PRÜFUNG VON FBV-SYSTEMEN UND LEISTUNGSANFORDERUNGEN NACH DBV-MERKBLATT FRISCHBETONVERBUNDSYSTEME

Inhalt

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

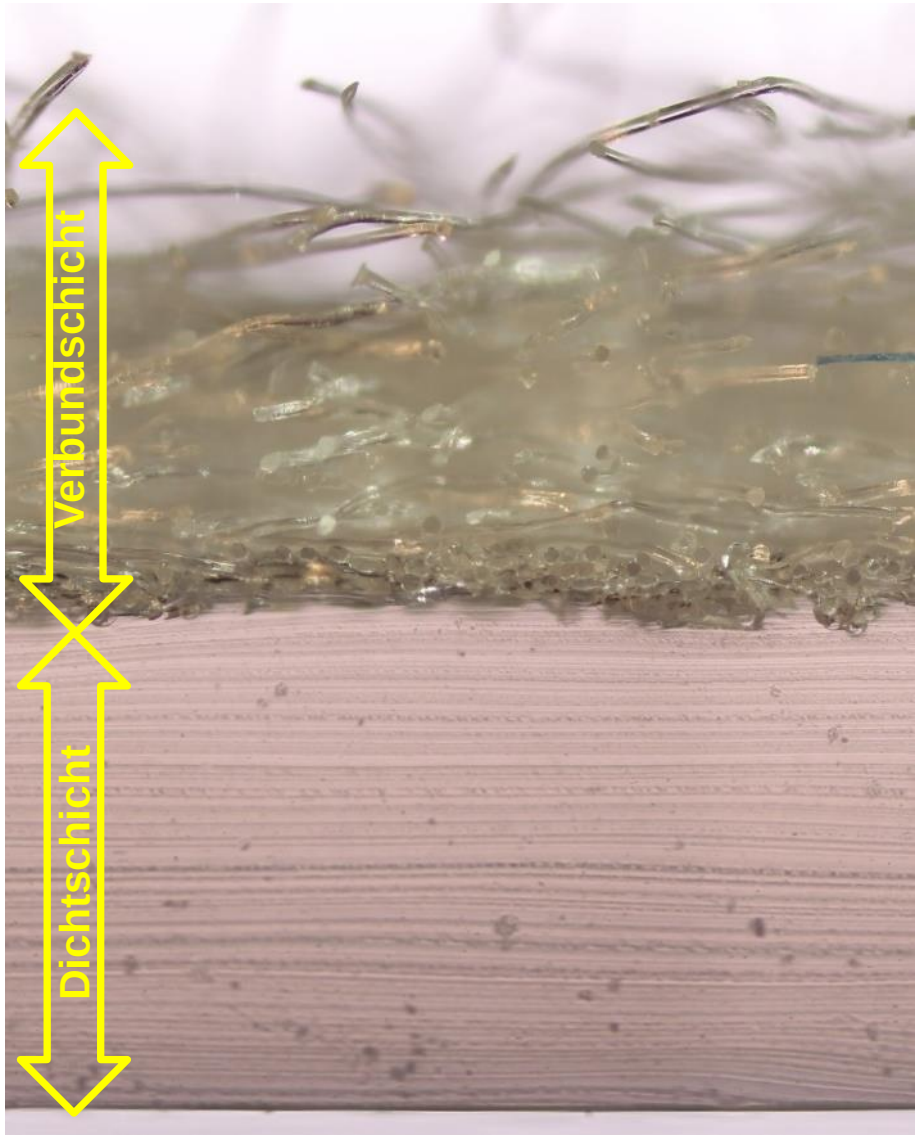
Wirkungsmechanismus FBVS

Frischbetonverbundtechnologie

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)**

Frischbetonverbundtechnologie



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

Verbundmechanismen

Mechanisch-adhäsiver Verbund durch Vliese

Klebe-adhäsiver Klebeverbund

Bituminös-adhäsiver Verbund

ausreichende Haftfestigkeit

Ziel: Hinterlaufschutz; Verhinderung des seitlichen Wassereintritts in die Verbundschicht

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

Verbundschicht (PP-Fasern mit Zementleim)

Dichtschicht

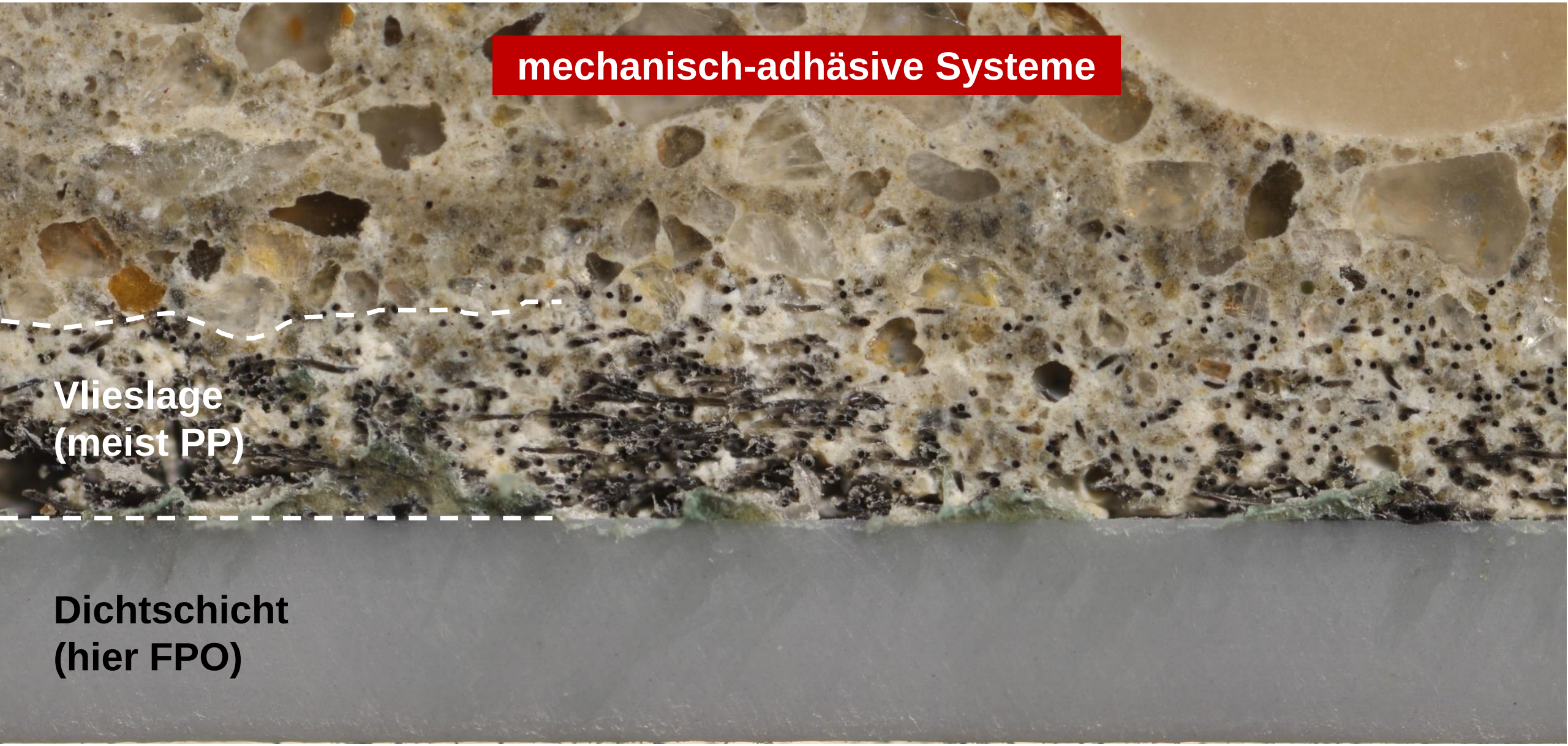
ca. 1,5 mm

ausreichend hinterlaufsicher

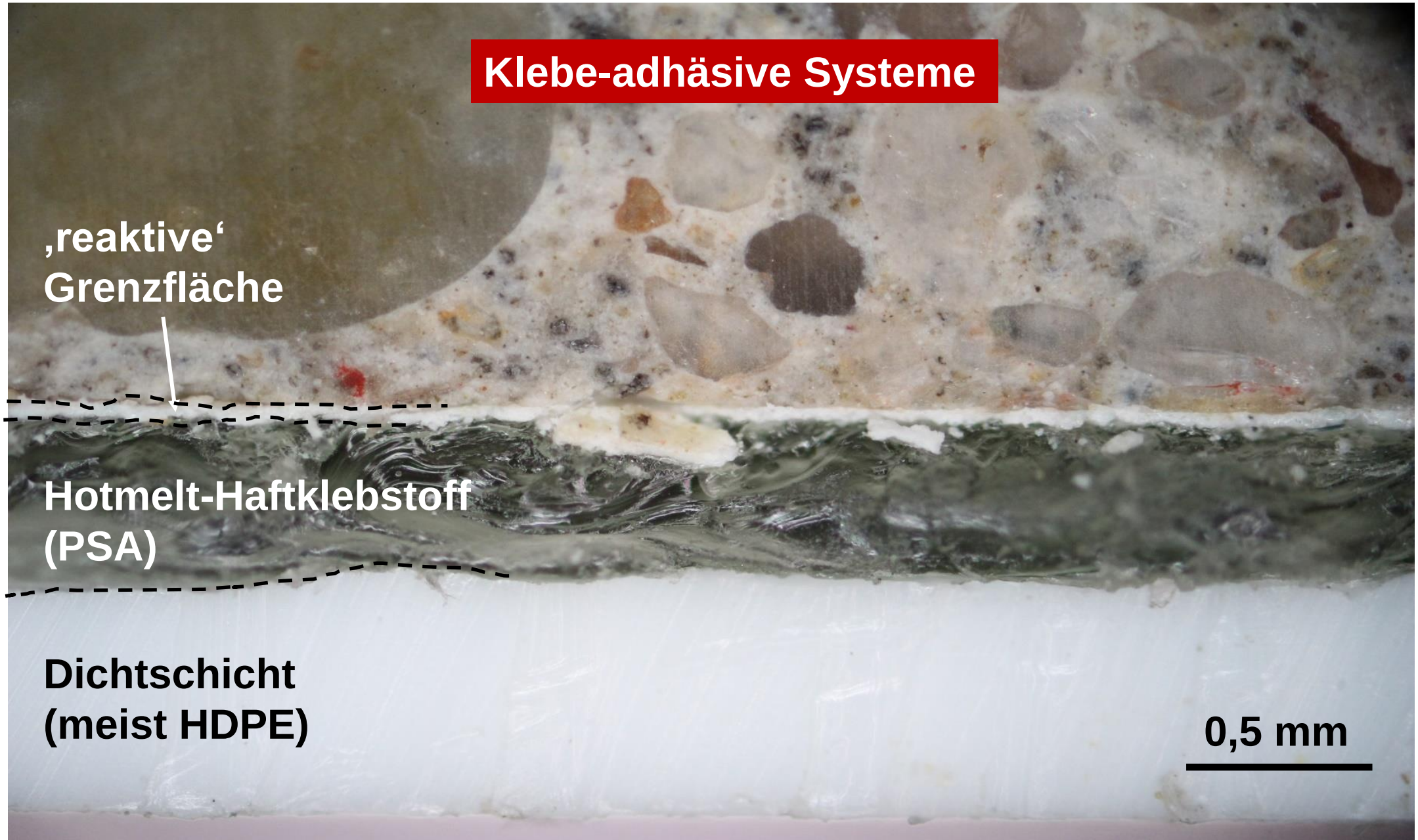
lokale Beschädigung + Wassereintritt

riss- und fugenüberbrückend

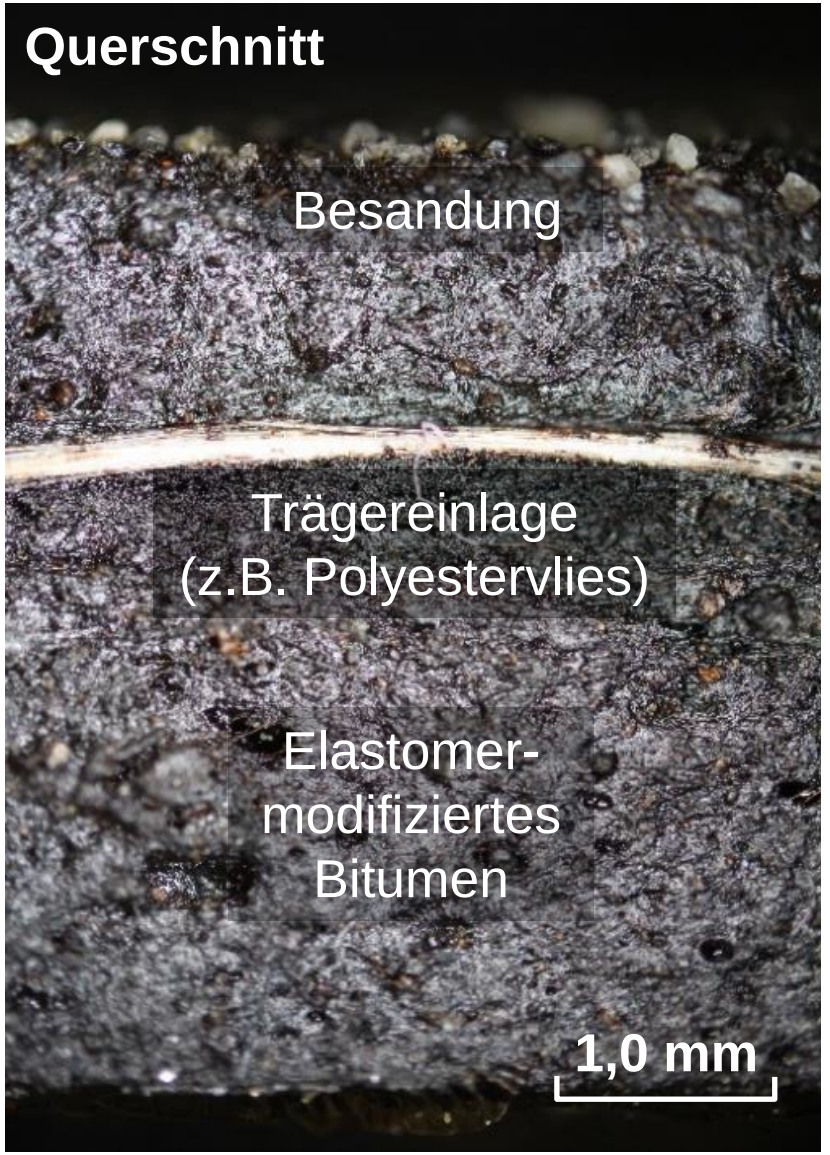
Mechanisch-adhäsiver Verbund



Klebe-adhäsiver Verbund



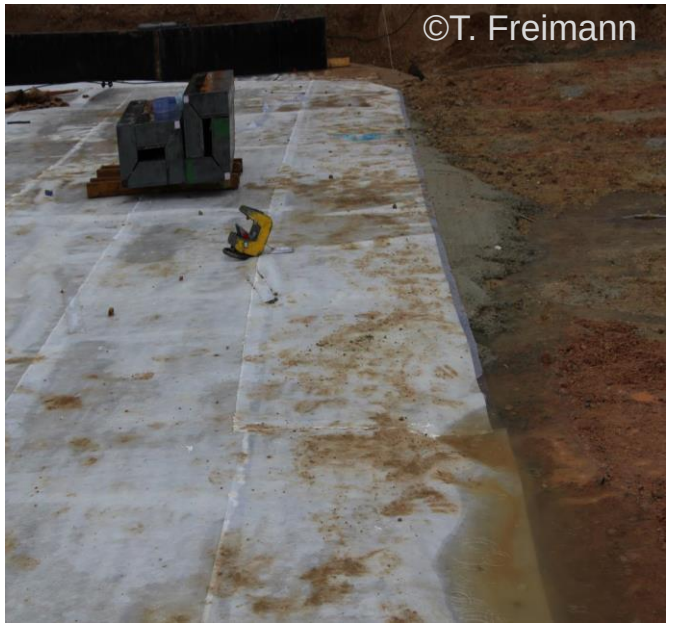
Bituminös-adhäsiver Verbund



Einflussgrößen auf den Verbund

Verbundstörungen auf Baustelle

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



Verbundstörungen auf Baustelle

SIKA FACHSEMINAR
ZERTIFIZIERTER
WU-FACHPLANER

Technische Hochschule Nürnberg

Leistungsanforderungen und Systemgrundprüfungen

Allgemeine Anforderungen an FBVS

Allgemeine Anforderungen

Grundprüfungen Abdichtungsbahnen:

DIN EN 13967 (Kunststoffbahnen)
DIN EN 13969 (Bitumenbahnen)

Kunststoff- und Elastomerbahnen für die Bauwerksabdichtung gegen Bodenfeuchte und Wasser

- 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

ersetzt durch DBV-MB FBVS

+ Mindestanforderungen nach DBV-MB, Anhang A

22 Mindestprüfungen

Allgemeine Anforderungen

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

Leistungsanforderungen an FBVS (Mindestprüfungen)

Leistungsanforderungen 1/2

Eigenschaften Dichtschicht

- FBV-System und Zubehör
- Wasserdichtheit der Bahnenfläche
- Widerstand gegen Stoßbelastung punktuell
- Widerstand gegen statische Belastung
- Kaltbiegeverhalten der Dichtschicht
- 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

Leistungsanforderungen 2/2

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

Systemgrundprüfungen

Mindestanforderungen Anhang A1 Tab A1	**Leistungsklasse 1**	≤ 3 m WS, müssen alle in Verkehr gebrachten FBVS erfüllen	Planerische Auswahl **einer** Leistungsklasse (Pflicht)
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	Optional

Systemgrundprüfungen

Mindestanforderungen
Anhang A1 Tab A1

Leistungsklasse 1

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

22 Prüfungen

	Warum?
○ FBV-System und Zubehör	Kompatibilität der Komponenten
○ Verhältnis Fügenahtlänge /Nettobahnenfläche	Vermeidung schmaler und kleinteiliger Bahnen
○ Widerstand gegen Stoßbelastung punktuell	Beschädigung durch herabfallendes Werkzeug
○ Widerstand gegen statische Belastung	Aufnehmen der Bauwerkslast / Flächenpressung
○ Kaltbiegeverhalten der Dichtschicht	Einbau bei niedrigen Temperaturen
○ Reißfestigkeit und Reißdehnung	Montage
○ Haftzugfestigkeit zum Betonverbund	Vermeidung Abziehen zum Ausschalzeitpunkt
○ Scherwiderstand der Fügenähte (alle Nahtvarianten)	Mindestqualität der Fügenaht
○ Maximal offene Liegezeit	Funktionsfähigkeit nach UV-Einstrahlung
○ Bitumenverträglichkeit	Verwendung bit. Klebern bei Perimeterdämmung

Systemgrundprüfungen

Mindestanforderungen
Anhang A1 Tab A1

Leistungsklasse 1

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

22 Prüfungen

- 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

Fügenahtlänge

Fügenahtlänge

nach DBV-MB Anhang B1

Mindestanforderung

Ziel:

- keine zu schmalen Bahnen (Breite mind. ca. 1 m)
- keine kleinteilige Verlegung von sehr kurzen FBV-Bahnen

Kriterium für Mindestanforderung:
≤ 1,30 m Fugenlänge je m² Nettobahnenfläche

Leistungsanforderungen und Systemgrundprüfungen

Stoßbelastung

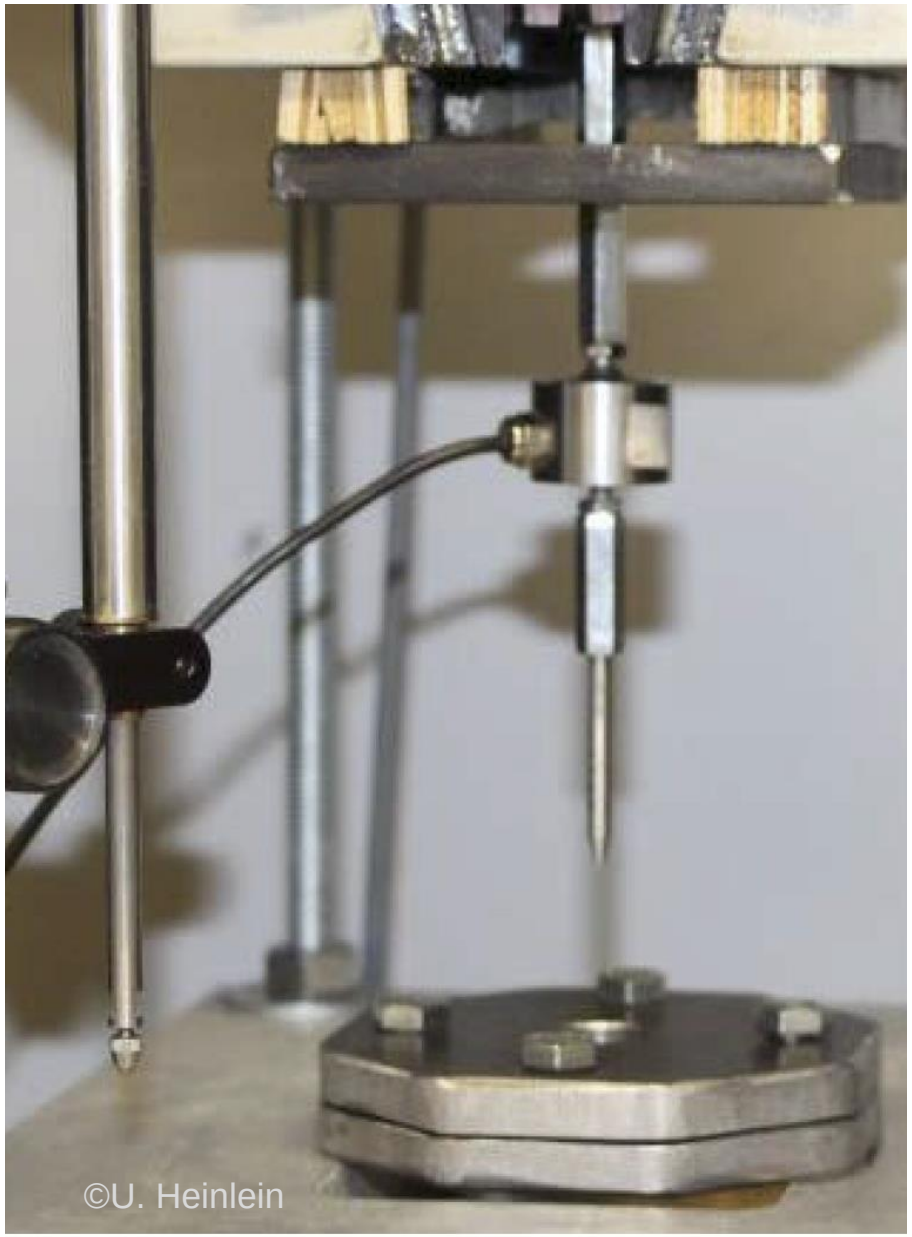
Widerstand gegen Stoßbelastung

nach DIN EN 12691,
Verfahren B (weicher Untergrund)

Mindestanforderungen **Leistungsklasse 1**

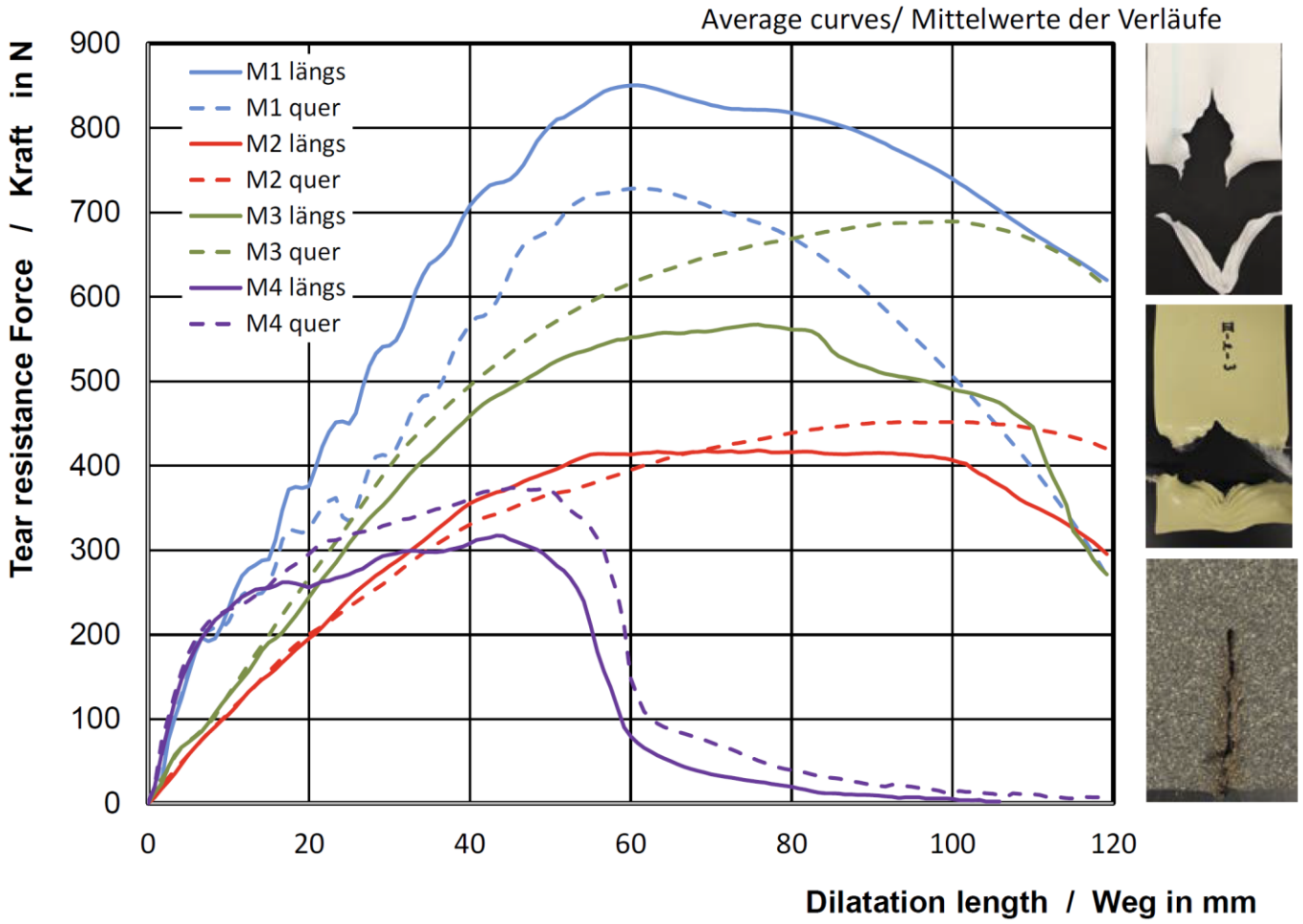
Ziel:
Mindestrobustheit gegen Durchdringung bei punktuellen Stoßeinwirkungen z.B. durch herabfallendes Werkzeug.

Kriterium für Bestehen:
≥ 300 mm Fallhöhe für horizontale Flächen
≥ 150 mm Fallhöhe für vertikale Flächen



Reißdehnung

Mindestanforderungen **Leistungsklasse 1**



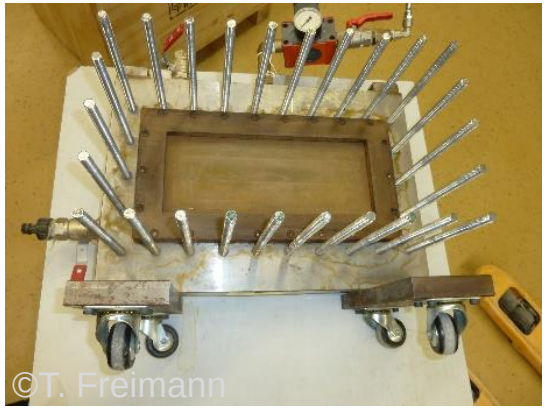
Leistungsanforderungen und Systemgrundprüfungen

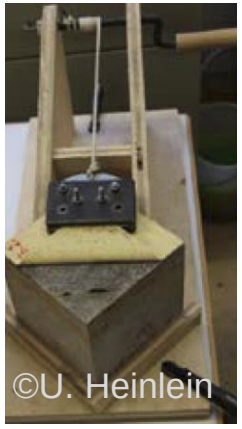
Hinterlaufsicherheit

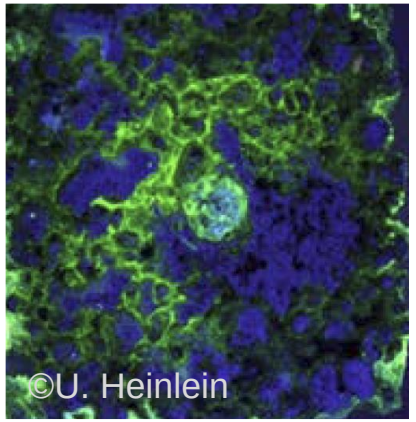
Prüfung auf Hinterlaufsicherheit

- Nach DIN EN 1928 Verfahren A — Druckprüfung an Plattenproben
- Nach ASTM D 5385 modifiziert: — rechteckige Druckkammer (USA) 200/400 mm
- In Anlehnung an DIN EN 12390 T8: — 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

