

Rainer Oswald, Matthias Zöller, Ruth Abel,  
Martin Oswald, Klaus Wilmes

# **Dauerhaftigkeit von Übergängen zwischen flüssigen und bahnen- förmigen Abdichtungen am Beispiel genutzter und nicht genutzter Flachdächer**

F 2944

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2015

ISBN 978-3-8167-9512-4

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

[www.irb.fraunhofer.de/tauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/tauforschung)

**Dauerhaftigkeit von Übergängen zwischen  
flüssigen und bahnenförmigen Abdichtungen am  
Beispiel genutzter und nicht genutzter Flachdächer**







**Danksagung:**

Eine Grundlage dieser Arbeit ist die unentgeltliche Mitarbeit zahlreicher Sachverständigenkollegen, Dachdecker und Hersteller von Flüssigkunststoffabdichtungen an den von uns durchgeführten Umfragen, in denen sie uns ihre persönlichen Erfahrungen, Erkenntnisse und umfangreiches Informationsmaterial zur Verfügung gestellt haben. Einige von ihnen haben uns die Vor-Ort-Untersuchungen an verschiedenen Objekten ermöglicht. Ihnen allen gilt daher ein besonderer Dank. Darüber hinaus danken wir auch dem Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH) für die Weiterleitung der Fragebögen an die Mitgliedsbetriebe sowie Herrn Dipl.-Ing. Franz Zengler, Leiter der Anwendungstechnik Icopal GmbH, für die Begleitung bei mehreren Ortsbesichtigungen.

Gedankt sei außerdem den Arbeitsgruppenmitgliedern Frau Dr.-Ing. Ute Hornig, Herrn Dr.-Ing. Roland Leucker, Herrn Dipl.-Ing. Stephan Keppeler und Herrn Dr.-Ing. Michael Brüggemann.

## Inhaltsverzeichnis:

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>0.</b> | <b>Zusammenstellung der untersuchten Objekte .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>1.</b> | <b>Einleitung.....</b>   | <b>9</b>  |
| 1.1       | Ziel der Untersuchung.....   | 9         |
| 1.2       | Vorgehensweise.....  | 9         |
| <b>2.</b> | <b>Stoffe für Übergänge.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>3.</b> | <b>Regelwerke für die Abdichtungskombinationen .....</b>   | <b>13</b> |
| 3.1       | Anforderungen an Abdichtungen für nicht genutzte Dächer nach [DIN 18531].....  | 13        |
| 3.2       | Anforderungen an Abdichtungen für genutzte Dächer nach [DIN 18195] .....   | 14        |
| 3.3       | Leitlinie für die europäische technische Zulassung für flüssig aufzubringende Dachabdichtungen [ETAG 005] .....  | 14        |
| 3.4       | Anforderungen nach der Flachdachrichtlinie [ZVDH 2008] an Abdichtungen<br>genutzter und nicht genutzter Dachflächen.....   | 15        |
| 3.5       | Leitfaden für die Planung und Ausführung von Abdichtungen von Dächern, Balkonen und Terrassen mit<br>Flüssigkunststoffen nach ETAG 005 (Hrsg. Deutsche Bauchemie)..... | 17        |
| 3.6       | Zusammenfassung.....   | 18        |
| <b>4.</b> | <b>Prüfungen an Materialkombinationen .....</b>  | <b>19</b> |
| 4.1       | Einleitung .....   | 19        |
| 4.2       | Schälzugprüfung von Hand.....  | 19        |
| 4.3       | Prüfungen mit dem Schälzuggerät.....   | 20        |
| <b>5.</b> | <b>Umfragen.....</b>   | <b>21</b> |
| 5.1       | Vorgehensweise.....  | 21        |
| 5.2       | Umfrage unter Sachverständigen für Schäden an Gebäuden,<br>des Dachdeckerhandwerks und Mitgliedsbetriebe des ZVDH .....  | 21        |
| 5.3       | Umfrage unter Herstellern.....   | 22        |
| 5.4       | Auswertung der Umfragen unter Sachverständigen für Schäden an Gebäuden<br>und des Dachdeckerhandwerks .....  | 23        |
| 5.4.1     | Angaben zur Schadensverteilung und -häufigkeit .....   | 23        |
| 5.4.2     | Angaben zu den Schadensursachen .....  | 24        |
| 5.5       | Auswertung der Umfrage unter den Mitgliedsbetrieben des ZVDH.....  | 27        |
| 5.5.1     | Angaben zur Schadensverteilung und -häufigkeit .....   | 27        |
| 5.5.2     | Angaben zu den Schadensursachen .....  | 27        |
| 5.6       | Auswertung der Umfrage unter Herstellern.....  | 27        |
| <b>6.</b> | <b>Varianten der Übergänge.....</b>  | <b>29</b> |
| 6.1       | Liegende Übergänge.....  | 29        |
| 6.2       | Stehende Übergänge.....  | 29        |

---

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>7.</b>  | <b>Untersuchungen.....</b>   | <b>31</b> |
| 7.1        | Schadensbeispiele aus Gutachten.....   | 31        |
| 7.1.1      | Einleitung .....   | 31        |
| 7.1.2      | Dachfläche eines Wohngebäudes.....   | 31        |
| 7.1.3      | Mehrgeschossiges Wohngebäude .....   | 33        |
| 7.1.4      | Büro- und Geschäftsgebäude .....   | 34        |
| 7.1.5      | Flachdach eines eingeschossigen Atriumwohnhauses .....                                 | 35        |
| 7.1.6      | Einfamilienhaus, Dachterrasse .....  | 36        |
| 7.1.7      | Seniorenwohnanlage, Laubengänge .....  | 37        |
| 7.1.8      | Zusammenfassung der Fallbeispiele .....  | 38        |
| 7.2        | Vor-Ort-Untersuchungen an ausgeführten Objekten.....                                   | 39        |
| 7.2.1      | Vorgehensweise .....   | 39        |
| 7.2.2      | Bürogebäude, Lager- und Produktionshalle (Objektbogen) .....                           | 40        |
| 7.2.3      | Bürogebäude, Lager- und Produktionshalle (Objektbogen) .....                           | 44        |
| 7.2.4      | Bürogebäude und Produktionshalle (Objektbogen) .....                                   | 53        |
| 7.2.5      | Parkhaus (Objektbogen) .....   | 56        |
| 7.2.6      | Eigentumswohnanlage, Terrassenhäuser (Objektbogen) .....                               | 59        |
| 7.2.7      | Lagerhalle einschließlich Büronutzung .....  | 65        |
| 7.2.8      | Zusammenfassung der Vor-Ort-Untersuchungen .....                                       | 66        |
| 7.3        | Zusammenfassung der Gutachtenauswertung und der Untersuchung ausgeführter Objekte..... | 67        |
| <b>8.</b>  | <b>Ausführungsempfehlungen - Ausblick.....</b>   | <b>69</b> |
| <b>9.</b>  | <b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>   | <b>71</b> |
| <b>10.</b> | <b>Literaturhinweise.....</b>  | <b>73</b> |
| 10.1       | Normen und Richtlinien.....  | 73        |
| 10.2       | Fachbücher und Fachaufsätze.....   | 75        |

**0. Zusammenstellung der untersuchten Objekte**

| Kapitel | Objekt                                   | Anschluss             | Material   |                           | Ausführungs-<br>jahr |
|---------|--|-----------------------|--|---------------------------|----------------------|
|         |  |                       | Dachbahn   | FLK<br>Materialgruppe     |                      |
| 7.1.2   | Wohngebäude                              | Dachablauf            | Kunststoffdachbahn   | nicht bekannt             | 2013                 |
| 7.1.3   | Wohngebäude                              | Balkonablauf          | beschieferte Polymerbitumenbahn  | PMMA                      | 2012                 |
| 7.1.4   | Geschäftsgebäude                         | Türanschluss          | beschieferte Polymerbitumenbahn  | nicht bekannt             | 2000                 |
| 7.1.5   | Atriumwohnhaus                           | Dachentlüfter         | beschieferte Bitumendachbahn   | PMMA                      | 2007                 |
| 7.1.6   | Einfamilienhaus, Dachterrasse            | Fenstertüranschluss   | beschieferte Polymerbitumenbahn  | nicht bekannt             | 2012                 |
| 7.1.7   | Seniorenwohnanlage                       | Randanschlüsse        | Bitumenbahn  | nicht bekannt             | 1997                 |
| 7.2.2.1 | Bürogebäude, Lager- und Produktionshalle | Lichtkuppel           | beschieferte Elastomerbitumenbahn, PYE 200                             | auf Basis von Polyurethan | 2007/08              |
| 7.2.2.2 |  | Lüfteranschluss       | beschieferte Elastomerbitumenbahn, PYE 200                             | PMMA                      | 2007/08              |
| 7.2.2.3 |  | Ablauf                | beschieferte Elastomerbitumenbahn, PYE 200                             | PMMA                      | 2007/08              |
| 7.2.3.1 | Bürogebäude, Lager- und Produktionshalle | Lichtkuppel           | Oxidbitumen mit Kiespressschüttung                                     | PMMA                      | 2005                 |
| 7.2.3.2 |  | Lichtkuppel           | beschieferte Bitumenbahn   | PMMA                      | 2013                 |
| 7.2.3.3 |  | Wandanschluss         | Oxidbitumen mit Kiespressschüttung                                     | PMMA                      | 2005                 |
| 7.2.3.4 |  | Lüfteranschluss       | beschieferte Bitumenbahn   | PMMA                      | 2010                 |
| 7.2.3.5 |  | Lichtkuppel           | beschieferte Bitumenbahn   | PMMA                      | 2012                 |
| 7.2.3.6 |  | Entwässerungsrinne    | beschieferte Bitumenbahn   | PMMA                      | 2007                 |
| 7.2.4.1 | Bürogebäude und Produktionshalle         | Wasserspeicher/Ablauf | beschieferte Elastomerbitumenbahn                                      | PUR-2K                    | 2009                 |
| 7.2.4.2 |  | Lichtkuppel           | beschieferte Bitumenbahn   | PMMA                      | 2008                 |
| 7.2.5.1 | Parkhaus                                 | Dachrandanschluss     | Bahnenabdichtung aus PVS/EVA   | PMMA                      | 2002/03              |
| 7.2.5.2 |  | Dachrandanschluss     | Elastomerbitumen   | PMMA                      | 2002/03              |
| 7.2.6.1 | Eigentumswohnungsanlage, Terrassenhäuser | Wasserspeicher        | Elastomerbitumenbahn, oberseitig bestreut                              | PMMA                      | 2004/05              |
| 7.2.6.2 |  | Dachrand              | Elastomerbitumenbahn, oberseitig bestreut                              | PMMA                      | 2004/05              |
| 7.2.6.3 |  | Türanschluss          | Elastomerbitumenbahn, oberseitig bestreut                              | PMMA                      | 2004/05              |
| 7.2.7   | Lagerhallendach                          | Belichtungsöffnung    | Abdichtungsbahn auf der Basis von thermoplastischen Polyolefinen (TPO) | PUR-1K                    | 2011                 |



## **1. Einleitung**

### **1.1 Ziel der Untersuchung**

Sowohl auf genutzten, als auch auf nicht genutzten Flachdächern werden in den letzten Jahren vermehrt Abdichtungstechniken kombiniert. Dachbahnen sind günstige und bewährte Stoffe für die Dachflächen, die an den Rändern und an aufgehenden Bauteilen häufig mit vliesverstärkten Flüssigkunststoffen angeschlossen werden. Gerade bei schwierigen geometrischen Situationen mit verwinkelten Anschlüssen bieten eine Vielzahl neuer Abdichtungsstoffe aus Flüssigkunststoffen (FLK) für Bauwerksabdichtungen aufgrund der besseren Verarbeitbarkeit wirtschaftliche Lösungen. Diese kommen insbesondere beim kostengünstigen Bauen, als auch bei Instandsetzungen und Modernisierungen zum Einsatz.

Bei der Begutachtung von Flachdächern und deren Anschlüssen sind in den letzten Jahren wiederholt Schäden an Übergängen von flüssigen zu bahnenförmigen Abdichtungsstoffen festgestellt worden, ein Teil allerdings erst nach Ablauf der üblichen Gewährleistungsfristen von 5 Jahren.

Für Übergänge zwischen den Abdichtungssystemen formulieren die jeweiligen Hersteller die Anforderungen. In allgemein geltenden technischen Regelwerken sind nur wenige oder keine Angaben enthalten. Sowohl [DIN 18531], als auch [DIN 18195] beschreiben nur Anforderungen für die jeweilige Abdichtung, aber nicht für Übergänge auf andere Abdichtungssysteme. Es fehlen grundsätzliche Regeln, um die Dauerhaftigkeit der Verbindungen zwischen den Abdichtungssystemen sicherzustellen. Die dauerhafte Zuverlässigkeit ist aber ein entscheidendes Kriterium einer nachhaltigen Konstruktion. Informationen werden aber weder von Produktherstellern noch in Form von Prüfzeugnissen veröffentlicht. Da Dächer deutlich über den Gewährleistungszeitraum hinaus zuverlässig nutzbar sein müssen, sind diese Angaben für Planer, Verarbeiter und für die Betreiber von Gebäuden von wesentlicher Bedeutung.

Die vorliegende Forschungsarbeit soll dazu beitragen, die Praxisbewährung häufig verwendeter Übergänge zwischen verschiedenen Abdichtungssystemen sowohl bei lang anhaltender Wasserüberstauung als auch bei Beanspruchung durch kurzzeitige Regenereignisse zu beurteilen und bewährte Anwendungssituationen und Materialkombinationen aufzuzeigen. Damit sollen zuverlässige und wirtschaftliche Bauweisen gefördert und kostspielige Schäden vermieden werden.

### **1.2 Vorgehensweise**

In der ersten Phase des Forschungsvorhabens wurden Literaturrecherchen durchgeführt und Produktinformationen zu Flüssigkunststoffabdichtungen gesichtet. In den Produktinformationen machten nur einige Hersteller Angaben zu Ausführungen von Flüssigkunststoffen auf Dachbahnen.

Um die Ursachen der Schäden an Übergängen von Flüssigkunststoffabdichtungen zu Dachbahnen zu ermitteln, wurden weiterhin die von den Verfassern zu diesem Problemkreis erstatteten Gutachten ausgewertet.

Zur Feststellung weiterer Ursachenzusammenhänge wurden Sachverständige für Schäden an Gebäuden und Sachverständige des Dachdeckerhandwerks zu ihren Erfahrungen mit Schäden an Übergängen der Abdichtungssysteme befragt. Allerdings konnten auf diesem Wege keine ausreichende Anzahl geeigneter Objekte für eine Besichtigung ermittelt werden.

Darüber hinaus wurden Hersteller von Abdichtungsbahnen und/oder Flüssigkunststoffabdichtungen nach Verarbeitungsvorschriften für die Übergänge sowie nach Praxiserfahrungen befragt. Von den Herstellern wurden insgesamt sechs Referenzobjekte mit Standzeiten von mehr als fünf Jahren benannt, an denen die Abdichtungsübergänge besichtigt und untersucht werden konnten.

## 2. Stoffe für Übergänge

Bahnenförmige Abdichtungen für genutzte und nicht genutzte Flachdächer sind seit Jahrzehnten in DIN-Normen geregelt. Zurzeit sind in [DIN 18531-2] sowie [DIN V 20000-201] die Dachbahnen für die Anwendung auf nicht genutzten und extensiv begrünten Dächern aufgelistet. [DIN 18195-2] und [DIN V 20000-201] enthalten die zur Abdichtung genutzter sowie intensiv begrünter Dachflächen geeigneten Dachbahnen.

Seit dem Jahr 2008 sind auch Abdichtungen mit Flüssigkunststoffen normativ geregelt, zunächst in den Stoffnormen [DIN 18195-2] und [DIN 18531-2], später auch in den entsprechenden Normenteilen für die Verarbeitung der beiden Normenreihen.

Nach [DIN 18531-1] müssen flüssig aufzubringende Dachabdichtungen der Gruppe FLK eine Europäische Technische Zulassung (ETA) auf der Grundlage der ETAG 005 besitzen. Sie sind mit einer CE-Kennzeichnung zu versehen, aus der u. a. die nachgewiesenen Leistungsstufen und die Mindesttrockenschichtdicken hervorgehen. Sie bestehen aus ein- oder mehrkomponentigen flüssigen Stoffen auf Basis von Reaktionsharzen mit Einlage, die auch eine gleichmäßige Mindestschichtdicke sicherstellen soll. Die Einlage muss Bestandteil der Zulassung sein. Es können zusätzliche Oberflächenschutzmaßnahmen sowie Grundierungen für eine ausreichende Anhaftung auf den jeweiligen Untergründen erforderlich sein. Die Basisharze werden in Eimergebinden bzw. Containern geliefert.

Flüssigkunststoffe werden entsprechend der Bindemittel in zwei Gruppen unterteilt:

- Reaktive Flüssigkunststoffe, die infolge Polyadditions-, Polykondensations- und Polymerisationsreaktionen zwischen den Bindemittelkomponenten vernetzen
- physikalisch trocknende Systeme, die durch Verdunstung von Wasser vernetzen.

Zu den reaktiven Flüssigkunststoffen gehören folgende in [DIN 18195-2] und in [DIN 18531-2] sowie in der Flachdachrichtlinie gelistete Stoffgruppen:

- Polymethylmethacrylatharze (PMMA), zweikomponentig, aus Methacrylsäureestern, Reaktion durch Polymerisation
- flexible ungesättigte Polyesterharze (UP), zweikomponentig, aus in Styrol gelösten Polykondensaten, Reaktion durch Vernetzung der ungesättigten Anteile und Copolymerisation mit Styrol
- ein- oder zweikomponentige Polyurethanharze (PUR); einkomponentig, aus Polyurethanprepolymeren, Reaktion mit Luftfeuchte; zweikomponentig, Aushärtung durch Polyaddition von Polyisocyanaten und Polyalkoholen

Zu den physikalisch trocknenden Systemen zählen polymermodifizierte Bitumenemulsionen und -lösungen sowie wasserlösliche Dispersionen. Diese für die Dachabdichtung nicht gebräuchlichen Stoffe werden im vorliegenden Bericht nicht weiter behandelt.



### **3. Regelwerke für die Abdichtungskombinationen**

Die Regelwerke für die Dachabdichtungen (Flachdachrichtlinie [ZVDH 2008]; nicht genutzte Dächer [DIN 18531]; genutzte Dächer [DIN 18195-5]) beschränken sich im Wesentlichen auf die Beschreibung der Verarbeitung der jeweiligen Produktgruppen (Bitumenbahnen; Kunststoff- und Elastomerbahnen; Flüssigkunststoffabdichtungen). Die Übergänge zwischen Abdichtungsstoffen werden nur hinsichtlich der Verträglichkeit der Werkstoffe untereinander behandelt. Auch Angaben zur Reihenfolge der Verarbeitung werden nicht gegeben. Üblicherweise werden aber Flüssigkunststoffabdichtungen auf bahnenförmige Abdichtungen aufgetragen.

Während bahnenförmige Abdichtungsstoffe i. d. R. genormt sind, dürfen für die Flüssigkunststoffabdichtungen nur solche Produkte verwendet werden, die der Bauregelliste A Teil 2 bzw. Bauregelliste B Teil 1 entsprechen. Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit kann entweder über ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) oder über eine Europäische Technische Zulassung/Bewertung (ETA/ETB) nach ETAG 005 geführt werden.

#### **3.1 Anforderungen an Abdichtungen für nicht genutzte Dächer nach [DIN 18531]**

Es sind Stoffe entsprechend den Anforderungen der [DIN V 20000-201] und der [DIN 18531-2], Tabelle 4 zu verwenden. Flüssig zu verarbeitende Abdichtungen der Gruppe FLK erfordern den Nachweis bestimmter Leistungsstufen der [DIN 18531-2] Anhang A sowie die Einhaltung bestimmter Mindestschichtdicken der Abdichtung (siehe [DIN 18531-3], Tabelle 3). Gemäß [DIN 18531] gelten flüssig zu verarbeitende Dachabdichtungen als einlagige Dachabdichtungen (Anwendungstyp DE). Sie sind der Eigenschaftsklasse E1 zugeordnet.

[DIN 18531] fordert bei Unterlagen mit Stoßfugen, wie z. B. bei Wärmedämmstoffen, Schalungen, und/oder wenn chemische Unverträglichkeiten zwischen diesen Bauteilen bestehen, die Anordnung von Trägerlagen, die aus Stoffen nach [DIN 18531-2] bzw. [DIN 20000-201] herzustellen sind. Die Trägerlage muss hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften dafür geeignet sein, die Lagesicherheit zu gewährleisten. Auch hier wird offensichtlich davon ausgegangen, dass ein dauerhafter Verbund zwischen den Bitumen- bzw. Kunststoffbahnen und den Flüssigkunststoffabdichtungen zustande kommt. Gemäß [DIN 18531] müssen *„die Werkstoffe (...) untereinander dauerhaft verträglich sein“*.

Zu den Übergängen auf bahnenförmige Abdichtungen wird in [DIN 18531-3] in den Kapiteln 6.3.4 bzw. 8.2.1 gefordert:

##### *„6.3.4 Übergänge auf bahnenförmige Abdichtungen*

*Werden Übergänge von flüssig aufzubringenden Abdichtungen auf bahnenförmige Abdichtungen ausgeführt, sind die Materialverträglichkeit, die Haftfestigkeit und die Wasserdichtheit sicherzustellen.“*

##### *„8.2.1 Art der Abdichtung am Anschluss*

*Grundsätzlich ist an Anschlüssen die Abdichtung mit der gleichen Lagenzahl und Stoffart wie in der Dachfläche auszuführen. Werden unterschiedliche Werkstoffe verwendet, so müssen diese für den jeweiligen Zweck geeignet und untereinander dauerhaft verträglich sein. Materialverträglichkeit, Haftfestigkeit und Wasserdichtheit sind sicherzustellen.*

*Bei Übergängen von flüssig aufzubringenden Dachabdichtungen auf bahnenförmige Stoffe muss der Anschluss mindestens 100 mm auf die Bahn geführt werden.“*

### **3.2 Anforderungen an Abdichtungen für genutzte Dächer nach [DIN 18195]**

Flüssigkunststoffe für Bauwerksabdichtungen sind mit den entsprechenden Anforderungen in [DIN 18195-2] Tabelle 9 gelistet. Allerdings enthält die Tabelle auch die Beschränkung, dass diese Stoffe nur verwendbar sind, wenn deren Anwendung in den jeweiligen Teilen der [DIN 18195] geregelt ist.

In dem für die Abdichtung genutzter Dachflächen maßgeblichen Normenteil [DIN 18195-5] ist die Anwendung von Flüssigkunststoffen allerdings bisher nicht geregelt.

Zur Anhaftung auf dem Untergrund wird nach Tabelle 9 des Normenteils [DIN 18195-2] eine Zugfestigkeit von  $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$  gefordert.

### **3.3 Leitlinie für die europäische technische Zulassung für flüssig aufzubringende Dachabdichtungen [ETAG 005]**

Am 24.04.2011 ist die EU-Bauproduktenverordnung zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Bauproduktenrichtlinie in Kraft getreten (bei einer Übergangsfrist bis zum 30.06.2013). Ab dem 01.07.2013 lösen damit die Europäischen Technischen Bewertungen die Europäischen Technischen Zulassungen ab.

Die [ETAG 005] ist die Leitlinie für die Erteilung Europäisch Technischer Zulassungen (ETAs) für flüssig zu verarbeitende Dachabdichtungen. Diese ist derzeit weiterhin die Grundlage für die Erteilung Europäisch Technischer Bewertungen. Sie bildet die Grundlage für die technische Beurteilung der Brauchbarkeit eines Produkts für seinen vorgesehenen Verwendungszweck. [ETAG 005] gilt für baustellenseitig flüssig zu verarbeitende Dachabdichtungen sowohl für nicht genutzte als auch für genutzte Dächer (ausgenommen sind direkt befahrene Parkdächer). Sie legt fest, welche Eigenschaften bei Bausätzen für Flüssigkunststoffabdichtungen auf Dächern zu prüfen und zu klassifizieren sind, damit ein bestimmtes Produkt eine ETA erhält und mit CE-Zeichen in Europa gehandelt werden darf.

Die Hersteller von Flüssigkunststoffabdichtungen sind verpflichtet, die Produktion selbst zu überwachen, ggf. unter Hinzuziehung notifizierter Stellen. Eine Marktüberwachung erfolgt durch stichprobenartige Kontrollen.

