegrünungen

Die Vorteile von fachgerecht ausgeführten Extensivbegrünungen sind erheblich. Neben besserem sommerlichen Wärmeschutz, besserem Mikroklima, Verringerung der Wassereingleitungsgebühr oder der abzuleitenden Niederschlagsmenge, liegen die Vorteile darin, dass durch die Schutzfunktion das Alterungsverhalten von Kunststoffbahnen wesentlich reduziert wird.

Dies wird in der nachfolgenden Darstellung 06 im Vergleich zum Kiesdach besonders deutlich.



Darstellung 06:

Vergleichsbeispiel: PVC-Bahn, 1,8 mm dick, E: GV, unter Kies (ohne Schutzlage) und unter Extensivbegrünung nach 17 Jahren Liegezeit.

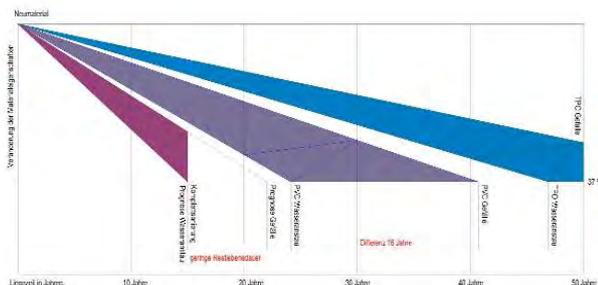


Abbildung 03:

Unter dem Aspekt der Gesamtlebensdauer des Daches lohnen sich die geringen Mehrkosten für eine Extensivbegrünung. Das Alterungsverhalten wird wesentlich reduziert.

2.3 Frei bewitterte Dachflächen

Bei frei bewitterten Dachflächen konnten deutliche Unterschiede zwischen Gefällebereich und Bereichen mit temporärem Wasseranstaup (Schmutzablagerungen und Algenbildung) festgestellt werden. Insbesondere bei Bahnen auf Werkstoffbasis PVC und Bahnen mit PVC-Anteil waren die Unterschiede beim Alterungsverhalten besonders deutlich, während bei Bahnen auf Werkstoffbasis FPO/TPO die Unterschiede geringer waren. Dies ist u.a. damit zu begründen, dass Bahnen auf reiner Olefinbasis werkstoffbedingt hydrolyse- und mikrobebeständiger sind.



Darstellung 07:

Vergleichsbeispiele für Unterschiede bei Gefälle und Wasseranstaupbereich:

- A) Bahn mit PVC-Anteil, 1,2 mm dick, Materialversagen im Wasseranstaupbereich, Komplettsanierung aufgrund geringer Restlebensdauer.
- B) PVC-Bahn, 1,5 mm dick, E: PW, deutliche Reduzierung der Lebensdauer durch beschleunigtes Alterungsverhalten,
- C) FPO/TPO-Bahn, 1,8 mm dick, E:PW,



2.4 Sanierung / Instandsetzung

Bei mit Kunststoffbahnen abgedichteten Dächern, die undicht sind, fällt vielfach eine voreilige Entscheidung zur kostenaufwändigen Komplettsanierung. Das gesamte Dachschichtenpaket wird dann einschliesslich Wärmedämmung entsorgt. Diese ist nämlich meist feucht und besitzt dann nach landläufiger Meinung ohnehin keinen Dämmwert mehr [10].

Seit 25 Jahren ist der Einfluss des Wassergehaltes bei Hartschaumdämmungen veröffentlicht: bei Kontakt mit eingedrunenem Wasser werden langfristig die mechanischen Eigenschaften nur unwesentlich verändert und welchen Einfluss der Feuchtegehalt auf die Wärmeleitfähigkeit hat.

Trotz dieses langjährigen Kenntnisstandes schrecken viele Architekten immer noch davor zurück, feuchte Dämmschichten aus Hartschaum im Dach zu belassen. Deshalb ist es notwendig erfahrene Experten hinzuzuziehen, die wissen, dass bei Durchfeuchtungen der Dachaufbau nicht in jedem Fall komplett ausgetauscht werden muss und Alternativen aufzeigen bei denen Ressourcenschonung, Abfallvermeidung, Deponie- und Recyclingkosten berücksichtigt werden.

Weiterhin ist die Kenntnis über die zu erwartende Restlebensdauer der eingesetzten Kunststoffbahn wichtig um überhaupt einschätzen zu können ob sich eine substanzerhaltende Sanierung lohnt. Zu diesem Fachwissen gehört auch eine spezifische Materialkenntnis über die Verschweißbarkeit von gealterten Kunststoffbahnen.

Abbildung 04 (links):

Bei Dachflächen mit geringem Gefälle und daraus resultierendem temporärem Wasseranstaup sind nur hydrolysebeständige Bahnen geeignet.

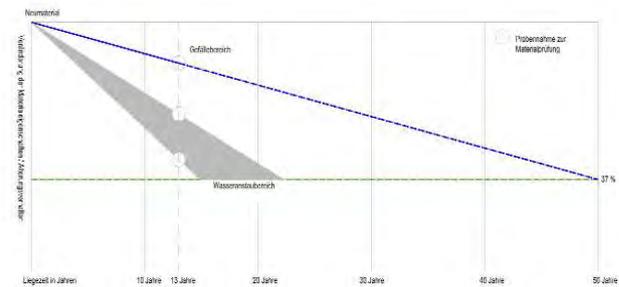
2.4.1 Teilsanierung

Bei diesem Praxisbeispiel wird der Einfluss von permanentem Wasseranstau mit Schmutzablagerungen und Algenbildung besonders deutlich. Die PVC-Bahn (1,5 mm, E-PW, lose verlegt, mechanisch befestigt) wurde nach 13 Jahren Liegezeit im Attikabereich durch Versprödungsrisse an einigen Stellen undicht. Feuchtigkeit im Dachaufbau konnte nur im Bereich der Fugen der Hartschaumdämmplatten festgestellt werden. Man hat sich deshalb für eine vorbeugende Handlungsweise entschieden und dazu die bestehende Kunststoffabdichtung prüfen lassen.

Die Prüfergebnisse der Materialproben der PVC-Bahn ergaben gegenüber Neumaterial folgende Veränderungen:

E-Modul: -151 % (Gefällebereich),
 -318 bis -555 % (Wasseranstau)
 Kältebruch: -30°C (Gefällebereich),
 -10°C (Wasseranstaubereich),

sowie eine deutliche Abnahme der Bahndicke im Wasseranstaubereich von ca. 19%.



Darstellung 08: Vergleich PVC-Bahn, 1,5 mm dick, E:PW, deutliche Unterschiede der Materialeigenschaften zwischen Wasseranstau- und Gefällebereich.

Aufgrund der positiven Materialeigenschaften der PVC-Bahn im Gefällebereich mit einer demensprechenden Lebensdauerprognose wurde nach 13 Jahren Liegezeit ein ca. 2 m breiter Streifen entlang der Attika saniert (ca. 10% der Gesamtfläche). Aufgrund der ausreichenden Attikahöhe konnte mit Dämmkeilen im Kehlbereich der Attika ein Quergefälle von 2% zu den Abläufen hergestellt werden. Die Verschweißung der Bahnen Alt- auf Neumaterial war nach entsprechender Nahtreinigung problemlos möglich.



Abbildung 05: Attikabereich mit permanentem Wasseranstau, Verschmutzung und Algenbildung, dadurch deutlich beschleunigtes Alterungsverhalten.



Abbildung 06: Empfehlungen bei einem Flachdachneubau mit nicht hydrolysebeständiger Kunststoffbahn (EVA-PVC) im Bereich der Attika.

2.4.2 Abbruch oder Substanzerhaltung

Bei einer geplanten Sanierung mit einem bereits vorliegenden Kostenvoranschlag für die Komplettsanierung entschloss sich der Bauherr eine alternative Sachverständigenmeinung einzuholen. Dazu wurden von der Dachfläche Materialproben von der durchfeuchteten Wärmedämmung und der Kunststoffbahn zur Laborprüfung entnommen.

Die Auswertung der Prüfergebnisse ergab, dass bei der 2,0 mm dicken FPO/TPO-Dachbahn (unter Exensivbegrünung) mit einer Liegezeit von ca. 20 Jahren, das Alterungsverhalten so gering ist, dass von einer Restlebensdauer von mindestens 30 Jahren ausgegangen werden kann.

