

Prüfung von FBV-Systemen und Leistungsanforderungen nach DBV- Merkblatt Frischbetonverbundsysteme

- Wirkungsmechanismus FBVS
- Einflussgrößen auf den Verbund und die Hinterlaufsicherheit
- Leistungsanforderungen an FBVS und erforderliche Systemgrundprüfungen
 - Leistungsanforderungen
 - Mindestprüfungen bzw. Grundprüfungen
 - Optionale Systemprüfungen

Wirkungsmechanismus FBVS



Frischbetonverbundsystem (FBV-System) *fresh concrete pre-applied bonded membrane*

- **nur in Verbindung mit Frischbeton**
- **zur Wasserseite hin angeordnet**
- **Verlegung von Bahnen vor dem Betonieren**
- **Verbundwirkung zum Beton (Hinterlaufschutz)**

Ein FBV-System besteht im Wesentlichen aus

Verbundschicht

mechanisch-adhäsiv, klebeadhäsiv, bituminös-adhäsiv

- zugfester Haftverbund mit Beton
- Hinterlaufschutz

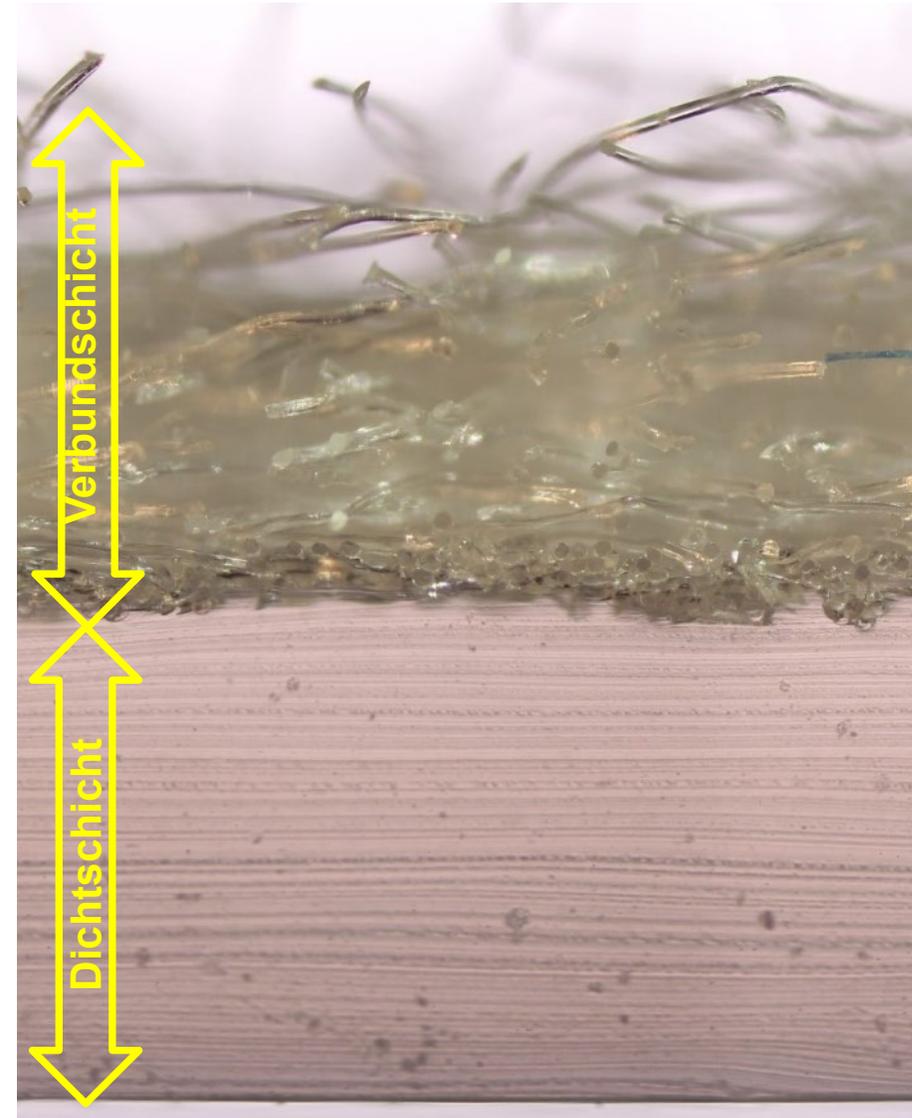
+

Dichtschicht

Kunststoff, $d = 0,50-1,5$ mm

Bitumen, $d = 4,5$ mm

- Aufnahme Wasserdruck, Gebäudelast
- rissüberbrückend



Mechanisch-adhäsiver
Verbund durch Vliese



Klebe-adhäsiver
Klebeverbund



Bituminös-adhäsiver
Verbund



ausreichende Haftfestigkeit

Trennriss in der WU-
Betonkonstruktion,
ca. 0,2 mm breit.

Ziel: Hinterlaufschutz; Verhinderung
des seitlichen Wassereintritts in die
Verbundschicht

ausreichend hinterlaufsicher

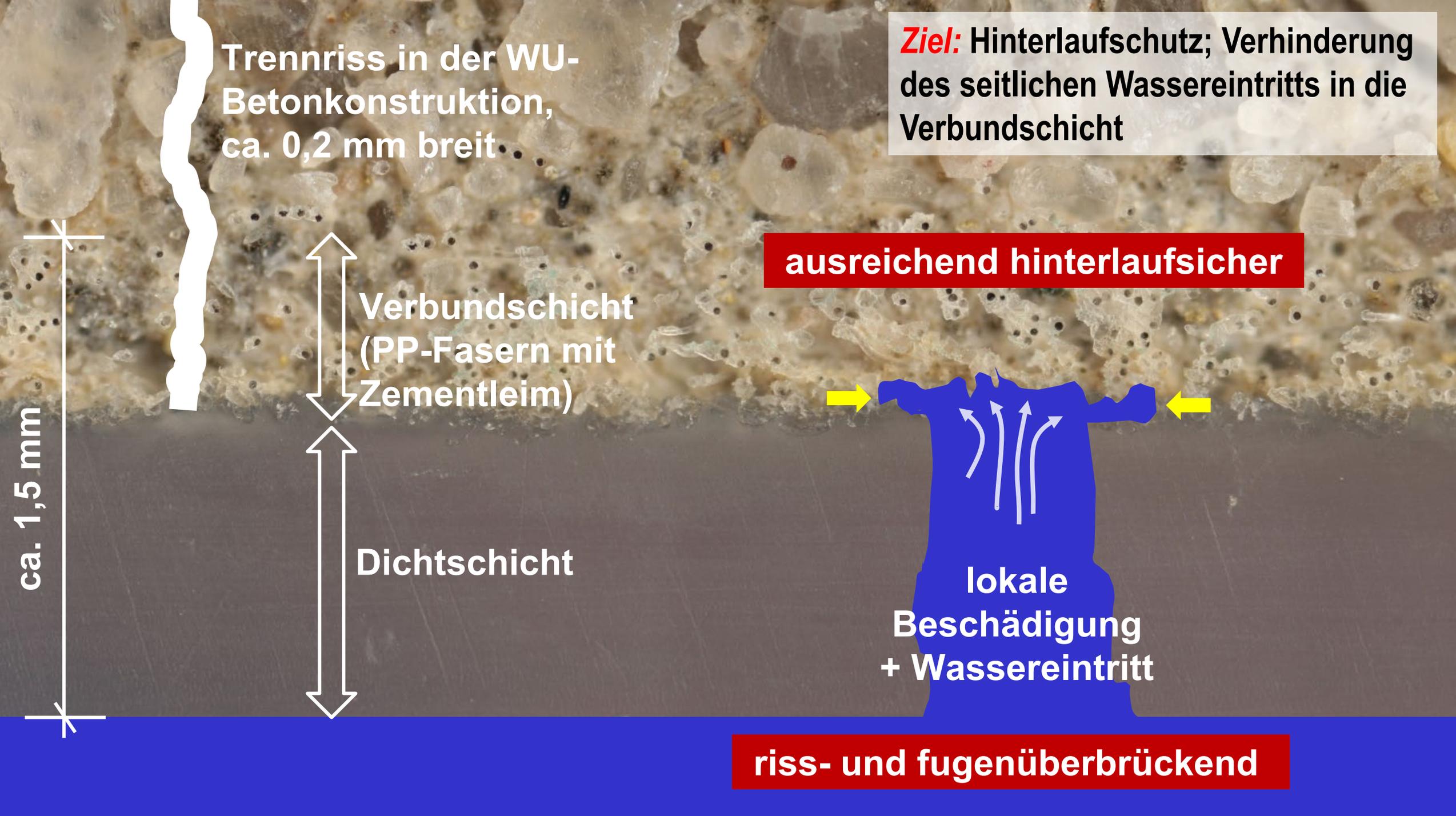
Verbundschicht
(PP-Fasern mit
Zementleim)

Dichtschicht

lokale
Beschädigung
+ Wassereintritt

riss- und fugenüberbrückend

ca. 1,5 mm

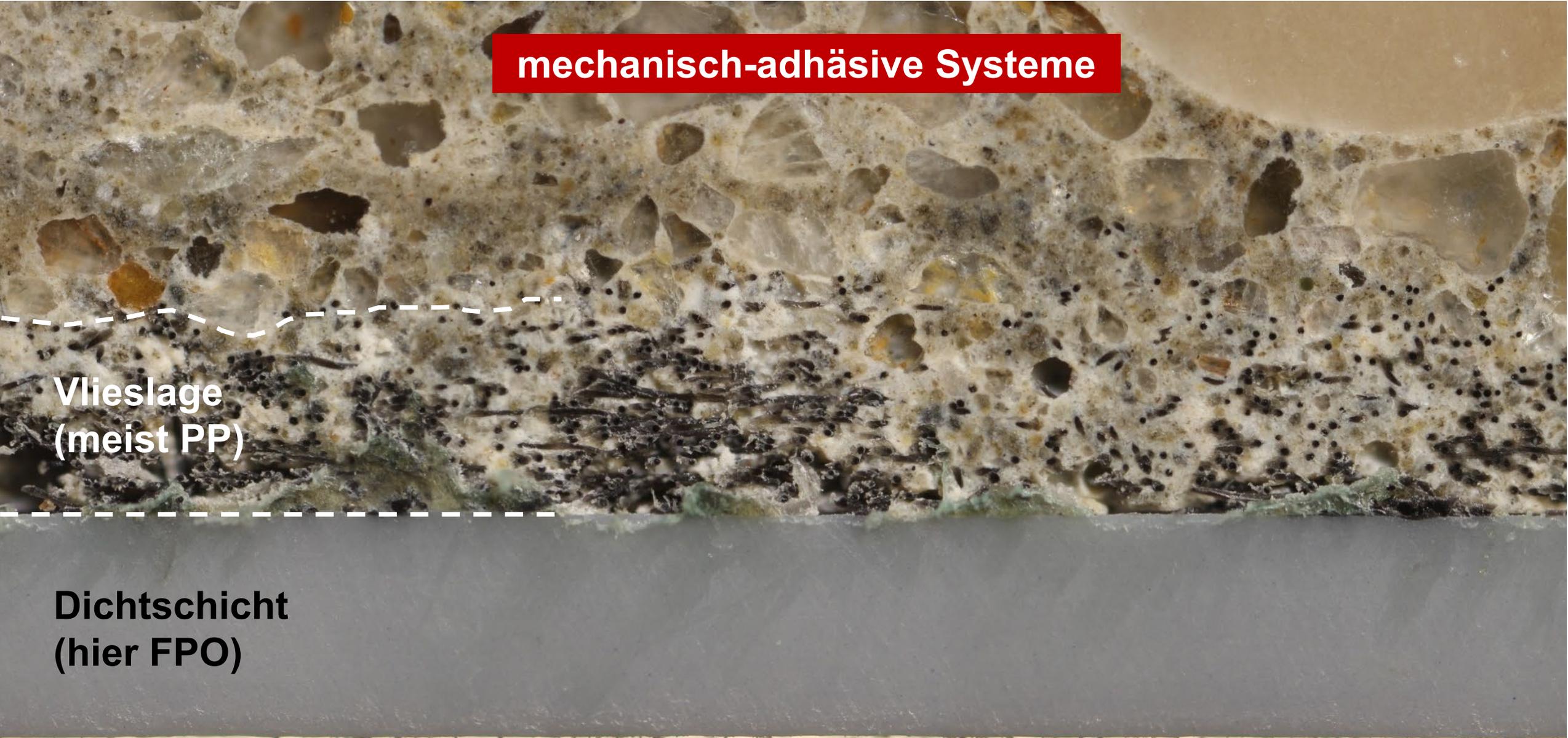


Mechanisch-adhäsiver Verbund

mechanisch-adhäsive Systeme

Vlieslage
(meist PP)

