

FD-BETON – EINE EINFÜHRUNG



Inhalt

I.	Vorwort und Dank.....	3
II.	Allgemeines	4
III.	Rechtliches	5
IV.	Allgemeines über FD-/FDE-Beton	7
V.	Planung von Dichtflächen nach BUmWS (Teil 1 Abschnitt 8 BUmWS)	9
VI.	Konstruktion und Bauausführung (Teil 1 Abschnitt 7 BUmWS).....	11
VII.	Mindestbewehrung (Teil 1 Abschnitt 6 BUmWS).....	14
VIII.	Grundlagen der Dichtheitsnachweise.....	15
	1. Die Sicherheitsbeiwerte (Teil 1 Abschnitt 3 BUmWS).....	15
	2. Die Eindringtiefen (Teil 2 Abschnitt 4.2 und Teil 1 Abschnitt 4.1 BUmWS)	15
IX.	Nachweise der Dichtheit nach BUmWS.....	19
	1. Allgemeines (Teil 1 Abschnitt 5.1.1 BUmWS).....	19
	2. Vereinfachter Nachweis (Teil 1 Abschnitt 5.1.2 BUmWS).....	21
	3. Nachweis in ungerissenen Bereichen (Teil 1 Abschnitt 5.1.3 BUmWS).....	23
	4. Nachweis der Mindestdruckzonendicke (Teil 1 Abschnitt 5.1.4 BUmWS).....	23
	5. Rissbreitennachweis (Teil 1 Abschnitt 5.1.5 BUmWS).....	24
X.	Fugen	25
	1. Allgemeines über Fugen.....	25
	2. Fugenbleche.....	26
	3. Einbetonierte Fugenbänder	28
	4. Aufgeklebte Fugenbänder	29
	5. Schaumstoff-Fugenprofile.....	30
	6. Fugendichtstoffe.....	31
XI.	Anhänge.....	33
	1. Abkürzungen	33
	2. Literatur	33
	3. Bildnachweis	35

I. Vorwort und Dank

Im Folgenden soll ein Einblick in das komplexe Thema „flüssigkeitsdichter Beton“ gegeben werden. Die Ausarbeitung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und setzt zumindest Grundkenntnisse über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sowie über Dichtkonstruktionen aus Beton voraus.

Der Schwerpunkt dieser – auf Neuanlagen bezogenen – Ausarbeitung liegt bei den Dichtheitsnachweisen von Ortbetondichtkonstruktionen aus FD-Beton und den in der Praxis üblicherweise auftretenden Planungsmängeln. Wer die Tücken und Fallstricke des Regelwerks kennt, kann sie als Planer meiden bzw. als Prüfer (Sachverständiger oder Wasserbehörde) eine fachkundige Planung als solche schnell enttarnen.

Den Korrekturlesern danke ich für ihre Unterstützung und die wertvollen Hinweise. Den Rechteinhabern danke ich für die freundliche Gestattung, deren Bilder bzw. Grafiken zu nutzen.

Nach Fertigstellung dieser Ausarbeitung kann ich in Anlehnung an 1. Samuel 7,12 bestätigen: „Bis hierher hat der HERR geholfen.“

Erich Jaeger

STRUKTUR- UND GENEHMIGUNGSDIREKTION NORD

Regionalstelle Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, Bodenschutz Trier

**Fangt uns die Füchse, die kleinen Füchse, die die Weinberge verderben;
denn unsere Weinberge haben Blüten bekommen.**

Hoheslied 2,15

II. Allgemeines

- Bei den im Rahmen dieser Ausarbeitung zu betrachtenden Dichtflächen handelt es sich wasserrechtlich gesehen um Teile von Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen.
- Die Nachweise der Dichtigkeit sind immer zu führen, unabhängig davon, ob das Vorhaben anzeige- und genehmigungsfrei ist oder ob es einer behördlichen Entscheidung bedarf (z. B. einer Eignungsfeststellung nach § 63 WHG oder einer diese ersetzende Genehmigung).
- Das Wasserrecht fordert in § 17 AwSV eine qualifizierte Planung, da sich im Vollzug herausgestellt hat, dass den Planern oft die einzuhaltenden technischen Regeln nicht ausreichend bekannt sind. Nach Ermittlungen des DIBt sind schon bei Neuanlagen mehr als 60 Prozent aller Schäden auf fehlerhafte Planungen zurückzuführen¹. Das technische Regelwerk ist sehr komplex und erfordert daher hinreichende Sachkunde aller Beteiligten, insbesondere im Hinblick auf konstruktive und betontechnische Belange.

¹ Siehe Begründung zur AwSV in Bundesrat-Drucksache 144/16 (Beschluss).