Die Leitlinie fordert folgende Prüfungen und Klassifizierungen:

- Flugfeuerbeständigkeit, Klassifizierung nach (prEN 13501-5)
- Brandverhalten, Klassifizierung nach (EN 13501-1)
- Wasserdampfdurchlässigkeit (EN 1931)
- Wasserdichtheit (EOTA TR-003)
- Freisetzung gefährlicher Stoffe
- Widerstand gegenüber Windlast (EOTA TR-005)
- Widerstand gegenüber dynamischem Eindruck (EOTA TR-006)
- Widerstand gegenüber statischem Eindruck (EOTA TR-007)
- Ermüdungswiderstand (EOTA TR-008)
- Tiefe Temperaturen (EOTA TR-006 und TR-013)
- Hohe Temperaturen (EOTA TR-004, TR-007 und TR-009)

- Beständigkeit gegen Wärmealterung (EOTA TR-0119)
- UV-Bestrahlung in Gegenwart von Feuchtigkeit (EOTA TR-010)
- Beständigkeit gegenüber Wasseralterung (EOTA TR-0129)
- Beständigkeit gegenüber Pflanzenwurzeln (prEN 13948)
- Rutschhemmung (EN 13893)

Die Prüfungen werden z. T. an aus dem Produkt hergestellten Prüfstreifen durchgeführt. Die Dauerhaftigkeits- und Nutzungssicherheitsuntersuchungen erfolgen an Systemen, die auf den für die Anwendung vorgesehenen Untergründen aufgebracht sind (Haftzuguntersuchungen) oder auf Untergründen, die nach Herstellerangaben für den betreffenden Bausatz am meisten und am wenigsten zusammendrückbar sind.

Die o. a. Prüfungen untersuchen damit auch den Verbund der Abdichtung zum Untergrund.

Die ETAs sollen Angaben enthalten, für welche Untergründe die flüssig zu verarbeitende Dachabdichtung geeignet ist und wie die Untergründe vorbehandelt werden müssen. In einigen ETAs wird diesbezüglich auf das technische Dossier des Herstellers (TDH) verwiesen, das alle für die Herstellung und Verarbeitung des Produktes sowie die Instandhaltung der daraus hergestellten Dachabdichtung erforderlichen Angaben umfasst und beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) hinterlegt ist.

Im Rahmen der Leitlinie wird davon ausgegangen, dass *die angenommene Nutzungsdauer von zusammengeführten Systemen für den vorgesehenen Verwendungszweck zehn Jahre beträgt* (Anmerkung: W2). *Unter besonderen Umständen, sofern vom Antragsteller gewünscht, kann dieser Zeitraum in fünf (W1) oder 25 Jahre (W3) abgeändert werden.*

*Eine Nutzungsdauer von 25 Jahren darf nur dann angenommen werden, wenn der Antragsteller der Zulassungsstelle Beispiele für einen zufriedenstellenden Einsatz des zusammengeführten Systems über einen Zeitraum von mindestens fünf Jahren in entsprechenden (Klima-)Verhältnissen zur Überprüfung vorlegen kann. Alle Produktspezifikationen und Beurteilungsverfahren müssen dieser erwarteten Nutzungsdauer von 25 Jahren Rechnung tragen.*

In Deutschland ist entgegen dieser Regelung aufgrund der üblich zu erwartenden Nutzungsdauer von Dächern von 25 Jahren ohne gesonderte Vereinbarung von der Dauerhaftigkeit der Klasse W3 auszugehen.

### **3.4 Anforderungen nach der Flachdachrichtlinie [ZVDH 2008] an Abdichtungen genutzter und nicht genutzter Dachflächen**

Die Flachdachrichtlinie im Regelwerk des Zentralverbands des Deutschen Dachdeckerhandwerks enthält sowohl die Fachregeln für Abdichtungen nicht genutzter Dächer (Kapitel 2), welche im Wesentlichen aus DIN 18531 übernommen worden sind, als auch die genutzter Dächer (Kapitel 3). Bei letzteren wird zwischen mäßig beanspruchten Flächen (z. B. Balkone und ähnliche Flächen) und hoch beanspruchten Flächen (z. B. Dachterrassen, intensiv begrünte Flächen oder genutzte, bewitterte Deckenflächen) unterschieden.

Nachfolgend werden die Verarbeitungsregeln und Anforderungen an die Flüssigkunststoffabdichtungen für die unterschiedlichen Nutzungsarten zusammengefasst wiedergegeben. Flüssigkunststoffabdichtungen werden häufig auf bereits vorhandene Dachbahnen appliziert, die dann die Unterlage bilden.

Nach der Flachdachrichtlinie gelten Flüssigkunststoffabdichtungen als einlagige Abdichtung (Anwendungstyp DE, Eigenschaftsklasse E1), die vollflächig anhaftend aufgetragen werden sollen. Es wird aber darauf hingewiesen, dass eine vollflächige Anhaftung unter Baustellenbedingungen nicht immer erzielbar ist, da einzelne z. B. durch Unebenheiten entstehende, geringfügige Fehlstellen nicht ausgeschlossen werden können.

Vor dem Verarbeiten von Flüssigkunststoffabdichtungen ist der Untergrund vorzubehandeln (z. B. Säubern, Grundieren, Anschleifen).

Die Richtlinie enthält weitere Anforderungen an den Untergrund und die Verarbeitungsbedingungen:

*Bei Untergründen aus Beton oder Estrich darf die Feuchtigkeit maximal 6 Gew.-% betragen.*

*Bei der Ausführung der Arbeiten muss die Oberflächentemperatur mindestens 3 Kelvin über der Taupunkttemperatur liegen. Bei Unterschreitung kann sich auf der Oberfläche ein trennend wirkender Feuchtigkeitsfilm bilden.*

*Wenn die in der Flachdachrichtlinie genannten Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit des Untergrundes (z. B. Rauigkeit, Temperatur, Feuchtigkeit) nicht erfüllt werden, sind ggf. Trennlagen oder Trägerlagen, z. B. aus Bitumenbahnen, einzuplanen. Bei Unterlagen aus Holzschalung, Holzwerkstoffen oder unkaschierten Wärmedämmstoffen sollen Trennschichten/-lagen angeordnet werden.*

*Flüssigkunststoffabdichtungen müssen mindestens zweischichtig mit Einlage ausgeführt werden. Das Auftragen kann durch Streichen, Rollen oder Spritzen erfolgen. Als Einlage sind Kunststoffservliese (mindestens 110 g/m<sup>2</sup>) zu verwenden. Die Einlage ist in eine vorgelegte Menge Flüssigkunststoff einzuarbeiten und frisch in frisch vollständig abzudecken, so dass keine sichtbaren Lufteinschlüsse vorhanden sind. Die einzelnen Bahnen der Einlage sollen mindestens 50 mm überlappt werden.*

*Flüssigkunststoffabdichtungen erhärten durch chemische Reaktion. Systemkonforme Zuschläge und andere Zusatzstoffe können beigemischt sein (1 K (Komponenten)-Systeme) oder getrennt geliefert werden (2 K-Systeme). Die für die Verarbeitung zur Verfügung stehende Zeit (Verarbeitungszeit, Topfzeit) vor der Vernetzung ist zeitlich begrenzt.*

*Reaktive Systeme, die mittels Luftfeuchtigkeit erhärten (1-komponentige Polyurethansysteme), benötigen keine zusätzliche Härterkomponente. Bei diesen Systemen wird die Reaktion und damit die Verarbeitungszeit (Topfzeit) durch die Verarbeitungstemperatur bestimmt. Hohe Temperaturen beschleunigen, niedrige Temperaturen verzögern den Härungsverlauf.*

*Bei einigen Systemen sind die Wartezeiten zwischen dem Aufbringen der einzelnen Schichten (Intervallzeit) nach oben und ggf. nach unten begrenzt.*

*Bei Arbeitsunterbrechungen ist ein ausreagierter Übergangsbereich als Untergrund vorzubehandeln.*

*Für nicht genutzte Dächer muss die Dicke der fertigen Flüssigkunststoffabdichtung, für die Anwendungskategorie K1 mindestens 1,8 mm und für die Anwendungskategorie K2 mindestens 2,1 mm betragen, soweit in der Zulassung keine höheren Anforderungen gestellt werden. Dachabdichtungen der Anwendungskategorie K1 mit einer Neigung unter 2 % sind nach K2 zu bemessen.*

*Für genutzte Dächer muss die Dicke der fertigen Flüssigkunststoffabdichtung, sowohl für die mäßige als auch für die hohe Beanspruchung, mindestens 2 mm betragen, soweit in der Zulassung keine höheren Anforderungen gestellt werden.*

Die Verträglichkeit zusammengefügtter Werkstoffe ist generell sicherzustellen.

Die Untergrundvorbereitung, die Art der Flüssigkunststoffabdichtung, die verwendete Einlage und die verarbeiteten Mengen sollten dokumentiert werden.

Die Flachdachrichtlinie fordert zu Detailausbildungen, dass die An- und Abschlüsse aus den gleichen Werkstoffen hergestellt werden sollen wie die Dachabdichtung. Bei der Verwendung unterschiedlicher Werkstoffe müssen diese für den jeweiligen Zweck geeignet und untereinander dauerhaft verträglich sein. Wenn flüssig zu verarbeitende Abdichtungen dauerhaft am Untergrund haften, kann auf die sonst notwendige mechanische Befestigung am oberen Rand verzichtet werden.

Die Richtlinie fordert für Durchdringungen Folgendes:

*„Klebeflansche und Dichtungsmanschetten an Durchdringungen müssen mindestens 0,12 m breit und ggf. mit Voranstrich versehen sein. Der Abstand von Dachdurchdringungen untereinander und zu anderen Bauteilen, z. B. Wandanschlüssen, Bewegungsfugen oder Dachrändern soll mindestens 0,30 m betragen, damit die jeweiligen Anschlüsse fachgerecht und dauerhaft hergestellt werden können. Maßgebend ist dabei die äußere Begrenzung des Flansches. Bei Anschlussflächen/Flanschen muss die Einklebefläche frei von Verunreinigungen und trocken sein.“*

### **3.5 Leitfaden für die Planung und Ausführung von Abdichtungen von Dächern, Balkonen und Terrassen mit Flüssigkunststoffen nach ETAG 005 (Hrsg. Deutsche Bauchemie)**

Der Leitfaden wird als Ergänzung der [DIN 18531] sowie zur Flachdachrichtlinie gesehen. Er beschäftigt sich nicht mit der Abdichtung befahrbarer Flächen mit Flüssigkunststoffen.

Neben den Angaben zur Ausführung wird auch auf Materialkombinationen sowie detailliert auf die Einhaltung der Verarbeitungsanleitungen hingewiesen.

#### *„5.4.7 Materialkombinationen*

*Werden unterschiedliche Werkstoffe verwendet z. B. Flüssigkunststoffe auf Dachbahnen, so müssen diese für den jeweiligen Zweck geeignet und untereinander dauerhaft verträglich sein. Materialverträglichkeit, Haftfestigkeit und Wasserdichtheit sind sicherzustellen.*

*Bei Übergängen von flüssig aufzubringenden Dachabdichtungen auf bahnenförmige Stoffe muss der Anschluss mindestens 100 mm auf die Bahn geführt werden.“*

#### *„6.4 Einhaltung der Verarbeitungsanleitung*

*Die Verarbeitung muss gemäß der Verarbeitungsanleitung des Herstellers insbesondere unter Berücksichtigung folgender Punkte erfolgen:*

- Verarbeitung durch entsprechend geschultes Personal*
- Verarbeitung der einzelnen Komponenten*
- Verarbeitung mit den erforderlichen Werkzeugen und Hilfsstoffen*
- Sicherheitsmaßnahmen während der Verarbeitung*
- Überprüfung der Sauberkeit und Vorbereitung des Untergrundes*
- Einhaltung geeigneter Witterungs- und Aushärtungsbedingungen*
- Sicherstellung der einzuhaltenden Mindestschichtdicke*
- Prüfung während der Verarbeitung und an der fertigen Dachabdichtung und Dokumentation“*

### 3.6 Zusammenfassung

Übergänge von flüssig zu verarbeitenden Abdichtungen auf bahnenförmige werden in den maßgeblichen Regelwerken nur wenig detailliert behandelt. Sie weisen lediglich darauf hin, dass bei der Verwendung unterschiedlicher Werkstoffe diese für den jeweiligen Zweck geeignet und untereinander dauerhaft verträglich sein müssen. In Tabelle 9 der [DIN 18195-2] wird für das Verbundverhalten von FLKs auf einem Untergrund eine Mindesthaftzugfestigkeit von 0,5 N/mm<sup>2</sup> gefordert. Wie das erreicht werden kann und welche weiteren Randbedingungen erfüllt sein müssen, wird nicht ausgeführt.

Im Rahmen der Prüfungen zur Erteilung Europäisch Technischer Bewertungen werden u. a. Haftzugprüfungen an Materialkombinationen durchgeführt. Aus den ETAs geht allerdings nicht eindeutig hervor, auf welchen Untergründen die FLKs jeweils geprüft wurden.

Lediglich die Verarbeitungsanleitungen der Hersteller enthalten Angaben zu geeigneten Untergründen und zu den erforderlichen Untergrundvorbehandlungen. Informationen liegen aber nur für eine begrenzte Auswahl von Untergründen vor. Alle bauüblichen Untergründe können ohnehin nicht von den Herstellern berücksichtigt werden, da bereits kleinere Rezepturanpassungen der Bahnen zu Problemen der Anhaftung von FLKs führen können.

Diese zentrale Problematik muss zukünftig gesondert berücksichtigt werden, solange nicht eindeutige Verhältnisse vorausgesetzt werden können. Bei den Empfehlungen am Ende der vorliegenden Arbeit (Kapitel 8) wird gesondert darauf eingegangen.

## 4. Prüfungen an Materialkombinationen

### 4.1 Einleitung

Im Rahmen der Prüfungen nach [ETAG 005] wird die Haftzugfestigkeit von mit der Unterlage verklebten Systemen überprüft. Die Haftzugfestigkeit muss den vom Antragsteller für den vorgesehenen Untergrund angegebenen Werten (mindestens 50 kPa) entsprechen oder diese übersteigen.

Die Prüfungen geben Anhaltswerte zum Verbund zwischen den Flüssigkunststoffen und fabrikneuen bahnenförmigen Abdichtungsstoffen.

Häufig sollen Flüssigkunststoffabdichtungen (FLK) aber auch im Rahmen von Instandsetzungsmaßnahmen auf verwitterten oder versprödeten Oberflächen von Bahnen eingesetzt werden. Die dauerhafte Klebewirkung kann in solchen Fällen nicht ausreichend zuverlässig vorhergesagt werden. In diesen Fällen bietet sich ein Schnelltest in Anlehnung an [SN 564 281/2:2011] an, der nachfolgend beschrieben ist.

### 4.2 Schälzugprüfung von Hand

Bei der Schälzugprüfung von Hand wird die Qualität des Verbundes zwischen der Flüssigkunststoffabdichtung und der Bahnenabdichtung geprüft. Dazu wird die Flüssigkunststoffabdichtung auf einer Fläche von etwa 100 mm Breite und 300 mm Länge unmittelbar auf der zu prüfenden Dachbahn und auf einer Länge von weiteren ca. 300 mm auf einer Trennlage aufgebracht. Nach einer Aushärtezeit von etwa 24 Stunden wird der Streifenanfang über der Trennlage schonend vom Untergrund gelöst, so dass der Prüfstreifen mit beiden Händen gefasst werden kann. Anschließend wird der Prüfstreifen in Richtung der Verklebung und senkrecht zur Dachbahn von Hand mit möglichst gleichmäßiger Schälgeschwindigkeit (ca. 100 mm/min) vom Untergrund abgeschält.

Die Beurteilung der Schälzugfestigkeit erfolgt über den Kraftaufwand und die Beschaffenheit der Trenn- bzw. Bruchfläche nach folgender Bewertungsskala (siehe Tabelle 4.2-1):

Tabelle 4.2-1: Bewertungsskala für Schälzugprüfungen von Hand nach [SN 564 281/2:2011]

| Bewertungsstufe | Kriterium  |
|-----------------|--|
| 1               | Geringer Kraftaufwand beim Abschälen von Hand (Flüssigkunststoffabdichtung lässt sich praktisch mit einer Hand abziehen). Flüssigkunststoffabdichtung lässt sich vollständig abschälen.<br>Trennung zwischen Flüssigkunststoffabdichtung und Dachbahn. |
| 2               | Mittlerer Kraftaufwand beim Abschälen von Hand (beide Hände notwendig). Flüssigkunststoffabdichtung lässt sich vollständig abschälen.<br>Trennung zwischen Flüssigkunststoffabdichtung und Dachbahn.   |
| 3               | Hoher Kraftaufwand beim Abschälen von Hand. Flüssigkunststoffabdichtung lässt sich nicht vollständig abschälen.<br>Trennung innerhalb der Flüssigkunststoffabdichtung oder in der Dachbahn.  |
| 4               | Flüssigkunststoffabdichtung lässt sich von Hand nicht abschälen. Gegebenenfalls Abriss des Prüfstreifens ohne Ablösung vom Untergrund.   |

Ein ausreichender Verbund zwischen der Flüssigkunststoffabdichtung und der Dachbahn liegt vor, wenn die Bewertungsstufe 3 oder 4 erreicht wird. Bei Einordnung in die Bewertungsstufe 1 oder 2 ist der Verbund ungenügend.

In einem Prüfprotokoll sollen dazu die folgenden Angaben erfasst werden:

- Datum der Prüfung
- Ort/Lage der Prüfstelle
- Lufttemperatur und Oberflächentemperatur des Untergrundes, klimatische Verhältnisse (trocken, Regen, Sonne etc.)
- Bewertung des Verbunds zwischen Flüssigkunststoffabdichtung und Dachbahn gemäß Tabelle 4.2-1
- Beschaffenheit der Trenn- bzw. Bruchfläche
- Datum und Unterschrift

Nach Erfahrung der Hersteller löst sich die Verbindung zwischen Flüssigkunststoff und Dachbahn entweder zeitnah nach dem Aufbringen (d. h. es kommt kein ausreichender Haftverbund zwischen den Stoffen zustande) oder es entsteht eine dauerhafte Verbindung.

Die Ergebnisse eigener Untersuchungen an Objekten und im Rahmen eigener Begutachtungen bestätigen die Erfahrung der Hersteller, dass die Qualität der Anhaftung sich bereits in der Frühphase zeigt und bei der Alterung sich nicht wesentlich ändert. Die zuvor beschriebene Prüfung ermöglicht bei geringem Aufwand gut brauchbare und ausreichend aussagekräftige Ergebnisse zum Haftverbund.

### **4.3 Prüfungen mit dem Schälzuggerät**

Soll die Schälzugfestigkeit quantitativ ermittelt werden, können die Untersuchungen nach [SN 564 281/2:2011] mit dem Schälzuggerät durchgeführt werden. Dieses besteht aus einem Prüfgestell (z. B. Dreibein), einer gelenkigen Aufhängung mit Drehpunkt, einem Kraftaufnehmer, einer Klemmvorrichtung und einem Motor. Im Rahmen der Prüfungen sind drei Prüfstreifen (30 mm x 200 mm; freie Klemmlänge ca. 30 mm x 50 mm; Prüffläche ca. 30 mm x 100 mm) zu prüfen. Sie werden in eine Klemmvorrichtung eingeklemmt und dann unter einem Winkel von  $90^\circ \pm 15^\circ$  mit konstanter Schälzuggeschwindigkeit abgeschält. Während der Prüfung werden die Daten der Kraftmessung mindestens zweimal pro Sekunde erfasst. Gemessen wird während 60 Sekunden bzw. bis zum vollständigen Reißen des Prüfstreifens.

Auch bei der quantitativen Prüfung sind die o. a. Angaben in einem Prüfprotokoll zu erfassen. Darüber hinaus sind besondere Vorkommnisse und Beobachtungen zu protokollieren sowie der Anteil der Brucharten an der Prüffläche des Prüfstreifens auf 10 % genau zu bestimmen, zu dokumentieren (fotografisch) und nach der Bruchart zu klassifizieren.

Prüfungen mit dem Schälzuggerät bieten sich an, wenn die Einflüsse der Alterung wissenschaftlich untersucht werden sollen, da sich hierbei konkrete Prüfwerte miteinander vergleichen lassen. Der Einsatz des Prüfgeräts erfordert aber einen für den Bauablauf ungewöhnlich hohen Aufwand und ist angesichts der gut geeigneten Handmethode zur Prüfung im Baugeschehen nicht unbedingt erforderlich.

## **5. Umfragen**

### **5.1 Vorgehensweise**

Die Praxisbewährung von Übergängen zwischen flüssigen und bahnenförmigen Abdichtungen wurde anhand von Umfragen untersucht. Dabei wurden drei Umfragen unter den im Folgenden aufgeführten Ansprechpartnern durchgeführt.

Zunächst wurden ca. 1.300 Sachverständige für Schäden an Gebäuden und ca. 440 Sachverständige des Dachdeckerhandwerks befragt. Die Adressen wurden der hauseigenen Adressdatei entnommen.

Mit freundlicher Unterstützung des Zentralverbandes des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH) wurde der Fragebogen zusätzlich an Mitgliedsbetriebe des Verbandes weitergeleitet mit der Bitte um Mitarbeit an der Umfrage. Auf diese Weise konnten ca. 300 weitere Firmen angesprochen werden.

Des Weiteren wurden ca. 60 Hersteller von flüssigen (und bahnenförmigen) Abdichtungen angesprochen und gebeten, einen Fragebogen auszufüllen.

### **5.2 Umfrage unter Sachverständigen für Schäden an Gebäuden, des Dachdeckerhandwerks und Mitgliedsbetriebe des ZVDH**

Bei den Umfragen unter Sachverständigen für Schäden an Gebäuden, des Dachdeckerhandwerks und den Mitgliedsbetrieben des ZVDH wurden sowohl positive als auch negative Erfahrungen mit Übergängen von flüssigen auf bahnenförmige Abdichtungen abgefragt (siehe Tabelle 5.2-1). Dabei waren vor allem die bisherigen Nutzungsdauern schadensfreier Konstruktionen von Interesse bzw. die Frage, in welchem Zeitraum Schäden entsprechend den Erfahrungen der Umfrageteilnehmer besonders häufig auftreten. Die Erfahrungen der Verarbeiter geben Aufschluss über Schadensschwerpunkte und die daraus abzuleitenden Kriterien für die Planung, Prüfung und Ausführung von Übergängen, die eine über den Gewährleistungszeitraum hinausgehende Schadensfreiheit erwarten lassen.