Dichtungsschicht
(hier FPO)



Klebe-adhäsive Systeme

„reaktive“
Grenzfläche

Hotmelt-Haftklebstoff
(PSA)

Dichtschicht
(meist HDPE)

0,5 mm



Bituminös-adhäsiver Verbund

bituminös-adhäsives System



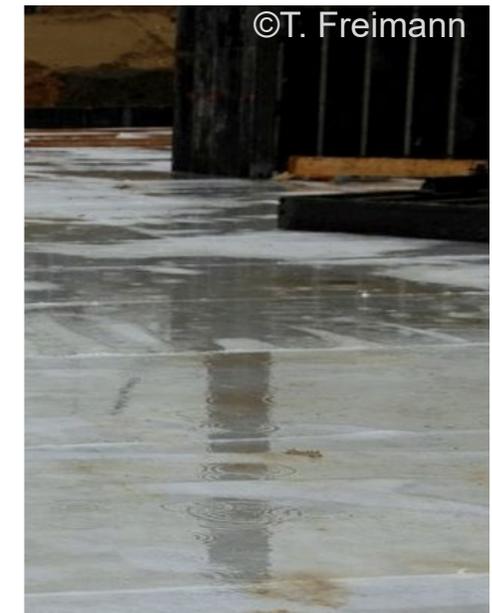
Querschnitt



Einflussgrößen auf den Verbund

Verbundstörungen auf Baustelle

- Zementschlämme
→ Auslaufen von Arbeitsfugen
→ Betontransport
- Erdreich, bindige Böden, Sande
→ durch Begehen und Befahren
- Schalölle, Sägespäne/Rödeldraht
- Pfützenbildung (Niederschlagswasser)
- Eisbildung / Schnee
- unzureichende Verdichtung
- Konsistenz nicht angepasst
- Abstandhalter



Leistungsanforderungen und Systemgrundprüfungen

Allgemeine Anforderungen an FBVS

Allgemeine Anforderungen

Grundprüfungen Abdichtungsbahnen:



- Abweichung von den Probekörpermaßen
- Dicke und flächenbezogene Masse

Wasserdichtheit nach Verfahren A oder B von EN 1928:2000

Statische Belastung / Stoßbelastung nach EN 12691

Zugdehnung

Kaltbiegeverhalten

Weiterreißwiderstand

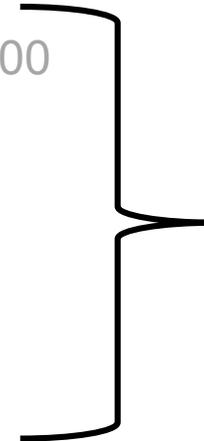
Scherwiderstand der Fügenähte

Alterung

DIN EN 13967 (Kunststoffbahnen)

DIN EN 13969 (Bitumenbahnen)

Kunststoff- und Elastomerbahnen für die Bauwerksabdichtung gegen Bodenfeuchte und Wasser



ersetzt durch DBV-MB FBVS

+ Mindestanforderungen nach DBV-MB, Anhang A



22 Mindestprüfungen

Allgemeine Anforderungen

Eigenschaften (falls erforderlich) nach DIN EN 13967
Wasserdichtheit gegen Wasser in flüssiger Form
Widerstand gegen statische Belastung
Zugfestigkeit
— Bahnen ohne Einlage
— Bahnen mit Einlage
— Bahnen mit Einlage
Dauerhaftigkeit der Wasserdichtheit gegen künstliche Alterung
Dauerhaftigkeit der Wasserdichtheit gegen Chemikalien
Widerstand gegen Stoßbelastung
Weiterreißwiderstand (Nagelschaft)
Brandverhalten
Verträglichkeit mit Bitumen
Scherwiderstand der Fügenähte
Wasserdampfdurchlässigkeit
Widerstand gegen Verformung unter Last
Länge
Breite
Dicke oder Masse
Geradheit
Gefährliche Stoffe
Sichtbare Mängel

Anforderungen im DBV-MB FBVS

- Wasserdichtheit (DBV-MB)
- Widerstand gegen statische Belastung (DBV-MB)
- Zugfestigkeit (DBV-MB)
- Dauerhaftigkeit der Wasserdichtheit gegen künstliche Alterung (DBV-MB)
- Dauerhaftigkeit gegen Chemikalien (DBV-MB)
- Widerstand gegen Stoßbelastung (DBV-MB)
- Weiterreißwiderstand (Nagelschaft) (DBV-MB)
- Verträglichkeit mit Bitumen (DBV-MB)
- Scherwiderstand der Fügenähte (DBV-MB)
- Widerstand gegen Verformung unter Last (DBV-MB)

Leistungsanforderungen an FBVS (Mindestprüfungen)

Eigenschaften Dichtsicht

- FBV-System und Zubehör
- Wasserdichtheit der Bahnenfläche
- Widerstand gegen Stoßbelastung punktuell
- Widerstand gegen statische Belastung
- Kaltbiegeverhalten der Dichtsicht
- Reißfestigkeit und Reißdehnung
- Optional: Gasdichtigkeit
- Optional: Widerstand betonangreifende Medien XA

Eigenschaften Verbundschicht

- Hinterlaufsicherheit gegen Druckwasser im Betonverbund
- Haftzugfestigkeit zur Betonrandzone

Dauerhaftigkeit

- Alkaliwiderstand
- Maximal offene Liegezeit

Fügungen / Durchdringungen

- Verhältnis Fügenahtlänge / Nettobahnenfläche
- Wasserdichtheit im eingebauten Zustand mit allen Füge- und Stoßvarianten
- Wasserdichtheit Durchdringungen
- Scherwiderstand der Fügenähte (Labor- und Baustellenprüfung für alle Nahtvarianten)
- Optional: Wasserdichtheit T-Stoß ohne Betonverbund
- Optional: Wasserdichtheit spezieller Detailanschlüsse (z.B. Rohrdurchdringung; Pfahlkopfanschluss)

Kompatibilität zu anderen Materialien

- Bitumenverträglichkeit (z.B. zu Dämmstoffklebern)
- Wasserdichtheit im Übergang zur WU-Konstruktion

Reparaturen / Reinigungen

- Funktionsfähigkeit nach Reinigung
- Funktionsfähigkeit bei Pfützen

Konstruktive Eigenschaften

- Optional: Reibungsbeiwerte

Mindestanforderungen

Anhang A1 Tab A1

Leistungsklasse 1

≤ 3 m WS, müssen
alle in Verkehr gebrachten
FBVS erfüllen

Erweiterte Anforderungen

Anhang A1 Tab A2

Leistungsklasse 2

≤ 10 m WS

Erweiterte Anforderungen

Anhang A1 Tab A3

Leistungsklasse 3

≤ 20 m WS

Optionale Anforderungen

Anhang A2 Tab A4

Wenn vom Planer
zusätzlich gewünscht
bzw. gefordert

Planerische Auswahl **einer**
Leistungsklasse (Pflicht)

Optional

Mindestanforderungen

Anhang A1 Tab A1



22 Prüfungen

- FBV-System und Zubehör
- Verhältnis Fügenahtlänge / Nettobahnenfläche
- Widerstand gegen Stoßbelastung punktuell
- Widerstand gegen statische Belastung
- Kaltbiegeverhalten der Dichtschicht
- Reißfestigkeit und Reißdehnung
- Haftzugfestigkeit zum Betonverbund
- Scherwiderstand der Fügenähte (alle Nahtvarianten)
- Maximal offene Liegezeit
- Bitumenverträglichkeit

Leistungsklasse 1

≤ 3 m WS, müssen
alle in Verkehr gebrachten
FBVS erfüllen

Warum?

Kompatibilität der Komponenten
Vermeidung schmaler und kleinteiliger Bahnen
Beschädigung durch herabfallendes Werkzeug
Aufnehmen der Bauwerkslast / Flächenpressung
Einbau bei niedrigen Temperaturen
Montage
Vermeidung Abziehen zum Ausschalzeitpunkt
Mindestqualität der Fügenaht
Funktionsfähigkeit nach UV-Einstrahlung
Verwendung bit. Klebern bei Perimeterdämmung

Mindestanforderungen

Anhang A1 Tab A1



22 Prüfungen

Leistungsklasse 1

≤ 3 m WS, müssen
alle in Verkehr gebrachten
FBVS erfüllen

- Hinterlaufsicherheit bei Druckwasser
- Wasserdichtheit der Bahnenfläche
- Alkaliwiderstand
- Wasserdichtheit im eingebauten Zustand mit allen Füge- und Stoßvarianten
- Wasserdichtheit Durchdringungen
- Wasserdichtheit im Übergang zur WU-Konstruktion
- Hinterlaufsicherheit bei Druckwasser und ungewollter Beaufschlagung stehenden Wassers
- Hinterlaufsicherheit bei Druckwasser nach Reinigung einer Verschmutzung

Warum?

Hinterlaufsicherer Verbund
Qualität der Dichtschicht
Dauerhaftigkeit im Betonverbund
Dichtheit des FBVS im Betonverbund an den Nahtstellen
Ausführbarkeit dichter Hausanschlüsse
Randbereich bei Wechsel auf WU-Konstruktion
Funktionsfähigkeit trotz 2 l/m² Wasser auf Bahn

Reinigungsfähigkeit der Bahn sicherstellen, nach Reinigungsanweisung des Herstellers

Leistungsanforderungen und Systemgrundprüfungen

Stoßbelastung

Widerstand gegen Stoßbelastung

nach DIN EN 12691,
Verfahren B (weicher Untergrund)

Mindestanforderungen

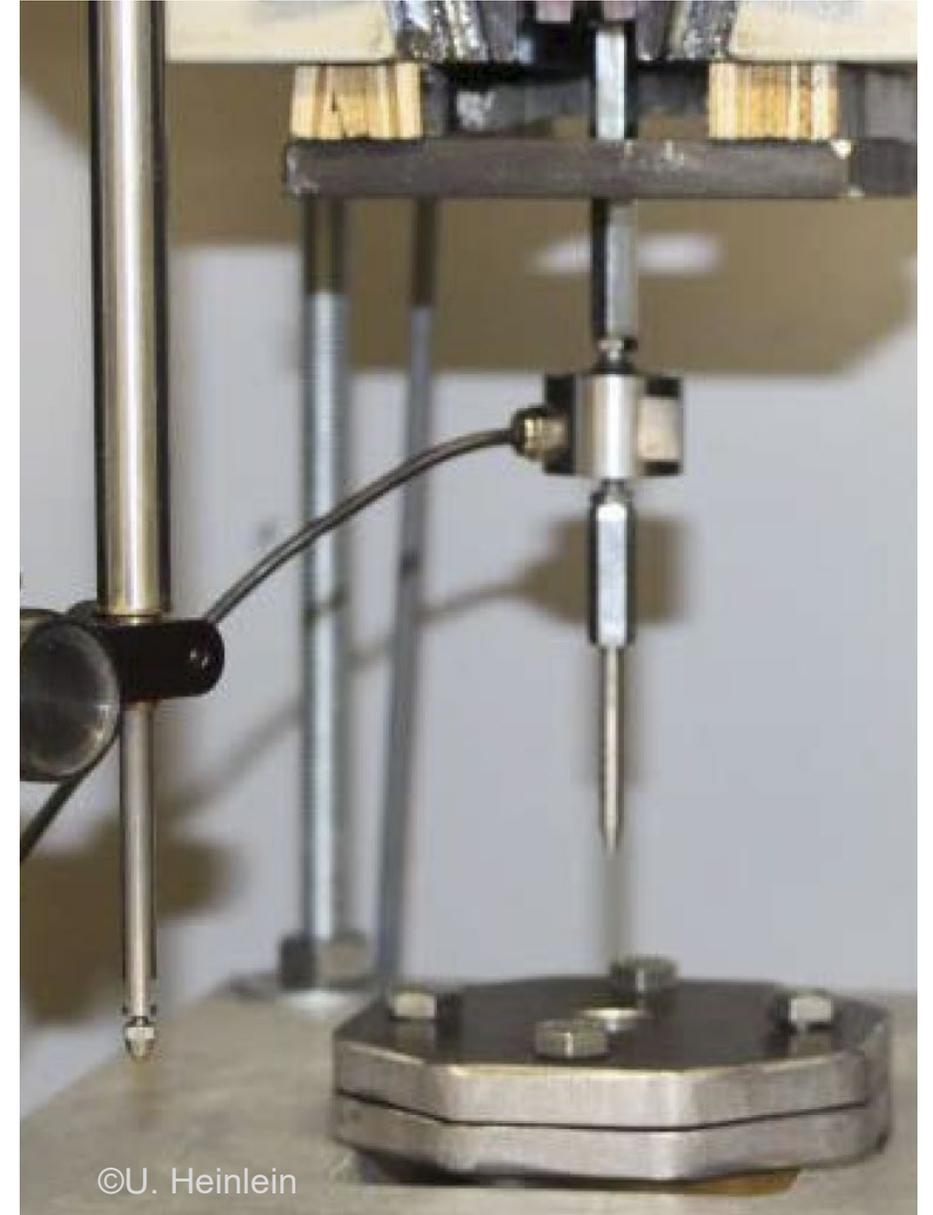
Leistungsklasse 1

Ziel:

Mindestrobustheit gegen Durchdringung bei punktuellen Stoßeinwirkungen z.B. durch herabfallendes Werkzeug.