III. Rechtliches

- Gemäß § 18 Absatz 2 **AwSV** müssen Rückhalteeinrichtungen flüssigkeitsundurchlässig sein. Flüssigkeitsundurchlässig sind Bauausführungen dann, wenn sie ihre Dicht- und Tragfunktion während der Dauer der Beanspruchung durch die jeweiligen wassergefährdenden Stoffe nicht verlieren.
- In Fortführung früherer landesrechtlicher Regelungen² konkretisiert **TRwS 786:2018-05** (Entwurf) Abschnitt 7.2.5, dass die jeweilige Flüssigkeit nicht tiefer als 2/3 der Betondichtschichtdicke bzw. der Betondichtkonstruktion für die maßgebende Beanspruchungsdauer eindringen darf. Im Bauteilrandbereich muss die charakteristische Eindringtiefe kleiner gleich des geschützten Bauteilrandbereiches sein.

Mathematisch ausgedrückt: $e \leq 2/3 \times h$ (bei ungerissener Betonplatte)

- Wie dieser Nachweis konkret zu führen und was sonst noch bei der Bemessung, der Ausführung sowie der Instandsetzung einer Dichtkonstruktion aus Beton zu beachten ist, regelt die Richtlinie „**Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (BUmwS)**“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb), Ausgabe März 2011.
 - Teil 1 der BUmwS regelt die Grundlagen, die Bemessung und die Konstruktion unbeschichteter Betonbauteile. Seine Anwendbarkeit ergibt sich aus den Regelungen der TRwS 786.
 - Teil 2 der BUmwS regelt die Baustoffe und das Einwirken von wassergefährdenden Stoffen. Dessen Anwendbarkeit ergibt sich aus den Technischen Baubestimmungen des Bauordnungsrechts. Für das hier in Betracht kommende Bauprodukt „Beton als Abdichtungsmittel für Auffangräume und Flächen“ nennt die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (**MVV TB**) in Teil C 2.15.16 diverse Technische Regeln, unter anderem auch den Teil 2 der BUmwS. Inhaltsgleich war dies bislang in **Bauregelliste A** Teil 1 lfd. Nr. 15.32 geregelt, die im Zuge der derzeitigen Novellierung des deutschen Bauordnungsrechts mittlerweile in den meisten Bundesländern von der MVV TB ersetzt wurde. Beton nach MVV TB C 2.15.16 (bzw. nach BRL A Teil 1 15.32) gilt als geregeltes Bauprodukt. Be-

² Der Muster-VVAwS der LAWA zufolge (ähnlich auch in einigen VAWs der Länder) durften wassergefährdende Stoffe die dichtenden Böden und Wände innerhalb der Zeit bis zum Erkennen von Schäden und Beseitigen der ausgetretenen wassergefährdenden Stoffe höchstens zu zwei Dritteln der Wanddicke durchdringen.

tonfertigteile als Dichtkonstruktion bedürfen hingegen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.

- Teil 3 der BUmwS regelt die Instandsetzungsmaßnahmen zur Wiederherstellung einer ausreichenden Dichtheit und Beständigkeit gegenüber wassergefährdenden Stoffen. Seine Anwendbarkeit ergibt sich aus den Regelungen der TRwS 786. Er ist nicht Gegenstand der vorliegenden Ausarbeitung.
- Ein normativer Anhang A „Prüfverfahren“ und ein informativer Anhang B „Erläuterungen“ runden die BUmwS ab.
- Die BUmwS regelt nicht den Nachweis der Dichtheit im Bereich von Bewegungsfugen und Übergängen zu anderen Dichtkonstruktionen. Diesbezüglich sind die Regelungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des jeweiligen Abdichtungssystems maßgebend.



Abbildung 1 – Schadhafte Fuge am Straßenablauf

IV. Allgemeines über FD-/FDE-Beton

- Beim Nachweis der Dichtheit handelt es sich im Prinzip um Berechnungen.
- Die BUmwS beschreibt in Teil 1 verschiedene Dichtheitsnachweise:
 - den vereinfachten Nachweis,
 - den Nachweis im ungerissenen Beton (Zustand I),
 - den Nachweis im gerissenen Beton (Zustand II) sowie
 - den Rissbreitennachweis.
- Die BUmwS unterscheidet zwischen FD-Beton (flüssigkeitsdichter Beton) und FDE-Beton (flüssigkeitsdichter Beton nach Eindringprüfung)³.
- Teil 2 Abschnitt 3.1.1 BUmwS regelt die Anforderungen an den **FD-Beton**.
Wichtige Eckwerte sind:
 - $(w/z)_{eq} \leq 0,50$,
 - Festigkeitsklasse $\geq C30/37$,
 - nur bestimmte Zemente,
 - Größtkorn $16 \text{ mm} \leq D_{max} \leq 32 \text{ mm}$ und
 - Zementleimgehalt $\leq 290 \text{ l/m}^3$.
- Teil 2 Abschnitt 3.1.2 BUmwS regelt die Anforderungen an **FDE-Beton**.
Wichtige Eckwerte sind:
 - $(w/z)_{eq} \leq 0,50$ und
 - Größtkorn $D_{max} \leq 32 \text{ mm}$.