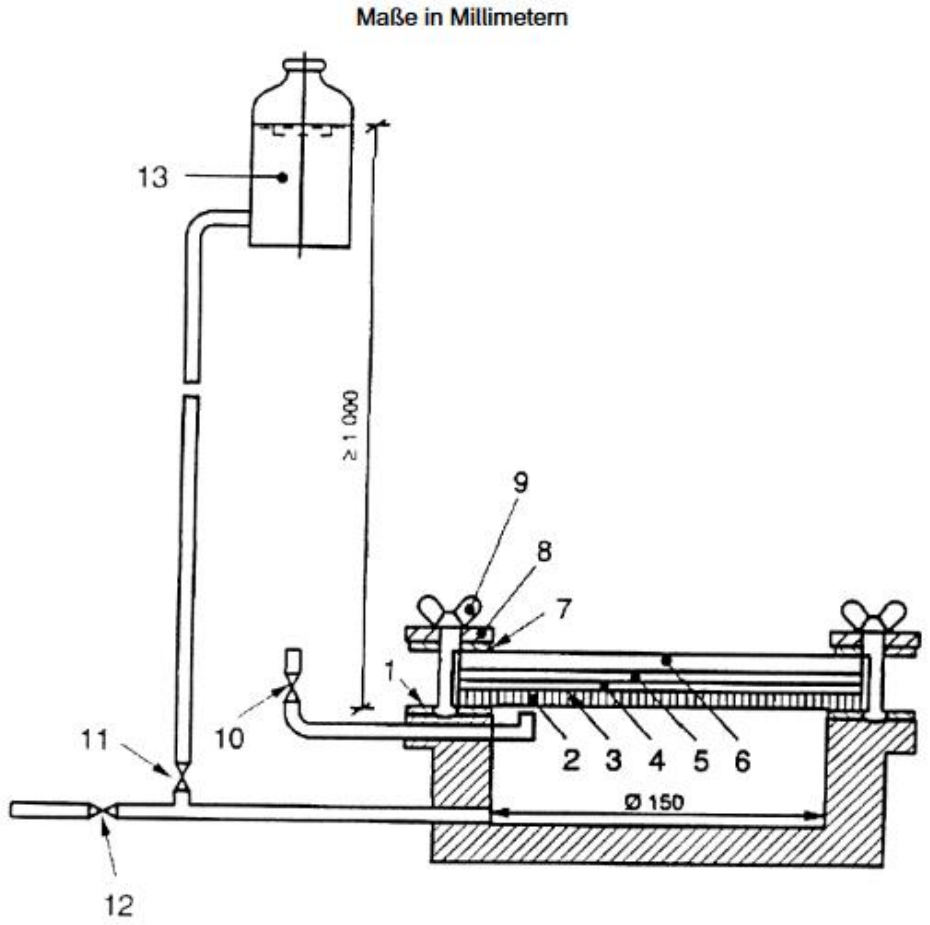
1 Untere Ringdichtung aus Gummi
2 Prüfkörper, der so eingesetzt wird, daß die der Witterung oder Feuchtigkeit ausgesetzte Oberfläche während der Prüfung mit dem Wasser in Berührung ist
3 Laborfilterpapier
4 Indikator zur Feststellung von Feuchte im Prüfkörper, der z. B. aus einer Mischung von Puderzucker, 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 Flügelmuttern
10 Luftauslaßventil
11 Wassereinlaßventil
12 Füllungs- und Ausleerventil
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)

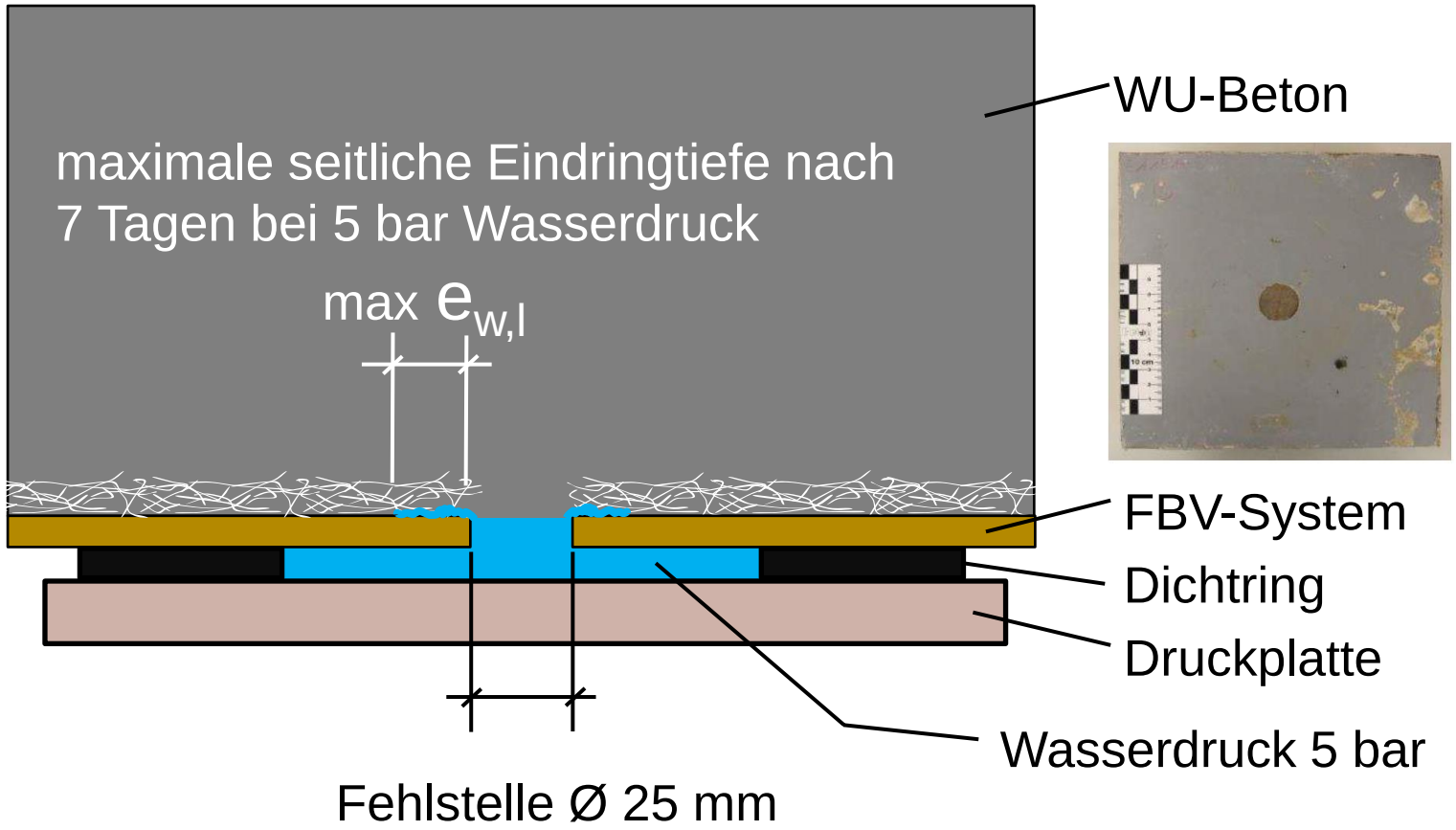
Kriterium für Bestehen:
seitliches Eindringen $e_w \leq 30$ mm



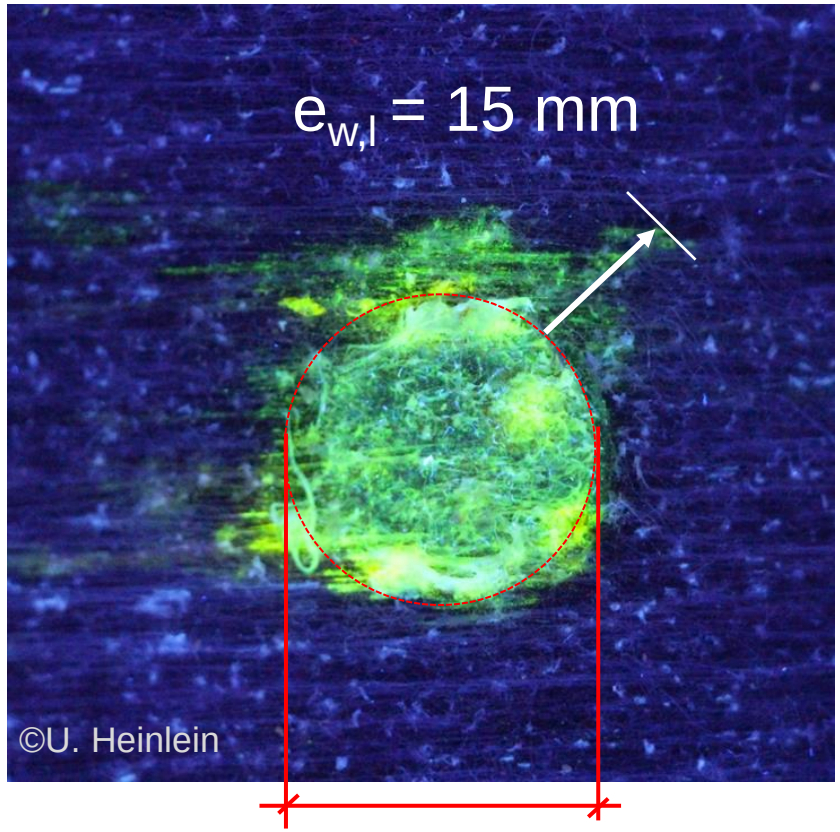
Prüfung auf seitliches Hinterlaufen nach DIN EN 12390-8 (Migrationsprüfung)

- Modifikation Probekörper
  Abmessungen 200 x 200 x 100 mm

Wasserdruck:
5 bar über 7 Tage

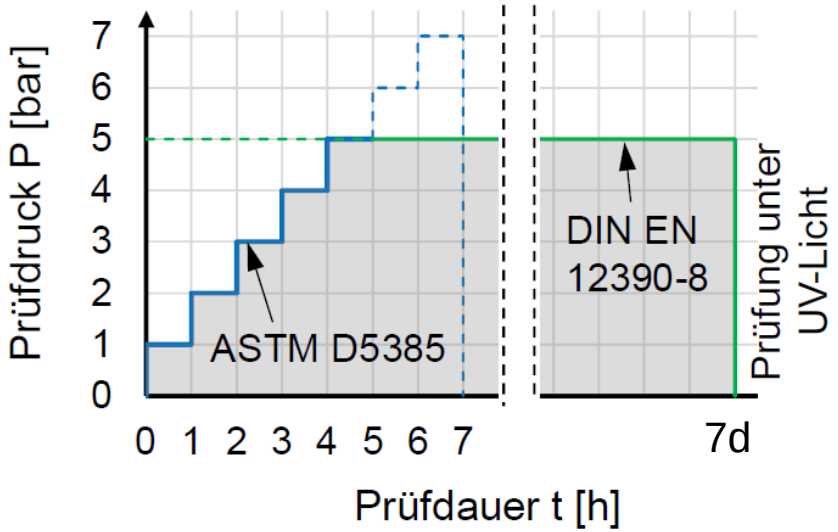


Draufsicht auf abgezogene FBV-Bahn unter UV-Licht



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

Prüfung auf seitliches Hinterlaufen nach DIN EN 12390-8 (Migrationsprüfung)



Prüfung in WU-Prüfanlage:

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

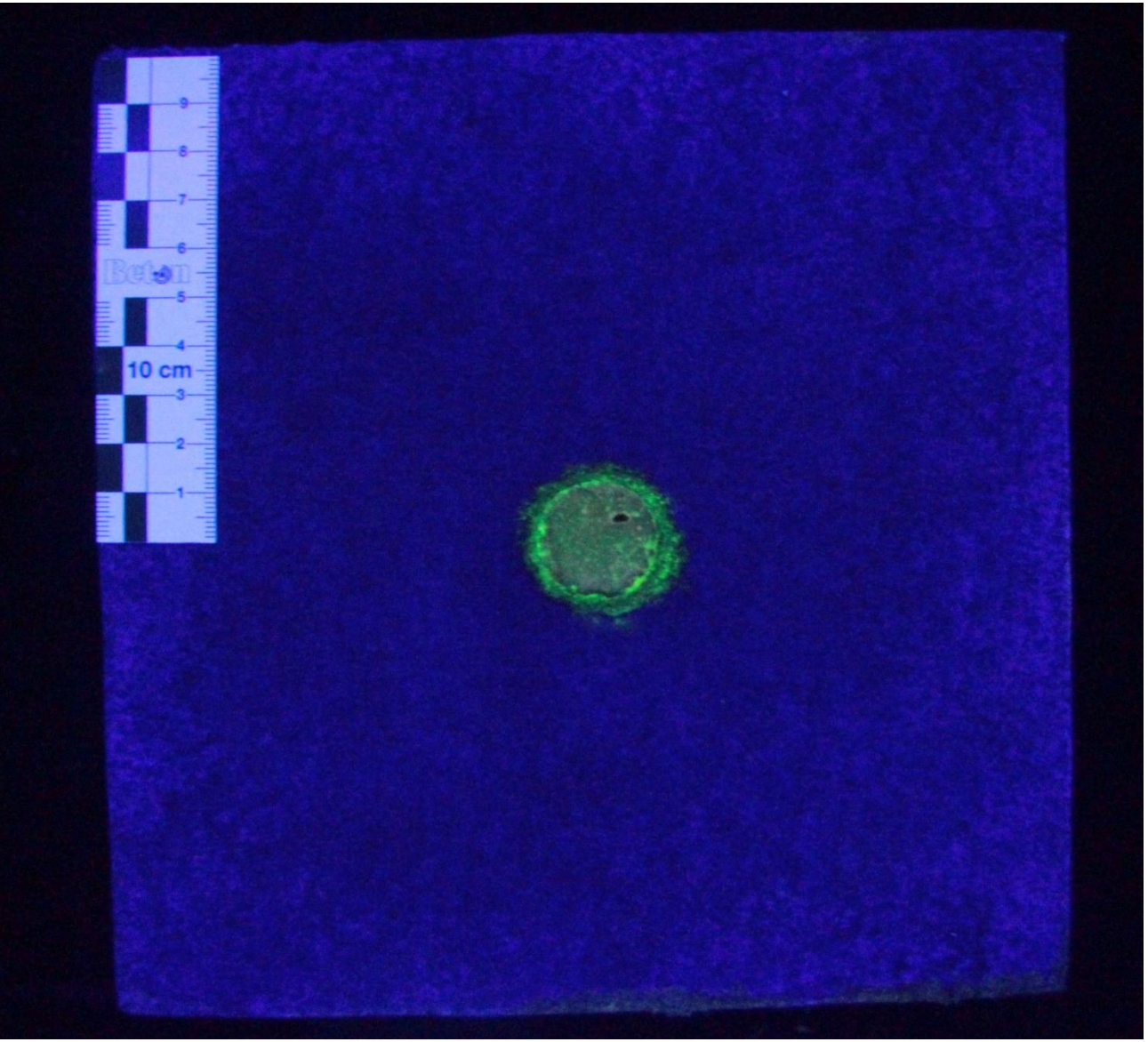
Prüfregime:

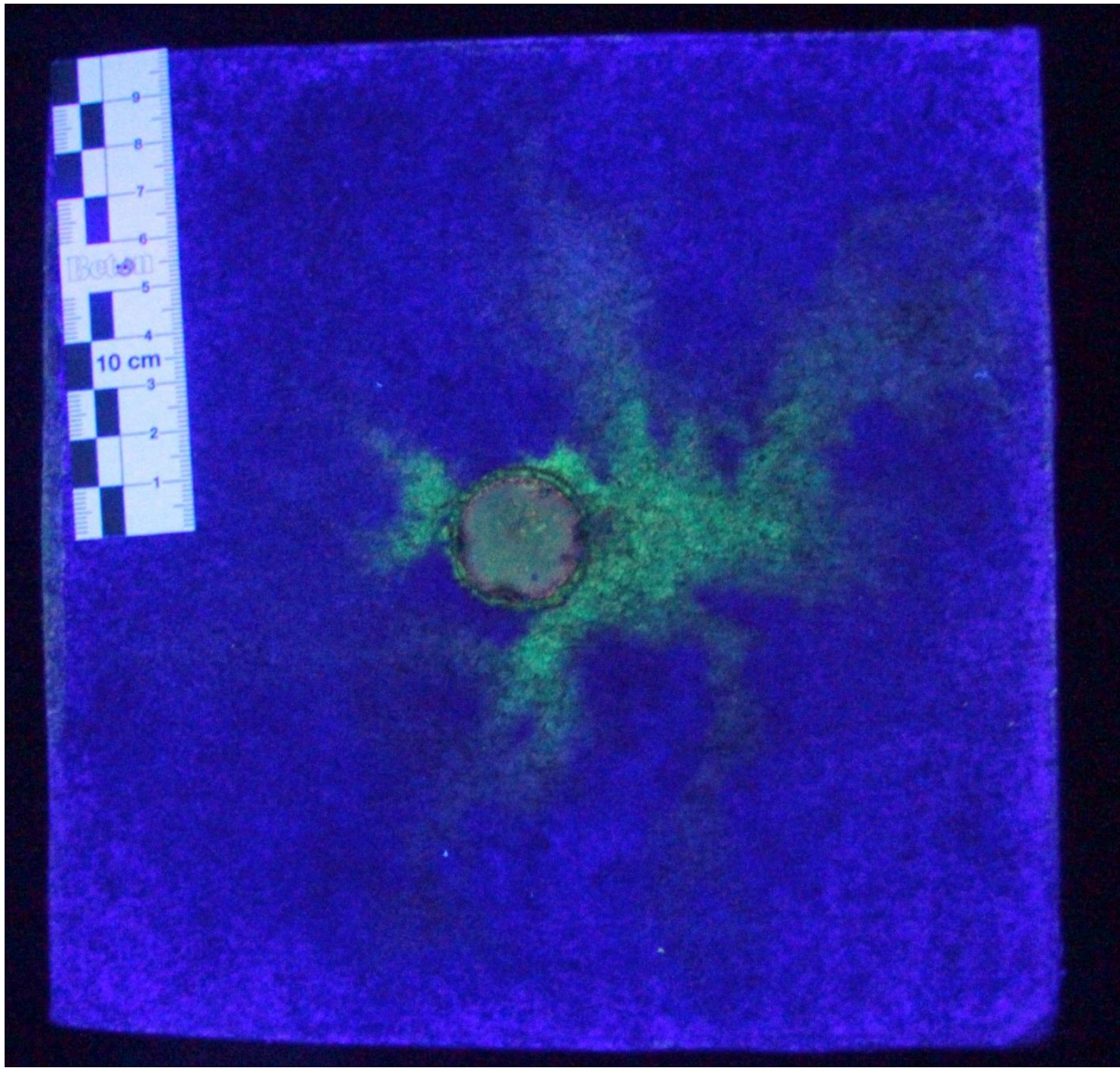
- Drucksteigerung Prüfdruck 1 bar/h, danach max. Druck über 7 Tage halten
- Zugabe Uranin-Tracer zum Prüfwasser

UV-Kammer:

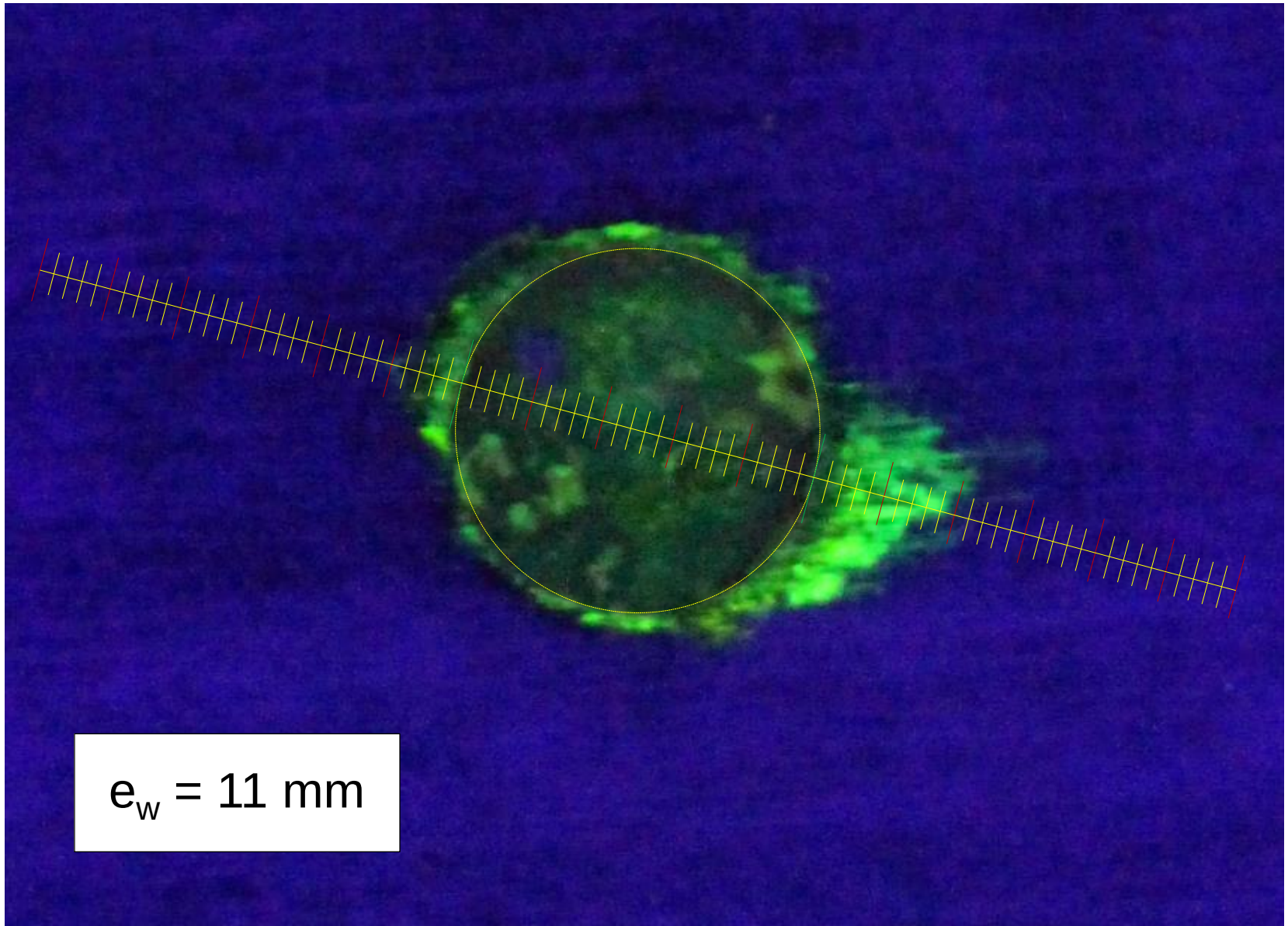
- FBV-Bahn wird abgezogen
- Messung der seitlichen Eindringtiefe e_w unter UV-Licht

Prüfung auf seitliches Hinterlaufen nach DIN EN 12390-8 (Migrationsprüfung)





Prüfung auf seitliches Hinterlaufen nach DIN EN 12390-8 (Migrationsprüfung)



Prüfung nach DIN EN 13956

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 1000 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

Offene Liegezeit (Mindestanforderung)

- maximal offene Liegezeit;
  Prüfeinflüsse Temperatur, Feuchte und UV-Exposition

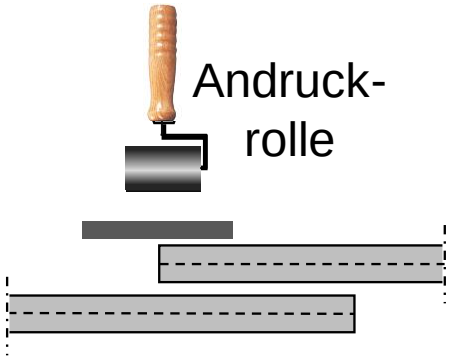
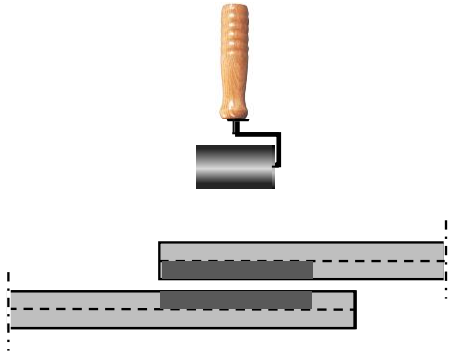
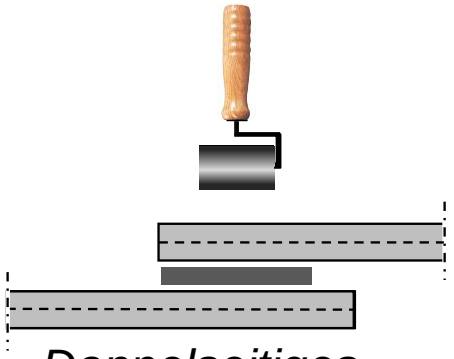
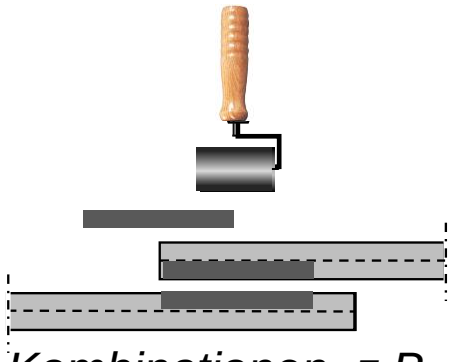
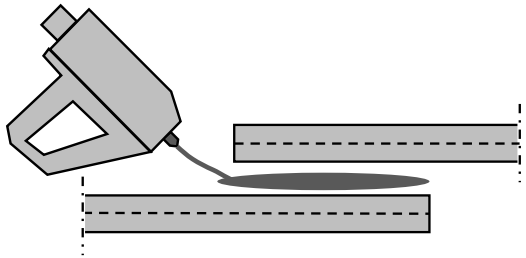
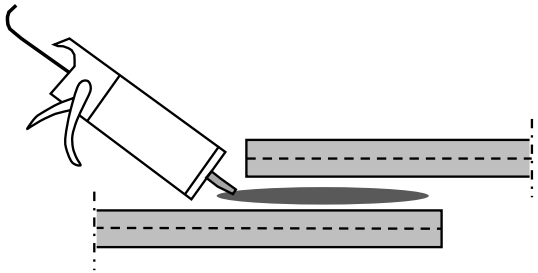
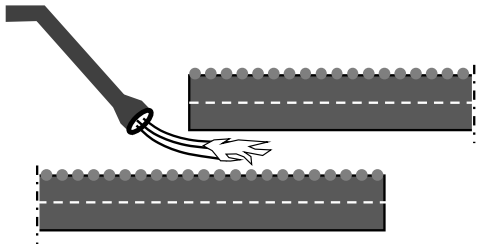
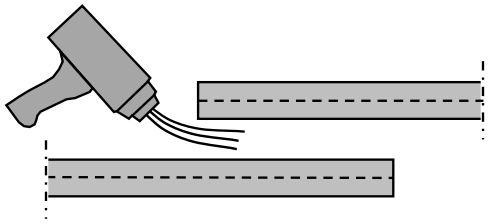
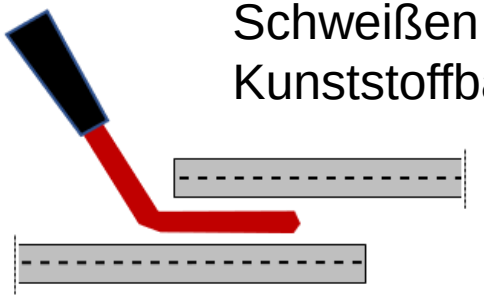
  Verbundseite: 100 h Exposition → max. 1 Monate Liegezeit auf Baustelle
  Dichtschicht: 300 h Exposition → max. 3 Monate Liegezeit auf Baustelle

  Anschließend Funktionsprüfung: Reißdehnung und Hinterlaufsicherheit

Leistungsanforderungen und Systemgrundprüfungen

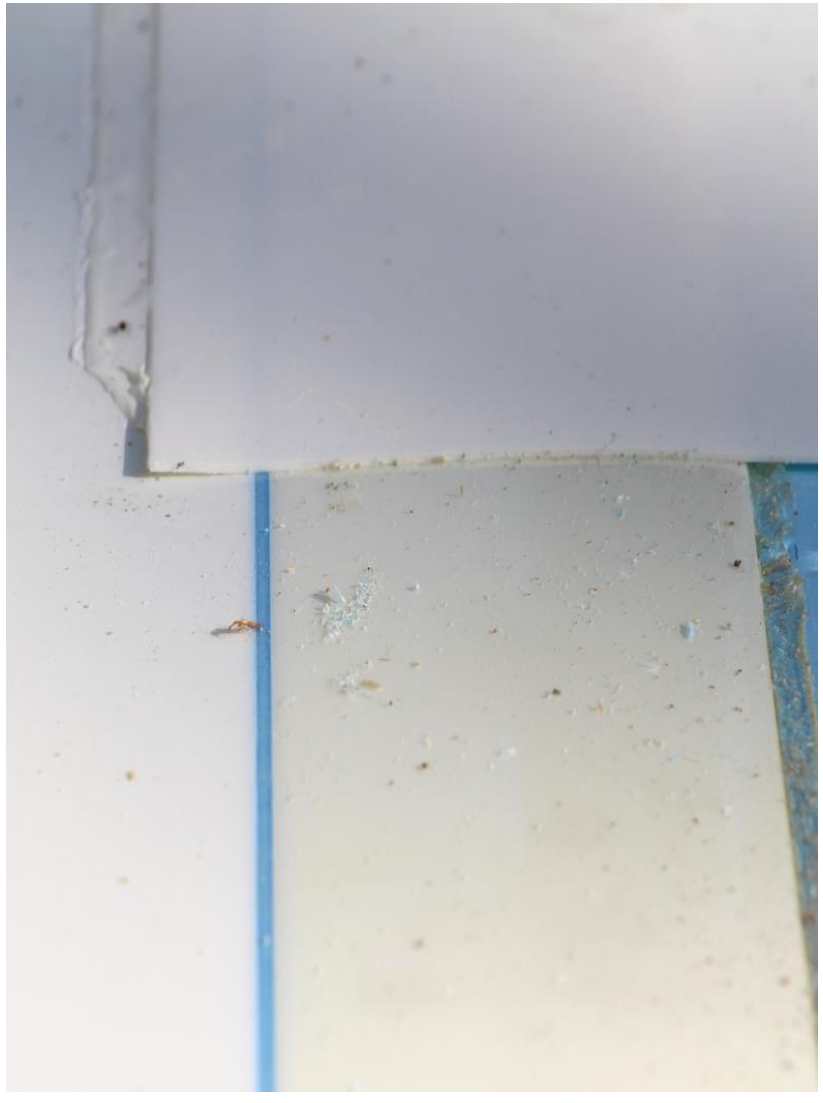
Scherkraft der Fügung im Labor

Fügearten von Nähten und Stößen

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

Fügungen der Längsnaht

Selbstklebenaht (Drucksensibel)



Flüssiger Klebstoff (Heiß- / Kaltkleber

Thermisch gefügt

Prüfung Scherwiderstand

Scherwiderstand Fügenähte nach DIN EN 12317

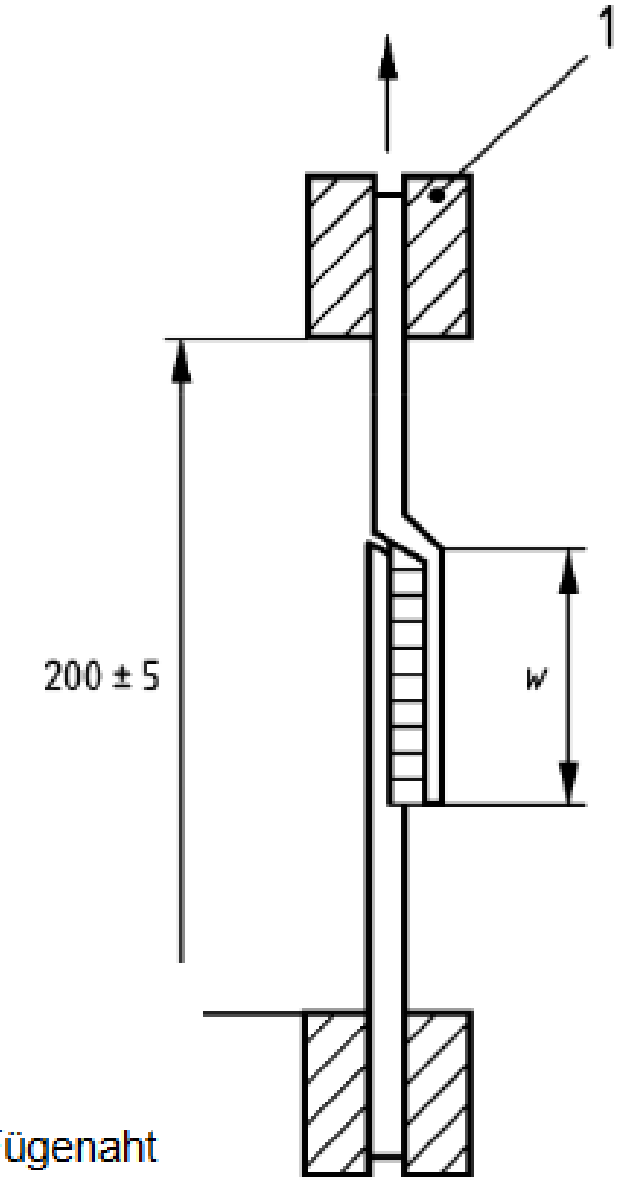
Temperatur von (23 ± 2) °C

Aus den miteinander verbundenen Prüfausschnitten werden fünf rechteckige Probekörper mit einer Breite von (50 ± 1) mm rechtwinklig zur Fügenaht ausgeschnitten.