Bei der durchfeuchteten EPS-Wärmedämmung wurde nach der Darr-Methode (gemäß DIN EN 13 183) ein Feuchtegehalt von ca. 5 Vol.% ermittelt. Dies bedeutet, dass in einem m³ Dämmstoff 50 Liter Wasser enthalten sind.

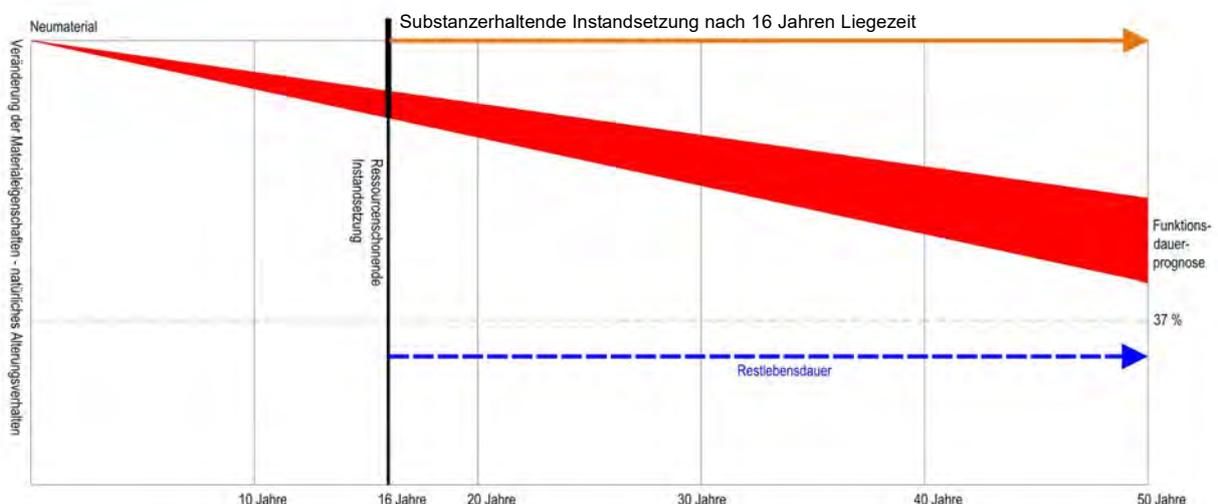
Bereits bei der Entnahme hat der Dachdecker intuitiv aufgrund des hohen Gewichts den Dämmstoff als sehr stark durchfeuchtet und deshalb wertlos eingestuft. Dies ist jedoch nicht der Fall. Auch mit einer Veränderung von 19% von 0,035 auf 0,042 (W/m*K) trägt der feuchte Dämmstoff noch deutlich zum Wärmeschutz bei.

Zum Schluss wurden bei dem entnommenen Materialmuster noch Probeschweißungen durchgeführt um zu ermitteln ob noch eine Verschweißbarkeit gegeben ist. Diese war nach entsprechender Vorbehandlung auch gegeben.

Bei der empfohlenen substanzerhaltenden Sanierung werden gegenüber der ursprünglich geplanten Komplettsanierung die Kosten um ca. 70% reduziert.

Darstellung 09:

FPO/TPO-Bahn nach ca. 16 Jahren Liegezeit. Ermittlung der Restlebensdauer als Entscheidungskriterium für eine substanzerhaltende Sanierung.



2.5 Funktionssichere Planung

Die Weichen für ein dauerhaft funktionssicheres Flachdach mit langer Lebensdauer werden bereits in der frühen Planungsphase gestellt. Nach der Wahl zu einem mit Kunststoffbahnen abgedichteten Flachdach muss eine system- und materialgerechte Ausführungsplanung folgen. Dabei sind nicht nur die in den Fachregeln definierten Mindestanforderungen zu berücksichtigen, sondern auch die in der einschlägigen Fachliteratur beschriebenen Erfahrungen und Erkenntnisse.

Auch wenn die Fachregeln Ermessensspielräume durch Soll-Vorschriften zulassen ist dies kein Freibrief für Architekten, mit Kunststoffbahnen nicht einzudichtende Details zu entwickeln, die dann in den meisten Fällen mit dem **“Nichtplanungshilfsmittel“** Flüssigkunststoff versehen werden. Die langjährige Erfahrung hat gezeigt, dass Details bei Kunststoffabdichtungen, ausgeführt mit systemgerechten Anschlussbahnen oder Formteilen, fachgerecht ausgeführt, die dauerhaft sicherste Lösung sind. Es gibt keine Begründung und auch keinen gestalterischen Anspruch, aufgrund eines Werkstoffwechsels bei wenigen Details die Funktionsdauer der gesamten Dachfläche zu riskieren. Findet ein solcher dennoch statt, liegt in den meisten Fällen keine oder keine materialgerechte Planung vor.



Die Rechtsprechung hierzu ist eindeutig: (BGH, Urteil vom 25.10.1973 -VII ZR 181/72)

“Die Planung der Abdichtung eines Bauwerks muß bei einwandfreier handwerklicher Ausführung zu einer fachlich richtigen, vollständigen und dauerhaften Abdichtung führen. Dies betrifft auch Details die als besonders schadensträchtig eingestuft werden. Diese müssen im einzelnen geplant und dem Unternehmer in einer jedes Risiko ausschließenden Weise verdeutlicht werden”.

2.5.1 Neue Regelwerke

Die Normen für Abdichtungen wurden neu strukturiert und sind im Juli 2017 in der Normenreihe DIN 18 531, 18 532, 18 533, 18 534 und 18 535 erschienen. Parallel dazu hat der Zentralverband des deutschen Dachdeckerhandwerks e.V. (ZVDH) die Regeln für Abdichtungen (mit Flachdachrichtlinie) überarbeitet und im Dezember 2016 herausgegeben. Aktuell ist die Ausgabe: Stand Dezember 2016 mit Änderungen im November 2017.

Somit gibt es, wie bisher, zwei maßgebliche Regelwerke für die Abdichtung von Dächern:

- DIN 18 531 (Teil 1-5),
- Regeln für Abdichtungen (Flachdachrichtlinie)

Bisher haben sich die Regelwerke sinnvoll ergänzt. Dies ist jetzt jedoch nicht mehr so. Zwischen DIN 18 531 und den Regeln für Abdichtungen sind Unterschiede festzustellen. Die Abweichungen der Flachdachrichtlinie stehen teils im Widerspruch zu den in der DIN 18 531 beschriebenen Mindestanforderungen.

Abbildung 07 (links):

“Ausführungspfusch“ bei nicht geplantem Detail mit Flüssigabdichtung, die sich mangels Untergrundhaftung bereits nach kurzer Zeit von der Kunststoffbahn ablöst.

In einem Fachbericht hat HEROLD [12] die unterschiedlichen Regelungen übersichtlich herausgearbeitet und (aus seiner Sicht) kommentiert, insbesondere:

- Anwendungsklassen (K1/K2),
- Einwirkungsklassen,
- Nicht genutzte/genutzte Dachflächen,
- Gefälle,
- Abdichtungen mit Bitumenbahnen,
- Abdichtungen mit Kunststoff-, Elastomerbahnen
- Abdichtungen mit Flüssigkunststoffen,
- Abdichtung von Balkonen, Loggien und Laubengängen.

Die weiteren Ausführungen von HEROLD [12] beziehen sich auf die DIN 18 531, die nach seiner Meinung als "anerkannte Regel der Technik" als Planungs- und Ausführungsgrundlage für die Abdichtung von nicht genutzten und genutzten Dächern, sowie von Balkonen, Loggien und Laubengängen anzusehen ist. Die Herleitung seiner Begründung ist deutlich geprägt von seiner Mitarbeit in den Normenausschüssen.

Dass technische Normen automatisch a.a.R.d.T. sind, ist ein scheinbar unsterblicher Aberglaube (MEIER, 2003). DIN-Normen sind keine Rechtsnormen. Sie sind als technische Regeln bzw. Regelwerke eines privaten Herausgebers zu betrachten, die ausschließlich Empfehlungscharakter haben. Da sie keine Rechtsnormen in Form von Gesetzen oder Verordnungen sind, müssen sie auch nicht zwangsläufig angewendet werden. Die rechtliche Unverbindlichkeit der DIN-Normen ist inzwischen mehrfach auch von Gerichten in der Rechtsprechung bestätigt worden.