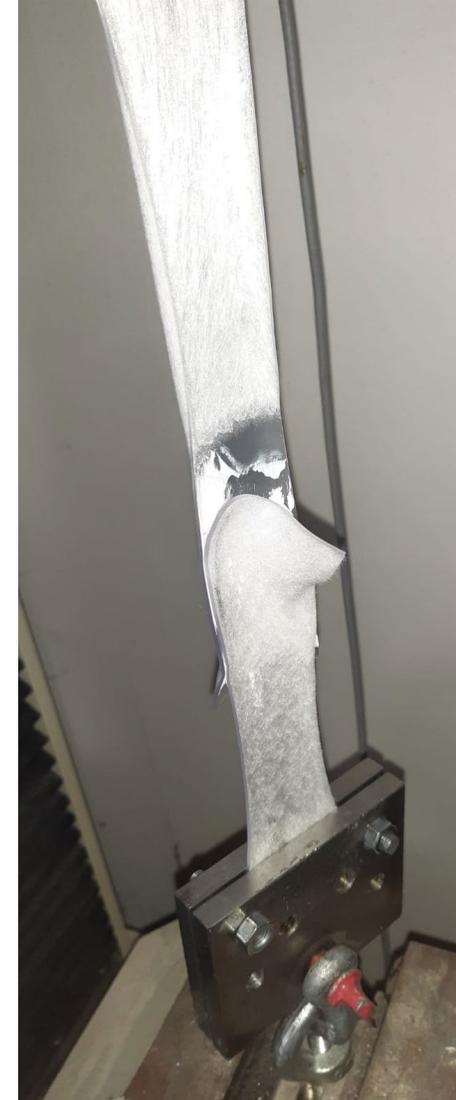
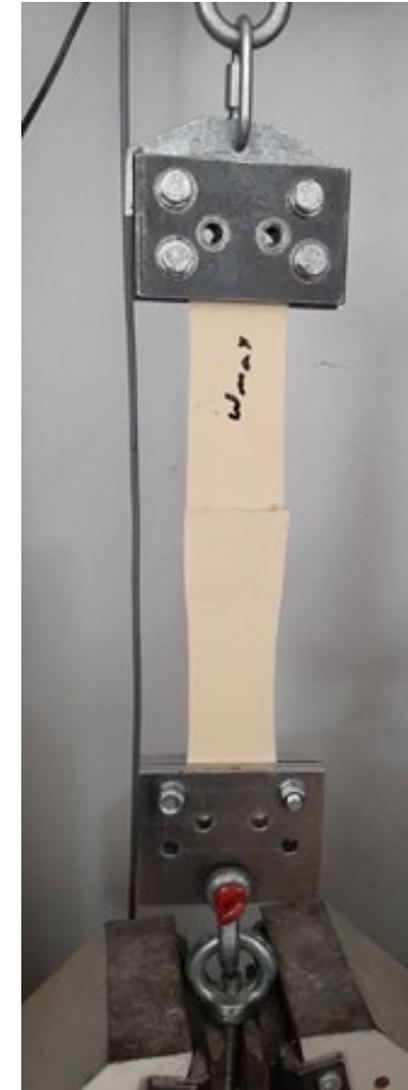
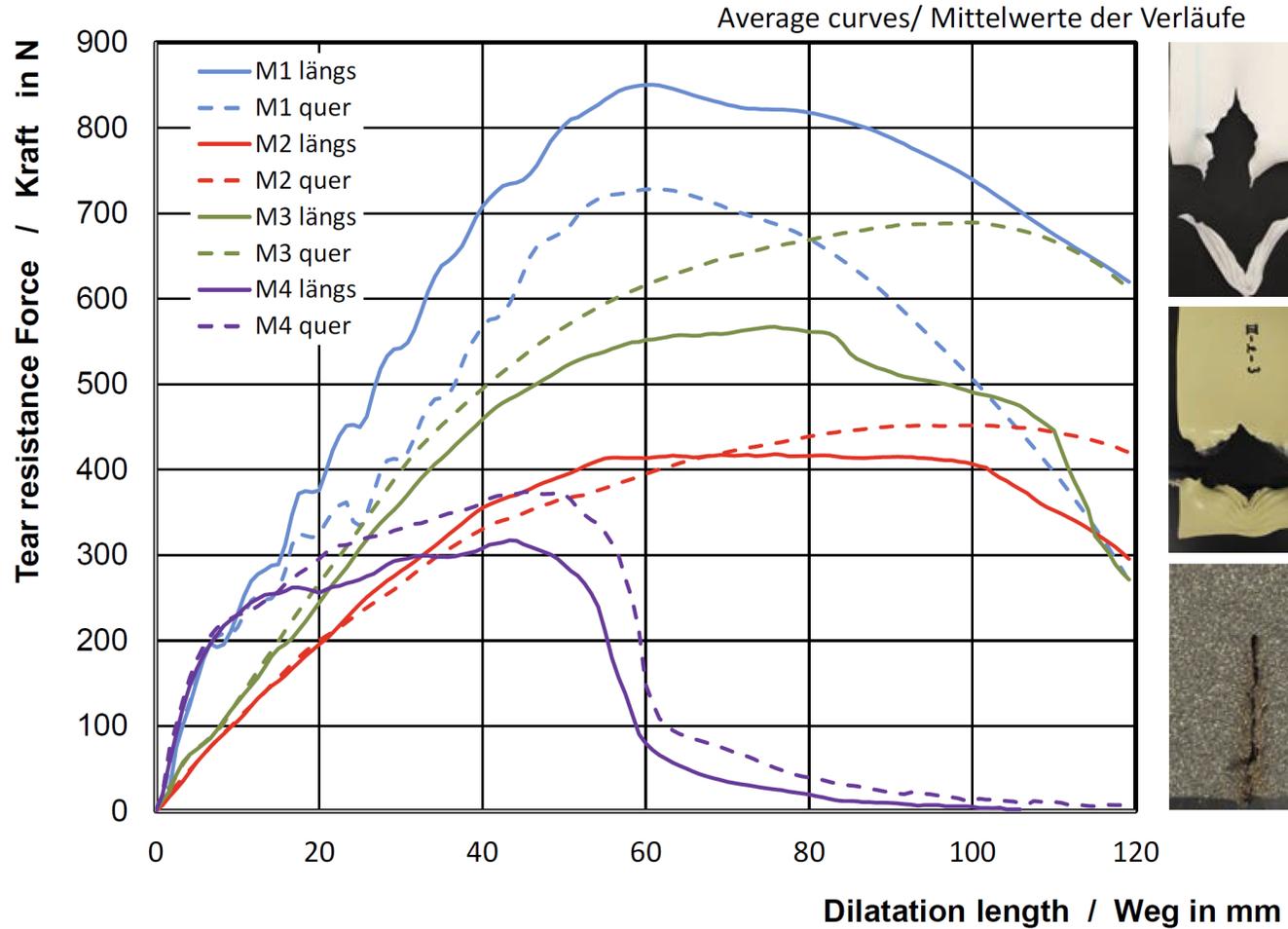
Kriterium für Bestehen:

≥ 300 mm Fallhöhe für horizontale Flächen
≥ 150 mm Fallhöhe für vertikale Flächen



Mindestanforderungen

Leistungsklasse 1

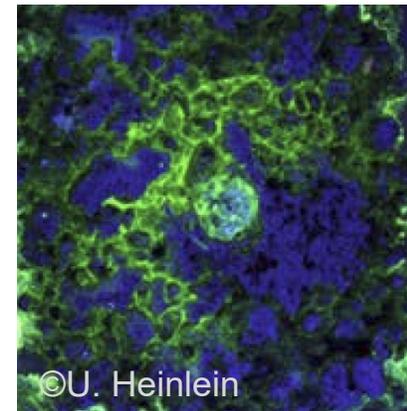
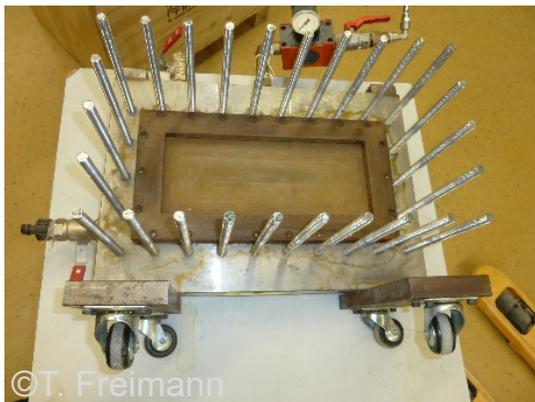


Leistungsanforderungen und Systemgrundprüfungen

Hinterlaufsicherheit

Prüfung auf Hinterlaufsicherheit

- Nach DIN EN 1928 Verfahren A
 - Nach ASTM D 5385 modifiziert:
 - In Anlehnung an DIN EN 12390 T8:
- Druckprüfung an Plattenproben
rechteckige Druckkammer (USA) 200/400 mm
WU-Prüfung mit FBVS + Fehlstelle 200/200 mm
- Probenplatten aus Beton mit definierter Fehlstelle
 - Langsame Steigerung des Wasserdrucks (1 bar je Stunde bis zum Druck von 5 bar)
 - Halten des Drucks über 7 Tage
 - Prüfung auf seitlichen Wasseraustritt bzw. Austritt aus Prüfröhrchen (ASTM)
 - Ausbau Probe und Abziehen der FBVS-Bahn; visuelles Ausmessen der seitlichen Eindringtiefe bei UV-Licht (EN 12390-T8)



Prüfung nach DIN EN 1928 Verfahren A

DEUTSCHE NORM		Juli 2000
Abdichtungsbahnen Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen Bestimmung der Wasserdichtheit Deutsche Fassung EN 1928:2000		DIN EN 1928

- 1 Untere Ringdichtung aus Gummi
- 2 Prüfkörper, der so eingesetzt wird, daß die der Witterung oder Feuchtigkeit ausgesetzte Oberfläche während der Prüfung mit dem Wasser in Berührung ist
- 3 Laborfilterpapier
- 4 Indikator zur Feststellung von Feuchte im Prüfkörper, der z. B. aus einer Mischung von Puderzucker, Reinheit 99,5% und aus Methylenblau (0,5%) besteht, und durch ein Sieb mit Maschenweite 0,074 mm geht und über Calciumchlorid in einem Exsikkator getrocknet wird.
- 5 Laborfilterpapier
- 6 Kreisförmige handelsübliche Glasscheibe:
 - 5 mm dick für einen Wasserdruck von < 10 kPa
 - 8 mm dick für einen Wasserdruck von < 60 kPa
- 7 Obere Ringdichtung aus Gummi
- 8 Federring
- 9 Flügelmutter
- 10 Luftauslaßventil
- 11 Wassereinlaßventil
- 12 Füllungs- und Austeerventil
- 13 Behälter zum Aufbringen und zur Kontrolle des Druckes bis zu 60 kPa

Prüfrandbedingungen

Prüfalter 28 d

Prüfdauer 7 d

Ausbreitmaßklasse F3 (untere Grenze zu F2)