→ Probestreifen ca. L/B = 500 mm/ 50 mm

Anfangsabstand zwischen den beiden Spannklemmen: (200 ± 5) mm.

MDV: Scherkraft ≥ 100 N/50 mm



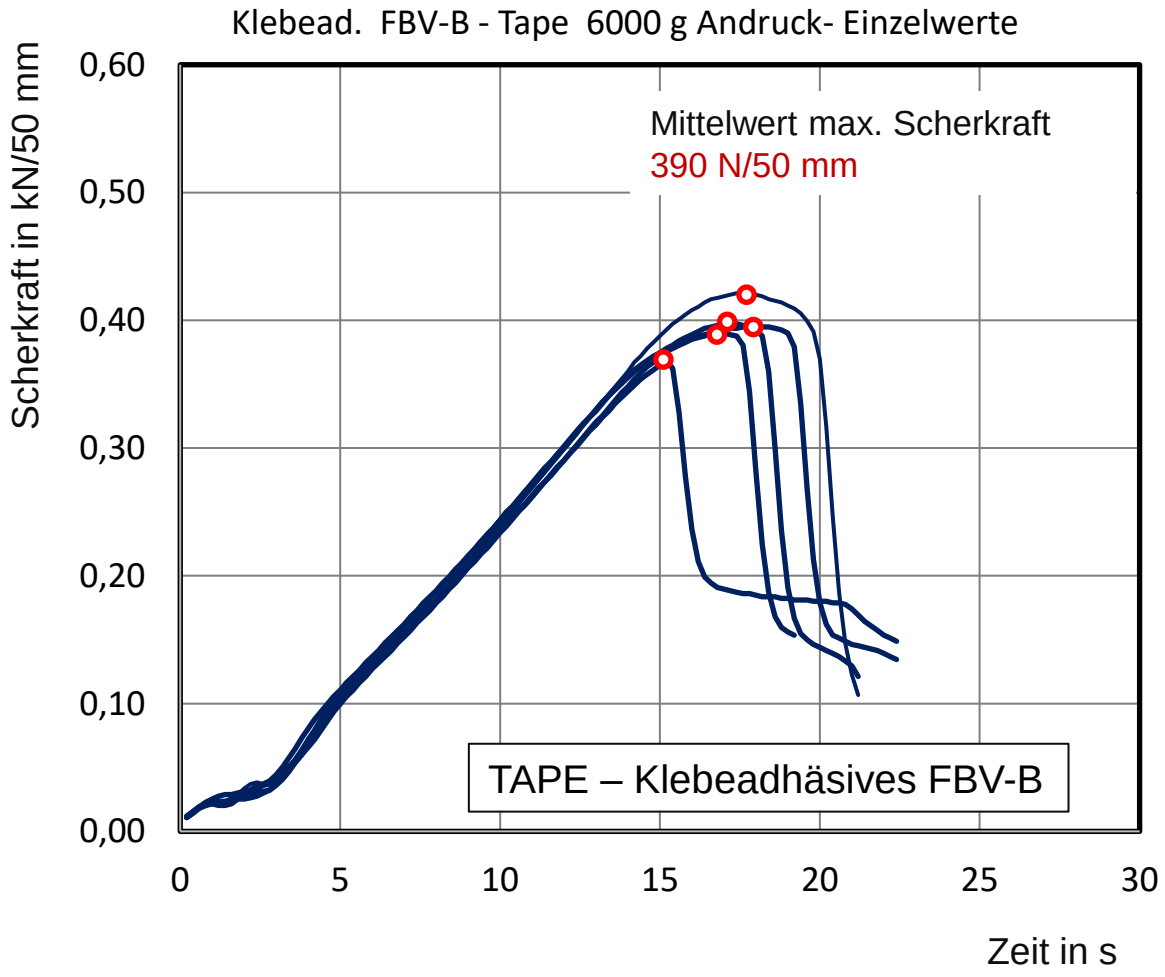
Legende

1	Klemme
w	Breite der Fügenaht

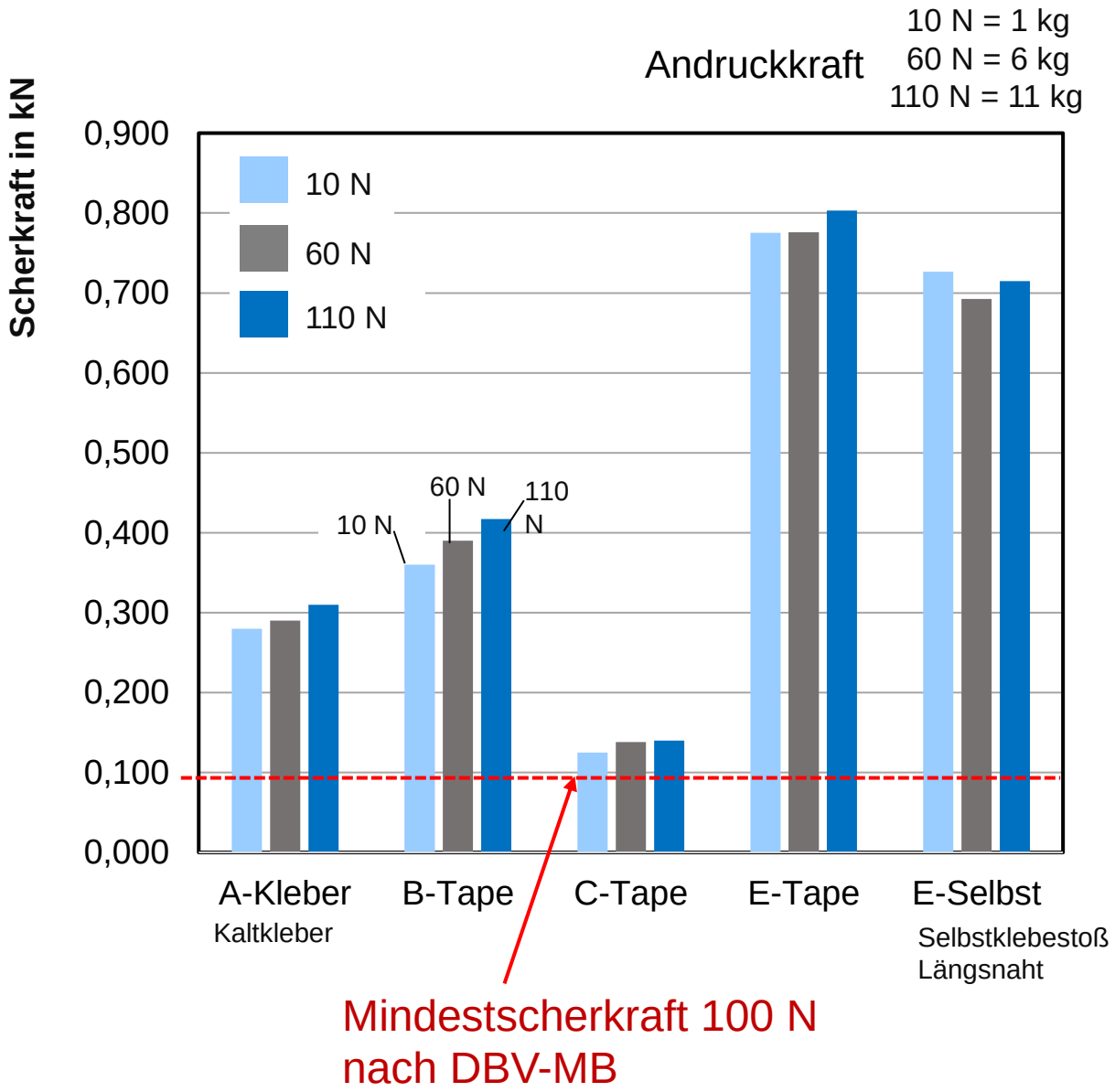
Scherwiderstand Fügungen im Labor

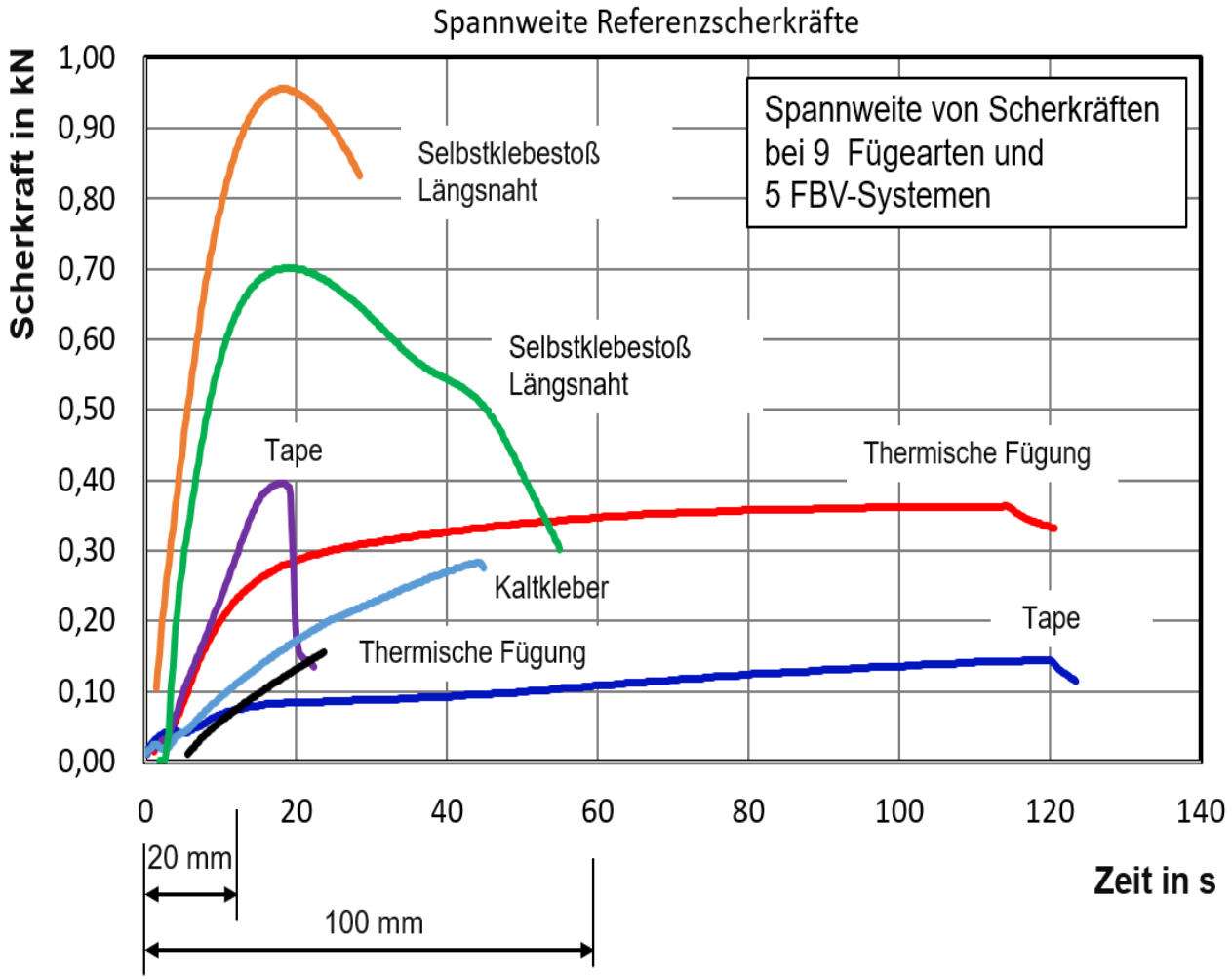
Mindestanforderungen
Leistungsklasse 1

MDV:
Scherkraft ≥ 100 N/50 mm



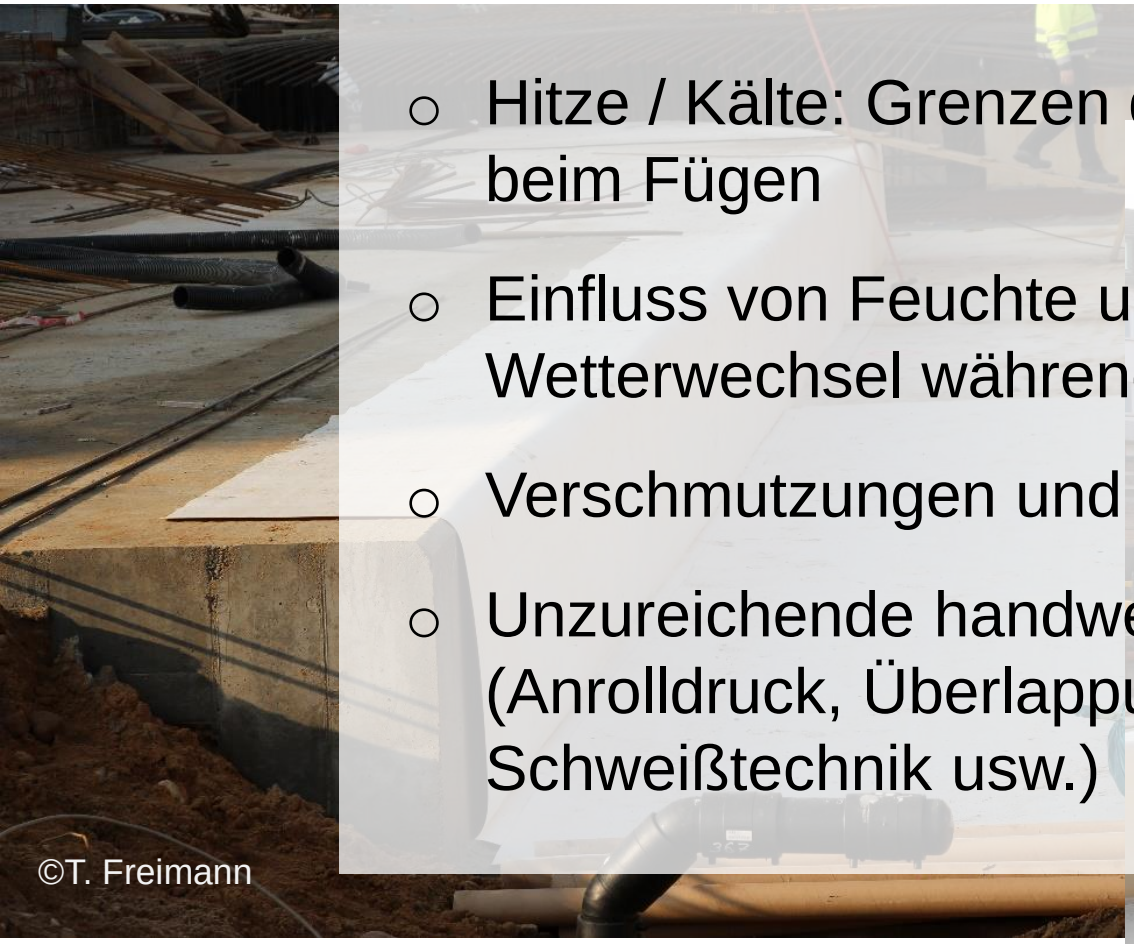
Beispiele Scherkräfte von Fügungen



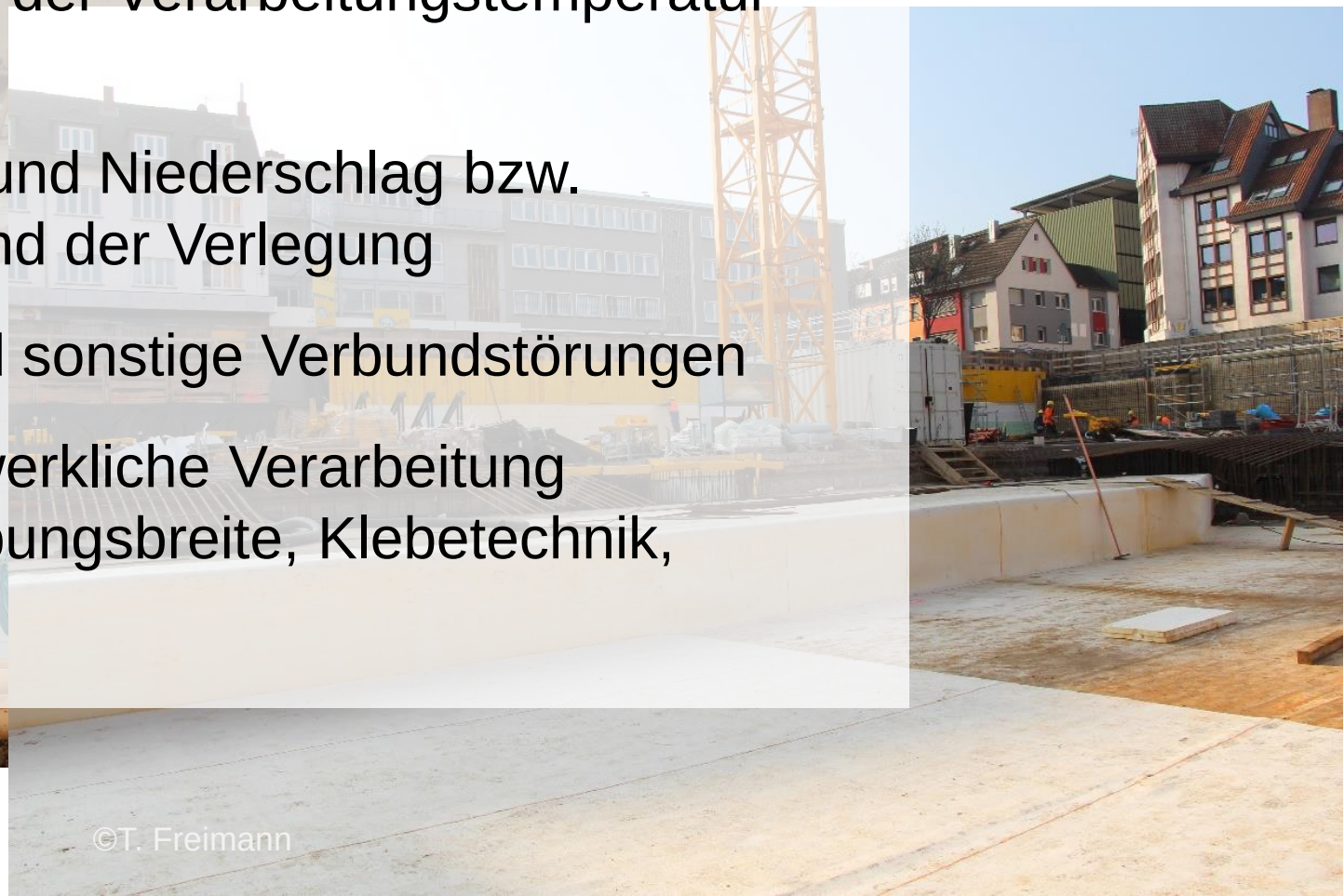


Fügungen auf der Baustelle

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 Scherkraftfestigkeit

- Pflichtprüfung im Rahmen der Eigenüberwachung

Erweiterte Systemprüfungen