Bei FDE-Beton ist zu beachten:

- FDE-Beton weicht in seiner Zusammensetzung von FD-Beton ab. Es sind stets Eindringprüfungen im Rahmen der Erstprüfung durchzuführen.
- Für FDE-Beton kann – muss aber nicht – ein größerer Eindringwiderstand als FD-Beton nachgewiesen werden, was Eindringprüfungen an Probe-

³ Anmerkung: Dem Sprachgebrauch der AwSV und der TRwS 786 zufolge wäre der Begriff „flüssigkeitsundurchlässiger Beton“ korrekter, aber der Begriff „flüssigkeitsdichter Beton“ hat sich nun mal festgesetzt.

körpern erfordert. Größere Eindringtiefen als bei FD-Beton sind unzulässig (vgl. Teil 2 Abschnitt 4.4.2 Absatz 6 BUMwS).

- Der Einsatz von Fasern (z. B. Stahlfasern) erfordert stets einen FDE-Beton. Die Dichtheitsanforderungen müssen mit Fasern erfüllt werden. Die chemische Beständigkeit der Fasern muss ggf. durch Prüfungen nachgewiesen werden.
- Die Planung und die Ausführung der Dichtflächen erfordert besondere Sachkunde. Die Planung erfordert eine betontechnische Optimierung und die Einbeziehung von Bauausführungserfahrung.