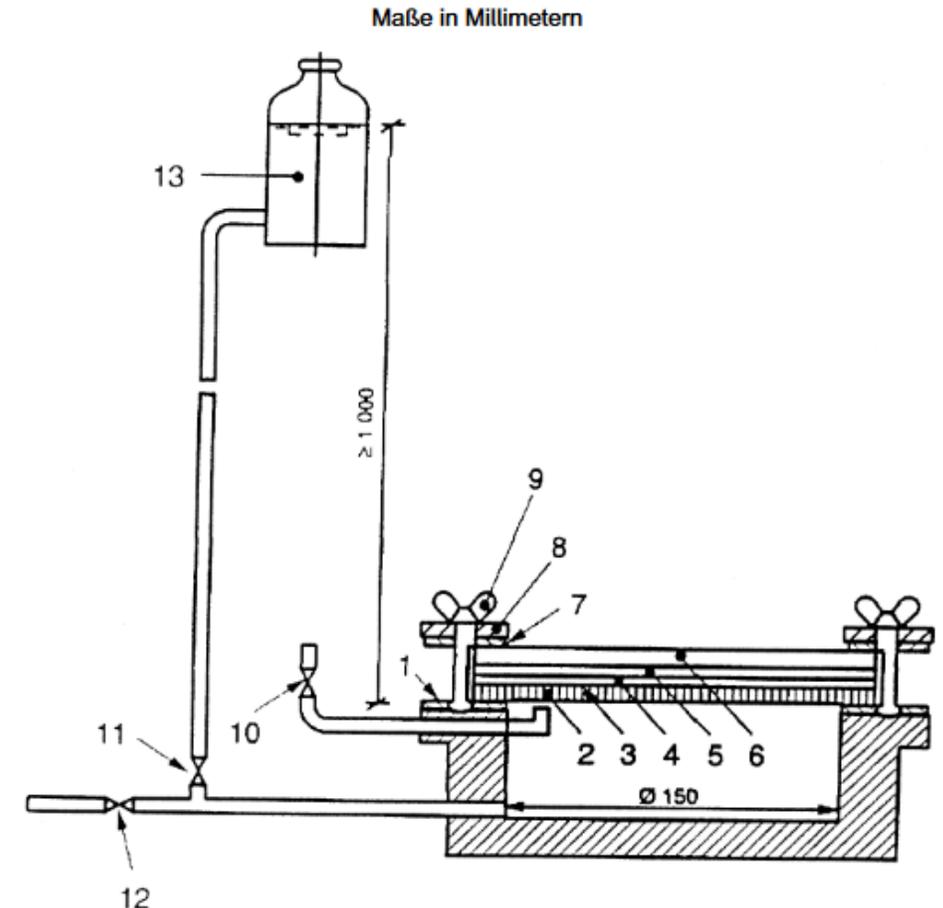
Perforation:

Prüfdruck : W1 ≥ 0,75 bar (BWS 3,0 m)

 W2 ≥ 2,5 bar (BWS 10,0 m)

 W3 ≥ 5,0 bar (BWS 20,0 m)

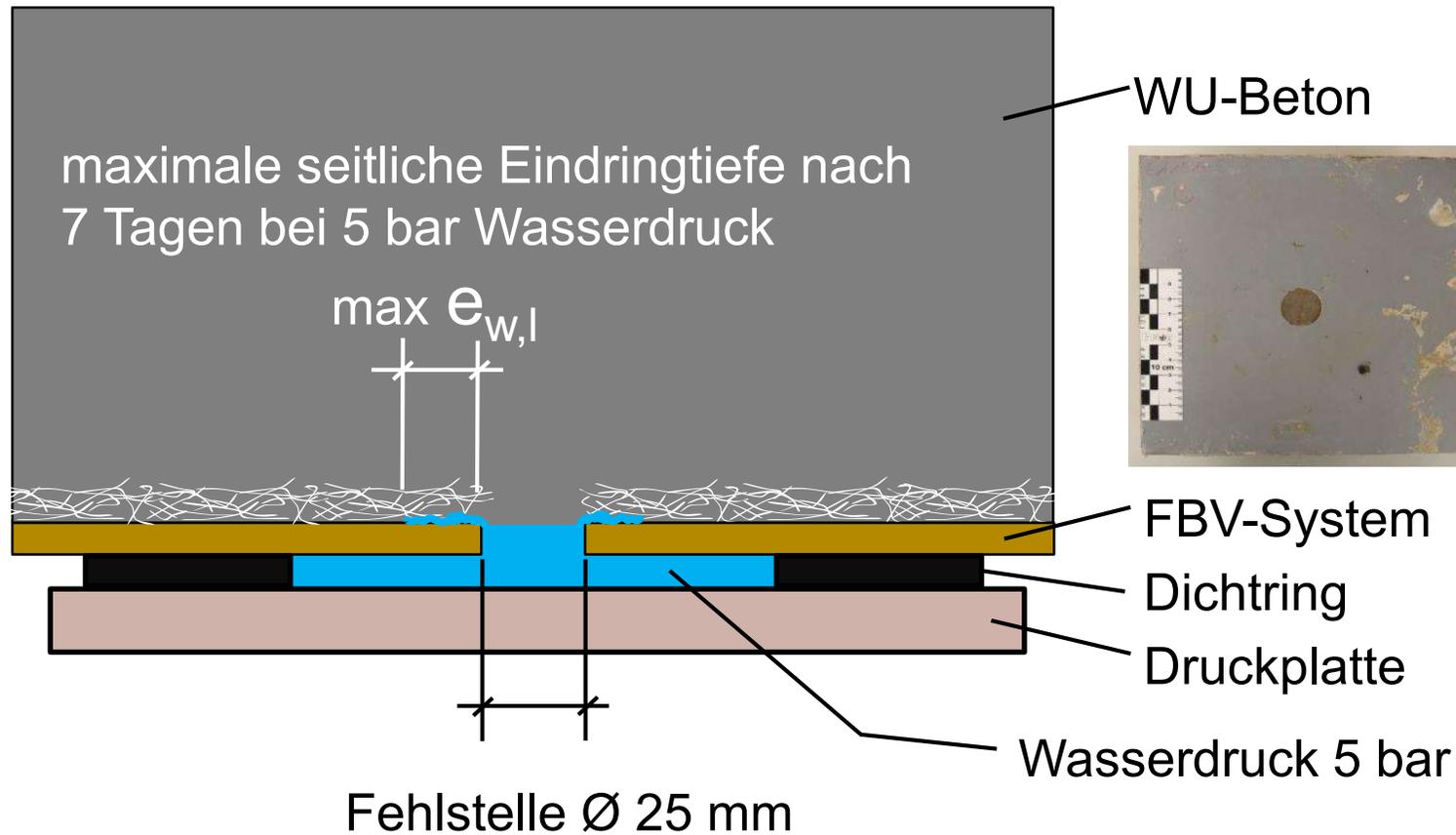
Kriterium für Bestehen:
seitliches Eindringen $e_w \leq 30 \text{ mm}$



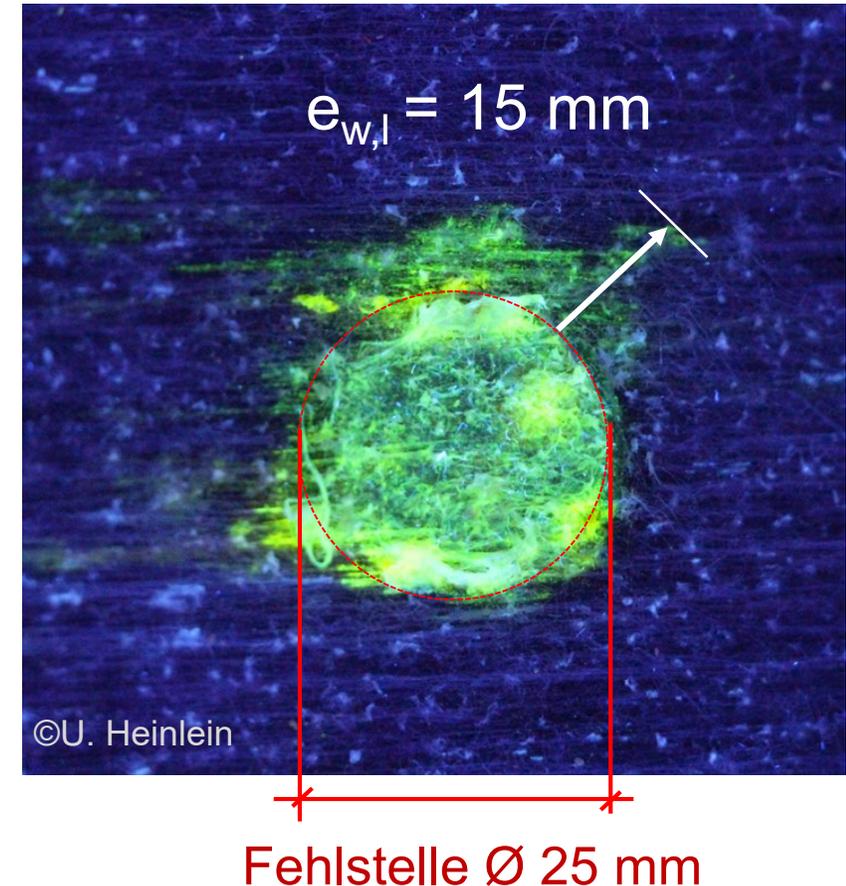
Prüfung auf seitliches Hinterlaufen nach DIN EN 12390-8

- Modifikation Probekörper
Abmessungen 200 x 200 x 100 mm

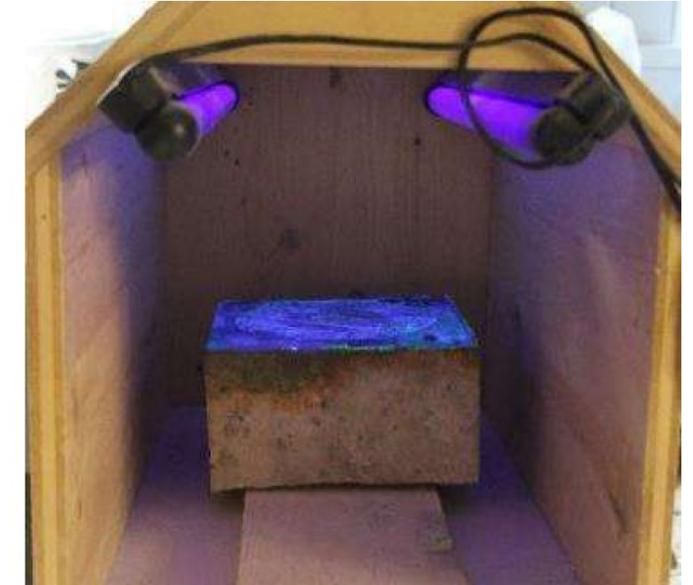
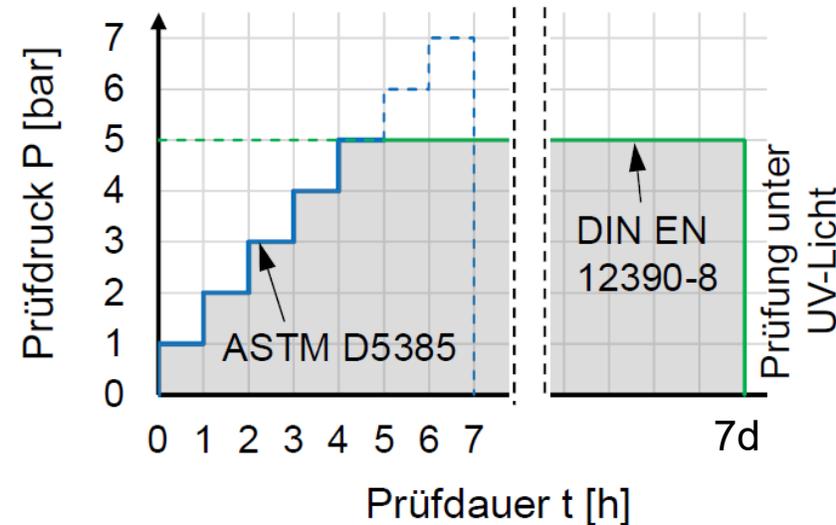
Wasserdruck:
5 bar über 7 Tage



Draufsicht auf abgezogene FBV-Bahn unter UV-Licht



Prüfung bestanden, wenn $\max. e_{w,max} \leq 30$ mm



Prüfung in WU-Prüfanlage:

- B/H/T 200/200/100 mm Betonproben mit FBV-Bahn
- Perforation mittig \varnothing 20 bis 25,4 mm
- 6 Einzelprüfungen parallel möglich
- Anlage bis 5 bar ausgelegt

Prüfregime:

- Drucksteigerung Prüfdruck 1 bar/h, danach max. Druck über 7 Tage halten
- Zugabe Uranin-Tracer zum Prüfwasser

UV-Kammer:

- FBV-Bahn wird abgezogen
- Messung der seitlichen Eindringtiefe e_w unter UV-Licht

Liegezeit (Alterung)

5.2.16 Verhalten bei Beanspruchung durch UV-Bestrahlung, erhöhte Temperatur und Wasser

Wenn es erforderlich ist und das Produkt im Einsatz freibewittert wird, wird das Produkt nach EN 1297 geprüft. Die Dauer der **UV-Bestrahlung muss 1 000 h** betragen.

Bewertung:

Nach der Bewitterung muss die visuelle Veränderung nach EN 1297:2004, Anhang B, ermittelt werden. Oberflächenrisse nach EN 1297:2004, Tabelle B.1, der **Stufen 0, 1 und 2 ergeben für die Sichtprüfung das Ergebnis „bestanden“**. Die Stufe 3 ergibt das Ergebnis „nicht bestanden“.