2.5.2 Werkleistungspflicht

Primär ist die vertraglich vereinbarte Beschaffenheit, einschliesslich der Funktionstauglichkeit einzuhalten. Sollte das Werk in technischer Hinsicht mangelfrei sein, jedoch nicht dem Vertragsinhalt entsprechen, liegt ein Mangel vor. Insofern kommt es auf die "allgemein anerkannten Regeln der Technik" (a.a.R.d.T.) **noch nicht** an. BGH, Urteil vom 17.12.1996:

“Ein Werk ist unabhängig davon, ob die anerkannten Regeln der Technik eingehalten sind, fehlerhaft, wenn es nicht den Anforderungen des vertraglich vorausgesetzten Gebrauchs entspricht”.

Fazit: **Maßgebend sind also die vertraglichen Vereinbarungen.** Selbst die anerkannten Regeln der Technik sind nicht bindend - und erst recht nicht die DIN-Normen.

Erst wenn eine besondere Beschaffenheit nicht speziell vertraglich vereinbart worden ist, ist zu prüfen, ob sich die Bauleistung für die vorausgesetzte bzw. die gewöhnliche Verwendung eignet und ob die "allgemein anerkannten Regeln der Technik" eingehalten wurden.

Aus diesen kurz zusammengefassten Gründen wird deutlich, dass aufkommende Diskussion um die a.a.R.d.T. unnötig ist, wenn sich der Besteller die Mühe machen würde, die von Ihm erwartete Beschaffenheit/Funktionstauglichkeit eindeutig zu formulieren und vertraglich zu vereinbaren, denn was vertraglich geschuldet ist, entscheidet sich im Zweifelsfall zunächst danach, was im Vertrag vereinbart ist. Je detaillierter und konkreter die Formulierungen sind, desto kleiner wird das Streitrisiko hinsichtlich des geschuldeten Vertragsumfangs.

Jeder Besteller hat übrigens die Möglichkeit Fachleute zur Vertragsgestaltung hinzuzuziehen.

“Ein Mangel der Werkleistung liegt vor, wenn sie nicht die vertraglich vereinbarte Beschaffenheit aufweist. Dabei ist die Beachtung der allgemein anerkannten Regeln der Technik, sofern nicht ein anderer Standard vereinbart worden ist, als Mindeststandard geschuldet”.

(BGH, Urteil vom 7. März 2013, VII ZR 134/12, BauR 2013, 952).

2.5.3 a.a.R.d.T.

Für einen Sachverständigen erweist sich die Definition der “allgemein anerkannten Regeln der Technik” als problematisch. Neben seiner eigenen Erfahrung und (besonderen) Fachkunde hat er folgende Möglichkeiten zur Konkretisierung [13], z.B.:

- wissenschaftliche Untersuchungen (wie z.B.: Baustoffprüfungen, Labortests),
- Untersuchung und Auswertung von Schadensfällen,
- sorgfältige Fachliteraturauswertung,
- fachlicher Erfahrungsaustausch.

Insbesondere erweist sich hierbei die Erfahrung aus Schadensfällen als sehr wichtiges - wenn nicht sogar das wichtigste - Kriterium zur Bestimmung der Praxistauglichkeit. Was sonst kann verlässlichere Rückschlüsse auf die Gebrauchstauglichkeit eines Baustoffes (z.B.: Abdichtung) geben als ein Schadensfall? [13] .



3 Verarbeitung

Aus der eingangs vorgestellten Schadensstatistik ist zu entnehmen, dass die Schadensursachen bei Dächern mit Kunststoffbahnen mit ca. 64 % auf Verarbeitungsfehler zurückzuführen sind. Das bedeutet, dass statistisch gesehen ca. 2/3 der mit Kunststoffbahnen ausgeführten Flachdächer nicht die materialtypische Lebensdauer erreichen, sondern durch Beschädigungen während der Bauzeit und vor allem durch Ausführungsfehler des Verarbeiters schon vorzeitig undicht werden und nachgebessert bzw. saniert werden müssen.



Abbildung 09 (oben): Offene Naht nach 13 Jahren bei einer qualitativ hochwertigen PVC-Bahn, 1,5 mm dick, E:GV, lose verlegt mit 2% Gefälle unter XPS-Umkehrdachdämmung.

Abbildung 10 (unten): offene Naht bei der technischen Abnahme, PVC-Bahn



Abbildung 08 (links): Hagelschlagschaden bei gealterter PVC-Abdichtung nach 12 Jahren Liegezeit.

3.1 Nahtfügung

Bei allen bisher untersuchten Schadensfällen traten bei Dächern mit Kunststoffabdichtungen Undichtigkeiten nach ca. 6 - 20 Jahren durch offene Schweißnähte bei den bauseits gefertigten Fügenähten auf. Festgestellt werden konnte, dass es sich hierbei immer um Verarbeitungsfehler handelt, bei denen partiell keine materialhomogene Nahtverschweißung erfolgt ist. Die nur verklebten bzw. mangelhaft verschweißten Fügenähte öffnen sich im Lauf der Jahre.

Bei o.g. Praxisbeispiel handelt es sich um eine qualitativ hochwertige PVC-Bahn, 1,5 mm dick, Glasvlieseinlage, verlegt mit 2% Gefälle unter XPS-Wärmedämmung. Durch die optimale Verlegung hat sich das Alterungsverhalten der Bahn so in Grenzen gehalten, dass auf eine Prognose der Lebensdauer von ca. 40 Jahren geschlossen werden konnte.

Aufgrund des lange unbemerkten Wassereintritts und der daraus resultierenden Feuchteschäden in der Deckenkonstruktion, sowie einer Vielzahl an unverschweißten Nähten wurde die Dachfläche jedoch schon nach 13 Jahren komplett saniert.

Die aufwändige Bautrocknung und die gesamten Sanierungskosten der Dachfläche mussten vom Bauherrn komplett getragen werden. Eine Klage gegen den Dachdecker mit der Begründung, dass die damalige Überprüfung des Herstellungsprozesses und der Abnahme völlig unzureichend waren, blieb erfolglos, denn das Gericht folgte den Ausführungen des Sachverständigen. Dieser stellte fest, dass kein Verarbeitungsmangel vorlag:

“da ja mit 13 Jahren die für dünne PVC-Bahnen allgemein übliche Lebensdauer erreicht worden wäre” (NAME bekannt).

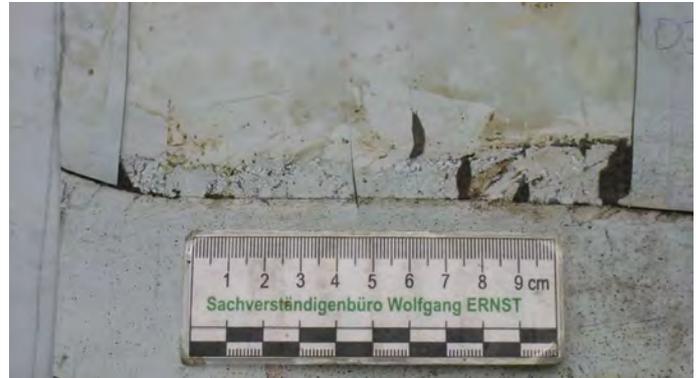


Abbildung 11:
Ursache für die offenen Nähte: keine materialhomogene Nahtverschweißung, sondern nur leichte Verklebung mit einer “angedeuteten” Schweißraupe an der Nahtvorderkante

3.2 Offene Schweißnähte

Werden nach Jahren Undichtigkeiten festgestellt, kommt es immer wieder vor, dass meist aus Kosteneinsparungsgründen nur punktuelle Einzelmaßnahmen beauftragt werden und dann auch noch der billigste Anbieter beauftragt wird. Tropft dann kein Wasser mehr von der Decke, wird dies als Sanierungserfolg gewertet. Werden danach dann erneut immer wieder Feuchtestellen an der Decke festgestellt, deren Ursache unklar ist, führt dies meist zum gezwungenen Umdenken der Verantwortlichen.

Bei diesem typischen Objektbeispiel wurde erst nach fünfmaligen, nicht zum Erfolg führenden Nachbesserungsversuchen, eine Begutachtung der Dachfläche durch einen Sachverständigen beauftragt. Nach der angeordneten Abräumung der gesamten extensiv begrünter Dachfläche mit einer Fläche von ca. 650 m² konnten nach Reinigung der Abdichtung über 120 offene Nahtstellen und 13 mechanische Beschädigungen festgestellt werden. Die bisherigen Nachbesserungsversuche waren “Ausführungspfusch”, denn auf einzelne Fehlstellen waren nur mit Silikon Bahnenstreifen aufgeklebt.