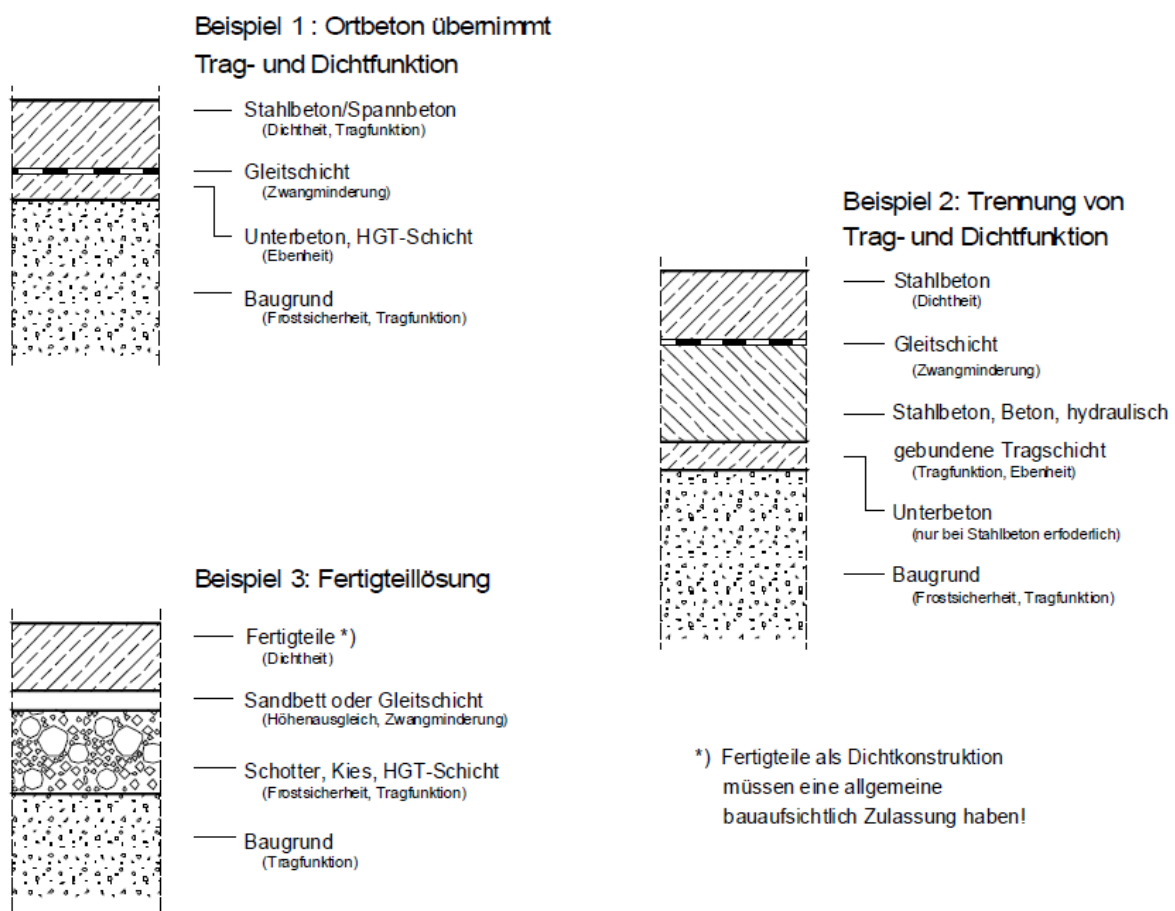


Abbildung 2 – Beispiele für den Aufbau von Bodenplatten mit Dichtfunktion

V. Planung von Dichtflächen nach BUMwS (Teil 1 Abschnitt 8 BUMwS)

- Die Planungsunterlagen sind durch einen Tragwerksplaner zu verfassen.
- Die Planung ist mit einem Sachverständigen abzustimmen. Gemeint ist ein Sachverständiger gemäß § 2 Absatz 33 AwSV mit Sachkunde in Hinblick auf konstruktive und betontechnische Belange.
- Die Dichtheit und die Standsicherheit der baulichen Anlage und ihrer Bauteile sind nachzuweisen.
- Im Rahmen der Planung ist eine **Prüfliste** zu erstellen. Eine Liste zu überprüfender Aspekte für
 - Prüfungen während der Bauausführung,
 - Erstprüfung nach Fertigstellung sowie
 - wiederkehrende Prüfungen.

Prüfungsumfang und Prüfintervalle sind im Einzelnen unter Berücksichtigung der Bestimmungen der TRwS 779, der TRwS 786 bzw. der TRwS 781 bis 784 sowie der jeweiligen Verwendbarkeitsnachweise anzugeben.

- Der Anlagenbetreiber hat ein **Konzept für den Beaufschlagungsfall** zu erstellen und den verantwortlichen Personen, insbesondere auch dem Tragwerksplaner, zu Beginn der Planung zur Verfügung zu stellen. Hinweise zur Erstellung des Konzeptes enthält der informative Anhang B der BUMwS.
- In der Praxis zeigen sich bei der Planung häufig Mängel, insbesondere:
 - Der Tragwerksplaner hat keine oder nur unzureichende Kenntnisse über die BUMwS.
 - Der Sachverständige wird zu spät – nicht selten erst vor Inbetriebnahme – hinzugezogen.
 - Der Sachverständige hat unzureichende Kenntnisse über konstruktive und betontechnische Belange.
 - Die Prüfliste ist unzureichend oder wird nicht erstellt.
 - Das Konzept für den Beaufschlagungsfall wird nicht erstellt.

- Die Nachweise sind nicht in prüfbarer Form aufgestellt.
- Die Planung und die Nachweise sind unvollständig, beispielsweise:
 - Dichtheitsnachweis nur für Bodenplatte geführt, nicht aber für die Wand/Aufkantung,
 - Pumpensumpf nicht berücksichtigt,
 - Dichtheitsnachweis im Bereich von Fugen oder Einbauteilen nicht geführt oder
 - besondere Beanspruchungen im Beaufschlagungsfall nicht berücksichtigt (z. B. thermische Beanspruchung der Dichtkonstruktion durch heißes Thermalöl oder tiefkalte, verflüssigte Gase).
- Die Dichtheitsnachweise sind fachlich nicht korrekt geführt oder schlichtweg falsch.

VI. Konstruktion und Bauausführung (Teil 1 Abschnitt 7 BUMwS)

- Aus der Vielzahl an Regelungen zu Konstruktion und Bauausführung soll im Rahmen dieser Ausarbeitung nur eine begrenzte Auswahl stichwortartig erwähnt werden:
 - Zwangerzeugende Verzahnungen mit dem Baugrund vermeiden – besonders bei Vertiefungen.
 - Einbau von Gleitschichten zwischen Bauwerk und Untergrund, um Verformungsbehinderungen zu begrenzen.
 - Mindestdicke für Ortbetonkonstruktionen $h = 200$ mm, für einzelne Betonfertigteile $h = 100$ mm.
 - Mindestgefälle von Ableitflächen/Ablaufflächen 2 %.
 - Aufkantung von Platten bis zu einer Höhe von 250 mm ohne Arbeitsfugen betonieren.
 - Keine Verwendung von glattem Betonstahl, da wassergefährdende Stoffe sich entlang der Bewehrung ausbreiten können.
 - Befestigungsmittel wie Verbunddübel, Ankerschienen bzw. Kopfbolzen benötigen eine abZ oder ETA. Bei Verbunddübeln auf die Eignung des Bindemittels gegenüber dem beaufschlagenden Medium achten. Bohrlochtiefe kleiner als die um 50 mm verringerte Bauteildicke.
 - Arbeitsfugen und Bewegungsfugen im Beaufschlagungsbereich vermeiden, unvermeidbare Fugen bevorzugt im Bereich der Hochpunkte anordnen (vgl. Bilder 1-7 und 1-9 BUMwS).
 - Durchdringungen – insbesondere Durchführungen von Rohrleitungen und Stützen – außerhalb beaufschlagter Bereiche anordnen. Falls nicht möglich: Maßnahmen zur Einhaltung der Dichtheitsanforderungen erforderlich (z. B. dicht angeschweißte Ringbleche). Lösungen, die von Bild 1-10 und 1-11 BUMwS abweichen, bedürfen einer abZ.
 - Öffnungen für Schalungsanker mit Dichtscheiben oder Dichtelementen flüssigkeitsundurchlässig schließen. Lösungen, die von Bild 1-12 und 1-13 BUMwS abweichen, bedürfen einer abZ.
 - Keine Abstandhalter aus Kunststoff verwenden (wegen Umläufigkeit). Verwendung von Abstandhaltern aus Faserzement.
 - Ausreichende und geeignete Nachbehandlung des Betons, bis dieser 70 % seiner charakteristischen Festigkeit erreicht hat. Nachbehandlungs-