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

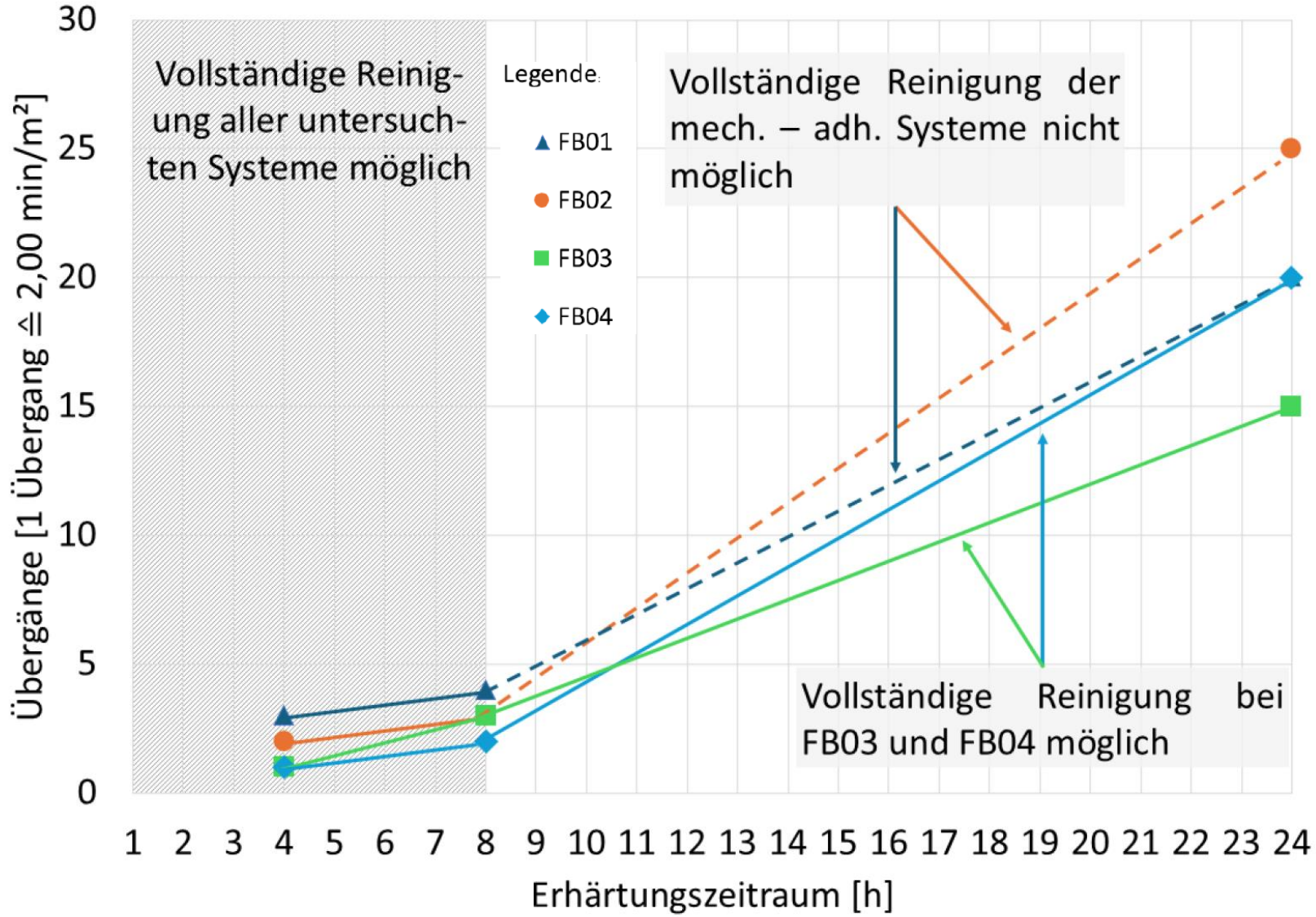
22 Prüfungen wie bei LK1

- Alle Hinterlaufprüfungen mit jeweils höheren Wasserdrücken

Leistungsanforderungen und Systemgrundprüfungen

Anhang B3: Reinigung von Verschmutzungen

Reinigungsaufwand Verschmutzungen



Zementschlämme, CEM II 42,5
w/z = 0,60, 1 m² Fläche

Reinigung Zementschlämme mit Wasserstrahl (Schlauch; Hochdruck)

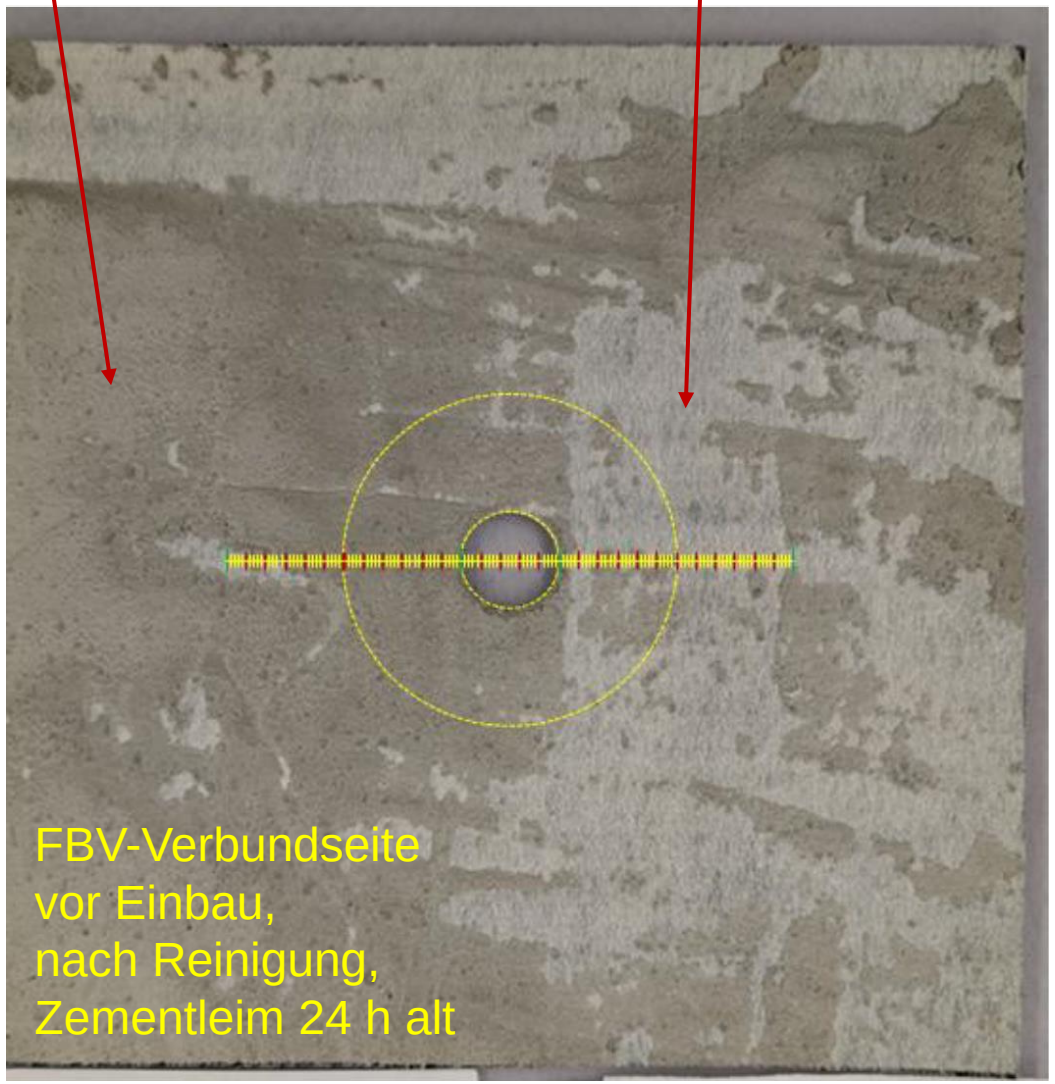
- Nach 4 h problemlos möglich.
- Nach 8 h auch noch möglich.
- Nach 24 h nicht mehr möglich

Bachelorarbeit Christoph Karl: Einfluss der Zementleimverschmutzung und Erhärtungsdauer auf die Hinterlaufsicherheit von Frischbetonverbundsystemen; 2024, TH Nürnberg, Fakultät Bauingenieurwesen