Abbildung 12:
Offene Nähte und mechanische Beschädigungen bei einer PVC-Bahn nach 19 Jahren Liegezeit. Mit Silikon aufgeklebte Bahnenstreifen als Nachbesserungsmaßnahme

Dieses Beispiel ist typisch dafür, dass die Ursache von Undichtigkeiten bei bekiesten oder extensiv begrünter Dachflächen oft nur durch eine komplette Freilegung der Kunststoffabdichtung mit systematischer Überprüfung festgestellt werden können. Bei solchen Fällen sollten jedoch nur auf dem Gebiet der Dach- und Dichtungstechnik langjährig erfahrene Experten betraut werden, die eine materialgerechte Überarbeitung der Fehlstellen durch eine qualifizierte Fachfirma veranlassen und überwachen.

3.3 Schutzmaßnahmen

Durch fehlende Schutzmaßnahmen während der Bauzeit kommt es häufig zu mechanischen Beschädigungen, die vielfach nicht entdeckt werden. Dadurch kann es zum Wassereintritt in den Dachaufbau kommen, der oft jahrelang nicht bemerkt wird. In diesem Zusammenhang ist nicht nur bei genutzten Dachflächen, sondern auch bei bekiesten und extensiv begrünter Dächern auf eine in der Fachliteratur seit Jahren geforderte technische Abnahme der Abdichtung vor dem Aufbringen der weiteren Schichten hinzuweisen.



Abbildung 13:
Abgedichtete Dachfläche als Lagerplatz für die nachfolgenden Spenglerarbeiten. Mechanische Beschädigungen durch scharfkantige Bauteile sind vorprogrammiert.

Es betrifft in erster Linie den Planer, denn:

“eine Dachabdichtung zählt zu den besonders wichtigen, mangelanfälligen bzw. gefahrgeneigten Arbeiten, die bei ihrer Ausführung der besonders erhöhten Aufmerksamkeit des Architekten im Rahmen der Bauaufsicht bedarf”

(BGH, NJW 2000, 2991; BGH, NJW 1994, 1276; OLG Stuttgart).

Aber auch der Nachunternehmer/Dachbegrüner ist gefordert, der auf die nicht von ihm erbrachte Abdichtung weitere Schichten aufbringt. Es ist gefestigte Rechtsprechung, dass der Nachunternehmer eine besondere Hinweis-, Aufklärungs-, und Prüfungspflicht hat. Diese Pflichten ergeben sich nicht nur bei Verträgen, welche unter der Einbeziehung der VOB geschlossen werden, sondern auch beim BGB-Werkvertrag.

“Vor Aufbau einer Dachbegrünung muss der Unternehmer die Abdichtung sorgfältig auf etwaige Beschädigungen hin untersuchen”

(OLG Hamm, Urteil vom 23.07.2001 - 17 U 164/98).

Dies ist jedoch nach neuester Rechtsprechung nicht ausreichend. Seit Jahren erweitert der BGH seine Rechtsprechung zu den Prüfungen, Hinweispflichten bzw. den Bedenkenanmeldungspflichten, wenn ein Handwerker auf Vorleistungen anderer Handwerker aufbaut. Ist die Vorleistung mangelhaft, trifft den nachfolgenden Unternehmer immer eine Kontroll- und Hinweispflicht. (Den Letzten beißen bekanntlich die Hunde).



Abbildung 14:
Mechanische Beschädigung, dadurch jahrelang unmerkter Wassereintritt in den Dachaufbau. Gefunden wurde diese Beschädigung erst nach kompletter Freilegung und Säuberung der Abdichtung.

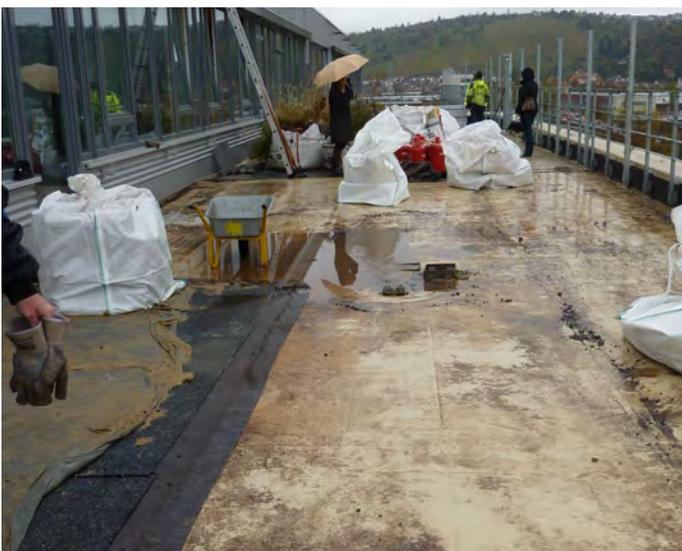


Abbildung 15:
Winzig kleine Ursache mit großer Auswirkung.

3.4 Wartung / Inspektion

“Flachdächer müssen gewartet werden”. Immer wieder wird nicht beachtet, dass auch während der Gewährleistungszeit dem Bauherrn die Pflicht zu Wartung und Pflege des Daches obliegt. Versäumt er dies, so gefährdet er damit seine Gewährleistungsansprüche. Deshalb sollte ein Wartungsvertrag immer Bestandteil der Bauvertragsunterlagen sein und spätestens beim Abnahmeprotokoll als Auftragsbestätigung (mindestens) für die Dauer der Gewährleistung beigefügt werden.



Abbildung 16:
Im Rahmen der jährlichen Wartung festgestellt: TPO-Kunststoffbahn mit Produktionsfehlern. Beginnende Auflösungserscheinungen, jedoch noch dicht.
Foto: Fa. K.Stoll.

Spätestens 3 Monate vor Ablauf der Gewährleistungsfrist sollte eine “Gewährleistungsbegehung” in Anlehnung an die in den Fachregeln definierten Leistungen der “Inspektion” erfolgen. Auch dies wird seit Jahren in der Fachliteratur gefordert und nur selten wahrgenommen (Aus den Augen, aus dem Sinn).

4 Langzeitfunktionstauglichkeit

“Eine Werkleistung ist frei von Sachmängeln, wenn sie die vereinbarte Beschaffenheit hat (§ 633 Abs. 2 5. 1 BGB, § 13 Abs. 1 S. 2 VOB/B). Die vereinbarte Beschaffenheit ergibt sich entweder aus dem ausdrücklichen Wortlaut eines Vertragstextes bzw. durch Auslegung des Vertrags. Eine Werkleistung ist im Regelfall dann mangelfrei, wenn sie alle Eigenschaften aufweist, die den vereinbarungsgemäß geschuldeten Erfolg herbeiführen sollen. Dabei kommt es nicht allein auf die vereinbarte Ausführungsart an, sondern auch, welche Funktion das Werk erfüllen soll.

“Eine Abweichung von der vereinbarten Beschaffenheit und damit ein Mangel liegt dann vor, wenn der mit dem Vertrag verfolgte Zweck nicht erreicht wird und das Werk seine vereinbarte Funktion nicht erfüllt” (BGH, Urteil vom 29.09.2011 - VII ZR 87/11).

Um eine dauerhafte Langzeitfunktionstauglichkeit von Dächern mit Kunststoffabdichtungen nach den heutigen Erkenntnissen von >30 bis >50 Jahren sicherzustellen ist primär die Auswahl einer geeigneten, empfehlenswerten Abdichtungsbahn erforderlich. Um lebensdauer-einschränkende Einflüsse zu vermeiden sind schon bei der Planung die Mindestanforderungen der Fachregeln, die ergänzenden Herstellerrichtlinien und die in der Fachliteratur veröffentlichten Erkenntnisse zu berücksichtigen.

Ohne solche detaillierten Anforderungen gelten die Mindestanforderungen der a.a.R.d.T., und diese entsprechen meist nicht der Erwartungshaltung des Bestellers.

4.1 Ausführungsproblematik

In Anbetracht der eingangs dargestellten Problematik erscheint es notwendig auf die Überwachung der Ausführung und technische Abnahme der Abdichtung einzugehen.