dauer mind. 7 Tage (damit länger als nach DIN 1045-3). Die Nachbehandlung muss der Wasserrückhaltung einer dicht anliegenden 0,3 mm starken Folie entsprechen.

- Überwachung gemäß Überwachungsklasse 2 nach DIN 1045-3.
 - Erstellung einer Prüfanleitung nach Abschnitt 7.5 Absatz 2 als Teil der Gesamtdokumentation.
- Bei der Planung ist auf die Betonierbarkeit der Dichtkonstruktion zu achten!



Abbildung 3 – Rissbreitenmessung mit Risslineal

- In der Praxis können bei der Bauausführung unter anderem auch folgende Mängel auftreten (die Liste ließe sich beliebig fortsetzen):
 - Die bauliche Anlage weist Konstruktionsmängel auf.
 - Der ausführende Betrieb ist kein AwSV-Fachbetrieb oder hat unzureichende Sachkunde hinsichtlich konstruktiver oder betontechnischer Belange.
 - Die Arbeiten werden auf zu viele Subunternehmen verteilt, was störanfällige Schnittstellen schafft (z. B. zwischen Schalungs-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten).
 - Undichte, verunreinigte oder instabile Schalung.
 - Lokale Unterschreitung der planmäßigen Plattendicke aufgrund vorhandener Versorgungs- oder Entwässerungsleitungen.
 - Bauteile werden zu schlank konzipiert, die Bewehrung zu dicht verlegt, es besteht kaum Platz für Betoneinfüllöffnungen und Rüttelgassen. Das sachgemäße Einbringen und Verdichten des Betons wird dadurch deutlich erschwert. Gefahr von Brückenbildung und Entmischung.
 - Fehlerhafte Bewehrungsstöße, unzureichende Betondeckung.
 - Die Hydratationswärmeentwicklung des Betons wurde nicht ausreichend berücksichtigt.
 - Fehler beim Einbringen und Verdichten des Betons (z. B. zu große Schütthöhen, zu kurze oder zu lange Rüttelzeiten, zu schnelles Ziehen der Rüttelflasche). Folgen: Kiesnester, Versandungen, tiefe Lunker.
 - Fehlerhafte Nachbehandlung des Betons. Insbesondere bei hohen und tiefen Außentemperaturen sowie im Besonderen bei Wind muss das übermäßige Verdunsten von Wasser in der Betonrandzone verhindert werden. Folge: Festigkeitsverluste, Risse.
 - Die Dokumentation ist unzureichend geführt.

VII. Mindestbewehrung (Teil 1 Abschnitt 6 BUmwS)

- Stahlbeton ist ein Verbund aus Beton und Stahl. Der Beton übernimmt die Druckspannungen, der Stahl die Zugspannungen. Beton verformt sich unter Last. Die dabei auftretenden minimalen Risse sind erforderlich, damit die Zugkräfte auf die Bewehrung übertragen werden können. Insofern sind Risse in Stahlbeton zunächst nicht ungewöhnlich. Daneben gibt es allerdings eine breite Palette an Rissarten unterschiedlichster Rissursachen, die zweifellos als Mangel bezeichnet werden müssen.
- Die Kunst bei der Konstruktion besteht darin, die Rissbreiten derart zu begrenzen, dass die Gebrauchstauglichkeit, das Erscheinungsbild und die Dauerhaftigkeit des Betonbauteils nicht beeinträchtigt werden. Dem entsprechend ist nach Eurocode 2 (DIN EN 1992-1-1) Abschnitt 7.3.2 in der Zugzone eine Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreiten vorzusehen.
- Die BUmwS enthält – unter Bezug auf Eurocode 2 – ebenfalls Regelungen zur Mindestbewehrung. Die Vorgabe einer Mindestbewehrung dient dazu, die Anlage im Falle der unplanmäßigen Rissbildung vor zu großen Rissen zu schützen und eine Instandsetzung mit den üblichen zugelassenen Oberflächenschutzsystemen zu ermöglichen (gemeint sind die so genannten Gewässerschutzbeschichtungen).
- Der Tragwerksplaner hat die Regelungen der BUmwS und des Eurocodes 2 (im Falle von Stahlfaserbeton stattdessen die der DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“) zu beachten.
- In der Praxis wird mitunter bei der Planung übersehen, dass die Mindestbewehrung ggf. einen höheren Bewehrungsgehalt erfordert als der Dichtheitsnachweis (der Fehler wird gerne beim vereinfachten Dichtheitsnachweis gemacht).