*Der Zweck der Prüfung nach EN 1297 ist die Charakterisierung der **Langzeitalterungseigenschaften** von Kunststoff- und Elastomerdachbahnen.*

Bewertung nach DIN EN 1297, Anhang B

Sichtprüfung:

- Farbveränderungen
- Auskreidung
- Veränderungen von Form und Maßen

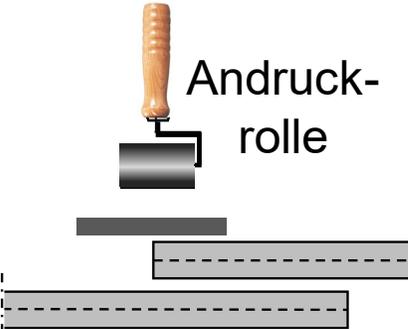
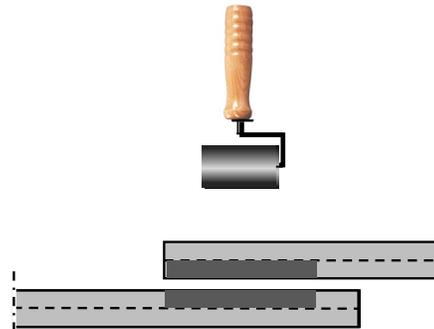
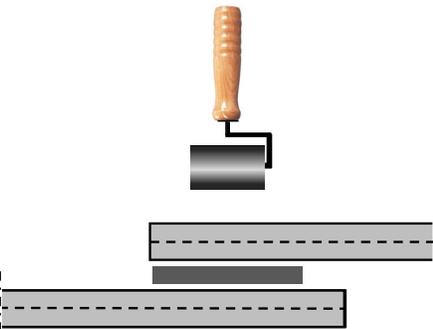
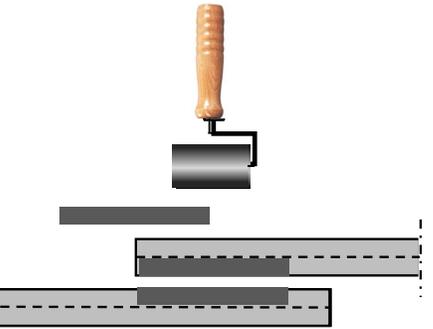
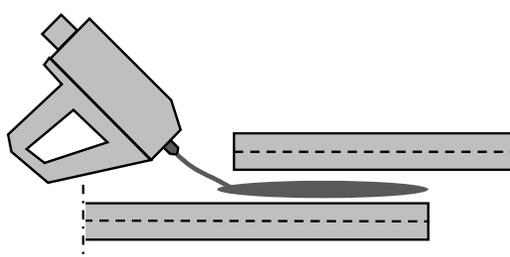
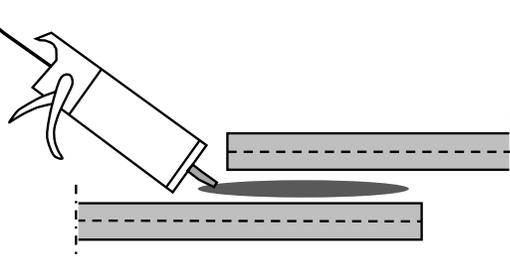
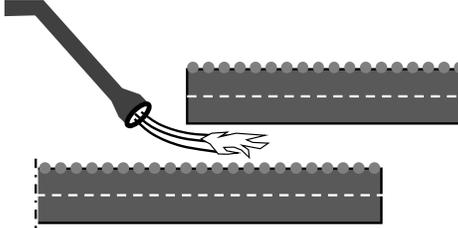
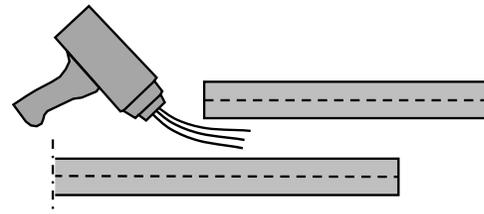
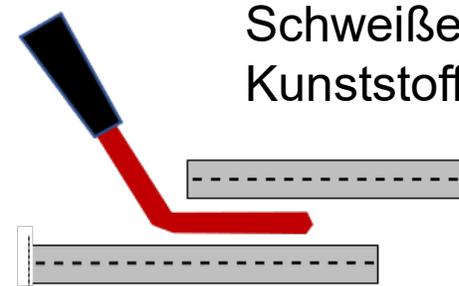
Tabelle B.1 — Bewertungskriterien für Oberflächenrisse

Stufe	Bewertungskriterium
0	keine Risse oder Haarrisse
1	leichte und flache Haarrisse
2	mäßig breite und tiefe Risse
3	breite und tiefe Risse

Leistungsanforderungen und Systemgrundprüfungen

Scherkraft der Fügung im Labor

Fügearten von Nähten und Stößen

<p>Drucksensible Haftklebstoffe</p>	 <p>Andruck- rolle</p> <p>Tape</p>	 <p>Selbstklebestoß</p>	 <p>Doppelseitiges Klebeband</p>	 <p>Kombinationen, z.B. Selbstklebestoß mit Tape</p>
<p>Flüssige Klebstoffe</p>	 <p>Heißkleber</p>		 <p>Kaltkleber</p>	
<p>Thermische Fügung</p>	 <p>Schweißen bei Bitumenbahnen</p>	 <p>Heißluft bei polymeren Bahnen</p>	 <p>Schweißen bei Kunststoffbahnen</p>	

Fügungen der Längsnaht

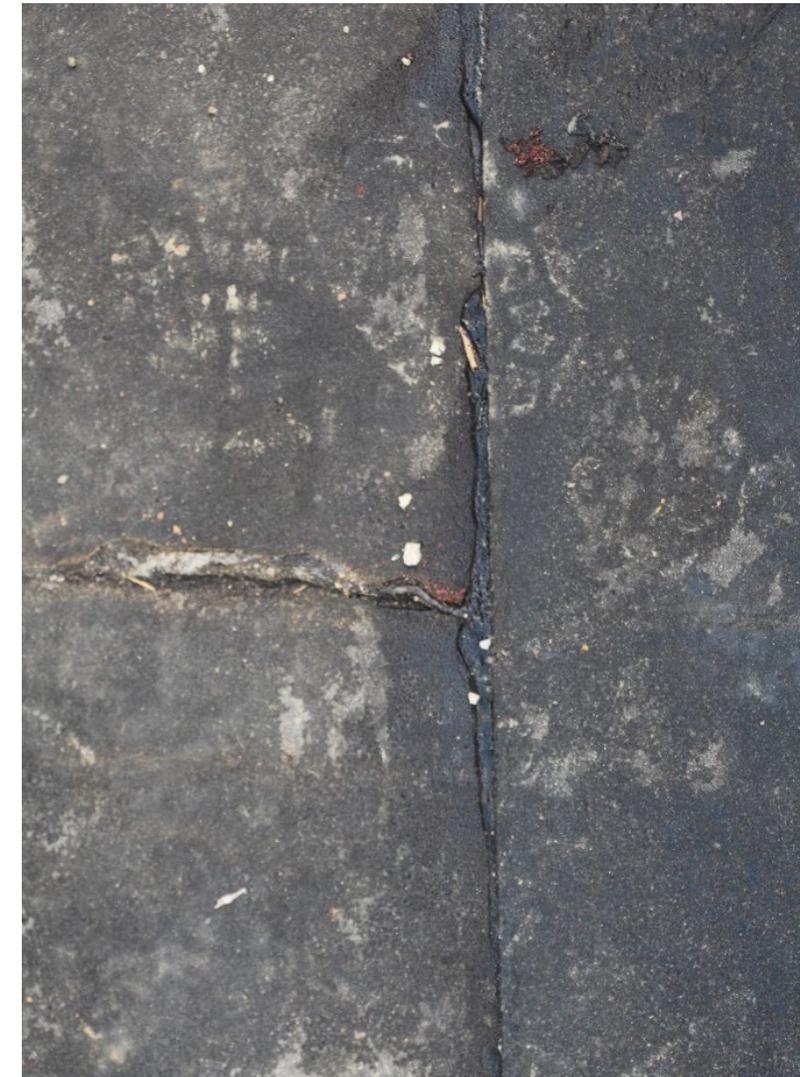
**Selbstklebenhaft
(Drucksensibel)**



**Flüssiger Klebstoff
(Heiß- / Kaltkleber)**



Thermisch gefügt



Prüfung Scherwiderstand

Scherwiderstand Fügenähte nach DIN EN 12317

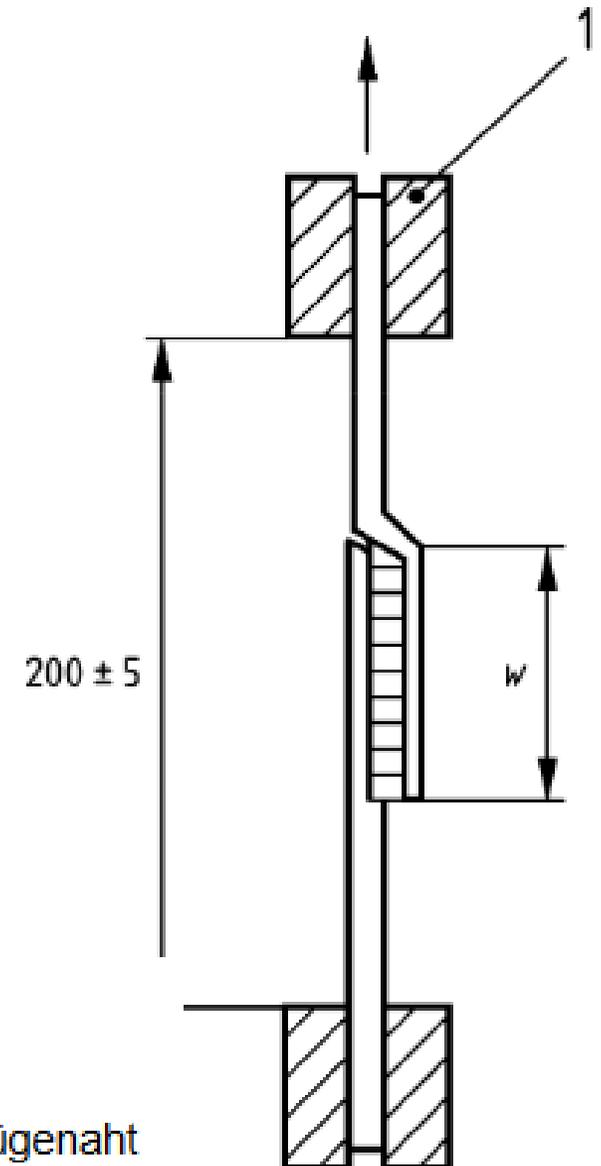
Temperatur von $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$

Aus den miteinander verbundenen Prüfausschnitten werden fünf rechteckige Probekörper mit einer Breite von $(50 \pm 1) \text{ mm}$ rechtwinklig zur Fügenaht ausgeschnitten.

→ Probestreifen ca. $L/B = 500 \text{ mm} / 50 \text{ mm}$

Anfangsabstand zwischen den beiden Spannklemmen:
 $(200 \pm 5) \text{ mm}$.