Tabelle 5.2-1: Fragebogen an Sachverständige und Mitgliedsbetriebe des ZVDH

|  |
|--|
| <p><b>Erhebungsbogen</b> (Umfrage unter Sachverständigen)</p> <p>Forschungsprojekt: Dauerhaftigkeit von Übergängen zwischen flüssigen und bahnenförmigen Abdichtungen<br/>         Auftraggeber: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn</p> <div style="text-align: right;"> <br/>         S / _ / _       </div>  |
| <p><b>Zutreffendes bitte ankreuzen bzw. ausfüllen!</b></p> <p><input type="checkbox"/> Ich hatte in den vergangenen zwei Jahren <u>keine</u> Objekte zu beurteilen, bei denen Bahnenabdichtungen und Flüssigabdichtungen kombiniert worden sind.</p>   |
| <p><b>(A) Angabe positiver Erfahrungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mir sind <input type="checkbox"/> Objekte bekannt, bei denen keine Schäden durch die Kombination von Bahnenabdichtung und Flüssigabdichtung aufgetreten sind.</li> <li>▪ Welche Rahmenbedingungen müssen Ihrer Meinung nach erfüllt sein, damit diese Materialkombination schadensfrei funktioniert?<br/>         _____</li> <li>▪ Welche Standzeiten weisen die funktionierenden Anschlüsse auf? <input type="text"/> - <input type="text"/> Jahre</li> </ul>  |
| <p><b>(B) Angabe negativer Erfahrungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ In den vergangenen zwei Jahren hatte ich insgesamt <input type="checkbox"/> Objekte zu beurteilen, bei denen Schäden an den Übergängen zwischen Bahnenabdichtungen und Flüssigabdichtungen aufgetreten sind. Dabei handelte es sich bei <input type="checkbox"/> Objekten um Schäden an Instandsetzungen mit Flüssigabdichtungen.</li> <li>▪ Gibt es nach Ihrer Erfahrung Materialkombinationen, die besonders schadensanfällig sind bzw. grundsätzlich nicht funktionieren und wenn „Ja“, welche?<br/> <input type="checkbox"/> Nein<br/> <input type="checkbox"/> Ja, besonders schadensanfällig sind _____</li> <li><input type="checkbox"/> Ja, es ist mir keine Anwendungssituation bekannt, bei dem folgendes System funktioniert hat _____</li> <li>▪ Schäden im Übergangsbereich zwischen Bahnenabdichtungen und Flüssigabdichtungen treten besonders an dauernd durch stehendes Wasser beanspruchten Bereichen auf. <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein</li> <li>▪ Worin liegen die Ursachen für Schäden im Bereich der Übergänge zwischen Bahnenabdichtung und Flüssigabdichtung [Angabe der geschätzten Ursachenanteile in Prozent (10, 20, 30, ... %)]<br/> <input type="checkbox"/> grundsätzlich unzureichende Untergrundvorbehandlung<br/> <input type="checkbox"/> fehlende _____ bzw. falsche Grundierung<br/> <input type="checkbox"/> verwendetes System ist nicht auf die spezielle Anwendungssituation abgestimmt<br/> <input type="checkbox"/> zu geringe Überlappung _____ zu geringe Schichtdicken<br/> <input type="checkbox"/> Nichtbeachtung der Verarbeitungsregeln des Herstellers<br/> <input type="checkbox"/> fehlerhafte bzw. unzureichende Angaben der Hersteller zur Anwendung des Produktes<br/> <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____</li> <li>▪ In welchem Zeitraum treten die Schäden nach Ihren Erfahrungen besonders häufig auf?<br/> <input type="checkbox"/> innerhalb des ersten Jahres nach der Herstellung<br/> <input type="checkbox"/> nach 1 - 4 Jahren <input type="checkbox"/> nach mehr als 4 Jahren</li> <li>▪ Können Sie uns weitere Angaben zu einzelnen Schadensfällen machen?<br/>         (Stichwortartige Darstellung der Schadensfälle auf separatem Papier, ggf. unter Beifügung von Unterlagen.)<br/>         _____</li> <li>▪ Stehen Sie für Rückfragen zur Verfügung? <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja<br/>         Tel.: _____ Mail: _____<br/>         Postanschrift: _____</li> </ul> |
| <p>Für Ihre Bemühungen und Ihr Entgegenkommen danken wir Ihnen sehr.</p>   |

### 5.3 Umfrage unter Herstellern

Die Hersteller von flüssig aufzubringenden Dachabdichtungssystemen wurden insbesondere nach den bei ihren Produkten durchgeführten Prüfverfahren befragt (siehe Tabelle 5.3-1). Dabei war vor allem von Interesse, ob Langzeitprüfungen bzw. dokumentierte Langzeiterfahrungen für den jeweiligen Anwendungsfall existieren. Dabei wurde auch nach der Besichtigungsmöglichkeit von Referenzobjekten mit Mindeststandzeiten von 5 Jahren gefragt. Des Weiteren wurde um Hinweise zu besonderen Verarbeitungsvorschriften und zu Anwendungssituationen gebeten, für die das herstellereigene System nicht geeignet ist.

Tabelle 5.3-1: Fragebogen an Hersteller und Anbieter

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Erhebungsbogen</b> (Umfrage unter Herstellern/Anbietern)</p> <p>Forschungsprojekt: Dauerhaftigkeit von Übergängen zwischen flüssigen und bahnenförmigen Abdichtungen<br/>         Auftraggeber: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn</p>   |  |
| H / _ / _  |  |
| <p>Falls Sie verschiedene Flüssigabdichtungssysteme (LARWK) anbieten, bitten wir Sie, für jedes Ihrer Systeme einen entsprechenden Fragebogen auszufüllen (nach Kopieren der Vorlage).</p>   |  |
| <p>(1) Fragebogen zum Produkt (LARWK) (Name des Produkts): _____<br/>         (Angaben zur Stoffgruppe) _____<br/>         (Möglichst Bezeichnung der Abdichtung nach DIN 18531-2:2010-05, Abschnitt 4.5)</p>  |  |
| <p>(2) Wurde eine spezielle Prüfung für den Übergang der Bahnenabdichtung zur Flüssigabdichtung durchgeführt?<br/> <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja (Sofern ein Prüfbericht vorliegt, bitten wir Sie, uns diesen zur Verfügung zu stellen.)</p>                             |  |
| <p>(3) Gibt es Langzeituntersuchungen zu diesen Übergängen? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein<br/>         Sofern Langzeituntersuchungen vorliegen, bitten wir Sie, uns die Unterlagen zur Verfügung zu stellen.</p>   |  |
| <p>(4) Welcher Nutzungsdauer nach ETAG wird diese Kombination zugeordnet? <input type="checkbox"/> W1 <input type="checkbox"/> W2 <input type="checkbox"/> W3</p>  |  |
| <p>(5) Wie sind die Übergänge an bahnenförmige Abdichtungsstoffe auszubilden<br/>         (Mindestüberlappung, Vorbereitung des Untergrundes)?<br/>         (Weiterführende Angaben können gerne formlos auf ein zusätzliches Blatt geschrieben werden.)</p> <p>_____</p>                            |  |
| <p>(6) Auf welchen Untergründen ist das Material nicht bzw. nur eingeschränkt einsetzbar? Welche Vorbehandlungen sind erforderlich?<br/>         (Weiterführende Angaben können gerne formlos auf ein zusätzliches Blatt geschrieben werden.)</p> <p>_____</p>                                       |  |
| <p>(7) Dürfen die Übergänge zwischen Ihrem Produkt und den bahnenförmigen Abdichtungen ständig von Wasser überstaut werden? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein</p>  |  |
| <p>(8) Welche klimatischen Randbedingungen müssen beim Einbau des o. a. Produkts zwingend eingehalten werden?<br/>         Temperatur: _____ Luftfeuchte: _____ Witterungsbedingungen allg.: _____<br/>         Sonstige Angaben _____</p>   |  |
| <p>(9) Erfordert die Verarbeitung speziell geschulte Mitarbeiter? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein</p>  |  |
| <p>(10) Welchen Einfluss hat der Alterungszustand vorhandener Abdichtungsbahnen _____</p> <p>_____</p>   |  |
| <p>(11) Gibt es die Möglichkeit, Referenzobjekte mit einer Standzeit von mindestens 5 Jahren zu besichtigen?<br/> <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja Standort: _____<br/>         Kontakt: _____</p>  |  |
| <p>Bitte senden Sie uns die entsprechenden Technischen Dossiers (TDH) zu dem o. g. Produkt zu.<br/>         Sofern der Platz nicht ausreicht können Sie uns Ihre Angaben auch auf zusätzlichen Blättern zusenden.<br/>         Für Ihre Bemühungen und Ihr Entgegenkommen danken wir Ihnen sehr.</p> |  |

## 5.4 Auswertung der Umfragen unter Sachverständigen für Schäden an Gebäuden und des Dachdeckerhandwerks

### 5.4.1 Angaben zur Schadensverteilung und -häufigkeit

Im Rahmen der Umfrage unter Sachverständigen für Schäden an Gebäuden und des Dachdeckerhandwerks konnten 197 Fragebögen (dies entspricht einem Rücklauf von 11,3 %) ausgewertet werden. Von den 197 Sachverständigen gaben 113 Teilnehmer an, dass sie in den vergangenen zwei Jahren keine Objekte zu beurteilen hatten, bei denen Übergänge von Flüssigkunststoffabdichtungen auf Bahnen ausgeführt wurden. 84 Sachverständige (4,8 % aller Befragten) konnten Angaben zu insgesamt 1.086 Objekten mit solchen Übergängen machen.

Die Sachverständigen gaben an, dass bei der Begutachtung von 872 Objekten (ca. 80 %) keine Schäden bei den Übergängen aufgetreten sind oder näher zu begutachten waren. Die Sachverständigen hatten demnach in ca. 20 % der Fälle (214 Objekte) Schäden im Übergangsbereich zu beurteilen.

Sie wurden weiterhin nach dem Zeitpunkt des Schadenseintritts nach Fertigstellung des Gebäudes gefragt. Hierzu konnten 59 Sachverständige eine Aussage machen. 49 Sachverständige sind der Ansicht, dass die meisten Schäden (83 %) innerhalb der ersten vier Jahre nach Fertigstellung des Gebäudes auftreten (siehe Tabelle 5.4-1).

Tabelle 5.4-1: Zeitliche Verteilung des Schadenseintritts

| <b>Zeitpunkt des Schadenseintritts nach Fertigstellung des Gebäudes<br/>nach Einschätzung der befragten Sachverständigen</b> |                            |                                 |
|--|----------------------------|---------------------------------|
| <b>innerhalb des 1. Jahres</b>   | <b>nach 1 bis 4 Jahren</b> | <b>nach 4 Jahren und später</b> |
| 17 Nennungen (29 %)  | 32 Nennungen (54 %)        | 10 Nennungen (17 %)             |
| 49 Nennungen (83 %)  |                            |                                 |

#### 5.4.2 Angaben zu den Schadensursachen

Die Frage nach dem Einfluss von stehendem Wasser im Bereich des Übergangs auf die Zuverlässigkeit des Anschlusses ergab, dass 54 % der befragten Sachverständigen der Ansicht sind, dass Schäden nicht besonders häufig in dauernd durch Wasser beanspruchten Bereichen auftreten (siehe Tabelle 5.4-2).

Tabelle 5.4-2: Bedeutung des Einflusses von stehendem Wasser im Übergangsbereich

| <b>Werden Schäden durch stehendes Wasser im Anschlussbereich verursacht?</b> |                     |
|--|---------------------|
| <b>Ja</b>  | <b>Nein</b>         |
| 21 Nennungen (46 %)  | 25 Nennungen (54 %) |

Auch die Frage nach besonders schadensanfälligen Materialkombinationen führte zu keiner eindeutigen Aussage. 17 Sachverständige vertreten die Ansicht, dass es keine besonders anfälligen Materialkombinationen gibt. Von 31 Sachverständigen werden zwar Angaben zu ihrer Ansicht nach problematischen Materialkombinationen gemacht. Bei der weiteren Umfrageauswertung lässt sich aber kein besonderer Schwerpunkt hinsichtlich bestimmter Materialkombinationen erkennen. Mehrfach (vier Mal) genannt werden Probleme beim Anschluss von Flüssigkunststoffabdichtungen auf besandete bzw. beschieferte Bitumenbahnen.

Tabelle 5.4-3: Ursachenverteilung für mögliche Schäden

| Mögliche Ursachen für Schäden im Bereich der Übergänge zwischen Bahnenabdichtungen und Flüssigkunststoffabdichtungen |             |
|--|-------------|
| <b>Grundsätzlich unzureichende Untergrundvorbehandlung</b>   | <b>36 %</b> |
| Fehlende Grundierung   | 24 %        |
| Falsche Grundierung  | 23 %        |
| Das verwendete System ist nicht auf die spezielle Anwendungssituation abgestimmt.                                    | 21 %        |
| Die Materialien weisen eine zu geringe Überlappung auf.  | 20 %        |
| <b>Die Materialien weisen eine zu geringe Schichtdicke auf.</b>  | <b>36 %</b> |
| <b>Die Verarbeitungsregeln der Hersteller wurden nicht beachtet.</b>   | <b>37 %</b> |
| Die Angaben der Hersteller zur Anwendung des Produkts sind fehlerhaft bzw. unzureichend.                             | 17 %        |

Nach Aussagen der befragten Sachverständigen ist zu 36 % die falsche Vorbehandlung des Untergrunds schadensursächlich, insbesondere eine für diese Situation fehlende bzw. ungeeignete Grundierung. In vergleichbarer Größenordnung wird das Schadensrisiko durch eine zu gering aufgebrachte Materialschichtdicke (36 %) bzw. die Nichtbeachtung der Verarbeitungsregeln der Hersteller (37 %) eingeschätzt. In der Regel werden die Angaben der Hersteller in den Verarbeitungsvorschriften als ausreichend angesehen (siehe Tabelle 5.4-3).

Tabelle 5.4-4: Empfehlungen zur Schadensvermeidung (Angaben von 79 Sachverständigen)

| Themengruppe                       | Differenzierung   | Anzahl                            | Σ  |             |
|------------------------------------|---|-----------------------------------|----|-------------|
| Materialverträglichkeit            | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Materialkombination, Materialverträglichkeit untereinander sicherstellen</li> <li>· Materialverträglichkeit Kunststoff ./ Bitumen sicherstellen</li> <li>· Lösemittelbasis der FLK beachten</li> </ul>   | 15<br>1<br>1                      | 17 | <b>22 %</b> |
| Verarbeitung                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>· nur durch geschultes Personal, gute Handwerker</li> <li>· sorgfältige handwerkliche Ausführung</li> <li>· ausreichende Schichtdicke</li> <li>· Einhaltung der Verarbeitungsvorschriften der Hersteller</li> <li>· kein Auftrag durch Streichen</li> <li>· ausreichende Vlieseinbettung</li> <li>· gute Bauleitung</li> </ul>   | 18<br>6<br>3<br>15<br>1<br>3<br>2 | 48 | <b>61 %</b> |
| Untergrundvorbehandlung            | <ul style="list-style-type: none"> <li>· ausreichende Untergrundvorbehandlung, Grundierung</li> <li>· Einhaltung der Grundierungsvorschriften der Hersteller</li> <li>· ausreichende Menge an Bindemittel</li> <li>· Beschieferung von Bitumenbahnen vollständig entfernen</li> <li>· Reinigung der Oberflächen (z. B. Fensterrahmen)</li> <li>· Abstimmung der Grundierung auf die Anschlussflächen</li> </ul> | 21<br>3<br>1<br>2<br>1<br>1       | 29 | <b>37 %</b> |
| Untergrundbeschaffenheit           | <ul style="list-style-type: none"> <li>· raue Oberfläche</li> <li>· trocken</li> <li>· sauber (durch Grundierung nicht zu ersetzen)</li> <li>· keine Feuchtigkeit im Untergrund</li> <li>· Ausführung auf beschieferten Bahnen vermeiden</li> </ul>   | 6<br>8<br>13<br>1<br>1            | 29 | <b>37 %</b> |
| Alkalibeständigkeit                |   | 1                                 | 1  | <b>59 %</b> |
| Witterungsverhältnisse             | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Beachtung der Witterungsverhältnisse</li> <li>· trocken</li> <li>· Einhaltung der zul. Lufttemperaturen während der Verarbeitung</li> </ul>  | 12<br>8<br>11                     | 31 |             |
| Art des Materials                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· nur PUR-2K oder PUR-1K</li> <li>· nur Bitumenbahnen</li> <li>· bei Kunststoffbahnen genaue Kenntnis des Materials</li> </ul>   | 1<br>1<br>1                       | 3  |             |
| Überlappungsbreite der Materialien | <ul style="list-style-type: none"> <li>· ausreichend</li> </ul>   | 3                                 | 3  |             |
| Details                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>· hoch liegende Anschlüsse</li> <li>· Planung der Anschlüsse</li> <li>· ausreichendes Gefälle</li> </ul>   | 1<br>1<br>1                       | 3  |             |
| Produkt                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Verwendung geprüfter Produkte</li> </ul>   | 1                                 | 1  |             |
| Beanspruchung                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Definition der Beanspruchung</li> <li>· Berücksichtigung der Beanspruchung</li> <li>· ausreichende Rissüberbrückung</li> <li>· Schutz vor mechanischer Beanspruchung</li> <li>· Schutz vor direkter Bewitterung</li> </ul>   | 1<br>1<br>1<br>1<br>1             | 5  |             |

Die wesentliche Voraussetzung für die Zuverlässigkeit der Übergänge von Flüssigkunststoffabdichtungen auf Dachbahnen ist nach Einschätzung der befragten Sachverständigen (58 Nennungen) die Untergrundbeschaffenheit (37 %) und eine geeignete Untergrundvorbehandlung (37 %). In diesem Kontext ist auch der Hinweis der Sachverständigen zu verstehen, dass die Verarbeitung der Flüssigkunststoffabdichtungen nur durch professionell geschulte Verarbeiter/Handwerker bei genauer Einhaltung der Verarbeitungsvorschriften des Herstellers erfolgen sollte (48 Nennungen, 61 %).

Ungeeignete Witterungsbedingungen während der Verarbeitung werden von 39 % der befragten Sachverständigen als eine mögliche Schadensursache angegeben. Als besonders problematisch werden dabei vor allem zu hohe Temperaturen eingestuft.

## 5.5 Auswertung der Umfrage unter den Mitgliedsbetrieben des ZVDH

### 5.5.1 Angaben zur Schadensverteilung und -häufigkeit

Auf Basis der Umfrage, die über den Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH) an Mitgliedbetriebe des Verbandes weitergeleitet wurde, konnten 33 Fragebögen ausgewertet werden. Der versendete Fragebogen entspricht inhaltlich dem Fragebogen an die Sachverständigen (siehe Tabelle 5.2-1).

Den Sachverständigen des Dachdeckerhandwerks bzw. Vertretern der Mitgliedsbetriebe sind insgesamt 490 Objekte bekannt, die keine Schäden im Bereich der Übergänge zwischen Bahnen- und Flüssigkunststoffabdichtungen aufweisen. Die Standzeit dieser Objekte beträgt im Durchschnitt 3 bis 8,5 Jahre. Sieben Teilnehmer der Umfrage hatten in den vergangenen zwei Jahren keine Objekte zu beurteilen, bei denen die im vorliegenden Bericht untersuchten Übergänge ausgeführt wurden.

Zu 60 Objekten mit schadhafte Übergängen wurden nähere Angaben gemacht. Bei der Hälfte der Schadensfälle waren die Übergänge bei Instandsetzungen an den Dachabdichtungen ausgeführt worden. In 82 % der Fälle traten die Schäden innerhalb der ersten vier Jahre nach Fertigstellung des Gebäudes auf.

### 5.5.2 Angaben zu den Schadensursachen

Dauerhaft durch stehendes Wasser beanspruchte Übergänge werden von 33 % der Umfrageteilnehmer als besonders schadensanfällig angesehen.

Gut ein Drittel der Dachdecker sind der Auffassung, dass es keine besonders schadensanfälligen Materialkombinationen gibt. In fünf Fällen werden die Anschlüsse an bituminöse Bahnen, insbesondere an besplittete Bahnen, hervorgehoben.

Die wesentliche Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit des Anschlusses zwischen Flüssigkunststoffabdichtung (FLK) und Dachbahnen ist nach Angabe der Umfrageteilnehmer eine ausreichende und fachgerechte Vorbehandlung des Untergrunds, der ggf. mit einer geeigneten Grundierung zu versehen ist. Auch die Nichtbeachtung der Verarbeitungsregeln führt nach Ansicht der Befragten zu Schäden (26 % der Nennungen).

## 5.6 Auswertung der Umfrage unter Herstellern

Von den im Rahmen der Umfrage angeschriebenen 45 Anbietern von Flüssigkunststoffabdichtungen haben sich elf Firmen an der Umfrage beteiligt und auf die Anfrage geantwortet.

Dabei gaben vier Firmen an, dass sie Produkte auf der Basis von **PUR-1K** (einkomponentig, aus Polyurethanprepolymeren, Reaktion mit Luftfeuchte) herstellen. Davon führen drei Firmen Haftfestigkeitsprüfungen zu den Übergängen zwischen FLK und Dachbahnen durch, allerdings keine Langzeituntersuchungen. Ein Hersteller hat zu diesem Thema keine Angaben gemacht. Als Nutzungsdauer für die FLK in der Fläche geben alle Firmen 25 Jahre (Kategorie W3 nach ETAG 005) an. Die Mindestüberlappung zwischen FLK und Dachbahn soll entsprechend den Angaben einer Firma 5 cm (sofern dies nicht im Widerspruch zu Forderungen des Bahnenherstellers steht) und von zwei Firmen 10 cm betragen.

Die Anforderungen an den Untergrund und die Rahmenbedingungen vor Aufbringen der FLK sind vor allem ein trockener Untergrund und das Ausschließen von Feuchtebelastung während des Einbaus. Die

Außentemperaturen müssen über 5 °C liegen; ein Hersteller gibt zusätzlich einen oberen Grenzwert von 30 °C Lufttemperatur an. Des Weiteren muss der Untergrund tragfähig, sauber, trocken, öl- und fettfrei sowie frei von haftvermindernden Stoffen sein. Unter Umständen sind die Vorbehandlung mit einer Grundierung und/oder das Anschleifen der Fläche erforderlich. Folgende Untergründe sind nach Aussage der Hersteller für den Auftrag einer FLK aus PUR-1K nicht geeignet: Polystyrol, Kunststoffbahnen oder Beläge mit bituminösen Anteilen. Das Überstauen der Anschlüsse mit Wasser stelle kein grundsätzliches Problem dar.

Zwei Firmen geben an, dass die Arbeiten nur durch speziell geschulte Mitarbeiter ausgeführt werden sollten.

Vier Firmen haben Produktinformationen zur Verfügung gestellt, die auf der Basis von **PUR-2K** (Aushärtung durch Polyaddition von Polyisocyanaten und Polyalkoholen) hergestellt werden. Zwei Firmen führen spezielle Prüfungen zur Haftfestigkeit zwischen Übergängen von Dachbahnen und FLK durch. Bei diesen Firmen gibt es außerdem Langzeituntersuchungen zu den Übergängen in Form von internen Tests. Die Nutzungsdauer nach ETAG beträgt in einem Fall 10 Jahre (Kategorie W2) und sonst 25 Jahre (Kategorie W3). Angaben zur Mindestüberlappung der Systeme werden nur von einer Firma gemacht. Sie fordert eine Mindestüberlappung von mindestens 20 cm. Die Außentemperaturen beim Aufbringen der FLK sollten nach Aussage der Hersteller nicht unter 5 °C liegen und maximal 35° bzw. 40 °C betragen. Die Temperatur des Untergrundes muss 3 K über dem Taupunkt liegen. Die maximale Luftfeuchtigkeit darf 80 (85) % nicht überschreiten. Ein Hersteller fordert zusätzlich eine Mindestluftfeuchtigkeit von 40 %. Während der Verarbeitung müssen trockene Witterungsbedingungen herrschen. Außerdem sollten die Arbeiten nur durch geschulte Mitarbeiter ausgeführt werden. Die Ansichten über den Einfluss des Alterungszustandes des Untergrundes variieren. Ein Hersteller hält den Einfluss für sehr groß, ein anderer sieht darin keinen Einfluss und bei den weiteren Firmen werden dazu keine Angaben gemacht.

Zwei Firmen, die sich an der Umfrage beteiligt haben, stellen Produkte auf der Basis von **PMMA** (zweikomponentig, aus Methacrylsäureestern, Reaktion durch Polymerisation) her. Sie führen spezielle Prüfungen zur Haftzufestigkeit des Übergangs zwischen Dachbahnen und FLK durch. Langzeituntersuchungen werden von einer Firma veranlasst. Die Nutzungsdauer der FLK in der Fläche wird von diesem Hersteller mit 25 Jahren (Kategorie W3 nach ETAG) angegeben. Folgende Untergründe sind für den Anschluss mit PMMA ungeeignet: TPO/FPO, PP, PE, ECB. Die Funktionsfähigkeit der Verbindung zwischen PMMA und EPDM-Bahnen muss durch Einzelprüfung im Vorfeld getestet werden. Die Lufttemperatur darf laut den Angaben eines Herstellers nicht unter -5 °C liegen. Der andere Hersteller fordert mindestens 5 °C Lufttemperatur. Der Untergrund muss außerdem trocken sein. Der Verbund zwischen FLKs und Dachbahnen, die bereits seit längerer Zeit auf dem Dach liegen, kann unter Umständen durch Patinabildung auf der Fläche nicht problemlos funktionieren. Haftfestigkeitsprüfungen auf der vorhandenen Bahn sollten daher im Vorfeld durchgeführt werden. Die Herstellung der Anschlüsse sollte durch geschulte bzw. speziell eingewiesene Verarbeiter erfolgen.

Zwei Hersteller von Produkten auf Basis von **UP** (zweikomponentig, aus in Styrol gelösten Polykondensaten, Reaktion durch Vernetzung der ungesättigten Anteile und Copolymerisation mit Styrol) machten keine Angaben zu speziellen Prüfungen zu den Übergängen zwischen FLK aus UP und Dachbahnen. Ein Hersteller sichert eine Nutzungsdauer von 25 Jahren (Kategorie W3) für die Anwendung der FLK in der Fläche zu. Die Überlappung zwischen den Materialien muss mindestens 10 cm betragen. Der Untergrund muss vor dem Auftrag aufgeraut und gereinigt werden. Die Lufttemperatur darf nicht unter -5 °C sinken.