VIII. Grundlagen der Dichtheitsnachweise

1. Die Sicherheitsbeiwerte (Teil 1 Abschnitt 3 BUmWS)

- Nach Tabelle 1-1 BUmWS gelten folgende Sicherheitsbeiwerte:

Tabelle 1-1 – Sicherheitsbeiwerte

Gegenstand	normales Überwachungsintervall		halbes Überwachungsintervall	
	γ_e		γ_e	
Eindringtiefe	γ_e	1,50	γ_e	1,25
Betontragverhalten	γ_c	1,25	γ_c	1,05
für Rissbreiten von 0,2 mm	γ_r	1,50	γ_r	1,25
für Rissbreiten < 0,2 mm	γ_r	2,00	γ_r	1,70

- Hier soll uns nur die **Eindringtiefe** interessieren. Merke: Im Normalfall erfolgt der Dichtheitsnachweis mit dem Sicherheitsbeiwert $\gamma_e = 1,5$.
- Das halbe Überwachungsintervall kann in Sonderfällen zur Anwendung kommen und ist eher die Ausnahme.

2. Die Eindringtiefen (Teil 2 Abschnitt 4.2 und Teil 1 Abschnitt 4.1 BUmWS)

- Die BUmWS unterscheidet folgende Eindringtiefen von wassergefährdenden Flüssigkeiten in den FD- oder FDE-Beton:
 - die mittlere Eindringtiefe e_{tm} ,
 - die charakteristische Eindringtiefe e_{tk} und
 - die charakteristische Eindringtiefe in einen Trennriss ew_{tk} .

Letztere wird hier nicht näher betrachtet, da dies einen seltenen Sonderfall darstellt.

Das **t** steht für die Beaufschlagungsdauer (vgl. Tabelle 1-2 und 1-3 BUmWS).

- Bei Stoffen, die Beton chemisch angreifen, wird mit der Schädigungstiefe s_{ct} gerechnet statt mit der Eindringtiefe. Die Schädigungstiefe ist geringer, weil betonangreifende Stoffe durch die chemische Reaktion weniger tief eindringen. Das komplexe Thema wird hier allerdings nicht näher betrachtet.

- Es ist:
$$e_{tk} = e_{tm} \cdot 1,35 \quad (2-3)$$

- Im Allgemeinen liegt der Bemessung die charakteristische Eindringtiefe über eine Beaufschlagungsdauer von 72 Stunden zugrunde, also die e_{72k} .

- Die Umrechnung einer Eindringtiefe auf andere Beaufschlagungsdauern erfolgt mittels:

$$e_{t2} = e_{t1} \cdot \sqrt{(t_2/t_1)} \quad (2-2)$$

- Man unterscheidet folgende Beaufschlagungsszenarien:
 - **einmalige Beaufschlagung** (beim Lagern, Herstellen, Behandeln und Verwenden) und
 - **intermittierende Beaufschlagung** (beim Abfüllen und Umschlagen).

Bei intermittierender Beaufschlagung darf eine äquivalente, einmalige Beaufschlagungsdauer festgelegt werden.

- Für die einmalige Beaufschlagung gilt Tabelle 1-2 BUMwS:

**Tabelle 1-2 – Einmalige Beaufschlagung
(Lagern, Herstellen, Behandeln, Verwenden)**

Beanspruchungsstufe nach DWA-A 786	max. Beaufschlagungsdauer
gering	8 h
mittel	72 h
hoch	2200 h