Bereits Mitte der 80er Jahre entstand der Gedanke einer herstellerunabhängigen Gütesicherung bei der Verlegung von Kunststoff-Dach- und Dichtungsbahnen. 1985 wurde die erste Güterichtlinie von der Gütegemeinschaft Kunststoff-Dach- und Dichtungsbahnen-Verleger (KDV) veröffentlicht, die dann 1992 überarbeitet wurde. Die Gütegemeinschaft hat sich in den letzten Jahren aufgelöst. Geblieben ist jedoch der Qualitätsanspruch an die Ausführung:

- ständige Eigenüberwachung,
- regelmäßige Fremdüberwachung,
- kontinuierliche Weiterbildung der Mitarbeiter,

und der Leitgedanke für das sichere und langlebige (dauerhaft funktionsdichte) Flachdach:

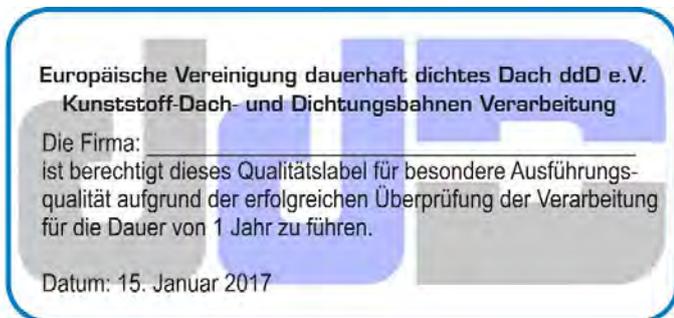
- Einsatz hochwertiger Materialien, die für die vorgesehene Nutzung optimal geeignet sind, abgestimmt auf die objektspezifischen Anforderungen des Bauherren/Auftraggebers.
- Ausführung der Abdichtungsarbeiten durch geschulte, qualifizierte und verantwortungsbewußte Fachkräfte, für die Qualität ein tägliches Ziel ist [8].

Seit einigen Jahren versucht ein Hersteller sich dem Qualitätsgedanken mit einer “zertifizierten Objektbetreuung inkl. Schlussbegehung” anzunähern. Hierbei soll der Anwendungstechniker (des Hersteller) während der Ausführung die Baustelle regelmäßig besuchen und jeweils einen Besuchsbericht anfertigen. Bei der Schlussbegehung fertigt der Anwendungstechniker (des Herstellers) zu den Baustellenberichten noch ein Baustellenprotokoll an, das

einer Institution übermittelt wird, die dann eine Prüfbestätigung/Zertifikat für den Bauherrn erstellt. Da dies nur für die eigenen Produkte gilt und alle Beteiligten in einem Abhängigkeitsverhältnis stehen ist dies keine neutrale, herstellernunabhängige und allgemeingültige Maßnahme.

4.2 Ausführungsüberwachung

Seit 2017 können Verarbeiter ein herstellernunabhängiges, neutrales Qualitätslabel für die Ausführung von Dächern mit Kunststoffbahnen beantragen. Mit dem neuen ddD-Qualitätslabel für die Verarbeitung von Kunststoff-Dach- und Dichtungsbahnen wird die Ausführung durch einheitliche Qualitäts- und Prüfbestimmungen abgesichert. Das Qualitätslabel ist hersteller- bzw. produktunabhängig und basiert in erster Linie auf jahrzehntelange Praxiserfahrung.



Darstellung 10:
Qualitätslabel Verarbeitung
für die Ausführung von Dächern mit Kunststoffbahnen

Bauherrn und Auftraggeber haben dadurch Sicherheit, bei der Verarbeitung von Kunststoff-Dach- und Dichtungsbahnen durch Qualitäts-Label-Benutzer eine fachtechnisch einwandfreie und den höchsten Qualitätsanforderungen entsprechende Ausführung zu erhalten. Die Ausführung unterliegt einer regelmäßigen Eigen- und Fremdüberwachung unter Anwendung strenger Prüfungsmaßstäbe.

Mit der Fremdüberwachung werden bevorzugt neutrale und unabhängige, (ö.b.u.v. bzw. ISO-zertifizierte) Sachverständige (mit eigenem Prüflabor) und Prüferfahrung auf dem Gebiet der Dach- und Dichtungstechnik betraut.



Abbildung 17:
Nahtprobenentnahme im Rahmen der Qualitätssicherung bei der Bauüberwachung für die Schälzugprüfung im Labor.

4.3 Technische Abnahme Zustandsfeststellung (*)

Um solche beispielhaft dargestellten, verarbeitungsbedingten Schadensfällen vorzubeugen ist es nach Fertigstellung der Dachfläche (und vor Aufbringung der Schutzschichten) unabdingbar eine Kontrolle der bauseits ausgeführten Fügenähte durchzuführen. Die vielfach übliche Nahtprüfung mit einer Prüfnadel ist hierfür jedoch nur bedingt geeignet. Eine materialhomogene Fügenahtbreite einer Verschweißung lässt sich mit der Prüfnadel oder einer Unterdruckprüfung mit einer Saugglocke nicht feststellen. Deshalb sind auch sog. *„Prüfnadelkontrollzertifikate“* auf Grundlage von herstellereigenen Baustellenbegehungen besonders kritisch zu bewerten.

(*) In der Baupraxis wird die Zustandsfeststellung oft auch als *„Technische Abnahme“* bezeichnet. Sie dient nur zur technischen Überprüfung der Leistung und der Leistungsfeststellung, sie soll damit die spätere rechtsgeschäftliche Abnahme vorbereiten.

4.3.1 Schälzugprüfung

Zur fachqualifizierten Nahtprüfung sind nur zerstörerische Schälzugprüfungen bei den Fügenähten geeignet. Bei der Schälzugprüfung nach DIN EN 12 316-2 (Schälwiderstand der Fügenähte) wird der bauseits entnommene Probekörper mit mittlerer Naht in eine Zugprüfmaschine eingespannt und mit konstanter Geschwindigkeit und Zugkraft bis zur Ablösung bzw. zum Bruch der Fügenaht belastet. Bei jeder Prüfung wird ein Kraft-Dehnungs-Diagramm erstellt.

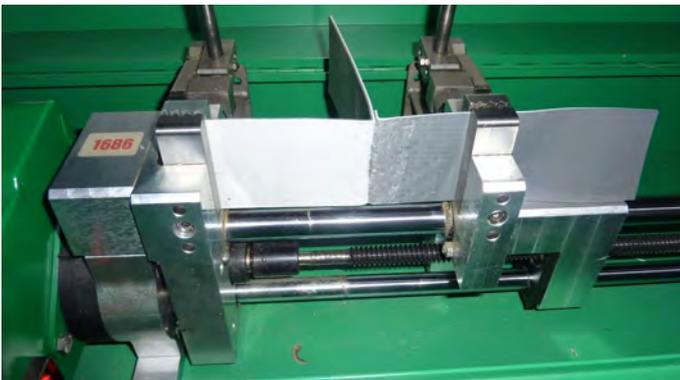


Abbildung 18: Schälzugprüfung nach DIN EN 12 316-2 (Schälwiderstand der Fügenaht) in einer geeichten Zugprüfmaschine mit elektronischer Aufzeichnung des Kraft-Dehnungs-Diagramms.

Nach Ende des Schälvorgangs wird zusätzlich die effektive materialhomogene Fügenahtbreite ermittelt und dokumentiert. Hierbei ist Bezug zu nehmen auf die Flachdachrichtlinien [4], Tabelle 6: "Mindestfügebreite von Kunststoff- und Elastomerbahnen in Abhängigkeit vom Fügeverfahren".

Nach der Schälzugprüfung lässt sich ablesen ob die Fügenaht nur geklebt, nur wenige mm oder auf der erforderlichen Mindestbreite von 20 mm [4] materialhomogen verschweißt ist, denn beim Heißluftschweißen werden die Fügeflächen der Bahnen durch Heißluft plastifiziert und durch Druck materialhomogen ver-

bunden. Bei einer fachgerecht ausgeführten materialhomogenen Fügenaht erfolgt bei der Schälzugprüfung eine Abschälung in der mittleren Einlagenebene oder einem Bruch der Bahn - siehe Abbildung 19.

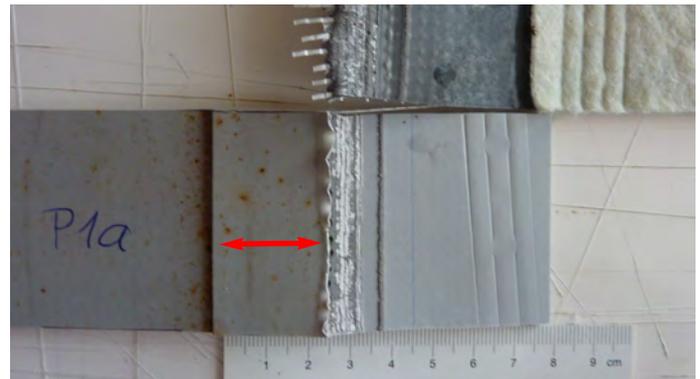


Abbildung 19: Probe nach Schälzugprüfung als Positivbeispiel. Bruch der Bahn im Nahtbereich. Materialhomogene Nahtfügebreite von ca. 22 mm.