## 6. Varianten der Übergänge

Bei der Untersuchung ausgeführter Übergänge von FLKs auf Dachbahnen an Dachrändern etc. wurden unter Berücksichtigung der Gefällesituation die in der Folge dargestellten neun Varianten festgestellt (Bild 6.1-1 und Bild 6.2-1). Der Übergang kann sowohl horizontal in der Fläche, als auch senkrecht an der Aufkantung liegen.

### 6.1 Liegende Übergänge

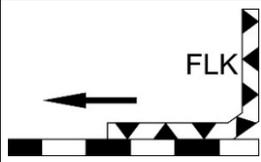
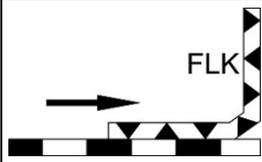
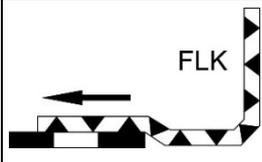
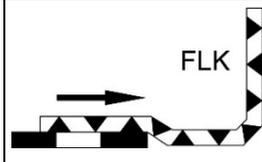
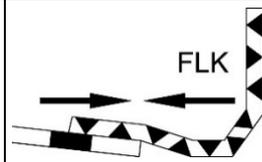
|  |   |   |  |   |
|--|---|---|--|---|
|   |  |    |  |  |
| <b>I.1a</b><br>Die Dachbahn endet an der Kante des Anschlusses. Die FLK ist auf den Dachbahnenrand geführt. Das Gefälle ist von der Kante weg gerichtet. | <b>I.1b</b><br>Wie I.1a, jedoch mit Gefälle zum Anschluss.                        | <b>I.2a</b><br>Die Dachbahn endet vor der Aufkantung. Im Bereich des Abschlusses der Dachbahn befindet sich auch bei Gefälle von der Kante wegführend i. d. R. ein konstruktiv bedingtes geringes Gegengefälle. | <b>I.2b</b><br>Wie I.2a, jedoch mit Gefälle zum Anschluss.                         | <b>I.2c</b><br>Wie I.2b, jedoch Gegengefälle am Anschluss.                          |

Bild 6.1-1: Prinzipskizzen zur Lage der Übergänge zwischen Flüssigkunststoffabdichtung und Bahnen bei liegenden Übergängen

### 6.2 Stehende Übergänge

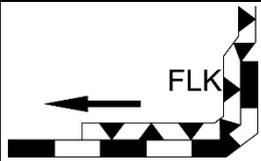
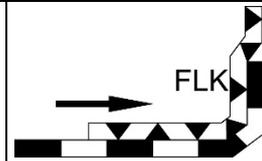
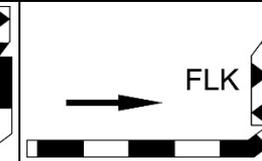
|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
|    |  |  |  |
| <b>II.1a</b><br>Die Bahn ist einige Zentimeter aufgekantet, der Übergang liegt sowohl in der Senkrechten, als auch in der Waagerechten. | <b>II.1b</b><br>Wie II.1a, jedoch Gefälle zum Anschluss.                            | <b>II.2a</b><br>Wie II.1a, jedoch liegt der Übergang nur in der Senkrechten.        | <b>II.2b</b><br>Wie II.2a, jedoch Gefälle zum Anschluss.                             |

Bild 6.2-1: Prinzipskizzen zur Lage der Übergänge zwischen Flüssigkunststoffabdichtung und Bahnen bei stehenden Übergängen



## 7. Untersuchungen

### 7.1 Schadensbeispiele aus Gutachten

#### 7.1.1 Einleitung

Im AIBAU tätige Sachverständige haben bei eigenen Begutachtungen Schadensfälle im Übergangsbereich zwischen Dachbahnen und Flüssigkunststoff-Abdichtungen (FLK) ausgewertet. Die wesentlichen Fragestellungen der Gutachten betrafen i. d. R. nicht die Übergänge, so dass nicht alle in diesem Zusammenhang interessanten Detailinformationen zur Verfügung standen. Einige typische Schadensfälle sind nachfolgend dokumentiert.

#### 7.1.2 Dachfläche eines Wohngebäudes



Bild 7.1-1: Übersichtsfoto



Bild 7.1-2: Kein Ablösen und Aufkräuseln der FLK im nicht von Wasser überstauten Bereich (Pfeil)



Bild 7.1-3: Ablösen und Aufkräuseln der FLK im ausgetrichenen Bereich außerhalb der in der FLK eingebetteten Vlieseinlage

#### Allgemeine Angaben zur Situation:

- zweigeschossiges Wohngebäude
- Flachdachkonstruktion mit mehreren Niveauunterschieden

#### Schichtenfolge in der Fläche:

- Kunststoffdachbahn
- weitere Schichtenfolge nicht bekannt

Ausführungsjahr der Abdichtung in der Fläche: 2008

Ausführungsjahr der FLK-Anschlüsse: 2008

Begehungszeitpunkt: 2013

Wasserführung und Anschluss im Übergangsbereich:



II.1b

Teilbereiche des Übergangs sind überstaut.

Bei diesem Fall handelt es sich um das Flachdach eines Wohngebäudes. Die Dachfläche ist mit Kunststoffdachbahnen abgedichtet. Nähere Angaben zu den verwendeten Materialien liegen nicht vor. Die Anschlüsse an Lüftungsrohre, Dachabläufe und Notentwässerung (siehe Bild 7.1-1) sind mit einer FLK hergestellt worden. Das Material ist ca. 2 cm seitlich über die Vlieseinlage hinweg ausgestrichen worden. Die Überdeckungsbreite zwischen Kunststoffdachbahn und FLK wurde nicht dokumentiert. Im Bereich des nebeneinander angeordneten Dachablaufs und der Notentwässerung zeigen Verkrustungen und Wasserränder, dass hier häufiger Wasser steht und verdunstet. Nur in diesen zeitweise mit Wasser überstauten Zonen löst sich das über das Vlies hinaus ausgestrichene Material vom Untergrund ab (siehe Bild 7.1-3).

Nach Angabe der Nutzer ist dieses Erscheinungsbild innerhalb der ersten zwei Jahre nach der Ausführung aufgetreten. Die Ablösungen haben nicht zu Feuchtigkeitsschäden im darunter liegenden Geschoss geführt.

### 7.1.3 Mehrgeschossiges Wohngebäude



Bild 7.1-4: Übersicht, Anschlusssituation des Ablaufs im Bereich der Fassade



Bild 7.1-5: Anschluss an den Ablauf und den Fassadensockel mit FLK



Bild 7.1-6: Ende der Vlieseinlage (Pfeil) der FLK

#### Allgemeine Angaben zur Situation:

- achtgeschossiges Mehrfamilienwohnhaus
- untersuchter Ablauf auf einem Stahlbetonbalkon unmittelbar im Anschluss an den Fassadensockel

#### Schichtenfolge in der Fläche:

- beschieferte Polymerbitumenbahn (abschließender Belag war noch nicht aufgebracht)

#### Flüssigkunststoffabdichtung:

- im Anschlussbereich von Ablauf und Fassadensockel, FLK auf Basis von PMMA

Ausführungsjahr der Abdichtung in der Fläche: 2012

Ausführungsjahr der FLK-Anschlüsse: 2012

Begehungszeitpunkt: 2012

Wasserführung und Anschluss:



Übergang befindet sich im Wasserfluss.

Der untersuchte Anschluss zwischen FLK und beschieferte Polymerbitumenbahn liegt im Bereich eines Balkons aus Stahlbeton eines achtgeschossigen Mehrfamilienwohnhauses, welches sich zur Zeit der Begehung noch im Rohbau befand. Die Abläufe der vorgelagerten Balkone liegen im Abstand von ca. 8 cm zur Fassade. Die beschieferte Polymerbitumenbahn wurde im Bereich des Ablaufs großflächig ausgespart. Der Anschluss zwischen dem Ablauf und der Abdichtung in der Fläche ist mit einer FLK-Abdichtung aus PMMA hergestellt worden. Die Flüssigkunststoffabdichtung ist im Bereich des Ablaufs auf den aus der Abdichtungsebene herausgehobenen Fassadenfußpunkt bis auf die senkrechte Fassadenfläche geführt. Die Flüssigkunststoffabdichtung ist im Bereich des Fassadensockels auf die Dachbahn in einer Breite von ca. 5 cm mit einer Vlieseinlage versehen (siehe Bild 7.1-6). Die FLK weist im Übergangsbereich zum Ablauf keine Vlieseinlage auf. Diese Ausführung ist zu bemängeln, weil die FLK zu dünn und ohne Vlieseinlage nicht dauerhaft ist. Es ist damit zu rechnen, dass die FLK sich zeitnah ablösen wird.

### 7.1.4 Büro- und Geschäftsgebäude



Bild 7.1-7: Übersichtsfoto, Anschlüsse im Türschwellenbereich



Bild 7.1-8: Ablösungen vom Untergrund an mehreren Stellen



Bild 7.1-9: Großflächige Ablösung der FLK vom Untergrund

#### Allgemeine Angaben zur Situation:

- Türanschlüsse im Bereich eines geschlossenen Innenhofs von einem mehrgeschossigen Büro- und Geschäftsgebäude

#### Schichtenfolge in der Fläche:

- beschieferte Polymerbitumenbahn

#### Flüssigkunststoffabdichtung:

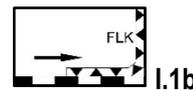
- Produktgruppe der FLK ist nicht bekannt.

Ausführungsjahr der Abdichtung in der Fläche: 2000

Ausführungsjahr der FLK-Anschlüsse: 2000

Begehungszeitpunkt: 2004

Wasserführung und Anschluss:



Übergang befindet sich im Wasserfluss, teilweise massiver Wasserstau, da die Fläche nicht notentwässert werden kann, z. B. über einen freien Rand.

Die Türanschlüsse liegen im Bereich eines Innenhofs eines mehrgeschossigen Büro- und Geschäftsgebäudes. Die Entwässerung der Innenhoffläche erfolgt ausschließlich über Bodenabläufe. Bei Starkregenereignissen kann sich Wasser aufstauen.

Die Flüssigkunststoffabdichtung wurde ca. 20 bis 30 cm auf der Dachbahn in der Fläche fortgeführt. Die FLK wurde über die Vlieseinlage sehr unregelmäßig 0 bis ca. 3 cm ausgestrichen.

Die FLK hat sich von der beschieferten Dachbahn großflächig abgelöst.

Schadensursache ist die fehlende Untergrundvorbehandlung vor Ausführung der Arbeiten. Die beschieferte Polymerbitumenbahn ist nicht durch Abkehren ausreichend von losen Bestandteilen gereinigt worden. Außerdem wurde keine systementsprechende Grundierung aufgetragen. Massive Durchfeuchtungserscheinungen im angrenzenden Fußbodenaufbau waren die Folge.

### 7.1.5 Flachdach eines eingeschossigen Atriumwohnhauses



Bild 7.1-10: Übersichtsfotos, Anordnung der Dachentlüfter



Bild 7.1-11: Anschluss an die Dachentlüfter mit FLK



Bild 7.1-12: Ablösung der FLK im Randbereich

#### Allgemeine Angaben zur Situation:

- Einfamilienhaus mit Atrium
- Dachentlüftern mit FLK eingedichtet

#### Schichtenfolge in der Fläche:

- beschieferten Bitumendachbahnen

#### Flüssigkunststoffabdichtung:

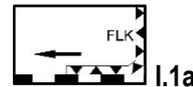
- auf Basis von PMMA

Ausführungsjahr der Abdichtung in der Fläche: 2007

Ausführungsjahr der FLK-Anschlüsse: 2007

Begehungszeitpunkt: 2007

Wasserführung und Anschluss:



Übergänge befinden sich teilweise im Wasserfluss.

Bei der untersuchten Flachdachfläche eines Einfamilienhaus sind eine Vielzahl von Dachentlüftern angeordnet, die mit FLK auf Basis von PMMA abgedichtet wurden (siehe Bild 7.1-10). Die Dachfläche ist mit beschieferten Bitumendachbahnen abgedichtet. Die FLK wurde ca. 15 bis 20 cm auf die Dachbahn geführt und ist mit einer Vlieseinlage versehen. Das Material ist ca. 1 bis 2 cm seitlich über das Vlies hinaus ausgestrichen worden.

An den Rändern der FLK zur Bitumendachbahn spaltete sich die beschieferte Dachbahn auf (siehe Bild 7.1-12). Die FLK riss dabei den oberen Teil der Dachbahn mit ab. Die Ablösungen traten ausschließlich in Zonen ohne Vlieseinlage auf. Schälzugversuche von Hand führten nicht zu weiteren Ablösungen. Durchfeuchtungserscheinungen auf Grund dieser Ablösungen sind nicht festgestellt worden.

### 7.1.6 Einfamilienhaus, Dachterrasse



Bild 7.1-13: Übersicht der Dachterrasse nach Entfernung des Plattenbelages



Bild 7.1-14: Übergang zwischen FLK und Dachbahn ist mit Wasser überstaut



Bild 7.1-15: Anschlusssituation an die Türschwelle ohne Plattenbelag

#### Allgemeine Angaben zur Situation:

- Dachterrasse eines Einfamilienhauses

#### Schichtenfolge in der Fläche:

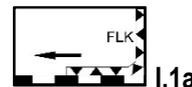
- in der Fläche beschieferte Polymerbitumenbahn
- Kiesbett
- Betonplattenbelag

Ausführungsjahr der Abdichtung in der Fläche: 2011

Ausführungsjahr der FLK-Anschlüsse: 2011

Begehungszeitpunkt: 2012

Wasserführung und Anschluss:



I.1a

Übergang befindet sich im Wasserfluss, Dachterrasse hat kein geplantes Gefälle, zeitweise stehendes Wasser

In den an die Dachterrasse angrenzenden Wohnräumen sind erhebliche Durchfeuchtungsschäden aufgetreten.

Die Dachterrasse wurde in der Fläche mit beschieferten Bitumenbahnen abgedichtet, die in den Kanten zu den aufgehenden Wandflächen enden. Die Sockelzonen sind mit FLK abgedichtet, die (im Wasserfluss) liegend auf die Bahnen anschließen. Fehlstellen am Übergang von der FLK zur Dachbahn waren nicht vorhanden.

Im Bereich der Fenstertür ist die FLK ca. 3 cm aufgekantet und endet unterhalb der Aluminiumstoßschiene des Fensters. Der Abdichtungsrand ist nicht mechanisch verwahrt. Im Bereich der Fensterlaibung endet die FLK, die unmittelbar auf den Grundputz aufgetragen wurde, unterhalb der Putzsockelschiene. Der Grundputz besitzt keine wasserabweisenden Eigenschaften.

Der Belagsaufbau ist ca. 6,5 cm hoch. Die Oberkante der FLK liegt im Bereich der Fenstertür 3 cm unterhalb der Oberkante des Plattenbelages. Weder am Fenstersockel, noch an der Putzfassade sind Maßnahmen zur Vermeidung der Hinterläufigkeit der FLK-Abdichtung, die stark wasserbeansprucht ist, getroffen worden. Die Durchfeuchtungen sind daher auf die Hinterläufigkeit des bei Regen überstauten und durch Spritzwasser beanspruchten Randanschlusses zurückzuführen.

### 7.1.7 Seniorenwohnanlage, Laubengänge



Bild 7.1-16: Übersichtsfoto des Bodenbelags der Loggia



Bild 7.1-17: Übergang der FLK zur Abdichtung in der Fläche im Bereich der Betonaufkantung



Bild 7.1-18: Anschlusssituation im Türleibungsbereich

#### Allgemeine Angaben zur Situation:

- zweigeschossige Seniorenwohnanlage
- vor der Fassade umlaufende Putzbalkone, teilweise mit integrierten Loggien

#### Schichtenfolge in der Fläche:

- Betonplattenbelag, ca. 4 cm
- Splittbett, ca. 5 cm
- Bitumenbahn
- Stahlbetondecke

#### Flüssigkunststoffabdichtung:

- Material nicht bekannt
- 2,5 mm dick

Ausführungsjahr der Abdichtung in der Fläche: 1997

Ausführungsjahr der FLK-Anschlüsse: 1997

Begehungszeitpunkt: 2012

Wasserführung und Anschluss:



Die Fläche weist ein geringes Gefälle in Richtung Balkon-/Loggiaaußenseite, Deckenrand, auf. Die Übergänge liegen im Wasserfluss.

Bei der im Jahr 1997 erweiterten bzw. umgebauten Seniorenwohnanlage wurden die umlaufenden Wartungsbalkone im Bereich der Wohnungen durch den Anbau von Loggien erweitert. Bei den Loggien handelt es sich um vorgestellte Stahlbetonkonstruktionen. Auf der Stahlbetondecke wurden Bitumenbahnen aufgebracht. Die Randanschlüsse zu den aufgekanteten Betondeckenrändern und den Wand- bzw. Fenstertüranschlüssen wurden mit Flüssigkunststoff mit Vlieseinlage abgedichtet. Die Aufkantungshöhe im Bereich des Deckenrands beträgt ca. 2 cm ab Oberkante der im Splittbett verlegten Betonplatten.

Der Übergang zwischen Dachbahn und Flüssigkunststoffabdichtung befindet sich im Wasserfluss und ist durch die vorhandene Gefällesituation bedingt, regelmäßig durch stehendes Wasser beansprucht.

Auf der Unterseite der Loggien sind deutlich sichtbare Durchfeuchtungserscheinungen vorhanden.

Der Übergang weist an den stichprobenartig untersuchten Bereichen (siehe Bild 7.1-17) keine Ablösungserscheinungen auf. Allerdings löst sich der nicht geschützte Abdichtungsrand auf dem Sichtbeton der Deckenrandaufkantung ab. Es ist davon auszugehen, dass hier der Betonuntergrund nicht ausreichend vorbehandelt wurde. Dies hat zur Hinterläufigkeit der Abdichtung und den Wasserschäden geführt.

### 7.1.8 Zusammenfassung der Fallbeispiele

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit wurden sechs Gutachten, bei denen unter anderem Übergänge zwischen Flüssigkunststoffabdichtungen und Dachabdichtungen beurteilt wurden, ausgewertet. Bei einem Objekt wurde die Flächenabdichtung durch Kunststoffdachbahnen hergestellt. In den anderen Fällen wurden beschieferte Bitumenbahnen verwendet.

In zwei Fällen (siehe Kapitel 7.1.2 und 7.1.5) mit Kunststoffdachbahnen bzw. beschieferten Bitumenbahnen in der Fläche ist es zu geringfügigen Ablösungen der FLK im Randbereich gekommen. Die Ablösungen vom Untergrund sind unmittelbar nach Abschluss der Arbeiten bzw. innerhalb der ersten zwei Jahre nach der Fertigstellung aufgetreten. Betroffen waren jeweils nur die Bereiche, in denen die FLK über die Vlieseinlage hinaus ausgestrichen wurde. In den Bereichen mit Vlieseinlage konnten die Materialien nicht voneinander getrennt werden.

Das Beispiel im Kapitel 7.1.4 zeigt großflächige Ablösungen der FLK von den beschieferten Bitumendachbahnen. Schadensursache war die unzureichende Vorbehandlung des Untergrundes vor dem Auftrag der FLK. Verbliebene lose Bestandteile auf der Dachbahn haben zu keiner ausreichenden Haftung der FLK auf dem Untergrund geführt. Es handelte sich dabei ausschließlich um einen Verarbeitungsfehler.

Die Ursachen für erhebliche Durchfeuchtungsschäden der in den Kapiteln 7.1.6 und 7.1.7 beschriebenen Fälle liegen in unzureichenden Randaufkantungshöhen der FLK und Ablösungen der FLK vom Untergrund an der Aufkantung (Mauerwerk bzw. Stahlbeton). Dies führt dazu, dass der Abdichtungsrand von oben hinterlaufen wurde. Der Verbund zwischen FLK und Dachbahn war in beiden Fällen schadensfrei.

Die mangelhafte Ausführung der FLK im Anschluss an einen Balkonablauf wurde bereits während der Bauphase als Mangel festgestellt (siehe Kapitel 7.1.3). Das Aufbringen einer FLK ohne Vlieseinlage ist grundsätzlich nicht fachgerecht, zumal die Schichtstärke wesentlich zu dünn war.

## 7.2 Vor-Ort-Untersuchungen an ausgeführten Objekten

### 7.2.1 Vorgehensweise

Im Rahmen der Umfrage wurden Hersteller von Flüssigkunststoffabdichtungen (FLK) nach Objekten gefragt, bei denen eine Besichtigung der ausgeführten Übergänge zwischen Flüssigkunststoffabdichtung und Dachbahnen möglich war.

Die Ausführung der Übergänge von FLK an bahnenförmige Abdichtungen sollte dabei möglichst mehr als fünf Jahren zurückliegen. Dennoch wurden vereinzelt auch jüngere Ausführungen in Augenschein genommen. Des Weiteren sollten die Übergänge ohne größeren Aufwand zugänglich sein.

Vorrangig wurde die Qualität der Anschlüsse der Flüssigkunststoffabdichtung an die Dachbahnen untersucht. Neben der optischen Bewertung wurde der Anschluss durch einfache mechanische Prüfung, d. h. Kratzen mit einem harten Gegenstand und Schälzugversuche von Hand, auf Haftfestigkeit geprüft. Zerstörende Untersuchungen waren aufgrund fehlender Zustimmung der Gebäudenutzer nicht möglich und zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit der Anhaftung auch nicht erforderlich.

Des Weiteren wurden die Rahmenbedingungen der jeweiligen Anschlusssituationen aufgenommen und dokumentiert. Dazu gehörten die Ermittlung der Schichtenfolge der anschließenden Flächen und die Dokumentation der Gefällesituation des Daches sowie der Anschlussbereiche. Weiterhin wurde die Beanspruchung des Anschlusses durch Witterungseinflüsse (insbesondere Sonneneinstrahlung, Schlagregen), Bewegungen aus der Unterkonstruktion und Nutzungseinflüsse eingeschätzt.

Die Art der Anschlussausbildung wurde bei den besichtigten Objekten untersucht, dokumentiert und entsprechend der unter Kapitel 6 aufgeführten Anschlussvarianten eingeordnet.

Die nachfolgende Dokumentation der untersuchten Gebäude ist jeweils in Objektbögen und Detailbögen unterteilt. In den **Objektbögen** werden allgemeine Informationen zu den untersuchten Gebäuden gegeben. Die **Detailbögen** dokumentieren und beschreiben die einzelnen Anschlusssituationen.

## 7.2.2 Bürogebäude, Lager- und Produktionshalle (Objektbogen)

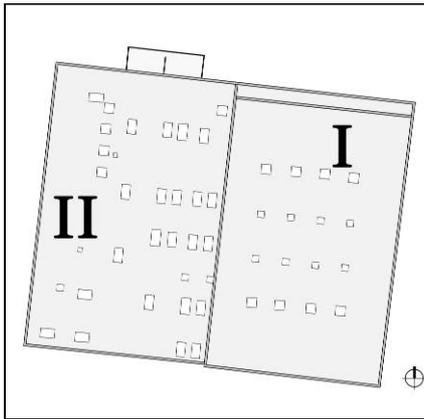


Bild 7.2-1: Skizze Dachaufsicht



Bild 7.2-2: Übersicht Teildachfläche I



Bild 7.2-3: Übersicht Teildachfläche II

### Allgemeine Angaben zur Situation:

- zwei- bis dreigeschossiges Bürogebäude mit angegliederter Lager- und Produktionshalle
- Im Rahmen von Instandsetzungsmaßnahmen wurden die Anschlüsse an die Lichtkuppeln mit Flüssigkunststoffabdichtung hergestellt.
- Die Anschlüsse sind frei bewittert.