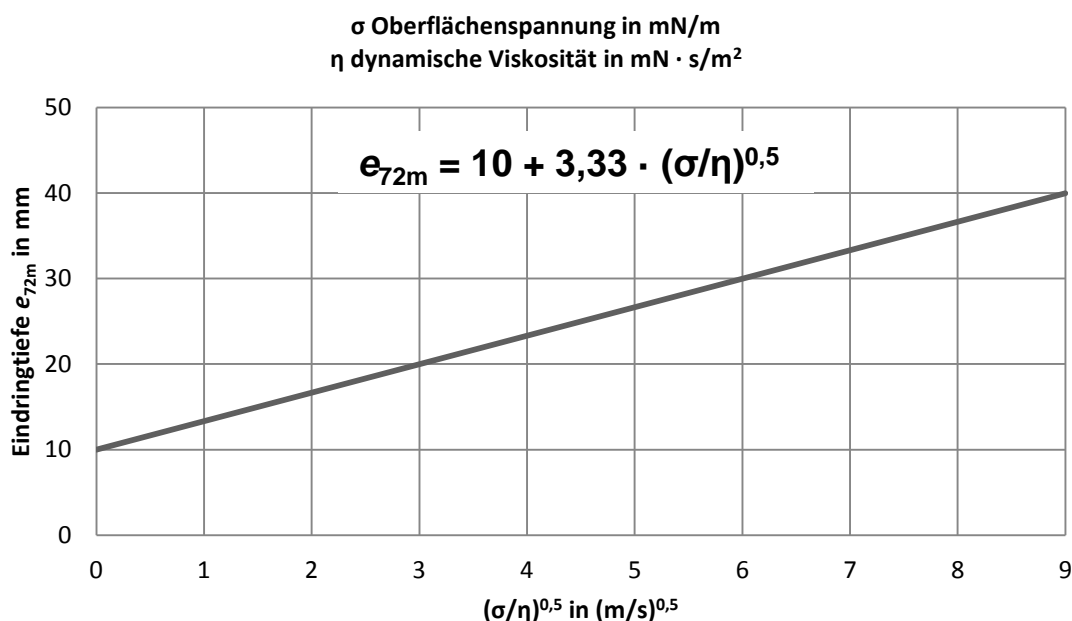
- Für die intermittierende Beaufschlagung gilt Tabelle 1-3 BUMwS (hier vereinfacht dargestellt):

**Tabelle 1-3 (Auszug) –
Intermittierende Beaufschlagung (Abfüllen und Umladen)**

Häufigkeitsstufen nach DWA-A 786	Beaufschlagungszyklus	äquivalente Beaufschlagung (gleiche Eindringtiefe)
gering	—	einmalig 8 h
mittel	28 Tage je 5 h	einmalig 144 h
hoch	40 Tage je 5 h	einmalig 200 h

- Für FD-Beton darf die mittlere Eindringtiefe e_{72m} wie folgt bestimmt werden:
 - Ohne Prüfung näherungsweise nach Bild 2-1 BUMwS,
 - mit $e_{72m} = 40$ mm, wenn die physikalischen Eigenschaften des Stoffs unbekannt sind oder
 - durch gesonderte Prüfung der Eindringtiefen für einzelne Stoffe am Referenzbeton.

Bild 2-1 BUMwS
Ermittlung der Eindringtiefe e_{72m} in FD-Beton



- **ACHTUNG:** Wer mit $e_{72m} = 40$ mm rechnet, erhält bei befahrbaren Dichtflächen aus FD-Beton Probleme, denn der Dichtheitsnachweis ist im Fugenbereich dann nicht mehr erfolgreich zu führen, da sich unzulässig hohe Fugenabmessungen ergeben (die maximal zulässige Breite und Dicke der herkömmlichen Fugendichtstoffe betragen in der Regel 20 mm). In solchen Fällen muss entweder die Fugendichtkonstruktion geändert oder ein FDE-Beton mit erhöhtem Eindringwiderstand vorgesehen werden.
- **ACHTUNG:** Bei beheizten, geschlossenen Innenräumen liegen die Eindringtiefen wassergefährdender Stoffe höher. Daher muss dort den Dichtheitsnachweisen ein höheres e_{72m} zugrunde gelegt werden. Sofern keine besonderen Nachweise geführt werden sollen, ist die mittlere Eindringtiefe e_{tm} um 50 % zu erhöhen (vgl. Teil 2 Abschnitt 4.2.2 Absatz 9 BUMwS).

- TIPP: Da Eindringprüfungen aufwändig sind, ist es oft zweckmäßiger, die Oberflächenspannung und die dynamische Viskosität der wassergefährdenden Stoffe von einem Prüfinstitut bestimmen zu lassen und die Eindringtiefe für den Stoff mit dem größten Wurzelwert $\sqrt{(\sigma/\eta)}$ aus Bild 2-1 zu entnehmen.
- FDE-Beton darf keine höheren Eindringtiefen aufweisen als FD-Beton. Dies ist in einem Parallelversuch am FDE-Beton und am FD-Referenzbeton mit den Flüssigkeiten n-Hexan und Di-Chlormethan nachzuweisen. Mit diesem Nachweis gilt ein FDE-Beton als allgemein verwendbar.