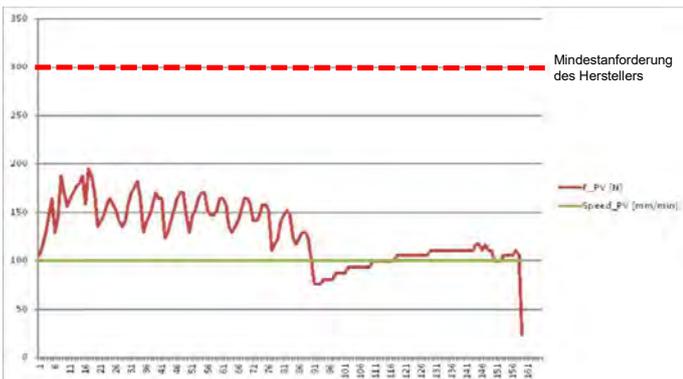


Abbildung 20: Probe nach Schälzugprüfung als Negativbeispiel für eine nicht materialhomogen verschweißte Handschweißnaht.

Bei nicht materialhomogenen Nahtverschweißungen, z.B. aufgrund zu geringer Schweißtemperatur, werden die beiden Bahnenstreifen in der Klebeebene auseinandergeschält - siehe Beispielabbildungen 20 und 21. Bestätigt wird dies dann durch Schälzugwerte, weit unterhalb der von den Herstellern angegebenen Mindestanforderungen.



Abbildung 21: Probe nach Schälzugprüfung als Negativbeispiel für eine nicht materialhomogen verschweißte Handschweißnaht.



Darstellung 11: Das Kraft-Dehnungsdiagramm bestätigt die Verklebung der Automatschweißnaht. Die Herstellerangaben für die Nahtfestigkeit von 300 N/50 mm werden bei weitem nicht erreicht.

4.3.2 Bausoll

Das vertraglich vereinbarte Bausoll für die Ausführung von Dächern mit Kunststoffabdichtungen ergibt sich aus den praxisbezogenen Flachdachrichtlinien (und nicht aus den Werkstoffnormen). In der Tabelle 6 ist die Mindestfügebreite von Kunststoffbahnen im Abhängigkeit vom Fügeverfahren definiert. Sie beträgt bei Kunststoffbahnen mit Warmgas-/Heißluftverschweißung 20 mm und kann nur durch zerstörerische Schälzugprüfung festgestellt werden.

Wird das vertraglich vereinbarte Bau-Soll der Mindestfügebreite bei Kunststoffbahnen nicht erfüllt, ist die Leistung **mangelhaft**. Ein Nachweis der (momentanen) Dichtigkeit durch Prüf- und Messdokumente einer Leckageortung sind dann nicht relevant, denn vertraglich geschuldet ist eine mangelfreie Leistung und kein schadensfreies Dach.

In der Vergangenheit **argumentierten** Anwälte von Verlegern oft mit dem Argument, dass zerstörerische Schälzugprüfungen allein der Ausforschung dienen und eine konkrete Mängelrüge voraussetzen. Eine solche Mängelrüge kann dann erfolgen, wenn der erfahrene Sachverständige Unregelmäßigkeiten bei der Nahtfüge erkennt.



Abbildung 22: Eine unsaubere Nahtvorderkante lässt auf Unregelmäßigkeiten schließen,



Abbildung 23: ... die dann durch eine Schälzugprüfung bestätigt werden.

Unregelmäßigkeiten bei der Nahtfüging sind immer öfter bei großflächigen Industriedächern zu finden. Beim nachfolgenden Praxisbeispiel, einer ca. 9.500 m² großen Lagerhalle wurden bei der Abnahmebegehung (Prüfung aller Schweißnähte) 504 mangelhaft ausgeführte Nahtverbindungen festgestellt.



Abbildung 24:
Mangelhafte Schweißnaht, Prüfstelle 210 von 504.

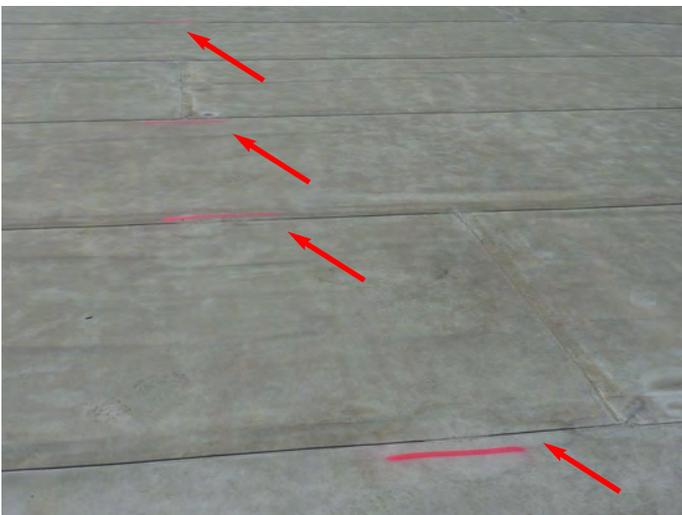


Abbildung 25:
Alle mangelhaften Nahtbereiche wurden zur Nachbesserung markiert.

Zusätzlich wurden 58 Stk. Proben aus den Nahtbereichen zur Schälzugprüfung im Labor entnommen. Bei 56 Proben wurde nicht einmal die Mindestschälzugkraft von ≥ 200 N/50 mm (nach Herstellerangaben) nicht erreicht.

Der Generalunternehmer lehnte eine Nachbesserung der mangelhaften Leistung mit der Begründung ab, dass das Dach ja dicht sei. Der Auftraggeber klagte deshalb beim zuständigen Gericht. Aufgrund der ausführlichen Dokumentation und Darstellung der Mängel hat das Gericht die mangelhafte Ausführung bestätigt und den Verarbeiter dazu verurteilt insgesamt ca. 4.800 lfm Fügennähte nach Angaben des Sachverständigen mit Bahnenstreifen zu überschweißen.



Abbildung 26:
Beispiel für überschweißte Mangelstellen bei den beanstandeten Fügennähten.

Die Nachbesserungsarbeiten waren für den Verarbeiter sehr aufwändig, denn vor dem Verschweißen der Bahnenstreifen musste die Altabdichtung mit großem Aufwand gereinigt werden.

5 Anzustrebende Zielvorstellung: Lebensdauer >30 Jahre

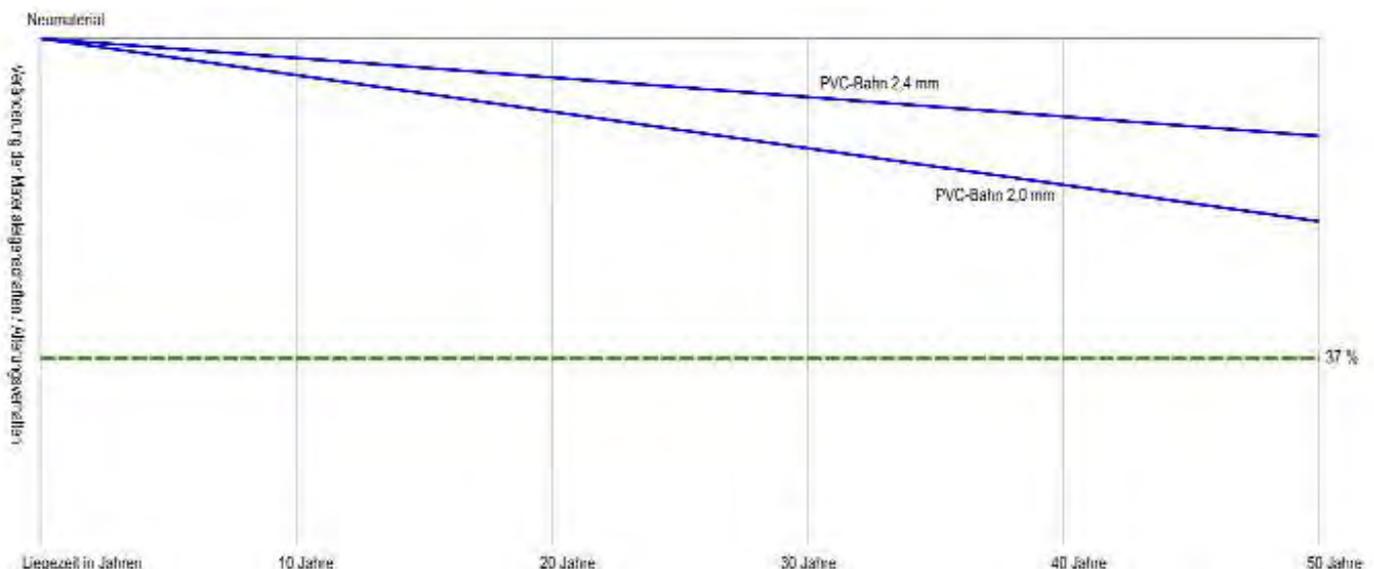
Mit Kunststoffbahnen können Dächer dauerhaft sicher abgedichtet werden. Bei entsprechender Materialqualität, die in jeder Werkstoffgruppe zu finden ist, sind Lösungen mit einer Lebensdauer von > 30 Jahren bis > 50 Jahren bei optimaler Anwendung, fachqualifizierter Verarbeitung mit durchgehend materialhomogener Nahtfügung und entsprechender Wartung möglich