### Schichtenfolge in der Fläche:

- Elastomer Bitumenbahnen PYE 200 (beschiefert),
- 80 mm (Dach I) bzw. 2 x 80 mm (Dach II) Styropor,
- Stahltrapezblech
- weitere Angaben (z. B. über eine evtl. vorhandene Dampfsperre) liegen nicht vor

Ausführungsjahr der Abdichtung in der Fläche:  
ca. 2002/03

Ausführungsjahr der FLK-Anschlüsse:  
2007/08

Begehungszeitpunkt:  
Mai 2014

### Entwässerungssituation:

- deutliche Gefällegebung jeweils von Dachflächenmitte hin zu Rinnen an den Längsseiten; dort Entwässerung in einzelne Abläufe

Die untersuchten Übergänge zwischen Flüssigkunststoffabdichtung und Bahnenabdichtung befinden sich auf den Flachdachflächen eines zwei- bis dreigeschossigen Bürogebäudes mit angegliederter Produktions- und Lagerhalle (Papierweiterverarbeitung).

Die Dachflächen sind mit Elastomerbitumenbahnen PYE 200 abgedichtet. Auf der Teildachfläche I befindet sich eine ca. 80 mm dicke Wärmedämmung aus Styropor. Die Teildachfläche II ist mit einer doppelten Lage aus 80 mm Styropor versehen. Die Unterkonstruktion besteht aus Stahltrapezblechen.

Die vor Witterungseinflüssen ungeschützt liegenden Dachflächen sind über eine festinstallierte Außenleiter zugänglich. Die offen liegenden Anschlüsse sind für Wartungs- und Inspektionsarbeiten gut zugänglich.

Mängel oder Schäden, z. B. in Form von Durchfeuchtungen, wurden nicht beanstandet.

7.2.2.1 Detailbogen: Übergänge im Bereich der Lichtkuppeln auf der Teildachfläche I



Bild 7.2-4: Typische Eckausbildung, keine Ablösungen erkennbar



Bild 7.2-5: Sehr vereinzelt geringfügige Ablösungen der Vlieseinlage



Bild 7.2-6: Anschlusssituation mit zeitweiser Pfützenbildung

|   |  |                           |                         |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
|---|--|---------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---|--------|--|-----------------|--|--------------------------|-------|---|-------------------------|--|--------|--|--|--|
| <p><b>Anzahl der Anschlüsse:</b><br/>- 16 Lichtkuppeln (ca. 1,20 x 1,20 m);</p> <p><b>Schichtenfolge in der Fläche:</b><br/>- beschieferte Elastomerbitumenbahn, PYE 200<br/>- Styropor, 80 mm<br/>- Stahltrapezblech</p> <p>Flüssigkunststoffabdichtung:<br/>- FLK auf Basis von Polyurethan<br/>Ausführungsjahr des Übergangs: 2007/08</p> <p><b>Funktionsfähigkeit des Übergangs:</b><br/>- keine Durchfeuchtungsschäden vorhanden<br/>- sehr vereinzelt geringfügige Ablösungen der Vlieseinlage (Bild 7.2-5)</p> | <p><b>Beanspruchungssituation:</b></p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2">mechanische Beanspruchung</td> <td>hoch:</td> <td>X</td> <td>Schlagregen:</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>mäßig:</td> <td></td> <td>Wurzelwachstum:</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">thermische Beanspruchung</td> <td>hoch:</td> <td>X</td> <td colspan="2">sonstige Beanspruchung:</td> </tr> <tr> <td>mäßig:</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table> <p><b>Wasserführung und Anschluss:</b></p> <p>I.1a      I.1b      I.2a      I.2b</p> <p>Vor den Bereichen der Lichtkuppel, die quer zum Gefälle verlaufen, staut sich Wasser im Übergangsbereich.</p> | mechanische Beanspruchung | hoch:                   | X            | Schlagregen: | X | mäßig: |  | Wurzelwachstum: |  | thermische Beanspruchung | hoch: | X | sonstige Beanspruchung: |  | mäßig: |  |  |  |
| mechanische Beanspruchung   | hoch:  |                           | X                       | Schlagregen: | X            |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
|   | mäßig:   |                           | Wurzelwachstum:         |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
| thermische Beanspruchung  | hoch:  | X                         | sonstige Beanspruchung: |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
|   | mäßig:   |                           |                         |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |

Auf der Teildachfläche I wurden die Anschlüsse von 16 quadratischen Lichtkuppeln (ca. 1,20 x 1,20 m) begutachtet. Diese wurden im Jahr 2007/08 mit einer Flüssigkunststoffabdichtung auf Polyurethan-Basis erneuert. Zum Alter der vorhandenen beschieferten Elastomerbitumenbahn liegen keine näheren Angaben vor.

Jede Lichtkuppel befindet sich im Wasserfluss, so dass sich firstseitig Wasser anstauen kann. Diese Situation wird nicht durch eine Quergefällegebung zu den freien Seiten entschärft. Während der Ortsbesichtigung war kein stehendes Wasser im Bereich der Übergänge vorhanden. Schmutzspuren weisen allerdings auf Pfützenbildung nach Regenereignissen hin.

Die Flüssigkunststoffabdichtung überlappt die Vlieseinlage in der Regel ca. 1 cm. In diesen Bereichen sind vereinzelte, geringfügige Ablösungen der FLK bzw. der Vlieseinlage vom Untergrund festzustellen. Die Abdichtung ließ sich durch Schälzugversuche von Hand nicht weiter vom Untergrund ablösen. Es sind keine Durchfeuchtungsschäden vorhanden. Die Vlieseinlage zeichnet sich deutlich ab; die Materialstärke der FLK überdeckt diese nur dünn-schichtig.

## 7.2.2.2 Detailbogen: Übergänge im Bereich der Lüfteranschlüsse, Teildachfläche II



Bild 7.2-7: Typischer Lüfteranschluss



Bild 7.2-8: Schadensfrei gealterter Übergang



Bild 7.2-9: Übergang im Bereich eines Bahnenstoßes der Bitumenbahn

**Anzahl der Anschlüsse:**

- 3 Rohrdurchführungen

**Schichtenfolge in der Fläche:**

- beschieferte Elastomerbitumenbahn, PYE 200
- Styropor, 2 x 80 mm
- Stahltrapezblech

**Flüssigkunststoffabdichtung:**

- PMMA

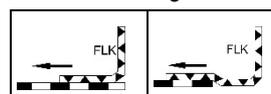
Ausführungsjahr des Übergangs: 2007/08

**Funktionsfähigkeit des Übergangs:**

- keine Durchfeuchtungsschäden vorhanden

**Beanspruchungssituation:**

|  |        |   |                         |   |
|--|--------|---|-------------------------|---|
| mechanische Beanspruchung                      | hoch:  | X | Schlagregen:            | X |
|  | mäßig: |   | Wurzelwachstum:         |   |
| thermische Beanspruchung und Wasserführung und | hoch:  | X | sonstige Beanspruchung: |   |
|  | mäßig: |   |                         |   |

**Wasserführung und Anschluss:**

I.1a

I.2a

Das Gefälle führt von den Lüfterrohren weg.

Auf der Teildachfläche II wurden drei Rohrdurchführungen begutachtet.

Die Anschlüsse zwischen den Rohrdurchführungen und den vorhandenen Elastomerbitumenbahnen wurden im Jahr 2007/08 mit Flüssigkunststoffabdichtung (PMMA) erneuert.

Die Materialgrenzen zwischen der Flüssigkunststoffabdichtung und der Bahnenabdichtung sind durch Farbunterschiede deutlich erkennbar. Der Anschluss ist stark der Witterung ausgesetzt. Teilweise haben sich Flechten auf dem Material gebildet. Die FLK-Abdichtung ist ca. 2 cm über die Vlieseinlage geführt. Ablösungen der FLK-Abdichtung von der Bahnenabdichtung wurden nicht festgestellt. Des Weiteren sind keine Nachbesserungsarbeiten im Bereich dieser Anschlüsse zu beobachten. Mängel oder Schäden, z. B. in Form von Durchfeuchtungen, wurden nicht beanstandet.

7.2.2.3 Detailbogen: Übergänge im Bereich der Abläufe auf der Teildachfläche II



Bild 7.2-10: Typischer Zustand eines Ablaufs im Bereich der Entwässerungsrinne



Bild 7.2-11: Verschmutzungen durch stehendes Wasser



Bild 7.2-12: Geringe Rissbildung im Überlappungsbereich der FLK, die nur bis zur Vlieseinlage reicht, aber nicht in diese hineinführt.

|  |   |                           |                         |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
|--|---|---------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---|--------|--|-----------------|--|--------------------------|-------|---|-------------------------|--|--------|--|--|--|
| <p><b>Anzahl der Anschlüsse:</b><br/>- ein Ablauf wurde untersucht</p> <p><b>Schichtenfolge in der Fläche:</b><br/>- beschieferte Elastomerbitumenbahn, PYE 200<br/>- Styropor, 2 x 80 mm<br/>- Stahltrapezblech</p> <p>Flüssigkunststoffabdichtung:<br/>- PMMA</p> <p>Ausführungsjahr des Übergangs: 2007/08</p> <p><b>Funktionsfähigkeit des Übergangs:</b><br/>- keine Durchfeuchtungsschäden vorhanden</p> | <p><b>Beanspruchungssituation:</b></p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2">mechanische Beanspruchung</td> <td>hoch:</td> <td>X</td> <td>Schlagregen:</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>mäßig:</td> <td></td> <td>Wurzelwachstum:</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">thermische Beanspruchung</td> <td>hoch:</td> <td>X</td> <td>sonstige Beanspruchung:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>mäßig:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p><b>Wasserführung und Anschluss:</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <br/>I.1b             </div> <div style="text-align: center;"> <br/>I.2b             </div> </div> <p>Unmittelbar vor dem Ablauf weisen Verschmutzungen in der Fläche auf zeitweise stehendes Wasser hin.</p> | mechanische Beanspruchung | hoch:                   | X            | Schlagregen: | X | mäßig: |  | Wurzelwachstum: |  | thermische Beanspruchung | hoch: | X | sonstige Beanspruchung: |  | mäßig: |  |  |  |
| mechanische Beanspruchung  | hoch:   |                           | X                       | Schlagregen: | X            |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
|  | mäßig:  |                           | Wurzelwachstum:         |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
| thermische Beanspruchung   | hoch:   | X                         | sonstige Beanspruchung: |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
|  | mäßig:  |                           |                         |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |

Auf der Teildachfläche II wurde der Anschluss der Dachabdichtung an die Abläufe im Bereich der Entwässerungsrinnen begutachtet.

Die Anschlüsse wurden im Jahr 2007/08 mit einer Flüssigkunststoffabdichtung (PMMA) auf der vorhandenen Elastomerbitumenbahn erneuert.

Rückstände und Krustenbildung auf der Flüssigkunststoffabdichtung deuten auf Pfützenbildungen in diesem Bereich hin. Die FLK-Abdichtung ist ca. 2 bis 4 cm über die Vlieseinlage geführt worden. In der Überlappungszone sind geringe Rissbildungen in der FLK im nicht armierten Bereich über einem teilweise abgelösten Bahnenstoß festzustellen. Die Rissbildung beschränkt sich auf die nicht verstärkte Ausstrichzone der FLK neben der Vlieseinlage, die die Rissbildung verhindert. Die FLK-Abdichtung ließ sich durch Schälzugversuche nicht vom Untergrund lösen. Der gebrauchstaugliche Anschluss befand sich im Ursprungszustand ohne nachträgliche Veränderungen.

### 7.2.3 Bürogebäude, Lager- und Produktionshalle (Objektbogen)

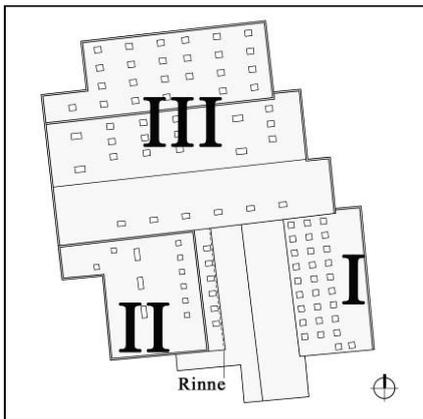


Bild 7.2-13: Skizze Dachaufsicht



Bild 7.2-14:  
Übersicht Teildachfläche I



Bild 7.2-15:  
Übersicht Teildachfläche II

#### Allgemeine Angaben zur Situation:

- ein- und zweigeschossiges Bürogebäude bzw. Produktions- und Lagerhallen
- die Anschlüsse wurden zu verschiedenen Zeitpunkten instand gesetzt

#### Schichtenfolge in der Fläche:

- kein einheitlicher Dachaufbau, teilw. Bitumenbahnen aus Oxidbitumen, bekies- bzw. besandete Bitumenbahnen; Betondecke bzw. Trapezblechkonstruktion

#### Ausführungsjahr der Abdichtung in der Fläche:

- der ursprüngliche Dachaufbau ist älter als 20 Jahre
- Ausführungsjahr der FLK-Anschlüsse: 2003 – 2009, 2013
- Begehungszeitpunkt: Juni 2014

#### Entwässerungssituation:

- geringe Gefällegebung zu Einzelabläufen auf der Dachfläche; bereichsweise geringe Pfützenbildung erkennbar

Das untersuchte Objekt besteht aus verschiedenen ein- bzw. zweigeschossigen Baukörpern. Sie werden teilweise als Bürogebäude genutzt, teilweise befinden sich Produktionsstätten und Lagerräume für Wolle darin. Die Dachflächen sind in der Fläche unterschiedlich abgedichtet (siehe Beschreibung in den Detailbögen).

Die Abdichtungsanschlüsse an die Lichtkuppeln und Lüfterdurchlässe sind je nach Bedarf, jeweils bei Eintritt von Durchfeuchtungen, instandgesetzt worden. Daraus ergeben sich viele unterschiedliche Anschlusssituationen.

Die bituminös abgedichtete Teildachfläche I ist mit einem Oberflächenschutz aus Kies versehen. Die oberste Lage der Teildachfläche II besteht aus einer besandeten Bitumenbahn. Auf der Teildachfläche II befinden sich Solarmodule. Sie sind mit einer Bautenschutzmatte als Zwischenlage auf der Abdichtung aufgestellt. Der äußere Bereich der Teildachfläche III ist bekies, die südlichen Flächen sind mit beschieferten Bitumenbahnen versehen.

7.2.3.1 Detailbogen: Teildachfläche I, Lichtkuppelanschluss 1



Bild 7.2-16: Zustand vor der Reparatur mit FLK, Gewebeeinlage frei liegend



Bild 7.2-17: Instandsetzung des Anschlusses an die Lichtkuppel



Bild 7.2-18: Übergangsbereich befindet sich zeitweise in stehendem Wasser

|  |        |  |   |                           |       |              |   |        |                 |  |                          |       |                         |  |        |  |  |
|--|--------|--|---|---------------------------|-------|--------------|---|--------|-----------------|--|--------------------------|-------|-------------------------|--|--------|--|--|
| <p><b>Anzahl der Anschlüsse:</b><br/>- zehn Lichtkuppeln, ca. 1,2 m x 1,2 m</p> <p><b>Schichtenfolge in der Fläche:</b><br/>- Kiespressschüttung<br/>- nackte Bitumenbahn aus Oxidbitumen<br/>- Untergrund nicht federnd, nähere Angaben liegen nicht vor</p> <p>Flüssigkunststoffabdichtung:<br/>- PMMA</p> <p>Ausführungsjahr des Übergangs: 2005</p> <p><b>Funktionsfähigkeit des Übergangs:</b><br/>- keine Schäden bekannt bzw. erkennbar</p> |        | <p><b>Beanspruchungssituation:</b></p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2">mechanische Beanspruchung</td> <td>hoch:</td> <td>Schlagregen:</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>mäßig:</td> <td>Wurzelwachstum:</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">thermische Beanspruchung</td> <td>hoch:</td> <td>sonstige Beanspruchung:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>mäßig:</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> |   | mechanische Beanspruchung | hoch: | Schlagregen: | X | mäßig: | Wurzelwachstum: |  | thermische Beanspruchung | hoch: | sonstige Beanspruchung: |  | mäßig: |  |  |
| mechanische Beanspruchung  | hoch:  | Schlagregen:   | X |                           |       |              |   |        |                 |  |                          |       |                         |  |        |  |  |
|  | mäßig: | Wurzelwachstum:  |   |                           |       |              |   |        |                 |  |                          |       |                         |  |        |  |  |
| thermische Beanspruchung   | hoch:  | sonstige Beanspruchung:  |   |                           |       |              |   |        |                 |  |                          |       |                         |  |        |  |  |
|  | mäßig: |  |   |                           |       |              |   |        |                 |  |                          |       |                         |  |        |  |  |
| <p><b>Wasserführung und Anschluss:</b></p> <p>I.1a      I.1b      I.2a      I.2b</p> <p>Geringes Gefälle zu einzelnen Abläufen in der Fläche. Eine Seite der Lichtkuppel liegt immer quer zum Gefälle, so dass sich dort Wasser im Bereich des Übergangs anstaut.</p>  |        |  |   |                           |       |              |   |        |                 |  |                          |       |                         |  |        |  |  |

Auf der Teildachfläche I befinden sich insgesamt 29 Lichtkuppen (ca. 1,20 x 1,20 m). Davon wurden im Jahr 2005 die Anschlüsse der vorhandenen Oxidbitumenbahn an zehn Lichtkuppeln mit Flüssigkunststoffabdichtungen instand gesetzt.

Bei dem Dachaufbau handelt es sich um ein Kiespressdach. Stellenweise sind die Gewebeeinlagen der Abdichtungsbahnen bereits sichtbar. Einige Lichtkuppeln sind noch in ihrem ursprünglichen Zustand vorhanden (siehe Bild 7.2-16).

Das Dach weist eine geringe Gefällegebung auf. Eine höher gelegene, kleine Dachfläche entwässert auf diese Dachfläche. Im inzwischen mit Feinbestandteilen angereicherten Kies wachsen stellenweise Pflanzen.

Die Flüssigkunststoffabdichtung wurde teilweise ca. 5 cm über den Rand der Vlieseinlage geführt. Ablösungserscheinungen im Übergangsbereich sind nicht festgestellt worden.

## 7.2.3.2 Detailbogen: Teildachfläche I, Lichtkuppelanschluss 2



Bild 7.2-19: Übersicht, instand gesetzter Lichtkuppelanschlüsse



Bild 7.2-20: Übergang FLK an Bahnenabdichtung im Eckbereich



Bild 7.2-21: Übergang im Bereich eines Bahnenstoßes

**Anzahl der Anschlüsse:**

- drei Lichtkuppeln, ca. 1,20 x 1,20 m

**Schichtenfolge in der Fläche:**

- beschieferte Bitumenbahn auf dem ursprünglichen Dachaufbau als Reparaturmaßnahme  
- zum Untergrund lagen keine Angaben vor

**Flüssigkunststoffabdichtung:**

- PMMA

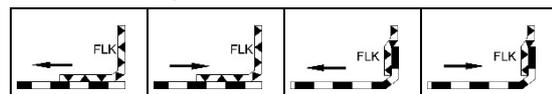
Ausführungsjahr des Übergangs und der Flächenabdichtung im Übergangsbereich: 2013

**Funktionsfähigkeit des Übergangs:**

- keine Schäden bekannt bzw. erkennbar

**Beanspruchungssituation:**

|                           |        |              |                         |
|---------------------------|--------|--------------|-------------------------|
| mechanische Beanspruchung | hoch:  | Schlagregen: | X                       |
|                           | mäßig: | X            | Wurzelwachstum:         |
| thermische Beanspruchung  | hoch:  | X            | sonstige Beanspruchung: |
|                           | mäßig: |              |                         |

**Wasserführung und Anschluss:**

I.1a

I.1b

II.2a

II.2b

Geringes Gefälle zu einzelnen Abläufen in der Fläche. Eine Seite der Lichtkuppeln befindet sich immer quer zum Gefälle, so dass sich zumindest dort Wasser im Bereich des Übergangs anstaut.

Drei Lichtkuppelanschlüsse mussten im Jahr 2013 aufgrund von Durchfeuchtungsschäden instand gesetzt werden. Dabei wurden im Bereich der Lichtkuppeln in der Fläche beschieferte Bitumenbahnen in einem Streifen von ca. 1,00 m Breite um die Lichtkuppeln herum auf die ursprüngliche Abdichtung aufgebracht. Der Anschluss zwischen den Lichtkuppeln und den beschieferten Bitumenbahnen ist mit einer Flüssigkunststoffabdichtung hergestellt worden. Diese ebenfalls neu aufgebrachte Bahnenabdichtung endet teilweise unmittelbar vor der Aufkantung der Lichtkuppel bzw. wird stellenweise an der Aufkantung einige Zentimeter hochgeführt.

Für die Durchführung der Instandsetzungsarbeiten wurde in den Bereichen vor den Lichtkuppeln die Kiesschüttung entfernt. Die Kiesschicht wurde nach Abschluss der Arbeiten nicht wieder aufgebracht. Die Übergänge liegen daher frei und sind ungeschützt den Witterungseinflüssen ausgesetzt. Das Dach weist eine geringe Gefällegebung auf. Eine höher gelegene kleine Dachfläche wird zusätzlich frei auf diese Dachfläche entwässert. Im inzwischen mit Feinbestandteilen angereicherten Kies ist es stellenweise zu Pflanzenbewuchs gekommen.

Die Gewebeeinlage der FLK zeichnet sich deutlich ab. Die FLK wird zwischen 1 und 2 cm über den Rand der Vlieseinlage geführt. Im Bereich der Übergänge zwischen beiden Materialien wurden nach einem Jahr Standzeit keine Ablösungen beobachtet.

7.2.3.3 Detailbogen: Teildachfläche I, Anschluss an aufgehendes Bauteil



Bild 7.2-22: Dachrandanschluss an den zweigeschossigen Gebäudebereich



Bild 7.2-23: Zustand des Übergangsbereichs



Bild 7.2-24: Ecksituation, die Flüssigkunststoffabdichtung ist ca. 50 cm in die Fläche gezogen

Anzahl der Anschlüsse:  
- ca. 8 lfdm.

**Schichtenfolge in der Fläche:**

- Kiespressschüttung
- nackte Bitumenbahn aus Oxidbitumen
- Untergrund nicht federnd, nähere Angaben liegen nicht vor

Flüssigkunststoffabdichtung:  
- PMMA

Ausführungsjahr des Übergangs: 2005

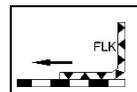
**Funktionsfähigkeit des Übergangs:**

- keine Schäden bekannt bzw. erkennbar

**Beanspruchungssituation:**

|                           |        |              |                         |
|---------------------------|--------|--------------|-------------------------|
| mechanische Beanspruchung | hoch:  | Schlagregen: | X                       |
|                           | mäßig: | X            | Wurzelwachstum:         |
| thermische Beanspruchung  | hoch:  | X            | sonstige Beanspruchung: |
|                           | mäßig: |              |                         |

**Wasserführung und Anschluss:**



I.1a

Das Gefälle führt vom Randanschluss weg.  
Die Aufkantungshöhe beträgt ca. 15 cm.

Der Anschluss an die aufgehende Wandfläche zur höhergelegenen Dachfläche (ca. 8 lfdm.) ist mit Flüssigkunststoffabdichtung (PMMA) ausgeführt worden. Die Flüssigkunststoffabdichtung reicht teilweise bis ca. 50 cm in die Fläche auf die vorhandene Oxidbitumenbahn (siehe Bild 7.2-24), in der Regel ca. 10 cm. Der obere Abschluss der FLK liegt verdeckt hinter einer Fassadenverkleidung und ist daher nicht witterungsbeansprucht. Das Gefälle in der Fläche führt vom Randanschluss weg.

Der Übergang zwischen der FLK und der beschieferten Bahnenabdichtung ist fließend und teilweise kaum erkennbar. Die Vlieseinlage endet in der Regel ca. 2 cm vor dem Ende der FLK. Ablösungen des Materials wurden nicht festgestellt.