MDV: Scherkraft $\geq 100 \text{ N}/50 \text{ mm}$



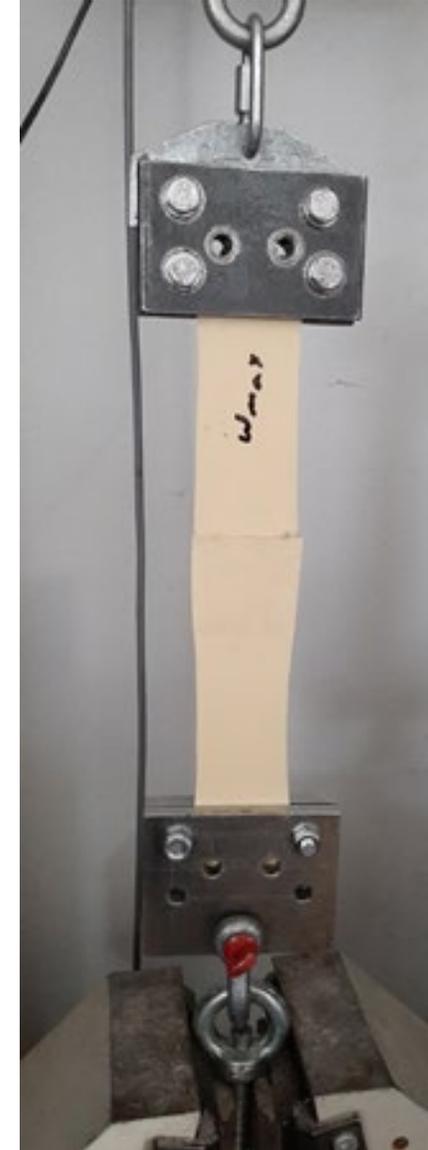
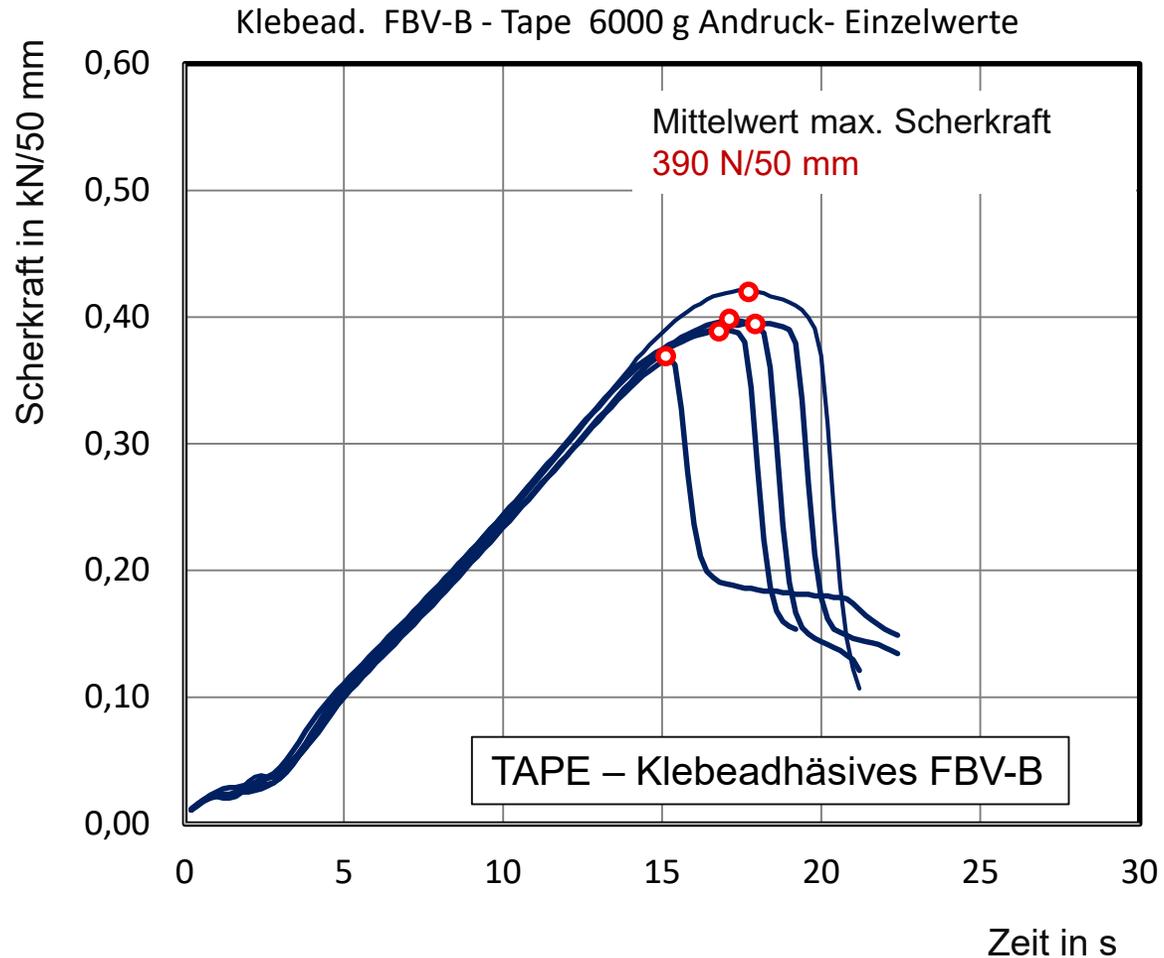
Legende

- 1 Klemme
- w Breite der Fügenaht

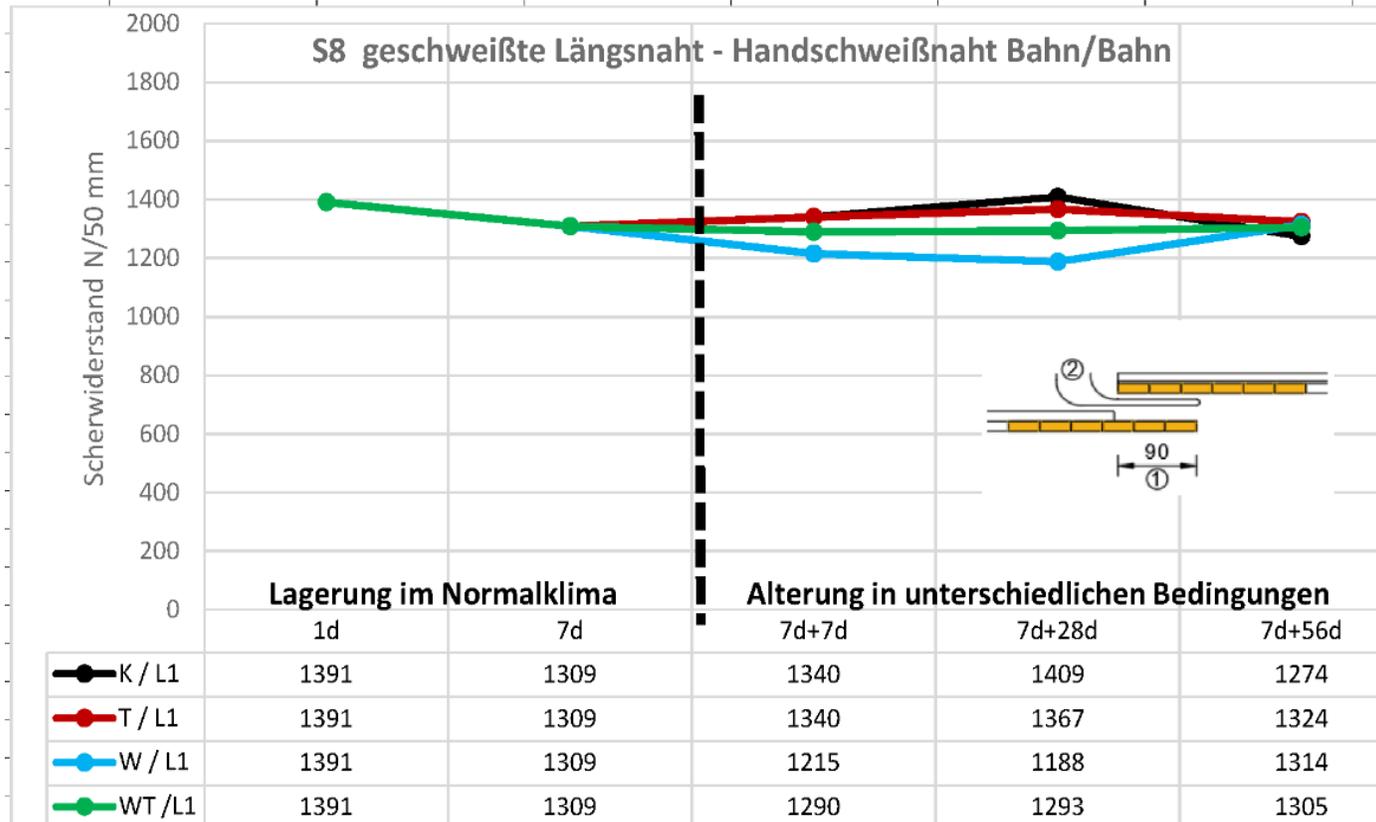
Scherwiderstand der Fügungen im Labor

Mindestanforderungen
Leistungsklasse 1

MDV:
Scherkraft ≥ 100 N/50 mm



Scherwiderstand der Fügungen im Labor



Einfluss unterschiedlicher Temperaturen und Voralterung auf den Scherwiderstand von Fügungen

Bild A8-19. S8 Scherzugfestigkeit in N/50 mm nach

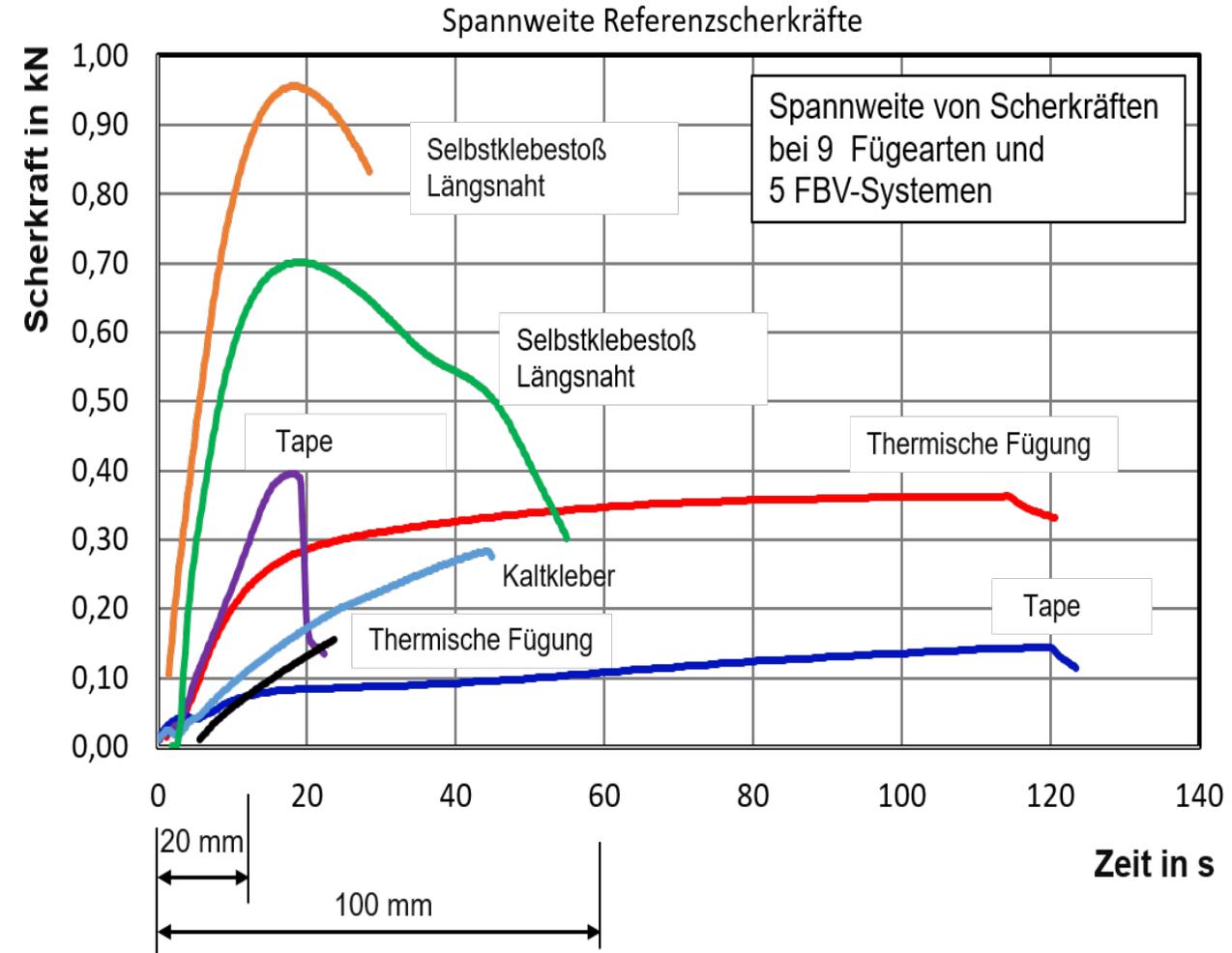
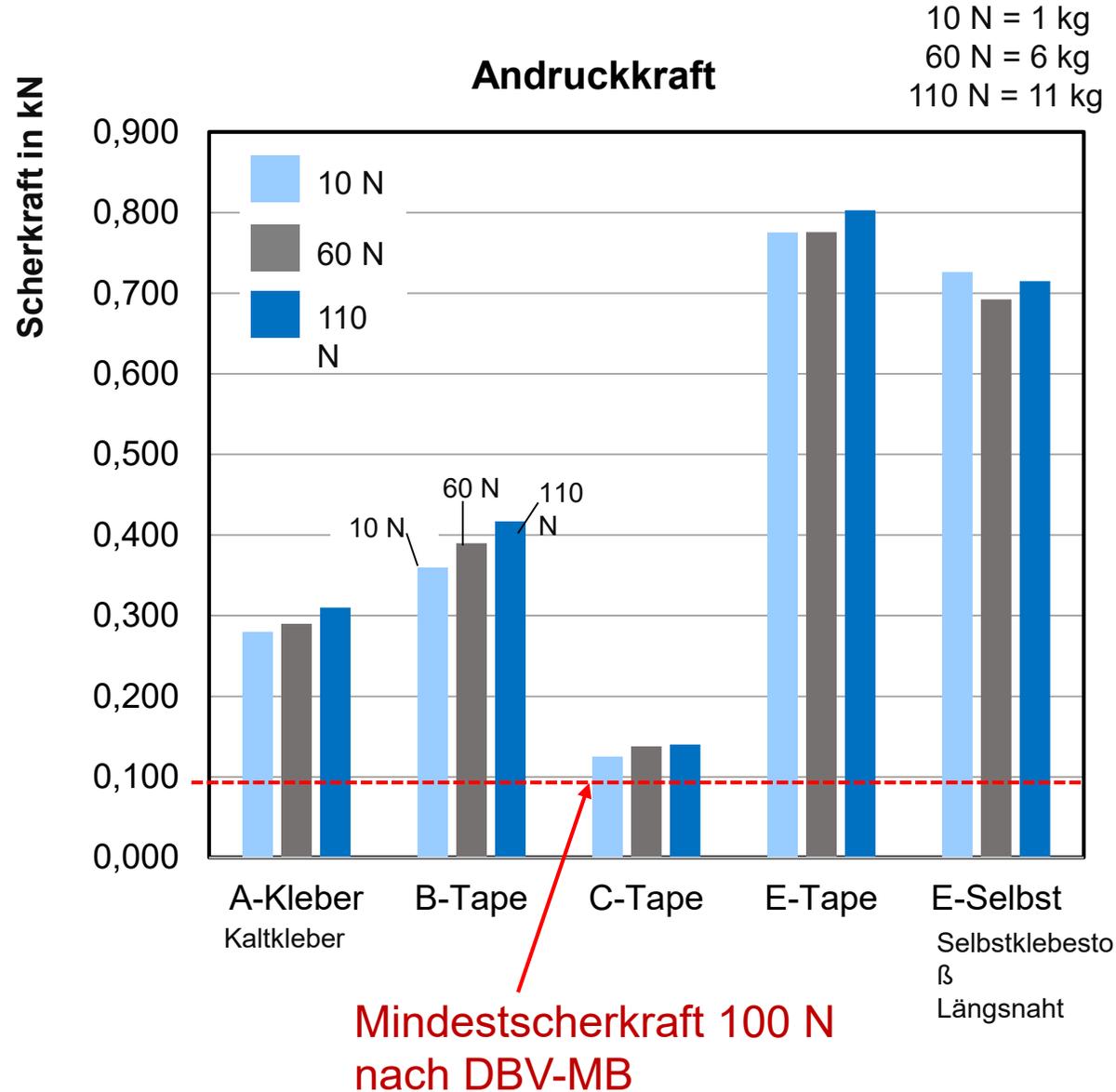
- 1 und 7 d Lagerung im Normalklima 23/50 (Lagerung K);
- 7 d 23/50 + 7 d, 28 d und 56 d im Wärmeschrank bei 50 °C (Lagerung T)
- 7 d 23/50 + 7 d, 28 d und 56 d im Wasser bei 23/50 (Lagerung W)
- 7 d 23/50 + 7 d, 28 d und 56 d im Wasser bei 50 °C (Lagerung WT)