Zwei Objekte wurden bereits 1987 und 1989 nach den oben beschriebenen Qualitätskriterien geplant und ausgeführt. Eine fachqualifizierte Ausführungsüberwachung mit Überprüfung der Schweißnähte durch regelmäßige Schälzugprüfungen war Bestandteil der vom Auftraggeber geforderten Qualitätssicherung.

Die daraus resultierende Erfahrung bei der Bauüberwachung Schälzugprüfungen bei den bauseits hergestellten Schweißnähten durchzuführen wurde bereits 1992 [9] - **also vor 25 Jahren** - als Forderung zur Qualitätssicherung bei der Verarbeitung veröffentlicht.

Darstellung 12:

Lebensdauerprognose von zwei PVC-Dachbahnen des selben Hersteller mit 2,0 und 2,4 mm Dicke, E: GV, lose verlegt, unter extensiver/intensiver Dachbegrünung.



Durch die Auswahl einer qualitativ hochwertigen Kunststoffabdichtung, fach- und sachgerechter Planung und ständiger Überprüfung der Ausführung, kann die Lebensdauer der mit Kunststoffbahnen abgedichteten Dachflächen über die Materialqualität definiert werden. Die Ergebnisse der in unterschiedlichen Zeiträumen durchgeführten Materialprüfungen ergeben eine Lebensdauerprognose von deutlich über 50 Jahren - siehe Darstellung 12.

Abbildung 27:

Objektbeispiel aus dem Jahr 1987. PVC-Abdichtung, 2,4 mm, E: GV, Pultdachflächen, extensiv begrünt.



5.1 PV-Anlagen auf Flachdächern

Die durchschnittliche Nutzungsdauer einer PV-Anlage wird bei amorphen Solarzellen mit ca. 20 bis 25 Jahren, bei kristallinen Solarzellen mit ca. 30 Jahren angegeben. Daraus ergeben sich Anforderungen an die Lebensdauer der Abdichtung. Diese sollte grundsätzlich keine geringere Lebensdauer als die PV-Module aufweisen.

Im ungünstigsten Fall, wie beim gezeigten Praxisbeispiel, steht bereits wenige Jahre nach der nachträglichen Installation der PV-Anlage eine komplette Dachsanierung an. Die sehr geringe Restlebensdauer der 1,5 mm dicken PVC-Bahn resultiert auch daraus, dass bei der Montage der PV-Anlage die 1,5 mm dicke Abdichtung beschädigt wurde und durch die dauerfeuchte Mineralfaserdämmung zusätzlich die Bahnenunterseite beansprucht wird. Dadurch wird das Alterungsverhalten der Bahn mit einer Restdicke von 1,1 mm (nach 6,5 Jahren Liegezeit) ausserordentlich beschleunigt.

Darstellung 13:
Lebensdauerprognose einer 1,5 mm dicken PVC-Dachbahn unter einer nachträglich installierten PV-Anlage.

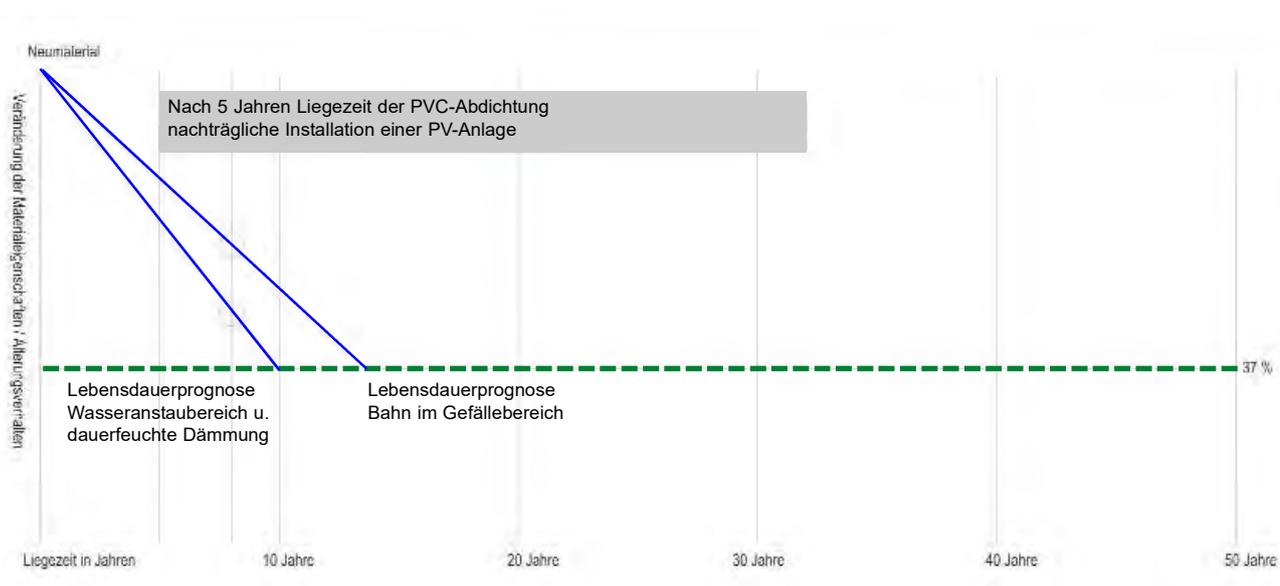


Abbildung 28:
Nachträglich installierte PV-Anlage auf PVC-Bahn mit deutlich reduzierter Restlebensdauer.

Vor der Installation einer PV-Anlage sollte grundsätzlich eine Expertise über die zu erwartende Lebensdauer der Abdichtung eingeholt werden um zu vermeiden, dass schon nach wenigen Jahren eine Sanierung der Dachfläche ansteht.

Kunststoffbahnen mit einer Dicke von $\geq 1,8$ mm bei denen sich das Alterungsverhalten so in Grenzen hält, dass von einer Lebensdauer von > 30 Jahren ausgegangen werden kann, sind auf dem Markt verfügbar. Man muss nur die Anforderungen definieren.

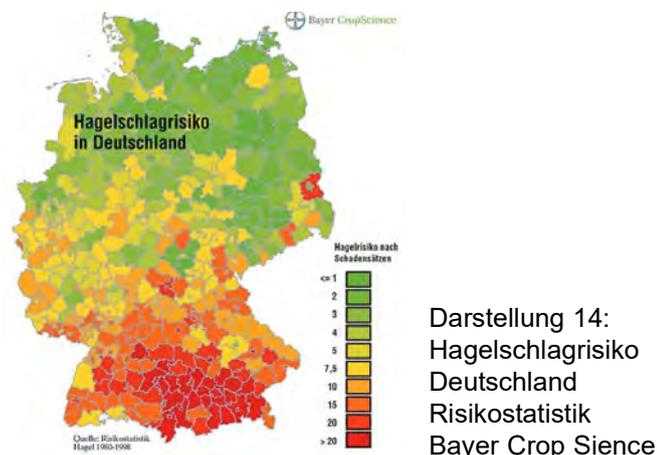
5.2 Gebäudeversicherung

Die am meisten beanspruchte Gebäudeversicherung ist die Sturm- und Hagelversicherung. Aufgrund des Klimawandels nehmen Hagelschlagereignisse zu. Besonders anfällig sind großflächige, frei bewitterte, Industrieflächdächer mit 1,5 mm dicken Kunststoffdachbahnen.