## 7.2.3.4 Detailbogen: Teildachfläche II, Anschluss an Lüftungsrohre



Bild 7.2-25: Ausführungssituation des Abdichtungsanschlusses an Lüfter I



Bild 7.2-26: Übergangsbereich zwischen FLK und beschiefelter Bitumenabdichtung, leichte Rissbildung im nicht armierten Ausstrichsbereich, keine Ablösung



Bild 7.2-27: Obere Abschluss der FLK am Lüfterrohr



Bild 7.2-28: Ausführungssituation des Abdichtungsanschlusses an Lüfter II, Gewebeeinlage endet ca. 2 cm vor dem Ende der Beschichtung



Bild 7.2-29: Rissbildung im Übergangsbereich zwischen FLK und beschiefelter Bitumenabdichtung



Bild 7.2-30: Stellenweise geringfügige Ablösung im Übergangsbereich zwischen FLK und Bahnenabdichtung

**Anzahl der Anschlüsse:**

- zwei Lüftungsrohranschlüsse wurden untersucht

**Schichtenfolge in der Fläche:**

- beschieferte Bitumenbahn
- weitere Schichtenfolge nicht bekannt

**Flüssigkunststoffabdichtung:**

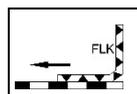
- PMMA, beschiefert
- Ausführungsjahr des Übergangs: 2010

**Funktionsfähigkeit des Übergangs:**

- leichte Anrisse im unmittelbaren Übergangsbereich zwischen der FLK und der Bahnenabdichtung; Risse sind nicht durchgehend. Stellenweise sind geringfügige Ablösungen zu beobachten, die sich auf wenige mm beschränken.
- keine Durchfeuchtungsschäden bekannt bzw. erkennbar

**Beanspruchungssituation:**

|                           |        |   |                         |   |
|---------------------------|--------|---|-------------------------|---|
| mechanische Beanspruchung | hoch:  | X | Schlagregen:            | X |
|                           | mäßig: |   | Wurzelwachstum:         |   |
| thermische Beanspruchung  | hoch:  | X | sonstige Beanspruchung: |   |
|                           | mäßig: |   |                         |   |

**Wasserführung und Anschluss:****I.1a**

Im Bereich der untersuchten Anschlüsse war ein geringfügiges Gefälle vorhanden, welches von den Anschlüssen wegführt.

Auf der Teildachfläche II wurden die Anschlüsse an zwei Lüfterrohre untersucht. Bei diesen Rohrdurchführungen wurden die Abdichtungsübergänge an die vorhandene beschieferten Bitumenbahn (Alter: ca. 15 Jahre) im Rahmen von Instandsetzungsarbeiten im Jahr 2010 hergestellt. Die FLK wurde abschließend mit Splitt, zur optischen Anpassung an die Abdichtung in der Fläche, abgestreut.

Die Fläche ist frei bewittert. Auf der Oberfläche der FLK haben sich bereits Algen und Flechten angesiedelt. Das Gefälle führt von den Anschlüssen weg.

Die Flüssigkunststoffabdichtung wurde ca. 2 cm über das Ende der Vlieseinlage auf der Bitumenbahn hinweggeführt. Im Übergangsbereich zwischen der Ausstreichfläche der FLK und der anschließenden Dachbahn sind oberflächige Rissbildungen erkennbar. Stellenweise hat sich die Beschichtung am Abdichtungsrand (Bereich ohne Vlieseinlage) geringfügig abgelöst. Dieses Erscheinungsbild beschränkt sich auf wenige Millimeter des Materialrandbereichs der FLK. Eine vollständige Trennung des Materials vom Untergrund ist auch im Zugversuch nicht möglich. Undichtheiten sind in diesem Bereich nicht aufgetreten.

## 7.2.3.5 Detailbogen: Teildachfläche III, Lichtkuppelanschluss



Bild 7.2-31: Einbausituation der Lichtkuppeln auf der Teildachfläche III, bereichsweise Pfützenbildung



Bild 7.2-32: Übergangsbereich zwischen FLK und Bahnenabdichtung bei Lichtkuppel A



Bild 7.2-33: Stellenweise leichte Ablösung der FLK im Randbereich (Lichtkuppel A)



Bild 7.2-34: Anschlusssituation der Lichtkuppel B



Bild 7.2-35: Reparatur von Fehlstellen mit FLK (Lichtkuppel B)



Bild 7.2-36: Unzureichend verlegtes Material, Fehlstelle in der Beschichtung (Lichtkuppel B)

Anzahl der Anschlüsse:

- 25 Lichtkuppeln

**Schichtenfolge in der Fläche:**

- Kiesschicht als Oberflächenschutz
- beschieferte Bitumenbahn
- Stahltrapezblech

Flüssigkunststoffabdichtung:

- PMMA

Ausführungsjahr des Übergangs: 2012

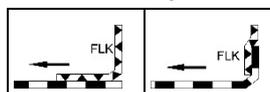
**Funktionsfähigkeit des Übergangs:**

- keine Schäden bekannt bzw. erkennbar

Beanspruchungssituation:

|                           |        |   |                         |   |
|---------------------------|--------|---|-------------------------|---|
| mechanische Beanspruchung | hoch:  | X | Schlagregen:            | X |
|                           | mäßig: |   | Wurzelwachstum:         |   |
| thermische Beanspruchung  | hoch:  | X | sonstige Beanspruchung: |   |
|                           | mäßig: |   |                         |   |

Wasserführung und Anschluss:



I.1a

II.2a

Geringe Gefällegebung zu Einzelabläufen auf der Fläche, Verfärbungen der Kiesschüttung weisen auf Pfützenbildungen hin.

Unter der Teildachfläche III befinden sich ausschließlich Lagerräume. Die Dachfläche ist angabegemäß nicht gedämmt. Die beschieferte Bitumenabdichtung in der Fläche ist unmittelbar auf der Stahltrapezblechunterkonstruktion verlegt worden. Der Untergrund gibt beim Begehen nach.

Im Anschlussbereich an die Lichtkuppeln wurde im Rahmen der Instandsetzung zunächst Streifen beschieferter Bitumenbahnen von ca. 250 mm Breite auf die vorhandene Abdichtung in der Fläche verlegt. Der direkte Anschluss an die Lichtkuppel wurde dann mit einer Abdichtung aus FLK ausgeführt.

Die untersuchten Übergänge waren zum Zeitpunkt der Besichtigung nicht mit Wasser überstaut. Die Kiesschüttung aus der Fläche endet teilweise ca. 25 cm vor den Lichtkuppeln, so dass diese Übergänge zwischen FLK und Bahnenabdichtung direkter thermischer Beanspruchung ausgesetzt sind. Bei anderen Lichtkuppeln wird die Kiesschüttung bis unmittelbar an die Lichtkuppel herangeführt.

Die FLK ist nicht über die Vlieseinlage hinweg ausgestrichen worden. Vereinzelt hat sich die FLK im Randbereich (Lichtkuppel B) ca. 1 cm abgelöst (siehe Bild 7.2-33). Durch manuelle Zugversuche vor Ort konnte die Abdichtung nicht weiter vom Untergrund gelöst werden. Des Weiteren sind vereinzelt Ablösungen der Oberfläche der FLK bis zum Vlies festzustellen (siehe Bild 7.2-36). In diesen Bereichen ist das Trägermaterial nicht ausreichend mit der flüssig aufgetragenen Abdichtungsmasse beschichtet worden.

### 7.2.3.6 Detailbogen: Anschluss an eine Entwässerungsrinne zwischen der Teildachfläche I und II



Bild 7.2-37: Lage der Entwässerungsrinne

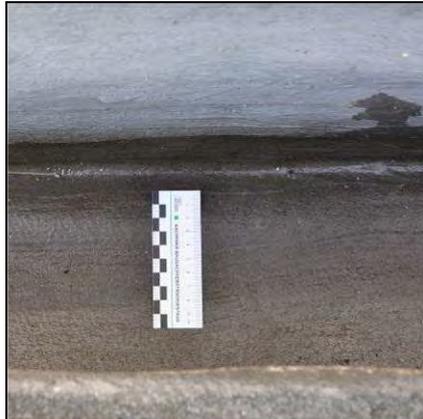


Bild 7.2-38: Zustand der FLK-Abdichtung in der Rinne



Bild 7.2-39: Übergang Rinnenrand, FLK an die beschieferte Bitumenbahn

Anzahl der Anschlüsse:

- ca. 22 lfdm.

#### Schichtenfolge in der Fläche:

- beschieferte Bitumenbahn
- weitere Schichtenfolge nicht bekannt

#### Flüssigkunststoffabdichtung:

- PMMA
- Unterkonstruktion aus Blech

Ausführungsjahr des Übergangs: 2007

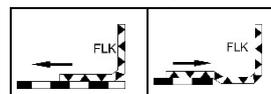
#### Funktionsfähigkeit des Übergangs:

- keine Schäden bekannt bzw. erkennbar

Beanspruchungssituation:

|                           |        |   |                         |   |
|---------------------------|--------|---|-------------------------|---|
| mechanische Beanspruchung | hoch:  | X | Schlagregen:            | X |
|                           | mäßig: |   | Wurzelwachstum:         |   |
| thermische Beanspruchung  | hoch:  | X | sonstige Beanspruchung: |   |
|                           | mäßig: |   |                         |   |

Wasserführung und Anschluss:



I.1a

I.2b

Die kleine Dachfläche entwässert in die untersuchte Rinne, die mit leichtem Gefälle zu einem freien Ablauf geführt wird. Zum Zeitpunkt der Besichtigung waren Pfützen in der Rinne vorhanden.

Die untersuchte Entwässerungsrinne verläuft unmittelbar vor einer aufgehenden, nach Osten ausgerichteten Wandfläche. Die Unterkonstruktion der Flüssigkunststoffabdichtung besteht aus einer mehrfach gekanteten Blechkonstruktion. Das Blech endet unterhalb der Dachabdichtungsbahn der anschließenden Dachfläche. Auf dem Blech ist die Flüssigkunststoffabdichtung mit Vlieseinlage aufgebracht worden. Diese Abdichtung endet ebenfalls auf der waagerechten Fläche des Daches. Die beschieferte Bitumenbahn aus der Fläche wird darüber geführt und endet stumpf vor Beginn der Rinne (siehe Bild 7.2-39). Der Bahnenabschluss ist nicht verwahrt. Die Unterkonstruktion und die darüber aufgebrachte Flüssigkunststoffabdichtung sind im Bereich der aufgehenden Wandfläche ca. 20 cm hochgeführt. Der obere Abschluss wird durch eine Blechbekleidung abgedeckt. Die Rinne ist ca. 17 cm breit und hoch. Der Abschluss zwischen der Flächenabdichtung und der FLK ist frei bewittert. Die FLK liegt im Bereich der Rinne stellenweise lose auf dem Untergrund und ist „bauchförmig“ abgesackt. Stehendes Wasser kann in diesem Bereich nicht auftreten. In der Rinne sind Pfützen vorhanden. Schmutzablagerungen weisen zusätzlich daraufhin, dass nur ein geringes Gefälle in der Rinne vorhanden ist.

Beschädigungen, Ablösungen im Übergangsbereich und daraus folgende Durchfeuchtungserscheinungen konnten nicht beobachtet werden bzw. wurden nicht genannt.

## 7.2.4 Bürogebäude und Produktionshalle (Objektbogen)

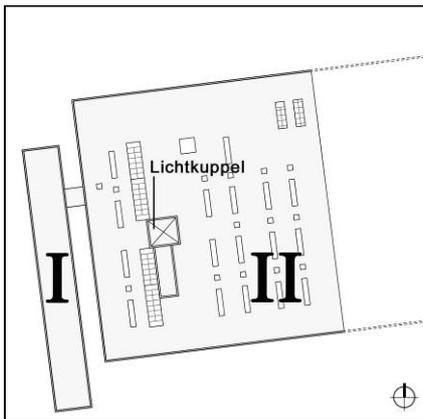


Bild 7.2-40: Skizze Dachaufsicht



Bild 7.2-41: Übersicht Dachfläche I



Bild 7.2-42: Lichtkuppel auf der Dachfläche II

### Allgemeine Angaben zur Situation:

- Dachfläche I, eingeschossiges Bürogebäude
- Dachfläche II, zweigeschossiges Bürogebäude, Lager- und Produktionshalle mit eingeschossig aufgesetztem Dachaufbau (Größe ca. 2,00 m x 2,00 m) mit Lichtkuppel

### Schichtenfolge in der Fläche I:

- zweilagige Elastomerbitumenbahnen, oberste Lage beschiefert
- Polystyrolämmplatten
- PVC-Folie, an den Rändern aufgekantet
- Stahlplatte

### Schichtenfolge Fläche II:

- nicht bekannt

Ausführungsjahr der Abdichtung in der Fläche: Teildachfläche I; 2009

Ausführungsjahr der FLK-Anschlüsse: 2009

Begehungszeitpunkt: Mai 2014

### Entwässerungssituation:

- planmäßig 3 % Gefälle zu jeweils zwei Abläufen an den Längsseiten im Bereich der Attiken
- Pfützenbildung vor den Abläufen, Abläufe durch Laub und Nadeln stellenweise zugesetzt

Bei dem untersuchten Objekt handelt es sich zum einen um die Anschlüsse an die Abläufe von einem eingeschossigen Neubau eines Bürogebäudes (Dachfläche I). Zum anderen wurden die Anschlüsse an eine Lichtkuppel untersucht, die sich oberhalb der Dachfläche II auf einem eingeschossigen, ca. 2,00 m x 2,00 m großen Dachaufbau, befinden (siehe Skizze Bild 7.2-40).

Die Unterkonstruktion besteht aus Stahlplatten mit darüber aufgebrachtener Notabdichtung aus PVC, die an den Rändern aufgekantet sind. Darauf sind Dämmplatten aus Polystyrol verlegt. Die Abdichtung besteht aus zweilagigen Elastomerbitumenbahnen. Die abschließende Dachbahn ist beschiefert.

Die Dachfläche I vom Bürogebäude wird über vier Abläufe im Bereich der Attiken an den Längsseiten entwässert. Die Fläche weist ein deutlich sichtbares Gefälle zu den Abläufen auf.

## 7.2.4.1 Detailbogen: Ablauf im Bereich der Attiken, Dachfläche I



Bild 7.2-43: Typische Ablaufsituation im Bereich der Attika auf dem Dach des Anbaus; Ablauf zugesezt mit Laub und Nadeln



Bild 7.2-44: Entwässerungssituation nach Entfernung der Verschmutzungen



Bild 7.2-45: Ausbildung des Anschlusses mit FLK, leichtes Gegengefälle vor dem Ablauf

**Anzahl der Anschlüsse:**

- vier Abläufe auf der Dachfläche I

**Schichtenfolge in der Fläche:**

- zweilagige Elastomerbitumenbahnen, oberste Lage beschiefert
- Polystyrolämmplatten
- PVC-Folie, an den Rändern aufgekantet
- Stahlplatte

## Flüssigkunststoffabdichtung:

- PUR-2K

Ausführungsjahr des Übergangs: 2009

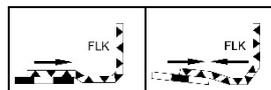
**Funktionsfähigkeit des Übergangs:**

- keine Durchfeuchtungsschäden vorhanden

## Beanspruchungssituation:

|                           |        |   |                         |   |
|---------------------------|--------|---|-------------------------|---|
| mechanische Beanspruchung | hoch:  | X | Schlagregen:            | X |
|                           | mäßig: |   | Wurzelwachstum:         |   |
| thermische Beanspruchung  | hoch:  | X | sonstige Beanspruchung: |   |
|                           | mäßig: |   |                         |   |

## Wasserführung und Anschluss:



I.2b

I.2c

Deutliche Gefällegebung zu den in der Attika gelegenen Abläufen, im unmittelbaren Anschlussbereich teilweise etwas Gegengefälle

Die vier Abläufe der Dachfläche I befinden sich in der Attika und schließen unmittelbar an die Ebene der Dachfläche an. Die Rohrdurchführung ist mit FLK (PUR-2K) eingedichtet. Die Flüssigkunststoffabdichtung überdeckt auf ca. 15 cm Breite die vorgelegte, ebenfalls neu aufgebrachte, beschieferte Bitumenbahn.

In den Abläufen haben sich vor den Laubfangkörben Laub, Nadeln und Blütenkätzchen angesammelt. Dies führt zu Abflussbehinderung des anfallenden Regenwassers und großflächiger Pfützenbildung vor den Abläufen. Auch nach Entfernung der Ablagerungen verbleibt auf Grund des Gegengefälles stehendes Wasser vor den Abläufen. Dieser Bereich des Übergangs ist somit regelmäßig einer starken Feuchtigkeitsbeanspruchung ausgesetzt.

Die Vlieseinlage endet ca. 1 cm vor Ende der FLK. Ablösungen der FLK vom Untergrund oder Rissbildungen im Material konnten weder durch optische, noch durch mechanische Überprüfung festgestellt werden.

7.2.4.2 Detailbogen: Anschluss Lichtkuppel auf der Dachfläche II



Bild 7.2-46: Positionierung der Lichtkuppel auf dem Dachaufbau auf der Dachfläche II



Bild 7.2-47: Typische Ausführungssituation des Übergangs der FLK an die beschieferte Dachbahn



Bild 7.2-48: Krakelee-Rissbildung in der FLK im Randbereich ohne Vlieseinlage

|  |  |                           |                         |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |
|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---|--------|--|-----------------|--|--------------------------|-------|---|-------------------------|--|--------|--|--|
| <p><b>Anzahl der Anschlüsse:</b><br/>- eine Lichtkuppel, ca. 1,20 x 1,20 m</p> <p><b>Schichtenfolge in der Fläche:</b><br/>- beschieferte Bitumenbahn<br/>- keine Angaben über die weitere Schichtenfolge vorhanden</p> <p>Flüssigkunststoffabdichtung:<br/>- PMMA</p> <p>Ausführungsjahr des Übergangs: ca. 2008</p> <p><b>Funktionsfähigkeit des Übergangs:</b><br/>- keine Schäden bekannt bzw. erkennbar</p> | <p><b>Beanspruchungssituation:</b></p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2">mechanische Beanspruchung</td> <td>hoch:</td> <td>X</td> <td>Schlagregen:</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>mäßig:</td> <td></td> <td>Wurzelwachstum:</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">thermische Beanspruchung</td> <td>hoch:</td> <td>X</td> <td rowspan="2">sonstige Beanspruchung:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>mäßig:</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p><b>Wasserführung und Anschluss:</b></p> <p>Il.2a</p> <p>Der Übergang liegt im deutlichen Gefälle, vom Anschluss wegführend. Er kann daher nicht mit stehendem Wasser beansprucht werden.</p> | mechanische Beanspruchung | hoch:                   | X            | Schlagregen: | X | mäßig: |  | Wurzelwachstum: |  | thermische Beanspruchung | hoch: | X | sonstige Beanspruchung: |  | mäßig: |  |  |
| mechanische Beanspruchung  | hoch:  |                           | X                       | Schlagregen: | X            |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |
|  | mäßig:   |                           | Wurzelwachstum:         |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |
| thermische Beanspruchung   | hoch:  | X                         | sonstige Beanspruchung: |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |
|  | mäßig:   |                           |                         |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |

Die untersuchten Anschlüsse an die Lichtkuppel befinden sich in exponierter Lage auf dem eingeschossigen Dachaufbau auf der Dachfläche II. Die anschließende Dachfläche weist ein starkes Gefälle auf (ca. 45° Neigung). Die beschieferte Bitumenbahn aus der Dachfläche wird bis zum Beginn des Aufsetzkranzes der Lichtkuppel geführt. Die FLK verläuft darüber mit einer Überlappungsbreite von ca. 20 cm.

Die Vlieseinlage der FLK endet ca. 2 cm vor dem Ende der Beschichtung. Die FLK weist zahlreiche krakeleeartige Rissbildungen, insbesondere in Bereichen ohne Vlieseinlage, auf. Die Risse sind nicht durchgehend. Die Vlieseinlage zeichnet sich deutlich ab. Teilweise sind im Bereich von Faltenbildungen der Vlieseinlage zum Abdichtungsrand durchgehende Hohlstellen zu beobachten.

Die Verlegung der FLK erfolgte nach Aussage der Nutzer im Hochsommer unter extrem heißen Witterungsbedingungen.

Durchfeuchtungsschäden sind nicht bekannt.

## 7.2.5 Parkhaus (Objektbogen)

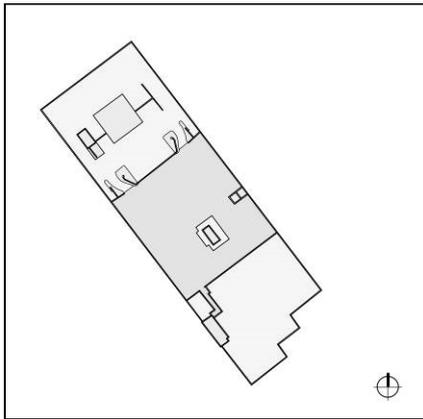


Bild 7.2-49: Skizze Dachaufsicht



Bild 7.2-50: Übersicht 1, oberstes Parkdeck



Bild 7.2-51: Übersicht 2, oberstes Parkdeck

### Allgemeine Angaben zur Situation:

- Mehrgeschossiges Parkhaus, oberste Parkebene ist frei bewittert; in Teilbereichen hochwertige Nutzung des Gebäudes
- ursprünglich wurden die Übergangsbereiche zwischen Betondecke und Vorhangfassade mit PVC-, EVA- bzw. Elastomerbitumenbahnen abgedichtet
- die Randanschlüsse wurden in einem Zeitraum von ca. vier Jahren erneut instandgesetzt und in den jetzigen Zustand gebracht

### Schichtenfolge in der Fläche:

- Stahlbetonskelett
- Park- und Fahrflächen aus Beton ohne Abdichtung

### Ausführungsjahr der Abdichtung in der Fläche:

- der ursprüngliche Dachaufbau ist älter als zwölf Jahre, genauere Angaben liegen nicht vor

Ausführungsjahr der FLK-Anschlüsse: 2002 - 2006

Begehungszeitpunkt: September 2014

### Entwässerungssituation:

- Die Parkflächen weisen ein geringes Gefälle zu den Rändern und zu einer Rinne in der Mitte der Ebene auf. Auf dem obersten Parkdeck sind an den Rändern, jeweils in den Eckpunkten, Abläufe angeordnet. Eine extra ausgebildete Rinnenkonstruktion vor diesen Randanschlüssen ist nicht vorhanden.

Die untersuchten Randanschlüsse befinden sich in einem mehrgeschossigen Gebäude, das ca. 200 PKW-Stellplätze sowie eine Geschäfts-/Büronutzung enthält. Bei der Konstruktion handelt es sich um einen Stahlbetonskelettbau. Die Fassaden sind im Bereich der Stellplätze mit einer nicht vollflächig geschlossenen Vorhangfassade versehen. Das oberste Parkdeck ist frei bewittert. Der Beton ist i. d. R. in der Fläche nicht zusätzlich abgedichtet worden. Teilflächen von den unteren Geschossen werden hochwertig genutzt (Büronutzung, Geschäfte etc.)

Im Bereich der Randanschlüsse sind wiederholt Instandsetzungsarbeiten ausgeführt worden, bei denen EPDM-Folien, EVA-Folien und Elastomerbitumenbahnen aufgebracht wurden. Diese Randanschlüsse wurden seit dem Jahr 2002 in regelmäßigen Abständen auf Grund von wiederholt auftretenden Durchfeuchtungsschäden in den hochwertig genutzten Gebäudebereichen mit Flüssigkunststoffabdichtungen auf PMMA-Basis instandgesetzt. Die ursprünglich aufgetragenen Bahnenabdichtungen wurden meistens vorher nicht entfernt.