Auszug aus IRB-Forschungsbericht F 3183:

Lars Meyer, Serdar Bilgin, Sebastian Filusch
Thomas Freimann, Ulli Heinlein, Knut Herrmann

Bauwerksabdichtung mit Frischbetonverbundfolie –
Grundlagen zur Erstellung eines Regelwerks für eine
innovative Bauart, 2020, ISBN 978-3-7388-0465-2

Beispiele für Scherkräfte von Fügungen



Baustelleneinflüsse bei Verlegung und Fügung

- Hitze / Kälte: Grenzen der Verarbeitungstemperatur beim Fügen
- Einfluss von Feuchte und Niederschlag bzw. Wetterwechsel während der Verlegung
- Verschmutzungen und sonstige Verbundstörungen
- Unzureichende handwerkliche Verarbeitung (Anrolldruck, Überlappungsbreite, Klebetechnik, Schweißtechnik usw.)

Baustellenprüfung der Scherkraftfestigkeit



©T. Freimann



©T. Freimann

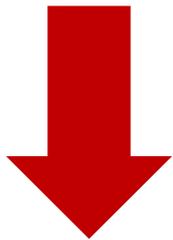
Abschnitt für
Stichprobenprüfung zur
Scherkraft der Naht

- Pflichtprüfung im Rahmen der Eigenüberwachung

Erweiterte Anforderungen **Leistungsklasse 2** ≤ 10 m WS (Prüfdruck 2,5 bar)

Höchste Anforderungen **Leistungsklasse 3** ≤ 20 m WS (Prüfdruck 5 bar)
Sicherheitsfaktor 2,5

Anhang A1 Tab A2 und A3

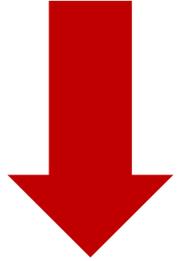


22 Prüfungen wie bei LK1

- Alle Hinterlaufprüfungen mit jeweils höheren Wasserdrücken

Optionale Systemprüfungen an FBVS (freiwillig)

Anhang A1 Tab A4



Individuell vom Planenden festzulegen,
wenn es objektspezifisch erforderlich scheint

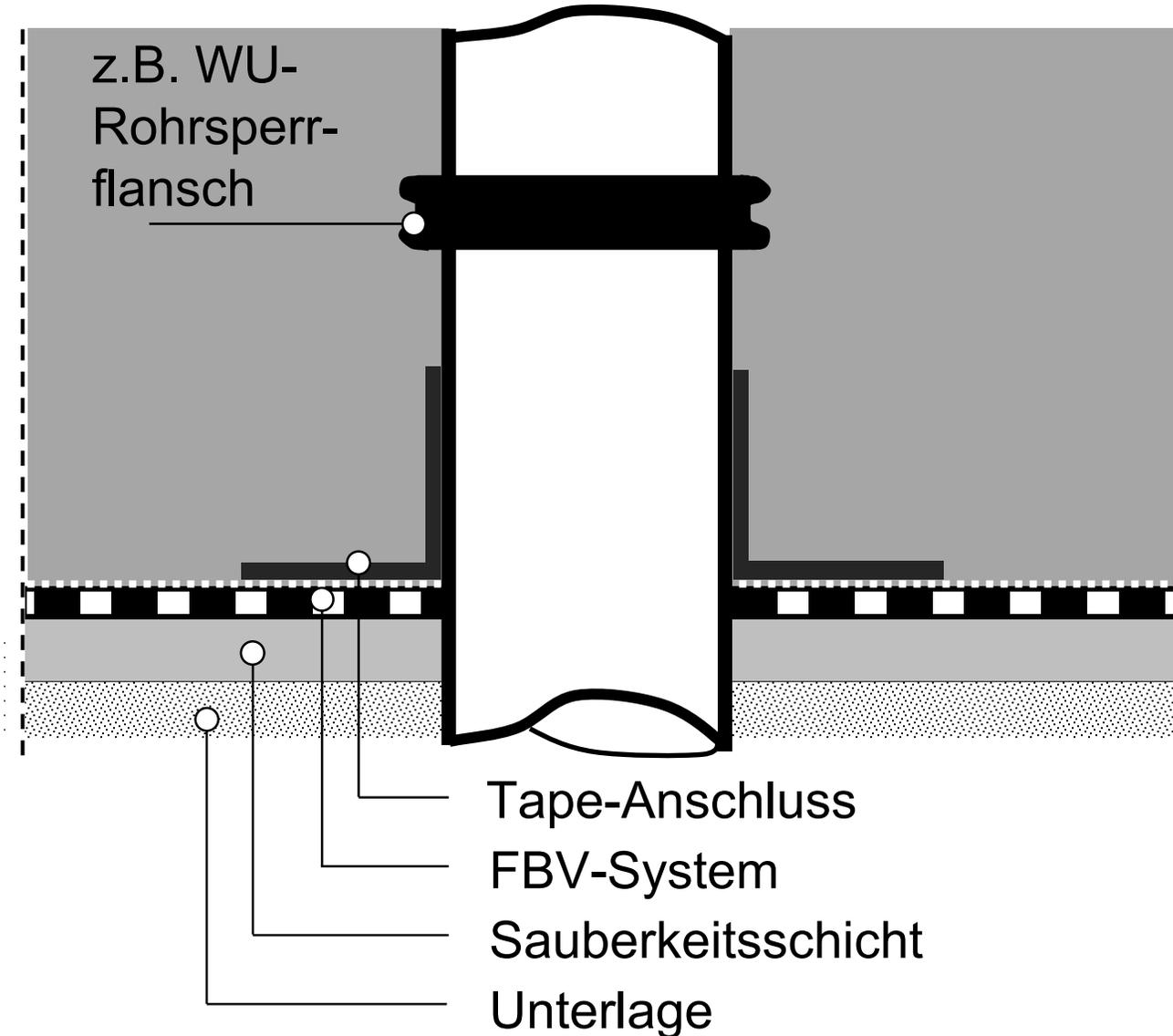
- Verlängerte maximal offene Liegezeit;
Prüfeinflüsse Temperatur, Feuchte und UV-Exposition
Verbundseite: 300 h Exposition → max. 3 Monate Liegezeit auf Baustelle
Dichtsicht: 1000 h Exposition → max. 12 Monate Liegezeit auf Baustelle
- Reibungsbeiwert der FBV-Bahn zum Untergrund (300 x 300 mm Platten)
- Wasserdichtheit im Übergang zu anderen Abdichtungen
(Anlehnung an Prüfgrundsätze PG-FBB Teil 1 bzw. PG-ÜBB)
- Wasserdichtheit T-Stoß ohne Betonverbund
- Beständigkeit gegen betonangreifende Medien (XA); evtl. Permeabilität gegen Gase
- ggf. Prüfungen für spezielle Detailausbildungen

Optionale Systemprüfungen

Durchdringungen

Bsp. FBV-Anschluss an Durchdringung

z.B. Rohrdurchführung



Durchdringungen in Planungsphase beachten!



Prüfung der Durchdringung im Verbund

Tape um das Rohr wickeln (12 cm breit) und festrollen mit Andrückrolle

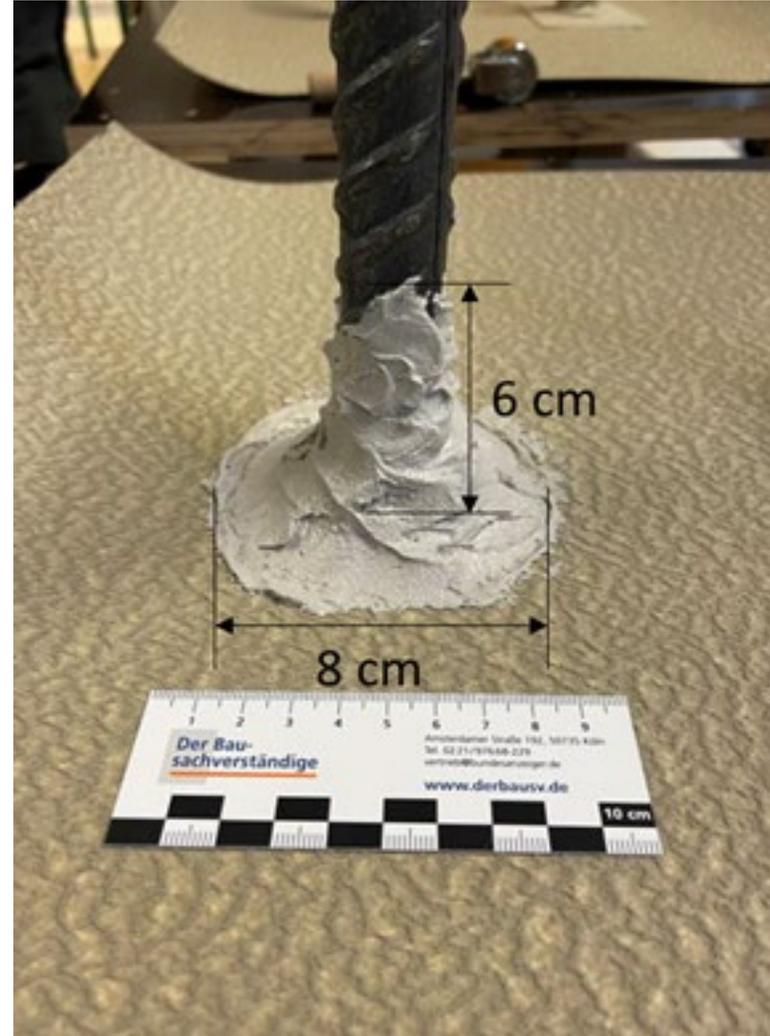


- Prüfung von speziellen Systemausführungen von Durchdringungen
- Über die Leistungsklasse 3 hinausgehende Prüfdrücke (> 5 bar)
- Prüfungen im Rahmen von Neuentwicklungen