Investoren von solchen mehrere 10.000 m² großen Dachflächen orientieren sich meist am Nachweis der Hagelschlagbeständigkeit nach EN DIN 13 583 für die Abdichtungsbahnen. Vielfach wird nicht berücksichtigt, dass die Prüfung bei Neumaterial durchgeführt wird und sich durch das natürliche Alterungsverhalten relativ schnell verändern kann.



Abbildungen 29:
Mit Klebebänder notreparierte Schadstellen auf einer Dachfläche nach einem Hagelschlagereignis.



Darstellung 14:
Hagelschlagrisiko
Deutschland
Risikostatistik
Bayer Crop Science

Bereits nach wenigen Jahren sind einige 1,5 mm dicke PVC-Bahnen nicht mehr hagelschlagbeständig [3]. Für die nördlichen Teile Deutschlands mag dies (noch) nicht relevant sein, jedoch für risikohohen Gebiete in Baden-Württemberg und Bayern - siehe Darstellung 14.

In besonders hagelschlaggefährdeten Gebieten haben bereits die Gebäudeversicherer bereits reagiert. Die Versicherungsprämien werden nach Materialqualität der Flachdachabdichtung bei freier Bewitterung und Kiesauflast gestaffelt. Die Tarife bei extensiv begrünten Dachflächen sind besonders niedrig.



Abbildungen 30:
Optimaler Schutz in der Fläche durch Extensivbegrünung, jedoch frei bewitterter Dachrand mit Schäden.

Nehmen die Hagelschlagereignisse in Zukunft zu, werden Gebäudeversicherer zukünftig Anforderungen an die Qualität der Dachabdichtungen (bzw. die Art der Ausführung) stellen. Werden diese nicht erfüllt sind sie dann auch nicht mehr versicherbar.

“Wenn der Schaden an der gealterten Dachabdichtung des versicherten Gebäudes nicht durch herabfallende Hagelkörner entstanden ist, sondern durch den Temperatursturz infolge der gefrorenen Hagelkörner (Kältekontraktion), ist der Schaden nicht durch die unmittelbare Einwirkung des Hagels entstanden” LG-Urteil aus Aachener Zeitung, ddp, 2009.

6 Zusammenfassung

Das materialtypische Alterungsverhalten von Kunststoffbahnen kann durch falsche Anwendungen beschleunigt werden. Durch Beschädigungen während der Bauzeit und Verarbeitungsfehler bei der Nahtfüugung wird die Lebensdauer eines Daches deutlich verringert, dies betrifft statistisch gesehen bis zu 64% der mit Kunststoffbahnen abgedichteten Dachflächen. Diese Tatsachen sind zwischenzeitlich als fachliches Allgemeinwissen zu bezeichnen, da seit Jahren in der Fachliteratur darauf hingewiesen wurde.

Während nicht materialhomogen verschweißte Fügenähte ein unkalkulierbares Risiko für alle mit Kunststoffdachbahnen abgedichteten Dächer darstellen sind materialhomogene Fügenähte mit der erforderlichen Mindestfügebreite von mind. 20 mm Breite bei der üblichen Heißluftverschweißung von Kunststoffbahnen dauerhaft dicht und öffnen sich auch nach Jahren nicht.

Der relativ hohe Prozentanteil bei den lebensdauerreduzierenden Ursachen durch die Verarbeitung von 64% kann vermieden werden, wenn auch, wie beim industriellen Fertigungsprozess üblich, eine Qualitätskontrolle der bauseitigen Leistung erfolgt. Es liegt am Auftraggeber/Besteller/Investor eine solche einzufordern.



Bei mit Kunststoffbahnen abgedichteten Dächern können zukünftig, aufgrund der bisherigen Erfahrungen und den veröffentlichten Hinweisen zur Fehlervermeidung, Ausführungslösungen mit einer Lebensdauer von >30 bis >50 Jahren erwartet werden.

Dies sollte jedoch auch als Zeitrahmen für eine dauerhafte Funktionstauglichkeit vertraglich vereinbart werden, denn entsprechend seiner bisherigen Rechtsprechung hat der BGH ausdrücklich klar gestellt, dass für die Beurteilung der Vorlage eines Mangels die Funktionstauglichkeit des Werkes maßgeblich ist (BGH-Urteil vom 08.11.2007). Dies bedeutet:

Selbst wenn die DIN-Normen, die Fachregeln eines Gewerkes, die Verarbeitungshinweise eines Produktherstellers oder sonstige technische Vorschriften sämtlich ohne Einschränkung eingehalten sind, aber die Funktionstauglichkeit nicht gegeben ist, ist das Werk als mangelhaft anzusehen [11].

Abbildungen 31, 32:
Nahtüberprüfung und Materialprobenentnahme im Rahmen von Qualitätssicherungen.



Literaturverzeichnis

- [1] ERNST, W., 2009, Fachbuchreihe Dachabdichtung Dachbegrünung, Band VI, ABDICHTUNGEN, mit Vorwort von Prof. R. OSWALD, Eigenverlag Pullach.
- [2] DIN 50035:2012-09: Begriffe auf dem Gebiet der Alterung von Materialien - Polymere Werkstoffe, BEUTH Verlag, Berlin.
- [3] ERNST, W., 2005, Fachbuchreihe Dachabdichtung Dachbegrünung, Band V, PROBLEME und Lösungen, Eigenverlag Pullach.
- [4] Regeln für Abdichtungen mit Flachdachrichtlinie, Stand Dezember 2016, Deutsches Dachdeckerhandwerk, R. Müller Verlag, Köln.
- [5] Informationsjournal der Europäischen Vereinigung dauerhaft dichtes Dach ddD e.V., Ausgabe 32, 2016, Eigenverlag, Pullach.
- [6] Merkblatt: Ausführungsüberwachung und technische Abnahme von Dächern mit Kunststoffabdichtungen Europäische Vereinigung dauerhaft dichtes Dach ddD e.V., 2017, Eigenverlag, Pullach.
- [7] DIN EN 12316-2:2013-08: Abdichtungsbahnen - Bestimmung des Schälwiderstandes der Fügenähte - Teil 2: Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen; BEUTH Verlag, Berlin.
- [8] RAL-RG 718, KDV, 1992
- [9] ERNST, W., 2002, Fachbuchreihe Dachabdichtung Dachbegrünung, Teil I, Kleffmann Verlag, Bochum.
- [10] OSWALD, R., Durchfeuchtete Flachdächer - Ein weitverbreiteter Irrtum, db deutsche bauzeitung 09/2008.
- [11] Baurecht: Nach wie vor ist die Funktionstauglichkeit des Werkes maßgeblich für die Beurteilung von Mängeln, Veröffentlichung von Hein & Rehder Rechtsanwälte, Hamburg, 2015.
- [12] HEROLD, Chr., Die neue DIN 18 531 "Abdichtung von Dächern" und die neue Flachdachrichtlinie des ZVDH - anerkannte Regeln der Technik?, Der Bausachverständige, 4/2017, Bundesanzeiger Verlag / Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.

Planungs- und Sachverständigenbüro
mit eigenem Baustoffprüflabor

Leistungen

- Gerichts- und Privatgutachten, selbstständige Beweisverfahren, Mediation, Adjudikation, Schiedsgutachten
- Materialprüfungen und Prüfberichte zur Bestimmung der Qualitätseigenschaften und -bewertungen von Abdichtungen
- Technische Abnahmen (Zustandsfeststellungen) Qualitätssicherung von Dächern mit Abdichtungen (Schälzugprüfungen nach DIN EN 12 316-2 im eigenen Prüflabor)
- Neuplanungen, Sanierungen und Instandsetzungen von Dächern mit Abdichtungen, (Leistungen nach HOAI)
- Zustandsanalysen und (Rest-)Lebensdauerprognosen von Dächern mit Abdichtungen, Materialprüfungen im eigenen Prüflabor, (Roof Management)
- Fachvorträge, Seminare und Schulungen
- Fachberichte, Veröffentlichungen, Publikationen, Expertisen

Dipl. Ing. (FH) Wolfgang Ernst
nach DIN EN ISO 17024
zertifizierter Bausachverständiger für
Dachabdichtung und Dachbegrünung

Abbildung 33:
Dachöffnung zur Feststellung der Durchfeuchtung bei einem durch Materialfehler geschädigtem Dach.



dicht & grün

Fachkompetenz und besondere Sachkunde bei Dächern mit Abdichtungen und Begrünungen