7.2.5.1 Detailbogen: Oberstes Parkdeck, Randanschluss 1



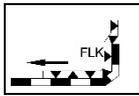
Bild 7.2-52: Randaufkantung aus PVC oder EVA (links), Reparatur mit PMMA (rechts)



Bild 7.2-53: Ursprünglich aufgebraachte Abdichtungsbahn bindet ca. 30 cm auf die anschließende Fläche ein



Bild 7.2-54: Übergang PMMA auf PVC- bzw. EVA-Bahn; Ende Vlies (Pfeil)

|   |   |                           |                         |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
|---|---|---------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---|--------|--|-----------------|--|--------------------------|-------|---|-------------------------|--|--------|--|--|--|
| <p><b>Anzahl der Anschlüsse:</b><br/>- ein untersuchter Anschluss</p> <p>Schichtenfolge in der Fläche:<br/>- Stahlbeton</p> <p><b>Untergrund im Bereich der Aufkantung:</b><br/>- nachträglich aufgebraachte Bahnenabdichtung aus PVC oder EVA, Überlappung auf der Betonfläche ca. 2 cm<br/>- Rückseite Vorhangfassade aus Metall</p> <p>Flüssigkunststoffabdichtung: PMMA</p> <p>Ausführungsjahr des Übergangs: 2002/2003</p> <p><b>Funktionsfähigkeit des Übergangs:</b><br/>- Der Übergang zur Bahnenabdichtung ist unbeschädigt. Durchfeuchtungserscheinungen sind nicht wieder aufgetreten.</p> | <p><b>Beanspruchungssituation:</b></p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2">mechanische Beanspruchung</td> <td>hoch:</td> <td>X</td> <td>Schlagregen:</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>mäßig:</td> <td></td> <td>Wurzelwachstum:</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">thermische Beanspruchung</td> <td>hoch:</td> <td>X</td> <td>sonstige Beanspruchung:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>mäßig:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p><b>Wasserführung und Anschluss:</b></p>  <p>II.1a</p> <p>Der Übergangsbereich befindet sich im senkrechten Bereich einer Aufkantung, kein stehendes Wasser</p> | mechanische Beanspruchung | hoch:                   | X            | Schlagregen: | X | mäßig: |  | Wurzelwachstum: |  | thermische Beanspruchung | hoch: | X | sonstige Beanspruchung: |  | mäßig: |  |  |  |
| mechanische Beanspruchung   | hoch:   |                           | X                       | Schlagregen: | X            |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
|   | mäßig:  |                           | Wurzelwachstum:         |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
| thermische Beanspruchung  | hoch:   | X                         | sonstige Beanspruchung: |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
|   | mäßig:  |                           |                         |              |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |

Die untersuchte Anschlussfuge zwischen der Betondecke und der Vorhangfassade wurde vor dem Jahr 2002 mit Kunststoffdachbahnen (wahrscheinlich PVC oder EVA) abgedichtet. Diese Bahnen wurden im untersuchten Bereich ca. 2 cm auf die Betonfläche geführt und ca. 20 cm an der Rückseite der Vorhangfassade hochgeführt. Auf der Abdichtung hat sich ein deutlich erkennbarer, mikrobieller Bewuchs gebildet. Ende des Jahres 2002 wurden Undichtheiten durch bereichsweises Überarbeiten des Anschlusses mit Flüssigkunststoffabdichtung behoben. Der Untergrund war zuvor wahrscheinlich nicht gereinigt worden. Die FLK-Abdichtung ist ca. 3 cm über das Vlies ausgestrichen worden (siehe Bild 7.2-54).

Ablösungserscheinungen zwischen den Materialien sind nicht zu beobachten.

## 7.2.5.2 Detailbogen: Oberstes Parkdeck, Randanschluss 2



Bild 7.2-55: Untersucher Randanschluss 2, Übersicht



Bild 7.2-56: FLK wird ca. 30 mm über den Rand der Vlieseinlage auf die beschieferte Bitumenbahn fortgeführt



Bild 7.2-57: Oberflächige Ablösung des Materials

**Anzahl der Anschlüsse:**

- ein untersuchter Anschluss

**Schichtenfolge in der Fläche:**

- Elastomerbitumen
- Stahlbeton

Flüssigkunststoffabdichtung: PMMA

Ausführungsjahr des Übergangs: 2002/2003

**Funktionsfähigkeit des Übergangs:**

- Im unmittelbaren Übergangsbereich sind keine Ablösungen festzustellen. Die FLK-Beschichtung löst sich allerdings teilweise in der Fläche von der Gewebeeinlage ab (Bild 7.2-57).

**Beanspruchungssituation:**

|                           |        |   |                         |   |
|---------------------------|--------|---|-------------------------|---|
| mechanische Beanspruchung | hoch:  | X | Schlagregen:            | X |
|                           | mäßig: |   | Wurzelwachstum:         |   |
| thermische Beanspruchung  | hoch:  | X | sonstige Beanspruchung: |   |
|                           | mäßig: |   |                         |   |

**Wasserführung und Anschluss:**

I.2b

Der untersuchte Anschluss befindet sich direkt neben einem Ablauf. Verschmutzungen, die auf länger stehendes Wasser hinweisen, sind nicht zu beobachten.

Der untersuchte Rand- bzw. Eckanschluss befindet sich im Bereich eines Dachablaufs. Das geringe Gefälle der Fläche verläuft in Richtung der Ränder bzw. zum in der Ecke gelegenen Ablauf.

Auf der Betondecke des frei bewitterten Parkdecks wurde in einem Teilbereich von ca. 1,20 m x 4,00 m zunächst eine beschieferte Elastomerbitumenbahn aufgebracht. Der Anschluss zu den Brüstungselementen (Vorhangfassade) ist in den Jahren 2002/2003 mit einer Flüssigkunststoffabdichtung aus PMMA hergestellt worden. Die Brüstungselemente bestehen aus einer Pfosten-/Riegelkonstruktion aus Metall, die auf den Stirnflächen der Betondecke punktwise befestigt ist. Die Flüssigkunststoffabdichtung ist abgeschrägt an der Rückseite der Metallelemente ca. 25 cm hochgeführt. Der obere Abschluss ist nicht mechanisch befestigt und frei der Bewitterung ausgesetzt. Im Bereich der Abschrägung zwischen Boden und Brüstungselement befinden sich ebenfalls die Stützen der Schutzplanken (Doppel-T-Träger), die im Boden verankert sind. Sie sind in die Abdichtungsmaßnahme mit einbezogen. Die FLK wird hier ca. 10 cm hochgeführt. Sie wird im Übergangsbereich zur beschieferten Elastomerbitumenbahn ca. 5 cm über das Ende der Vlieseinlage hinweggeführt. Die Vlieseinlage zeichnet sich deutlich ab. Ablösungen der beiden Materialien voneinander sind nicht zu beobachten. Im Bereich der Abschrägung zur Brüstung weist die Flüssigkunststoffabdichtung einen sehr starken Algenbewuchs auf. Hier löst sich die Beschichtung vom eingearbeiteten Vlies ab (siehe Bild 7.2-57).

## 7.2.6 Eigentumswohnanlage, Terrassenhäuser (Objektbogen)



Bild 7.2-58: Übersichtsfoto der Wohnanlage, Terrassen liegen in Süd-Ost-Richtung



Bild 7.2-59: Typische Flachdachsituation; Bekiesung mit nicht geplanter extensiver Begrünung



Bild 7.2-60: Ausführung der Dachterrasse und Zustand der Anschlüsse

### Allgemeine Angaben zur Situation:

- Eigentumswohnanlage, erbaut in den 70er Jahren, zweigeschossige Terrassenhäuser mit Dachterrassen und bekiesten Dachflächen
- vollständige Sanierung der Dachflächen

### Schichtenfolge in der Fläche:

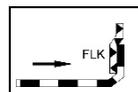
- Kiesschüttung bzw. Betonplatten im Kiesbett
- zweilagige Elastomerbitumenbahnen, oberste Lage bestreut
- 8 cm Polyurethan Dämmstoff
- Dampfsperre
- Betondecke

Ausführungsjahr der Abdichtung in der Fläche: 2004 - 2005

Ausführungsjahr der FLK-Anschlüsse: 2004/2005

Begehungszeitpunkt: September 2014

Wasserführung und Anschluss:



II.2b

Die Dachflächen haben kein geplantes Gefälle.

Bei dem untersuchten Objekt handelt es sich um eine Eigentumswohnanlage, die in den 70er Jahren als Ferienwohnungsanlage erstellt worden ist. Die Terrassenanlage ist nach Süd-Osten ausgerichtet und frei bewittert. Auf Grund von umfangreichen Durchfeuchtungsschäden wurden die Dach- bzw. Dachterrassenaufbauten 2004/2005 bis auf die tragende Konstruktion abgetragen und neu aufgebaut.

Der neue Dachaufbau besteht ab Oberkante Betondecke aus einer Dampfsperrbahn, 8 cm Polyurethan-Dämmplatten und zwei Lagen Elastomerbitumenbahnen. Größere Dämmschichtdicken waren wegen der vorhandenen, geringen Anschlusshöhen nicht ausführbar. Die Oberseite der Decklage ist beschiefert. Im Bereich der Dachterrassen sind auf dem Dachaufbau Betonplatten im Kiesbett verlegt. Die daran anschließende Dachfläche ist ausschließlich mit einer Kiesschicht versehen. Sowohl die Dampfsperrbahnen, als auch die Decklagen sind ca. 5 cm lose an den aufgehenden Bauteilen aufgekantet. Darüber wurde der eigentliche Anschluss mit Flüssigkunststoff hergestellt.

Die Dachflächen sind über in den Dachrändern angeordnete Abläufe mit Fallrohren entwässert. Die ursprünglich vorhandenen Abläufe befanden sich in den Ecken der Dachfläche. Die Lage der ursprünglichen Dachabläufe wurde bei der Instandsetzung nicht übernommen.

### 7.2.6.1 Detailbogen: Anschluss an die Dachentwässerung



Bild 7.2-61: Aktuelle Anschlusssituation an einen Wasserspeier als Dachflächenentwässerung



Bild 7.2-62: Anschlusssituation während der Erstellungsphase (Bild: Zengler)



Bild 7.2-63: Typische Ausführungssituation der FLK (an einer anderen Stelle) im Randbereich (Bild: Zengler)



Bild 7.2-64: Anschluss an Wasserspeier und Betonsockel der Terrassentrennwand mit FLK



Bild 7.2-65: Zustand des 1. Übergangs zwischen FLK und beschiefelter Bitumenabdichtung



Bild 7.2-66: 2. Übergang zwischen FLK und beschiefelter Bitumenabdichtung

#### Anzahl der Anschlüsse:

- untersucht wurden die Anschlüsse an drei Abläufen

Schichtenfolge in der Fläche:

- siehe Objektbogen

#### Flüssigkunststoffabdichtung:

- PMMA, Untergrund im Aufkantungsbereich des Ablaufs sind Pressspanplatten, die an der Stirnfläche der Betondecke befestigt sind

Ausführungsjahr des Übergangs: 2004/05

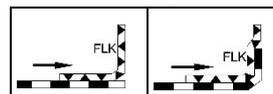
#### Funktionsfähigkeit des Übergangs:

- keine Durchfeuchtungsschäden bekannt

#### Beanspruchungssituation:

|                           |        |   |                         |
|---------------------------|--------|---|-------------------------|
| mechanische Beanspruchung | hoch:  | X | Schlagregen:            |
|                           | mäßig: |   | Wurzelwachstum: (X)     |
| thermische Beanspruchung  | hoch:  |   | sonstige Beanspruchung: |
|                           | mäßig: | X |                         |

#### Wasserführung und Anschluss:



I.1b

II.1b

Die Fläche lässt kein geplantes Gefälle erkennen. Moosbewuchs in der Kiesschüttung weist auf regelmäßig stehendes Wasser hin. Im Bereich der Entwässerungsöffnungen war zum Zeitpunkt der Besichtigung kein stehendes Wasser vorhanden.

Der Zustand der Übergänge zwischen der FLK und der Bahnenabdichtung wurde am Rand des Daches im Bereich von drei Abläufen (Wasserspeiern) untersucht. Die FLK aus PMMA ist bis ca. 15 cm in der Fläche auf der ebenfalls neu verlegten beschieferten Elastomerbitumenbahn aufgebracht. Diese ist im Randbereich ca. 2 cm aufgekantet. Die Aufkantung der Bahn diente für den Zeitraum der Durchführung der Baumaßnahme bis zum Aufbringen der FLK als Notabdichtung. Die FLK wurde am Dachrand ca. 14 cm hochgeführt und oberseitig mit einem Blech abgedeckt.

Es ist kein Gefälle in Richtung der Abläufe erkennbar. Stehendes Wasser vor den Abläufen wurde während der Begehung nicht festgestellt. Extensiver Pflanzenbewuchs und Vermoosung der Kiesschüttung weisen allerdings darauf hin, dass auf der Dachfläche häufiger stehendes Wasser vorhanden ist.

Die Vlieseinlage der FLK endet ca. 3 cm vor dem Ende der Beschichtung. An einer Stelle wurde eine wenige Millimeter tief reichende Ablösung der FLK im Randbereich beobachtet. Durch mechanische Zugversuche per Hand konnte die FLK nicht weiter vom Untergrund abgelöst werden. Weitere Ablösungen wurden in den untersuchten Bereichen nicht festgestellt.

Nach Abschluss der Instandsetzungsmaßnahmen sind nach Angabe der Nutzer keine Durchfeuchtungen mehr aufgetreten.

### 7.2.6.2 Detailbogen: Anschluss an den Dachrand

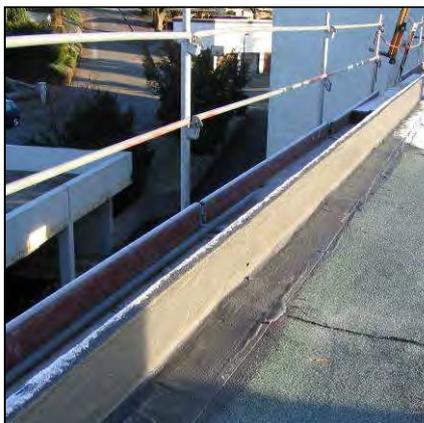


Bild 7.2-67: Anschluss an den Dachrand während der Sanierungsphase (Bild: Zengler)

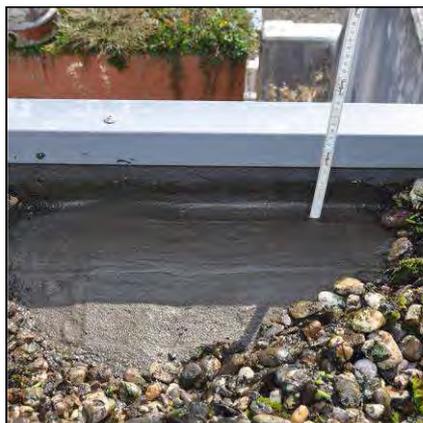


Bild 7.2-68: Zustand der FLK nach Entfernung der Kiesschüttung



Bild 7.2-69: FLK bindet ca. 150 mm in die Fläche ein

#### Länge der Anschlüsse:

- ca. 25 lfdm. pro Dachfläche

#### Schichtenfolge in der Fläche:

- siehe Objektbogen

#### Flüssigkunststoffabdichtung:

- PMMA, Untergrund im Aufkantungsbereich sind Pressspanplatten, die an der Stirnfläche der Betondecke befestigt sind

Ausführungsjahr des Übergangs: 2004/05

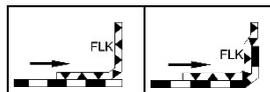
#### Funktionsfähigkeit des Übergangs:

- keine Durchfeuchtungsschäden bekannt

#### Beanspruchungssituation:

|                           |        |   |                         |   |
|---------------------------|--------|---|-------------------------|---|
| mechanische Beanspruchung | hoch:  | X | Schlagregen:            | X |
|                           | mäßig: |   | Wurzelwachstum:         | X |
| thermische Beanspruchung  | hoch:  | X | sonstige Beanspruchung: |   |
|                           | mäßig: |   |                         |   |

#### Wasserführung und Anschluss:



I.1b

II.1b

Die Fläche lässt kein geplantes Gefälle erkennen. Moosbewuchs in der Kiesschüttung weist auf regelmäßiges stehendes Wasser hin. Im Bereich der Entwässerungsöffnungen war zum Zeitpunkt der Besichtigung kein stehendes Wasser festzustellen.

Eine der Dachflächen der terrassenförmig angelegten Ferienwohnungsanlage war zugänglich. Die Randanschlüsse der ca. 17,0 m x 4,0 m großen Dachfläche konnten in Augenschein genommen werden. Die Randaufkantung besteht aus einer Pressspanplatte, die an der Stirnfläche der Betondecke befestigt ist. Die Vorderseite und die obere Abdeckung der Randaufkantung bestehen aus einer Blechkonstruktion. Die Aufkantungshöhe ab der Oberkante der Bahnenabdichtung beträgt ca. 13 cm. Die ohne weitere Schutzlagen auf der Abdichtung verlegte Kiesschicht ist ca. 7 cm dick und unmittelbar bis an den Dachrand verlegt. Am Rand ist die FLK (PMMA) bis unter die Blechabdeckung aufgekantet. Die FLK überlappt ca. 15 cm auf die Dachbahn.

Die Entwässerung der Dachfläche erfolgt ausschließlich über in die Randaufkantung integrierte Abläufe. Die Oberseite der Dachabdichtung konnte nicht eingesehen und damit das Gefälle nicht bestimmt werden. Das Dach weist nach Angabe der Nutzer kein geplantes Gefälle auf, so dass davon auszugehen ist, dass auch im Randbereich teilweise mit stehendem Wasser zu rechnen ist. Moosbildungen in der Kiesschicht lassen diesen Schluss ebenfalls zu.

Die Flüssigkunststoffabdichtungen ist ca. 1 bis 3 cm über den Rand des Vlieses ausgestrichen. Ablösungserscheinungen zwischen der FLK und der Bahnenabdichtung wurden nicht festgestellt. Nach Abschluss der Instandsetzungsarbeiten sind keine weiteren bekannt gewordenen Schäden aufgetreten.

## 7.2.6.3 Detailbogen: Anschluss Türlaibung



Bild 7.2-70: Türanschluss im Bereich der Dachterrasse



Bild 7.2-71: Ausführung der FLK im Türlaibungsbereich während der Bauphase (Bild: Zengler)



Bild 7.2-72: Zustand der frei bewitterten FLK nach ca. 10 Jahren Standzeit

**Anzahl der Anschlüsse:**

- ein Anschluss wurde ohne weitere Öffnungsarbeiten untersucht

**Schichtenfolge in der Fläche:**

- siehe Objektbogen

**Flüssigkunststoffabdichtung:**

- PMMA

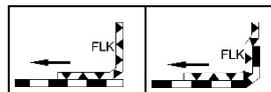
Ausführungsjahr des Übergangs: 2004/05

**Funktionsfähigkeit des Übergangs:**

- keine Durchfeuchtungsschäden bekannt

**Beanspruchungssituation:**

|                           |        |   |                         |   |
|---------------------------|--------|---|-------------------------|---|
| mechanische Beanspruchung | hoch:  | X | Schlagregen:            | X |
|                           | mäßig: |   | Wurzelwachstum:         | X |
| thermische Beanspruchung  | hoch:  |   | sonstige Beanspruchung: |   |
|                           | mäßig: | X |                         |   |

**Wasserführung und Anschluss:**

I.1a

II.1a

Es konnte keine eindeutiges Gefälle auf der Oberfläche des Plattenbelags festgestellt werden. Im Kiesrandstreifen war teilweise Pflanzenbewuchs festzustellen.

Öffnungsarbeiten im Bereich der Dachterrassen konnten nicht durchgeführt werden. Allerdings konnte der Zustand der FLK im frei bewitterten Bereich oberhalb des Plattenbelags untersucht werden. Die Aufkantungshöhe ab OK Belag beträgt ca. 20 cm. Der Plattenbelag ist in einem Kiesbett bis ca. 2 cm vor der aufgehenden Wandfläche verlegt. Der Randbereich ist ebenfalls mit Kies ausgefüllt. In der Kies-schicht ist teilweise Pflanzenbewuchs vorhanden.

Beschädigungen an der FLK konnten nicht beobachtet werden. Erneut aufgetretene Durchfeuchtungser-scheinungen sind ebenfalls nicht bekannt.

### 7.2.7 Lagerhalle einschließlich Büronutzung



Bild 7.2-73: Übersichtsfoto, Lage der Belichtungsöffnung für das WC



Bild 7.2-74: Starke Verschmutzungen im quer zum Gefälle liegenden Bereich



Bild 7.2-75: Leichte Ablösung im Randbereich der FLK

|   |        |   |                         |                           |       |   |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
|---|--------|---|-------------------------|---------------------------|-------|---|--------------|---|--------|--|-----------------|--|--------------------------|-------|---|-------------------------|--|--------|--|--|--|
| <p><b>Allgemeine Angaben zur Situation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lagerhallen einschließlich Büronutzung, frei bewittert</li> </ul>  |        | <p>Ausführungsjahr der Abdichtung in der Fläche: 2011</p>   |                         |                           |       |   |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
| <p><b>Anzahl der Anschlüsse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- eine Belichtungsöffnung ca. 45 x 45 cm groß</li> </ul>  |        | <p>Begehungszeitpunkt: März 2014</p>  |                         |                           |       |   |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
| <p><b>Schichtenfolge in der Fläche:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abdichtungsbahn auf der Basis von thermoplastischen Polyolefinen (TPO)</li> <li>- Wärmedämmung</li> <li>- Dampfsperre</li> <li>- Stahltrapezblechkonstruktion</li> </ul> |        | <p>Beanspruchungssituation:</p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2">mechanische Beanspruchung</td> <td>hoch:</td> <td>X</td> <td>Schlagregen:</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>mäßig:</td> <td></td> <td>Wurzelwachstum:</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">thermische Beanspruchung</td> <td>hoch:</td> <td>X</td> <td>sonstige Beanspruchung:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>mäßig:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> |                         | mechanische Beanspruchung | hoch: | X | Schlagregen: | X | mäßig: |  | Wurzelwachstum: |  | thermische Beanspruchung | hoch: | X | sonstige Beanspruchung: |  | mäßig: |  |  |  |
| mechanische Beanspruchung   | hoch:  | X   | Schlagregen:            |                           | X     |   |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
|   | mäßig: |   | Wurzelwachstum:         |                           |       |   |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
| thermische Beanspruchung  | hoch:  | X   | sonstige Beanspruchung: |                           |       |   |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
|   | mäßig: |   |                         |                           |       |   |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
| <p>Flüssigkunststoffabdichtung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PUR-1K</li> </ul>  |        | <p>Wasserführung und Anschluss:</p>   |                         |                           |       |   |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
| <p>Ausführungsjahr des Übergangs: 2011</p>  |        | <p>l.1b</p>   |                         |                           |       |   |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |
| <p><b>Funktionsfähigkeit des Übergangs:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Durchfeuchtungsschäden bekannt</li> </ul>  |        | <p>Deutliches Gefälle vom First ausgehend vorhanden.</p>  |                         |                           |       |   |              |   |        |  |                 |  |                          |       |   |                         |  |        |  |  |  |

Bei dem begangenen Objekt handelt es sich um eine Lagerhalle mit integrierten Büroräumen. Die Belichtungsöffnung besteht aus einem Aufsatzkranz mit einer darüber aufgebracht durchsichtigen Glasplatte. Der Aufsatzkranz ist ca. 8 cm aufgekantet.

Der Anschluss an die Abdichtungsbahn in der Fläche aus thermoplastischen Polyolefinen (TPO) wird mit einem Flüssigkunststoff auf Basis von PUR-1K mit Vlieseinlage hergestellt. Der Flüssigkunststoff ist ca. 1,5 bis 2,0 cm über die Vlieseinlage hinaus ausgestrichen worden. Im Bereich ohne Vlieseinlage sind geringfügige Ablösungen erkennbar (siehe Bild 7.2-75). Die Flüssigkunststoffabdichtung ist bis auf die Abdeckung geführt.

Eine Seite der Belichtungsöffnung liegt quer zum Gefälle der Dachfläche. In diesem Bereich befinden sich Schmutzablagerungen, die auf länger anstauendes Wasser hinweisen. Der Übergang zwischen Dachbahn und Flüssigkunststoff liegt also teilweise im Wasserfluss. Der Flüssigkunststoff hat sich teilweise durch den Einfluss von Mikroorganismen deutlich erkennbar verfärbt, auch in Bereichen ohne länger anhaltend stehendes Wasser. Daraus entstandene Schäden sind nicht zu erkennen.

## 7.2.8 Zusammenfassung der Vor-Ort-Untersuchungen

Insgesamt wurden sechs Objekte mit insgesamt 17 verschiedenen Anschlusssituationen in Augenschein genommen und dokumentiert. Dabei konnten die Übergänge zwischen folgenden Stoffen untersucht werden:

Tabelle 7.2-1: Zusammenstellung der untersuchten Materialkombinationen

| FLK-Gruppe | Dachbahn (Untergrund)             |
|------------|-----------------------------------|
| PUR-1K     | beschieferte Elastomerbitumenbahn |
| PUR-2K     | beschieferte Elastomerbitumenbahn |
| PMMA       | beschieferte Elastomerbitumenbahn |
| PMMA       | Elastomerbitumenbahn              |
| PMMA       | Oxidationsbitumenbahn             |
| PMMA       | PVC/EVA - Bahn                    |
| PUR-1K     | FPO/TPO - Bahn                    |

Die Anschlüsse wurden im Durchschnitt sieben Jahre vor der Begehung hergestellt.

Bei elf untersuchten Übergängen ist zumindest zeitweise stehendes Wasser im Bereich der Übergänge vorhanden.