Prüfung der Durchdringung im Verbund



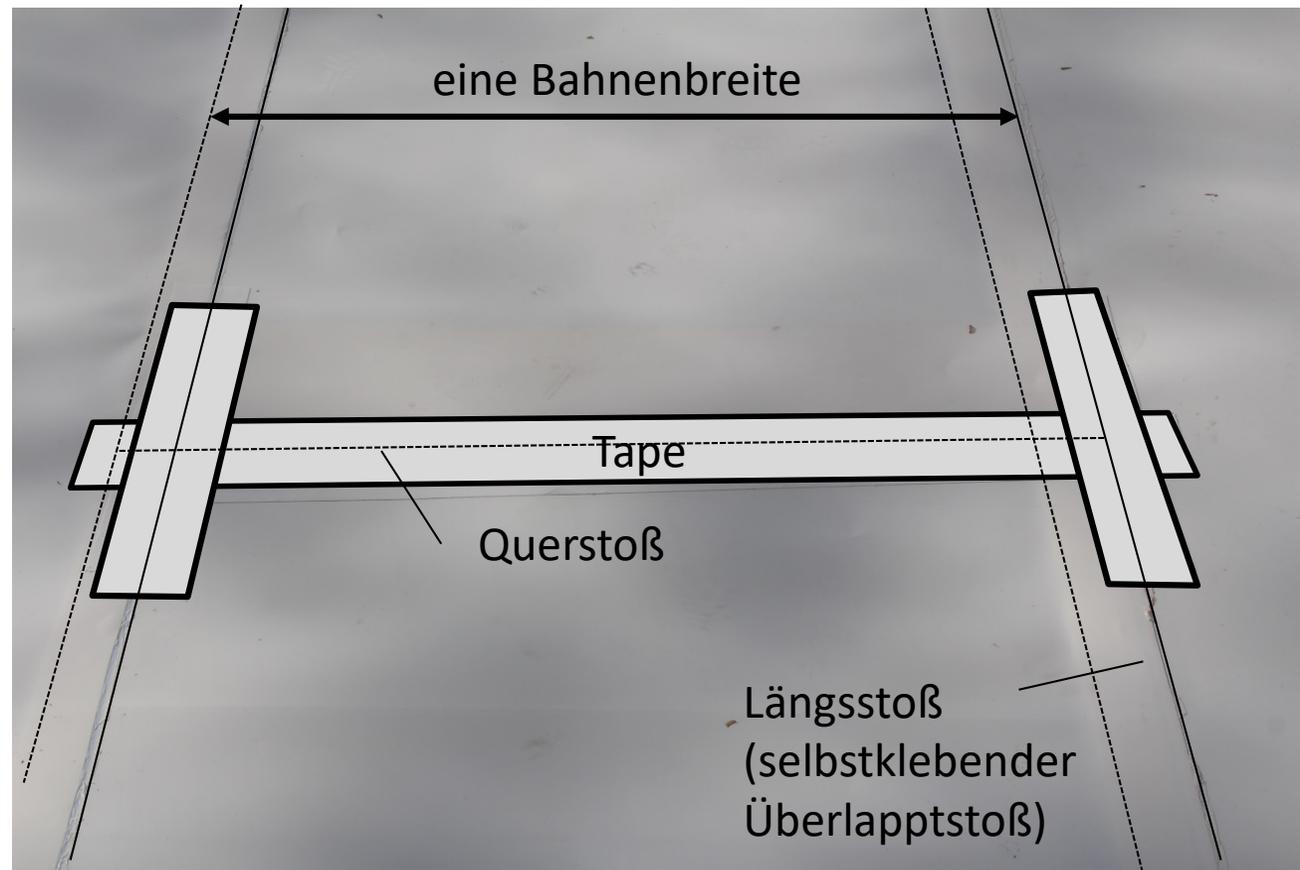
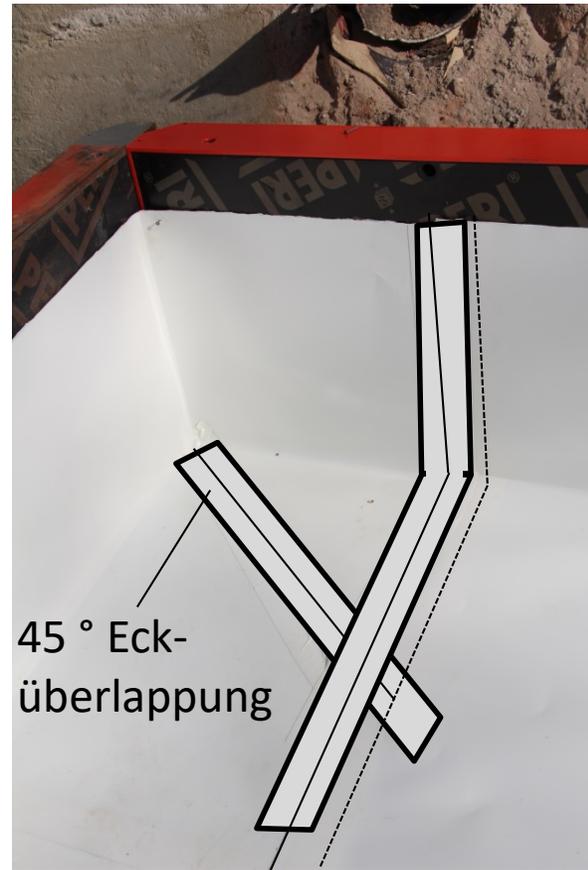
Prüfung spezieller Durchdringungen (optional)



Optionale Systemprüfungen

Dichtigkeit T-Stöße im Betonverbund

T-Stoßausbildung (Stoß Längs- und Quernaht)



Arten von Nähten:

Längsnähte

Querstoße

T-Stöße

Anschlüsse an
Durchdringungen

Fügungen:

Kleben

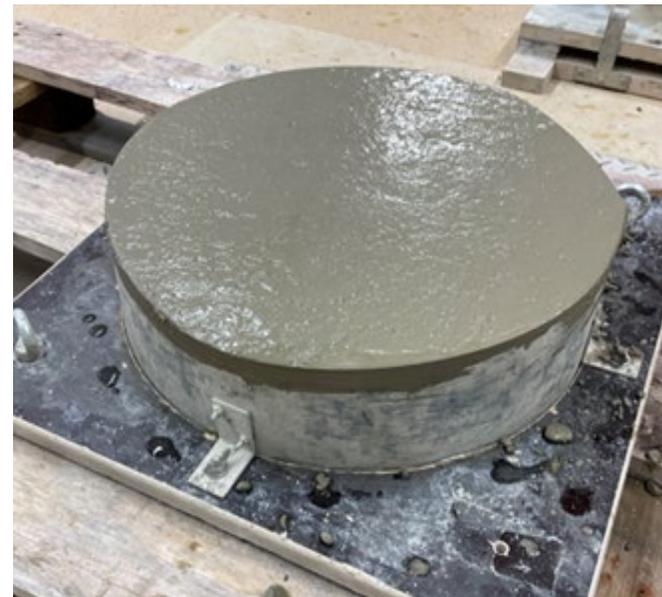
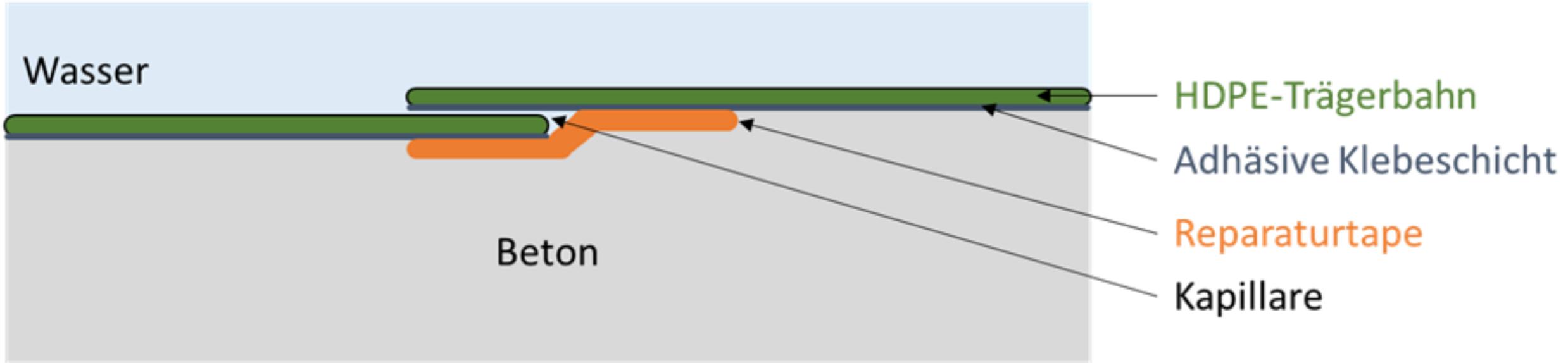
Schweißen

Selbstklebenähte

Tapes



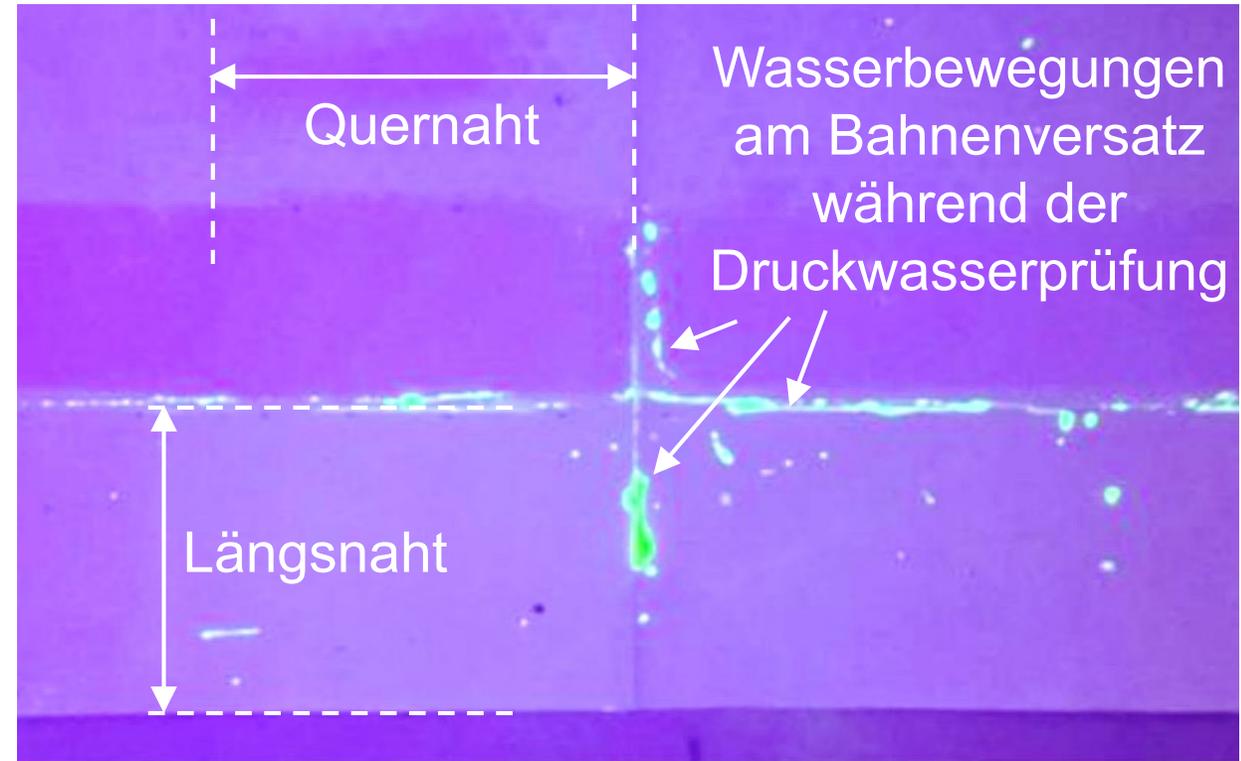
T-Stöße bei FBVS



T-Stöße bei FBVS



Nach Wasserdruckprüfung unter UV-Licht



T-Stöße sind in der Verlegung anfällig: Kapillare muss möglichst klein bleiben. Die Dichtigkeit ist im Betonverbund nachzuweisen.

Grundprüfungen und Qualitätssicherung sind bei FBVS unverzichtbar, um eine hinreichende Systemsicherheit beim „in Verkehr bringen“ der FBVS zu gewährleisten!

- Verbundstörungen vermeiden bzw. beseitigen, sonst ist Funktionssicherheit gefährdet (z.B. Hinterlaufsicherheit, ausreichender Haftverbund).
- In der Leistungsklasse 1 müssen FBV-Systeme bereits 22 Grundprüfungen erfüllen. Das Einstiegsniveau für alle FBV-Systeme ist hoch.
- FBVS können nach Leistungsklasse gestaffelt sein.
- Optionale Systemprüfungen erlauben dem Hersteller, weitere Systemmerkmale für spezielle Anwendungen zu prüfen.