Hinterlaufsicherheit bei ZL-Verschmutzung

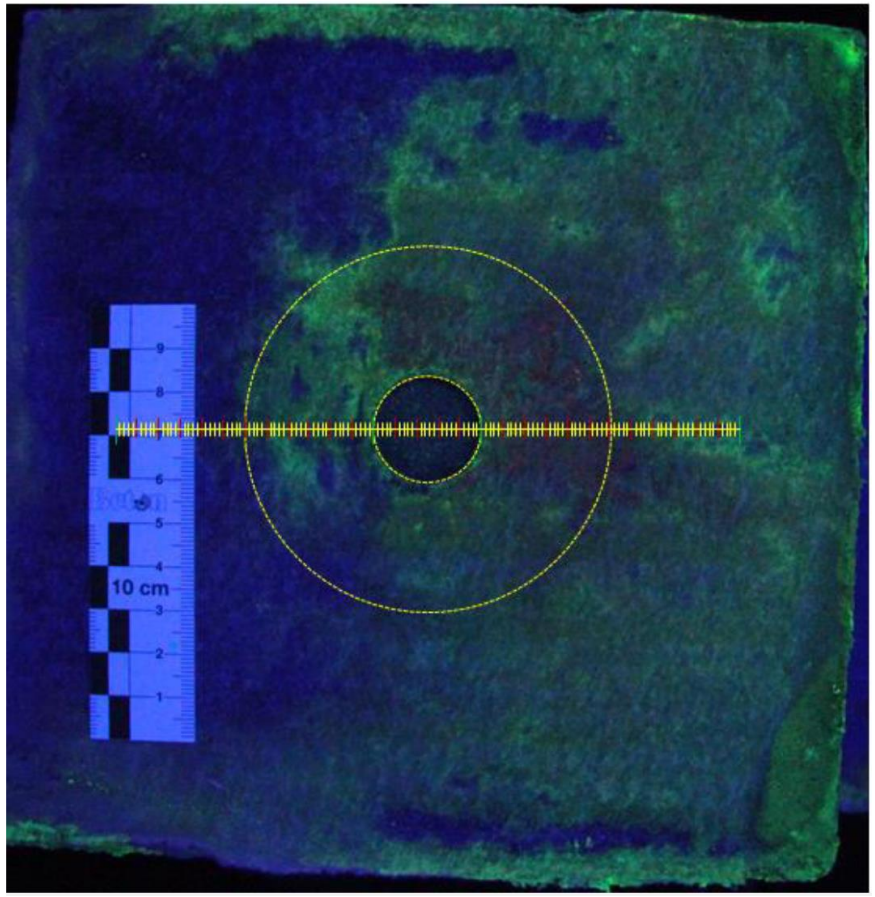
vollständig gereinigt

verbleibender Zementleim



FBV-Verbundseite
vor Einbau,
nach Reinigung,
Zementleim 24 h alt

Betonseite nach 5 bar
Wasserbeaufschlagung über 7d



Bachelorarbeit Christoph Karl: Einfluss der Zementleimverschmutzung und Erhärtungsdauer auf die Hinterlaufsicherheit von Frischbetonverbundsystemen; 2024, TH Nürnberg, Fakultät Bauingenieurwesen

Optionale Systemprüfungen an FBVS (freiwillig)

Optionale Leistungsmerkmale

Anhang A1 Tab A4

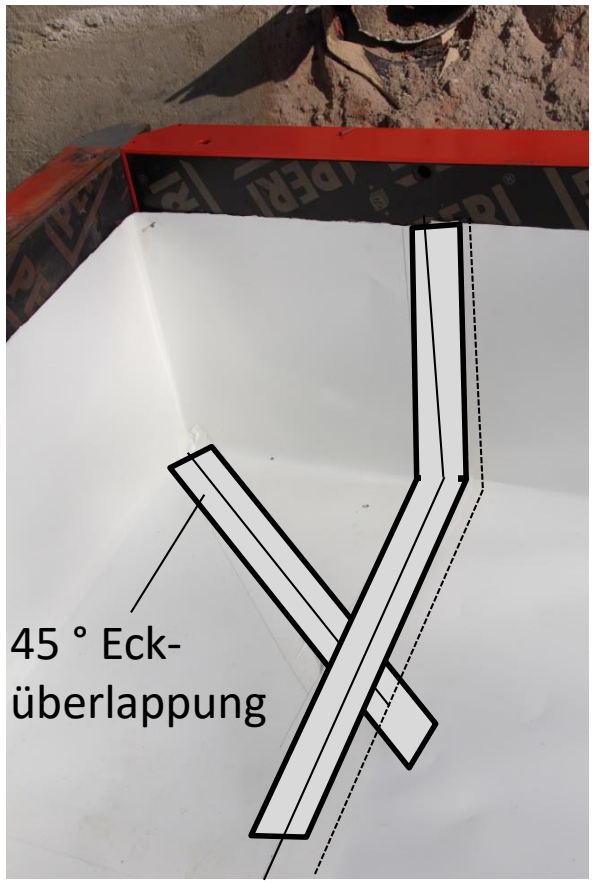
Individuell vom Planenden festzulegen,
wenn es objektspezifisch erforderlich scheint

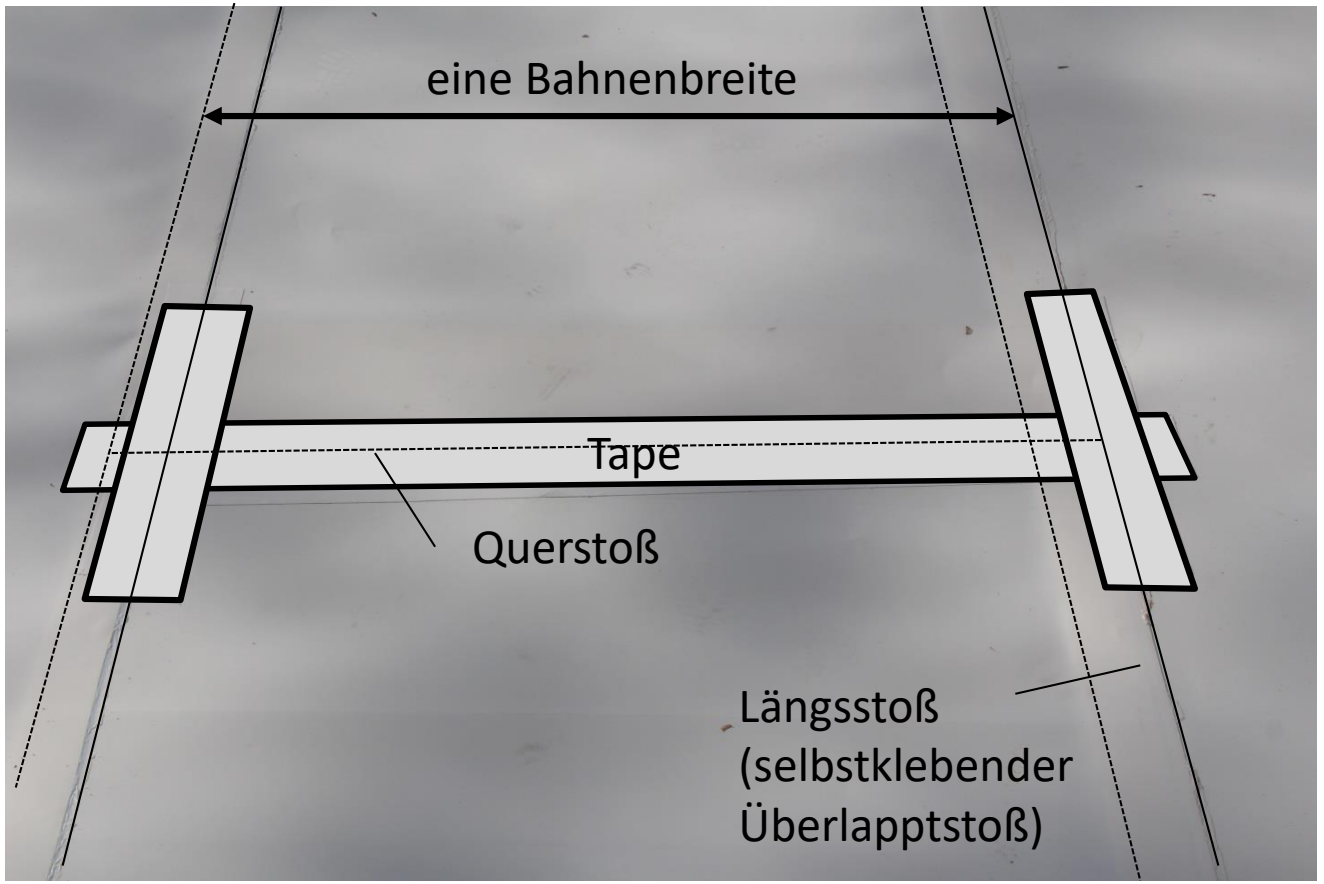
- Verlängerte maximal offene Liegezeit;
  Prüfeinflüsse Temperatur, Feuchte und UV-Exposition
  Verbundseite: 300 h Exposition → max. 3 Monate Liegezeit auf Baustelle
  Dichtschicht: 1000 h Exposition → max. 12 Monate Liegezeit auf Baustelle
- Reibungsbeiwert der FBV-Bahn zum Untergrund (300 x 300 mm 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

Dichtigkeit T-Stöße im Betonverbund

T-Stoßausbildung





Alle Bilder ©T. Freimann

Arten von Nähten:

Längsnähte

Querstoße

T-Stöße

Anschlüsse an Durchdringungen

Fügungen:

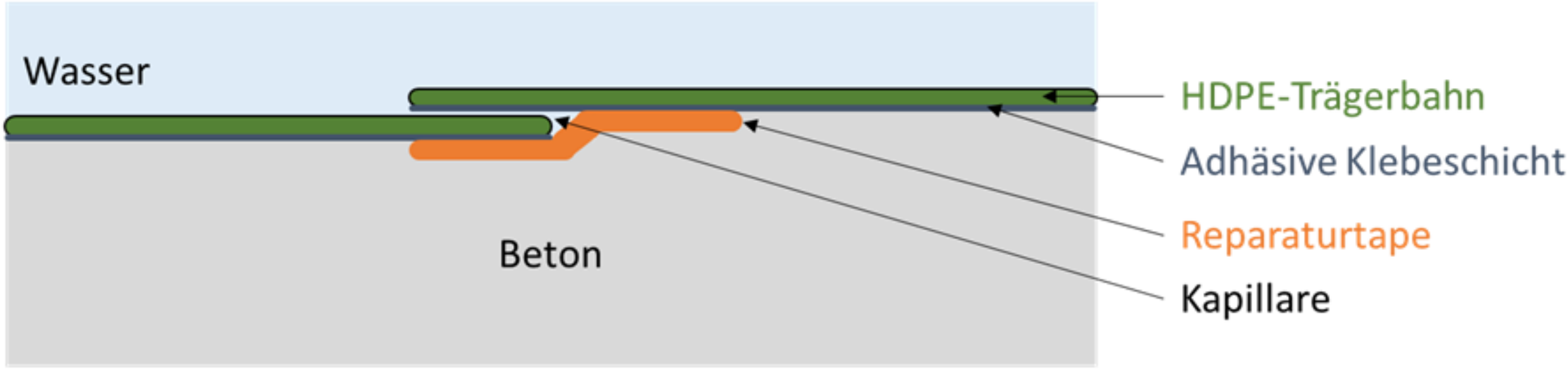
Kleben

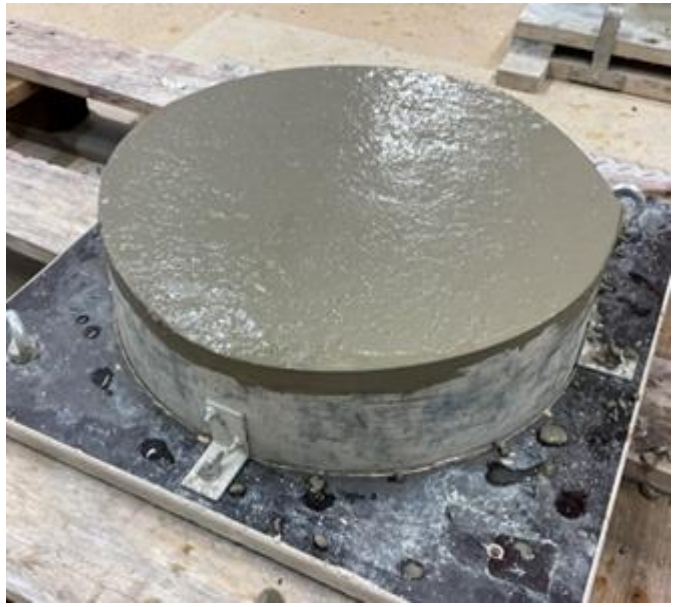
Schweißen

Selbstklebenähte

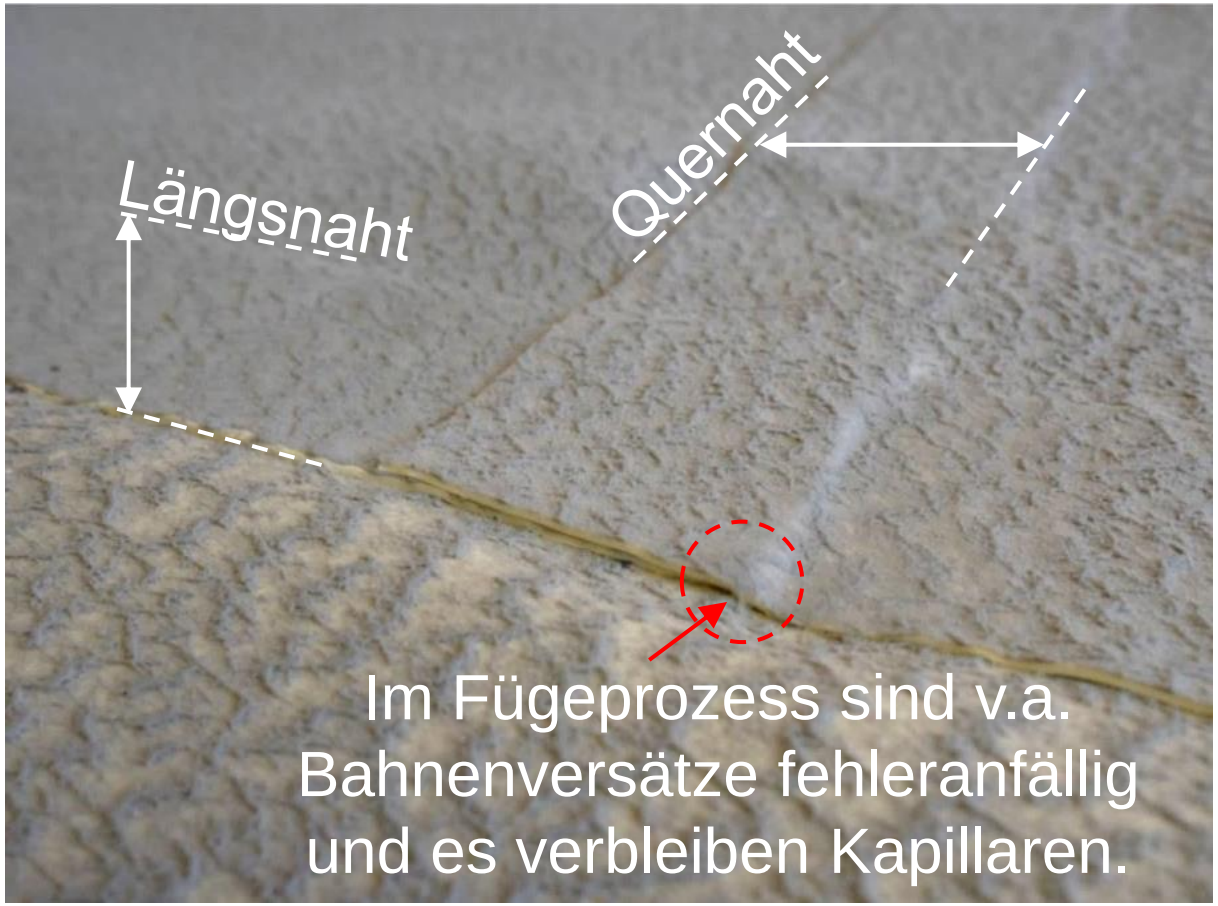
Tapes

T-Stöße bei FBVS

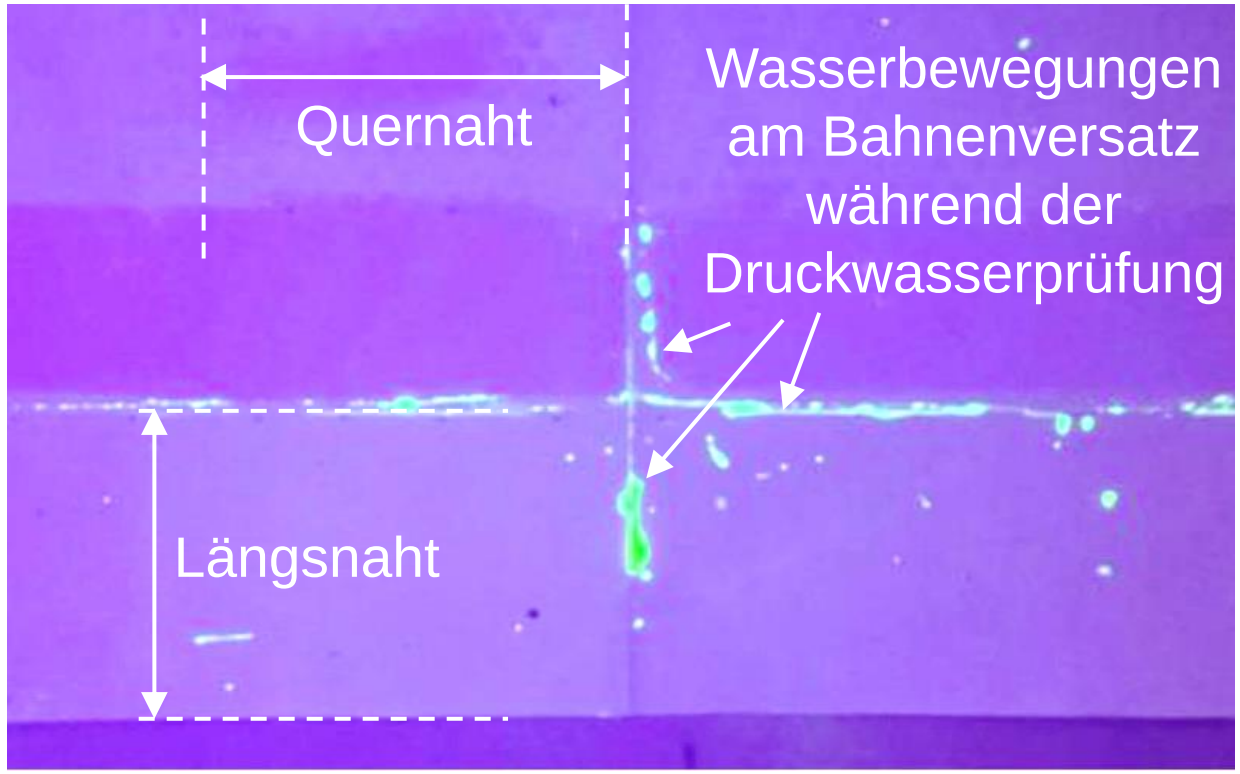




T-Stöße bei FBVS



Nach Wasserdruckprüfung unter UV-Licht



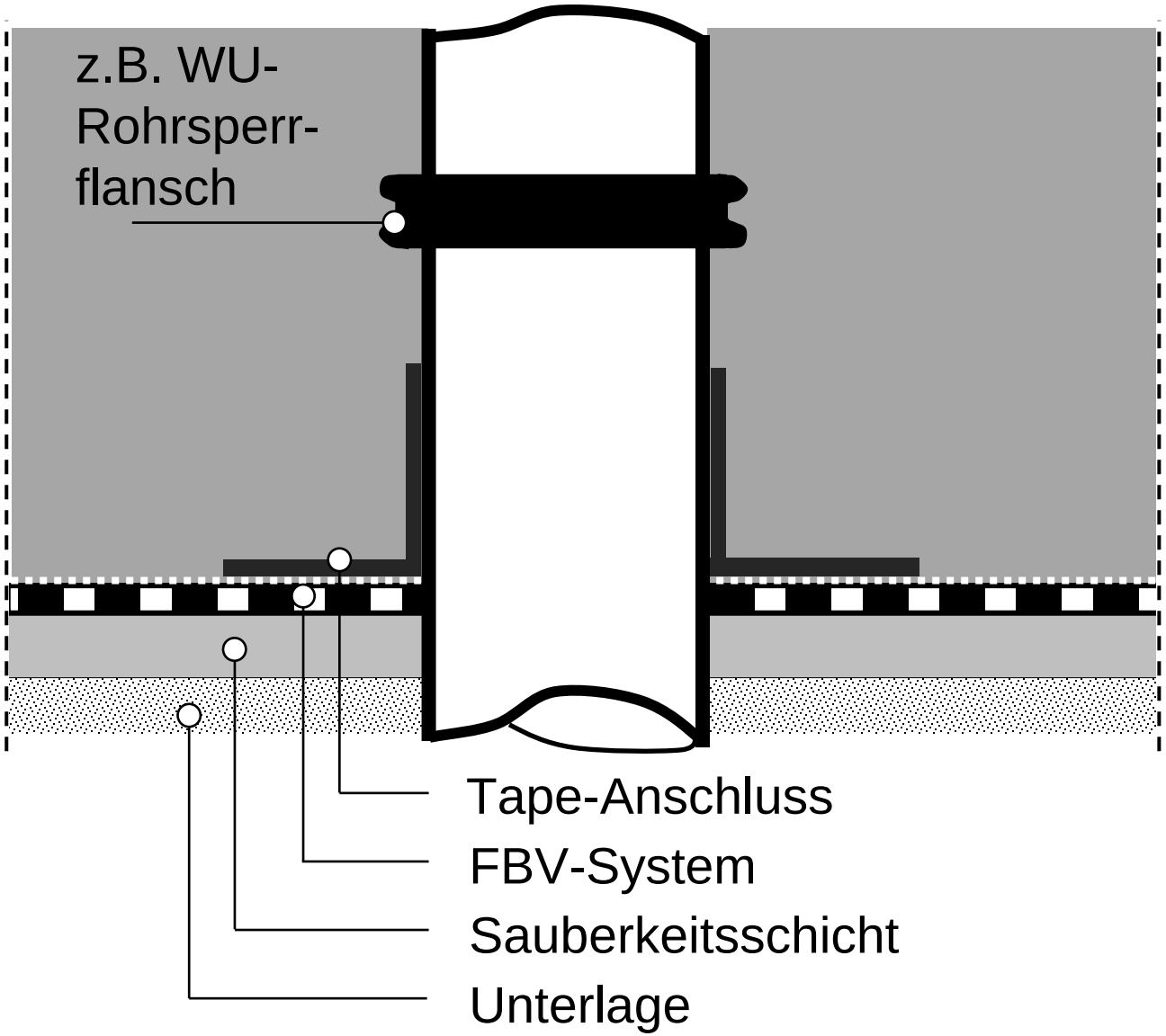
T-Stöße sind in der Verlegung anfällig: Kapillare muss möglichst klein bleiben.
Die Dichtigkeit ist im Betonverbund nachzuweisen.

Optionale Systemprüfungen

Durchdringungen

Bsp. FBV-Anschluss an Durchdringung

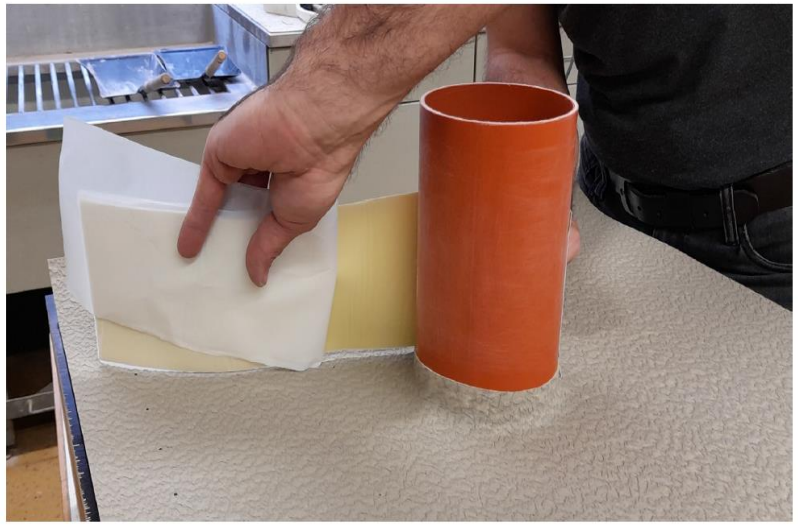
z.B. Rohrdurchführung



Durchdringungen in Planungsphase beachten!

Prüfung der Durchdringung im Verbund

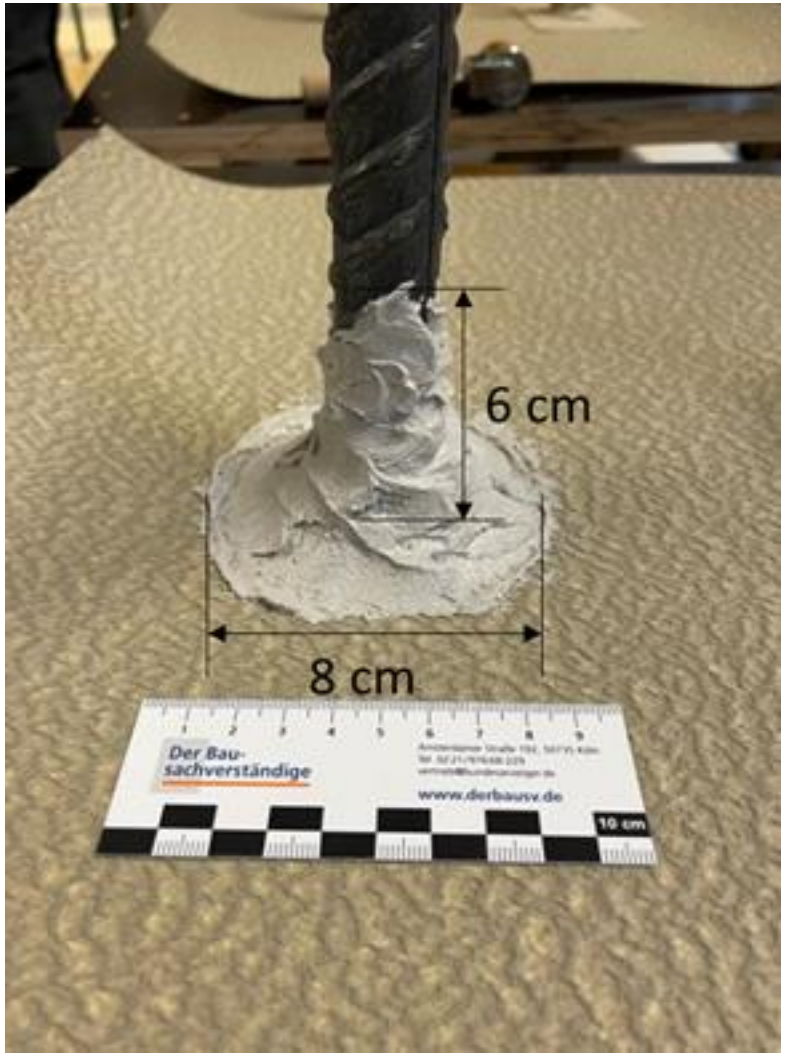
Tape um das Rohr wickeln (12 cm breit) und festrollen mit Andrückrolle



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

Prüfung der Durchdringung im Verbund

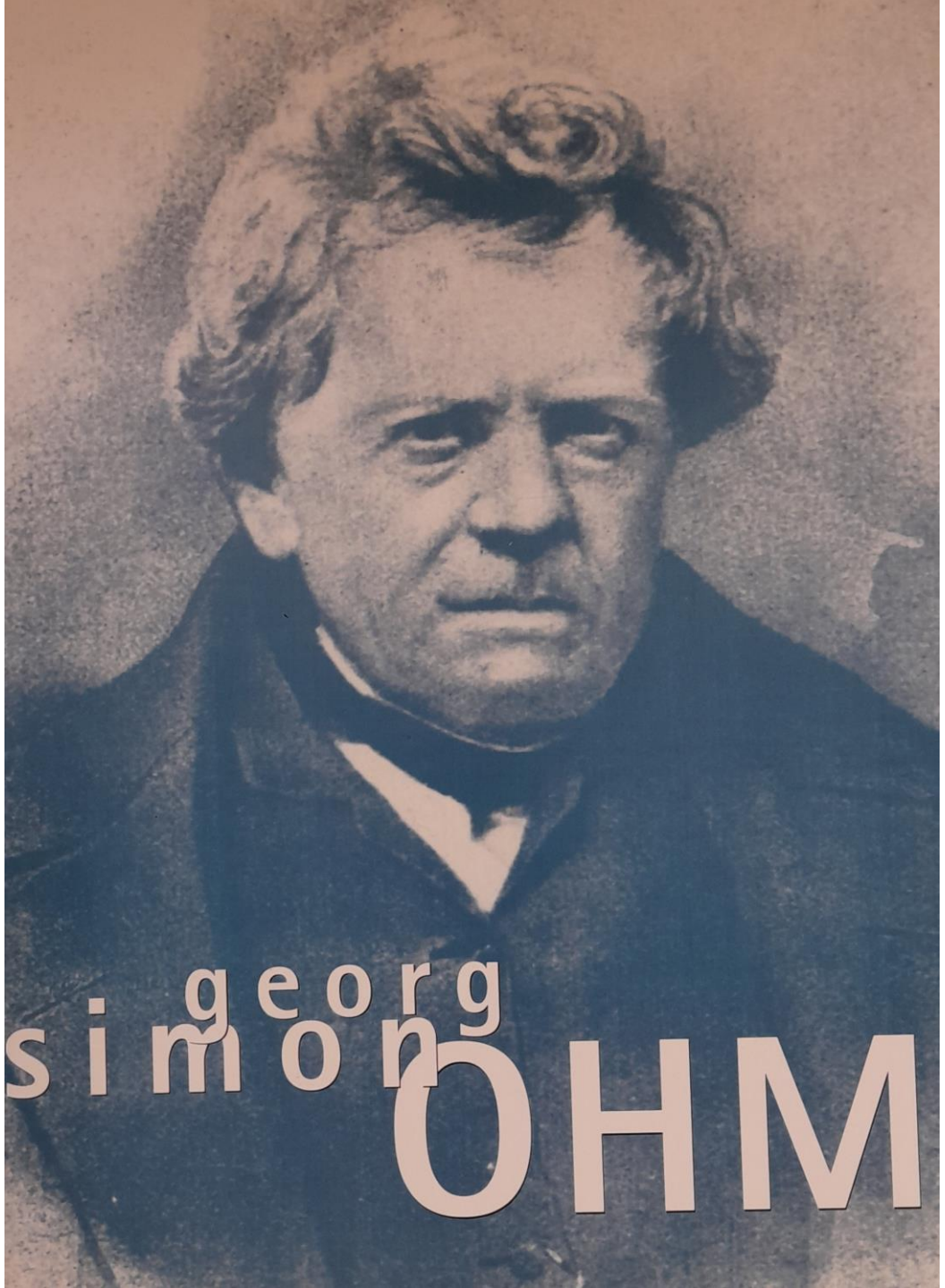
Prüfung spezieller Durchdringungen (optional)



Zusammenfassung

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.



SIKA FACHSEMINAR
ZERTIFIZIERTER
WU-FACHPLANER

ohm Technische Hochschule Nürnberg

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

BUILDING TRUST