Bei vier Übergängen wurden geringfügige Randablösungen der FLK von der Bahnenabdichtung festgestellt, die sich mit Ausnahme von dem Beispiel 7.2.3.5 auf den seitlich ausgestrichenen Bereich der FLK ohne Vlieseinlage beschränken. Die FLK im Beispiel 7.2.3.5 ist nicht über den Rand des eingelegten Vlieses hinausgeführt worden. Das Vlies wurde zudem nicht ausreichend in den Flüssigkunststoff eingebettet.

In den ausgestrichenen Bereichen der FLK ohne Vlieseinlage sind bei drei weiteren Anschlüssen Rissbildungen festzustellen, die aber zu keinen Ablösungen vom Untergrund geführt haben.

Ein Zusammenhang zwischen Ablösungserscheinungen oder Rissbildungen in der FLK und zeitweise stehendem Wasser im Bereich des Übergangs wurde nicht beobachtet.

Umfangreiche Ablösungen der FLK von der Vlieseinlage lagen nur beim Beispiel 7.2.5.2 vor. Schadensursache war hier vor allem die zu geringe Auftragsdicke der FLK, die zu keiner ausreichenden Verbindung mit dem Vlies führte. Das Vlies bewirkte dadurch eine Trennung der beiden Auftragsschichten der Flüssigkunststoffabdichtung.

Mit Ausnahme des Beispiels 7.2.5.2 haben alle untersuchten Übergänge schadensfrei funktioniert.

### 7.3 Zusammenfassung der Gutachtauswertung und der Untersuchung ausgeführter Objekte

Die Untersuchungen von mindestens vor fünf Jahren ausgeführten Übergängen zwischen faserverstärkten, flüssig zu verarbeitenden Abdichtungssystemen aus der Gruppe der Flüssigkunststoffabdichtungen (FLK) auf bahnenförmigen Abdichtungen haben ergeben, dass diese Bauweise unter bestimmten Voraussetzungen zuverlässig funktioniert.

An den besichtigten Objekten waren die Übergänge noch im Originalzustand vorhanden, d. h. sie wurden nach der Herstellung nicht nachgebessert. Dennoch ließen sich im ausgestrichenen Randbereich der FLK in Teilbereichen Ablösungen von der Dachbahn feststellen, die allerdings in keinem Fall zum vollflächigen Ablösen der FLK geführt haben.

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit standen keine Fallbeispiele zur Verfügung, bei denen Übergänge von vorneherein versagten. Die Umfrage unter den Dachdeckern hat aber gezeigt, dass sich Flüssigkunststoffabdichtungen unter bestimmten ungünstigen Bedingungen vom Untergrund lösen können. Die Ablösungserscheinungen treten nach den Erfahrungen der Dachdecker aber sofort nach der Erstellung auf und nicht erst nach längerer Standzeit. Bei erst später festgestellten Ablösungen ist nicht auszuschließen, dass die Klebeverbindung in der Grenzfläche zwischen FLK und Bahnoberfläche bereits von vornherein versagt hatte. Aufgrund günstiger Rahmenbedingungen, wie z. B. Gefälle von der Anschlusssituation wegführend und/oder senkrechte Anschlussverbindung, haben diese Fehlstellen nicht zu Wassereintritten in die Baukonstruktion geführt.

Die untersuchten Übergänge weisen in Bezug zur vorgesehenen gesamten Nutzungsdauer von Dachabdichtungen von ca. 30 Jahren eine vergleichsweise geringe Standzeit auf. Aus den Untersuchungsergebnissen kann trotzdem geschlossen werden, dass es sich bei dieser Form der Detaillösungen um zuverlässige und dauerhafte Maßnahmen handelt. Dies gilt insbesondere für Übergänge in verwinkelten und konstruktiv schwierigen Situationen an Dachrändern, an denen Bahnen nicht oder nicht zuverlässig verarbeitet werden können. Der Zuverlässigkeitsgrad hängt wesentlich von der Frage ab, ob die Übergangflächen, also die Kontaktflächen zwischen den Flüssigsystemen und den Bahnen, dauerhaft von Wasser überstaut sind und sich dort Mikroorganismen bilden können, die einen zusätzlichen Angriff auf die Oberfläche darstellen. Übergänge, die nur während Regenereignissen beansprucht werden und anschließend wieder abtrocknen können, sind grundsätzlich wegen der nur kurzzeitigen und geringen Beanspruchung zuverlässiger. Falls dort die Verbindung zwischen den Stoffen sich doch lösen sollte, tritt, wenn überhaupt, nur wenig Wasser ein – im Gegensatz zu überstauten Situationen, in denen das Pfützenwasser unter die Abdichtung sickert. Zwar haben sich die untersuchten Übergänge bewährt, sie sind aber noch vergleichsweise neu und haben die zu erwartende Nutzungsdauer von 25–30 Jahren noch nicht erreicht. Die Überlegung zur Schadensfolge bei überstauten Anschlüssen führt zu Empfehlung, zumindest bei der höherwertigen Anwendungskategorie K2, den Wasserstau an den Übergängen zu vermeiden (siehe Kapitel 8). Die Zuverlässigkeit und die Dauerhaftigkeit der Übergänge kann, soweit das auf Grundlage der repräsentativen Untersuchung im Rahmen dieser Forschung möglich ist, bestätigt werden. Die Übergänge von flüssig zu verarbeitenden Abdichtungen auf Dachbahnen sind grundsätzlich bewährte Bauweisen.

Im nachfolgenden Kapitel sind Qualitätsmerkmale dargestellt, nach denen sich Übergänge den Anwendungskategorien K1 und K2 zuordnen lassen.

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit wurden ausschließlich die Übergänge zwischen den FLK und bahnenförmigen Abdichtungen untersucht. Wasserschäden, die z. B. auf eine Ablösung der FLK vom Untergrund am oberen Rand zurückzuführen waren, sind nicht Gegenstand dieser Forschungsarbeit. Die Angaben der ausführenden Dachdecker und die Auswertung von eigenen Untersuchungen im Rahmen von Gutachtenerstellungen zeigen, dass mangelhafte Anschlüsse an den oberen Rändern eine häufige Ursache von Durchfeuchtungsschäden sind. Die Abdichtung ist dann entweder nicht ausreichend fest mit dem Untergrund verbunden oder unter Missachtung der speziellen Rahmenbedingungen hergestellt worden. Im Forschungsbericht zu niveaugleichen Türschwellen [Oswald 2011] sind die verschiedenen Schadensursachen dargestellt. Dies betrifft insbesondere ungenügende oder gar negative Aufkantungshöhen der Abdichtungen im Bereich von Türschwellen oder fehlende Abdichtungen der Fugen zwischen Fenster- bzw. Türblendrahmen und den Laibungen der Baukonstruktion.

## 8. Ausführungsempfehlungen - Ausblick

Die Untersuchungen an ausgeführten Objekten zeigen, dass die Übergänge von flüssig aufzubringenden Dachabdichtungen mit Verstärkungsvlieseinlagen auf Bahnenabdichtungen dauerhaft und damit zuverlässig funktionieren, wenn grundsätzliche Regeln eingehalten werden. Damit steht Planern und Handwerkern eine Konstruktionsvariante zur Verfügung, die es technisch und handwerklich ermöglicht, auch in verwinkelten und schwierigen Anschlusssituationen zuverlässige Abdichtungen herzustellen.

Für die Verarbeitung von Flüssigkunststoffabdichtungen müssen entsprechend der in [DIN 18531-3] vorgenommenen Differenzierung nach Qualitätsklassen in Anwendungskategorien K1 (Standardausführung) bzw. K2 (höherwertige Ausführung) bestimmte Anforderungen bezüglich der Mindesttrockenschichtdicken und Leistungsstufen erfüllt werden.

Flüssigkunststoffabdichtungen werden zunächst prinzipiell als einlagige Abdichtung eingestuft und sind daher entsprechend den Anforderungen der [DIN 18531] bei einer Mindestschichtdicke von 1,8 mm der Anwendungskategorie K1 zuzuordnen. Nach Auswertung der vorliegenden Untersuchung kann die Anwendungskategorie K1 unter Beachtung der Verarbeitungsregeln der Hersteller ohne darüber hinausgehende Anforderungen auch auf die Übergänge zwischen Bahnen- und Flüssigkunststoffabdichtungen übertragen werden.

Bei einer Mindestschichtdicke von 2,1 mm entspricht die FLK in der Fläche den Anforderungen der Anwendungskategorie K2.

Da eine prozentual geringe Dickendifferenz zwischen 1,8 und 2,1 mm keine nennenswerten Unterschiede hinsichtlich der Zuverlässigkeit ergibt, wird vorgeschlagen, eine einheitliche Dicke von 2,0 mm vorzugeben. Andere Kriterien haben dagegen größere Auswirkungen. Sie werden nachfolgend benannt.

Für die **Standardkategorie K1** sind grundsätzlich folgende qualitätssichernde Maßnahmen zu empfehlen:

1. Die Übergänge der Flüssigkunststoffe auf die Bahnenabdichtungen können liegend oder stehend (nach Kapitel 6) ausgeführt werden. Voraussetzung für die Ausführung eines liegenden Übergangs ist das Erreichen der Bewertungsstufe 4 im Schälzugversuch von Hand, bei stehenden Übergängen genügt Bewertungsstufe 3.
2. Der Untergrund muss trocken und frei von Fremdstoffen sein, die eine Anhaftung gefährden. Die Oberflächentemperatur muss 3 K über der Taupunkttemperatur liegen, um Tauwasserbildung sicher auszuschließen. Der Untergrund ist vorzubehandeln und ggf. zu grundieren.  
Die Anhaftung zwischen der Flüssigkunststoffabdichtung und dem Untergrund ist sicherzustellen. Dazu können Erfahrungswerte herangezogen werden. Da aber die Auswirkung der speziellen Anwendungssituation und die jeweiligen Stoffrezepturen nicht immer bekannt sind, sind Anhaftungsprüfungen grundsätzlich zu empfehlen. Dazu sind z. B. Schälzugprüfungen von Hand (siehe Kapitel 4.2) geeignet. Lassen sich die Flüssigkunststoffabdichtungen im Schälzugversuch mit geringem oder mittlerem Kraftaufwand von der Bahnenabdichtung lösen (Bewertungsstufe 1 oder 2), ist ein anderes Material zu wählen, um eine dauerhafte Verbindung des Übergangs sicherzustellen.
3. Die Versuche sind vor Beginn der Arbeiten vorzunehmen und zu dokumentieren.
4. Die Einhaltung der erforderlichen Mindestschichtdicken der FLK ist zu prüfen, z. B. durch Nachweis des verbrauchten Materials. Die Vlieseinlage muss vollständig eingebettet sein.

5. Zur Vermeidung von Kerbspannungen soll das FLK-Material seitlich höchstens ca. 2 cm über das Vlies hinausreichen.
6. Im Bereich von Bewegungsfugen sind die Regelungen der DIN 18531 Teil 3 bzw. der DIN 18195 Teil 8 einzuhalten.
7. Es muss sichergestellt sein, dass der Anschluss der FLK an ein aufgehendes Bauteil nicht von Wasser hinterlaufen werden kann.
8. Die ausführenden Handwerker müssen für das verwendete System geschult sein und dies nachweisen können.

Darüber hinaus sind für die höherwertige **Anwendungskategorie K2** zusätzlich folgende Anforderungen zu beachten:

9. Bei der Anwendungskategorie K2 sollten stehende Übergänge nach Kapitel 6.2 ausgeführt werden. Sie sollen der Detailreihe II (Bild 6.2-1) entsprechen. Die Festigkeit am Übergang ist durch Bewertungsstufe 4 im Schälzugversuch von Hand nachzuweisen. Der Übergang zwischen Flüssigkunststoffabdichtung und bahnenförmiger Abdichtung soll nicht im Wasserfluss liegen. Bei liegenden Übergängen ist durch konstruktive Maßnahmen sicherzustellen, dass der Übergang nicht von Wasser überstaut wird, z. B. durch Anheben des Übergangs aus der wasserführenden Ebene. Liegende Übergänge müssen außerdem eine wirksame Gefällegebung entsprechend des Details I.1a (vgl. Bild 6.1-1) aufweisen (siehe auch Kapitel 7.3).
10. Die Einhaltung der Mindestschichtdicken der FLK ist zu prüfen und zu dokumentieren, einerseits durch Nachweis des verbrauchten Materials und andererseits durch Messungen der Nassschichtdicke an repräsentativen Stellen.
11. Die Anzahl von Durchdringungen sollte möglichst gering sein. Durchführungen sollten zusammengefasst und an geeigneten Stellen, z. B. mit Einhausungen, ausgeführt werden.

Dachrandan- und -abschlüsse, also Details von bahnenförmigen Dachabdichtungen, lassen sich zuverlässig und kostengünstig mit flüssig zu verarbeitenden Kunststoffabdichtungen herstellen. Die Einhaltung der beschriebenen Konstruktionsregeln und Verarbeitungshinweise ist dabei eine Voraussetzung, um die notwendige Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit sicherzustellen.

Es ist zu empfehlen, diese Bauweise, die bereits seit vielen Jahren erfolgreich angewendet wird, in die Regelwerke zu integrieren. Die Ergebnisse der vorliegenden Forschungsarbeit sollten daher sowohl den entsprechenden Normenausschüssen, als auch dem Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks zur Verfügung gestellt werden.

## 9. Abkürzungsverzeichnis

|            |  |
|------------|--|
| abP        | allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis  |
| CE-Zeichen | Kennzeichnung für ein Produkt, das den dem Hersteller auferlegten Anforderungen der Europäischen Union entspricht  |
| DE         | Bahnen für einlagige Abdichtungen nach DIN V 20000-201   |
| DIBt       | Deutsches Institut für Bautechnik  |
| DIN        | (mit Zählnummer) nationale Norm vom Deutschen Institut für Normung   |
| DIN EN     | (mit Zählnummer) deutsche Ausgabe einer Europäischen Norm  |
| DIN V      | (mit Zählnummer) Vornorm einer nationalen Norm vom Deutschen Institut für Normung  |
| E1         | Eigenschaftsklasse für Abdichtungsstoffe (Bahnen mit Widerstand gegen hohe thermische und hohe mechanische Beanspruchung)  |
| ECB        | Dach- und Dichtungsbahnen aus Ethylencopolymerisat-Bitumen   |
| EN         | Europäische Norm   |
| EOTA       | Europäische Organisation für Technische Bewertung (European Organisation for Technical Assessment) wurde als Europäische Organisation für Technische Zulassungen auf der Grundlage der Bauproduktenrichtlinie (89/106/EWG) gegründet |
| EPDM       | Ethylen-Propylen-Dien-Monomere, Elastomerdachbahn auf Basis von Kautschuk  |
| ETA        | Europäisch Technische Zulassung (veraltete Bezeichnung)  |
| ETAG       | Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung   |
| ETB        | Europäisch Technische Bewertung (früher: ETA)  |
| EVA        | Ethylen-Vinylacetat-Copolymer, ist ein thermoplastisches Mischpolymerisat von Ethylen und Vinylacetat  |
| FLK        | flüssig aufzubringende Dachabdichtung  |
| FPO/TPO    | flexibles Polyolefin (auf Basis PE oder PP)  |
| K1         | Anwendungskategorie Standardausführung: Dachabdichtungen, an die übliche Anforderungen gestellt werden   |
| K2         | Anwendungskategorie höherwertige Ausführung: Dachabdichtungen, an die durch Planer/Bauherren (z. B. aufgrund höherwertiger Gebäudenutzung, Hochhäuser, Dächer mit erschwertem Zugang) erhöhte Anforderungen gestellt werden          |
| kPa        | Kilopascal   |
| PE         | Polyethylen, ein durch Kettenpolymerisation von Ethen hergestellter thermoplastischer Kunststoff   |
| PMMA       | Polymethylmethacrylat, ein synthetischer, transparenter, thermoplastischer Kunststoff  |

---

|              |  |
|--------------|--|
| PP           | Polypropylen, ein teilkristalliner Thermoplast aus der Gruppe der Polyolefine                    |
| prEN         | europäischer Normentwurf   |
| PUR-1K       | einkomponentige flexible Polyurethanharze  |
| PUR-2K       | zweikomponentige flexible Polyurethanharze   |
| PYE          | Elastomerbitumen (Bitumen modifiziert mit thermoplastischen Elastomeren)                         |
| SN           | Schweizer Norm   |
| TDH          | Technisches Dossier des Herstellers  |
| TPO          | siehe FPO/TPO  |
| UP           | flexible ungesättigte Polyesterharze   |
| UV-Strahlung | Ultraviolette Strahlung  |
| W1, W2; W3   | Einstufung nach der zu erwartenden Nutzungsdauer<br>(W1 = 5 Jahre; W2 = 10 Jahre; W3 = 25 Jahre) |
| ZVDH         | Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks   |

## 10. Literaturhinweise

### 10.1 Normen und Richtlinien

- **[DIN 18195-1]**  
DIN 18195-1:2011-12 Bauwerksabdichtungen - Teil 1: Grundsätze, Definitionen, Zuordnung der Abdichtungsarten
- **[DIN 18195-2]**  
DIN 18195-2:2009-04 Bauwerksabdichtungen - Teil 2: Stoffe
- **[DIN 18195-3]**  
DIN 18195-3:2011-12 Bauwerksabdichtungen - Teil 3: Anforderungen an den Untergrund und Verarbeitung der Stoffe
- **[DIN 18195-5]**  
DIN 18195-5:2011-12 Bauwerksabdichtungen - Teil 5: Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser auf Deckenflächen und in Nassräumen; Bemessung und Ausführung
- **[DIN 18195-9]**  
DIN 18195-9:2010-05 Bauwerksabdichtungen - Teil 9: Durchdringungen, Übergänge, An- und Abschlüsse
- **[DIN 18195-10]**  
DIN 18195-10: 2011-12 Bauwerksabdichtungen - Teil 10: Schutzschichten und Schutzmaßnahmen
- **[DIN 18195-Bbl1]**  
DIN 18195 Beiblatt 1:2011-03 Bauwerksabdichtungen – Beiblatt 1: Beispiele für die Anordnung der Abdichtung
- **[DIN 18336]**  
DIN 18336:2012-09 Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Abdichtungsarbeiten
- **[DIN 18338]**  
DIN 18338:2012-09 Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Dachdeckungs- und Dachabdichtungsarbeiten
- **[DIN 18531-1]**  
DIN 18531-1:2010-05 Dachabdichtungen - Abdichtungen für nicht genutzte Dächer - Teil 1: Begriffe, Anforderungen, Planungsgrundsätze
- **[DIN 18531-2]**  
DIN 18531-2:2010-05 Dachabdichtungen - Abdichtungen für nicht genutzte Dächer - Teil 2: Stoffe
- **[DIN 18531-3]**  
DIN 18531-3:2010-05 Dachabdichtungen - Abdichtungen für nicht genutzte Dächer - Teil 3: Bemessung, Verarbeitung der Stoffe, Ausführung der Dachabdichtungen
- **[DIN 18531-4]**  
DIN 18531-4:2010-05 Dachabdichtungen - Abdichtungen für nicht genutzte Dächer - Teil 4: Instandhaltung
- **[DIN V 20000-201]**  
DIN V 20000-201:2006-11 Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 201: Anwendungsnorm für Abdichtungsbahnen nach Europäischen Produktnormen zur Verwendung in Dachabdichtungen
- **[DIN V 20000-201 Berichtigung 1]**  
DIN V 20000-201 Berichtigung 1:2009-01 Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 201: Anwendungsnorm für Abdichtungsbahnen nach Europäischen Produktnormen zur Verwendung in Dachabdichtungen, Berichtigung zu DIN V 20000-201:2006-11

- **[DIN EN 12317-2]**  
DIN 12317-2:2001-01 Abdichtungsbahnen – Bestimmung des Scherwiderstandes der Fügenähte – Teil 2: Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen; Deutsche Fassung EN 12317-2:2000
- **[E DIN EN 12317-2]**  
Entwurf DIN 12317-2:2010-02 Abdichtungsbahnen – Bestimmung des Scherwiderstandes der Fügenähte – Teil 2: Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen; Deutsche Fassung FprEN 12317-2:2010
- **[EOTA TR 003]**  
European Organisation for technical approvals (EOTA): Determination of the watertightness, Edition May 1999
- **[EOTA TR 004]**  
European Organisation for technical approvals (EOTA): Determination of the resistance to delamination, Edition May 1999
- **[EOTA TR 005]**  
European Organisation for technical approvals (EOTA): Determination of the resistance to wind loads of partially bonded roof waterproofing membranes, Edition June 2003
- **[ETAG 005]**  
Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Abdichtungen mit Flüssigkunststoffen nach ETAG 005, Ausgabe Juni 2005
- **[Deutsche Bauchemie 2011]**  
Leitfaden für die Planung und Ausführung von Abdichtungen von Dächern, Balkonen und Terrassen mit Flüssigkunststoffen nach ETAG 005. 1. Ausgabe, Mai 2011, Frankfurt am Main
- **[Deutsche Bauchemie 2012]**  
Informationsschrift: Die neue europäische Bauproduktenverordnung – Eine Umsetzungshilfe für die Mitgliedsunternehmen der Deutschen Bauchemie. 1. Ausgabe, Juni 2012, Frankfurt am Main
- **[DIBt 2014]**  
Teil II der Liste der Technischen Baubestimmungen. In: Amtliche Mitteilungen. Ausgabe 2, 28. Juli 2014, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin
- **[DIBt 2014/1]**  
Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C, Ausgabe 2014/1, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin
- **[MBO 2002]**  
Musterbauordnung für die Länder der Bundesrepublik Deutschland. Ausgabe November 2002
- **[PG-FLK]**  
Prüfgrundsätze zur Erteilung von allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen für Bauwerksabdichtungen mit Flüssigkunststoffen (PG-FLK). Hrsg: Arbeitsgruppe der Prüfstellen „Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis für Bauwerksabdichtungen mit Flüssigkunststoffen“, Ausgabe Juni 2010
- **[PG-ÜBB]**  
Prüfgrundsätze zur Erteilung von allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen für Übergänge von Bauwerksabdichtungen auf Bauteile aus Beton mit hohem Wassereindringwiderstand (PG-ÜBB), Hrsg: Arbeitsgruppe der Prüfstellen „Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis für Fugenabdichtungen in Bauteilen aus Beton mit hohem Wassereindringwiderstand“, Ausgabe September 2010
- **[SN 564 281/2:2011]**  
Schweizer Norm SN 564 281/2:2011 Dichtungsbahnen und flüssig aufgetragene Abdichtungen - Schälzugprüfung
- **[VDD 2012]**  
Technischen Regeln für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit Polymerbitumen- und

Bitumenbahnen – abc der Bitumenbahnen. Industrieverband Bitumen-Dach- und Dichtungsbahnen e.V., Frankfurt, 2011

– **[ZVDH 2008]**

Fachregel für Abdichtungen – Flachdachrichtlinie. Regel für Abdichtungen nicht genutzter Dächer; Regel für Abdichtungen genutzter Dächer und Flächen, Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks, Ausgabe Oktober 2008 (mit Änderungen Dezember 2011)

## 10.2 Fachbücher und Fachaufsätze

– **[BMJ]**

Bekanntmachung der Leitlinie für die europäische technische Zulassung für flüssig aufzubringende Dachabdichtungen (ETAG 005, Teile 1 bis 8)- 18. Februar 2005, Herausgegeben vom Bundesministerium der Justiz (BMJ), Köln

– **[Hemme 2011]**

Aktuelle bauaufsichtliche und normative Regelungen in die Bauwerks- und Dachabdichtung, Prüfgrundsätze. In: 6. Leipziger Abdichtungsseminar, 25. Januar 2011, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin

– **[Hemme 2012]**

Bauaufsichtliche Regelungen für die Bauwerks- und Dachabdichtung – aktueller Stand; Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis gemäß Bauregelliste A Teil 3. In: 7. Leipziger Abdichtungsseminar, 24. Januar 2012, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin

– **[Hemme 2014]**

Bauaufsichtliche und normative Regelungen für die Bauwerks- und Dachabdichtung – Erste Erfahrungen mit der Europäischen Technischen Bewertung nach EU – Bauproduktenverordnung. In: 9. Leipziger Abdichtungsseminar, 21. Januar 2014, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin

– **[Herold]**

Innovative Bauprodukte für Bauwerks- und Dachabdichtungen – Einsatzmöglichkeiten ohne Verstoß gegen das Baurecht. In: 6. Leipziger Abdichtungsseminar, 25. Januar 2011, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin

– **[Oswald 2011]**

Oswald, R.; u. a.: Schadensfreie niveaugleiche Türschwellen. In: Bauforschung für die Praxis Bd. 97, IRB Verlag 2011