Tabelle 2-1 – Physikalische Kennwerte der wassergef. Referenzstoffe

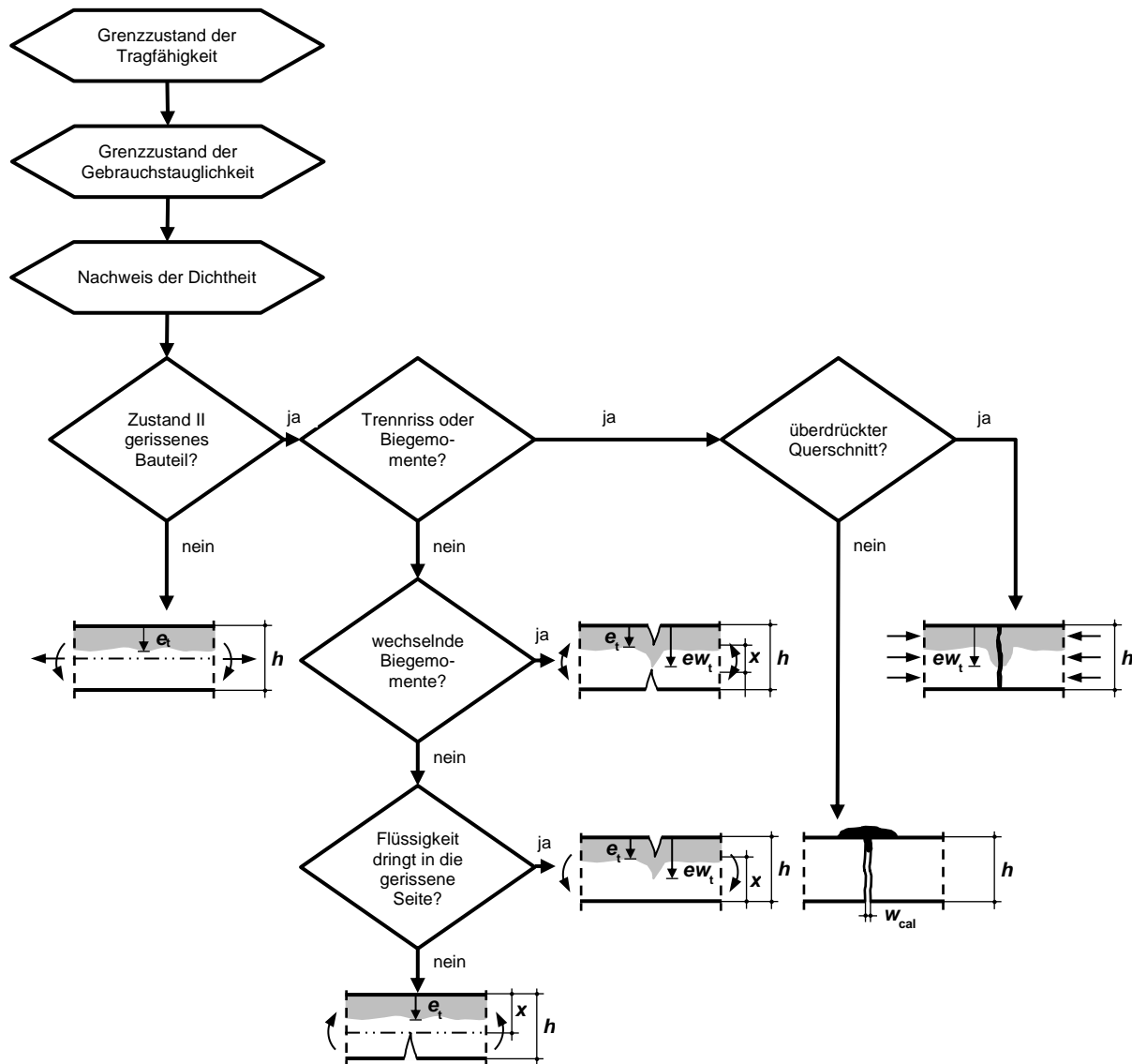
wassergefährdender Stoff	$(\sigma/\eta)^{0,5}$
n-Hexan	7,83
Di-Chlormethan	7,97

- In der Praxis zeigen sich bei den Eindringtiefen häufig Mängel, insbesondere:
 - Aus der Planung ergibt sich nicht, woher die Eindringtiefe e_{tm} stammt bzw. wie diese denn ermittelt wurde.
 - Die vom Planer zugrunde gelegte Eindringtiefe wird vom Sachverständigen oder den Wasserbehörden nicht auf Plausibilität geprüft.
 - Die Dichtheitsnachweise wurden nicht für den dafür maßgeblichen Stoff (also den mit der höchsten Eindringtiefe) geführt.
 - Der rechnerische Dichtheitsnachweis erfolgt mit e_{tm} statt e_{tk} .
 - Den Dichtheitsnachweisen wurde $e_{72m} = 40$ mm zugrunde gelegt, die Fugen sollen aber mit einem Fugendichtstoff abgedichtet werden, der die resultierenden hohen Fugenabmessungen nicht absichern kann.

IX. Nachweise der Dichtheit nach BUmwS

1. Allgemeines (Teil 1 Abschnitt 5.1.1 BUmwS)

- Der Nachweis der Dichtheit darf erfolgen:
 - vereinfacht nach Abschnitt 5.1.2 oder
 - genauer nach Abschnitten 5.1.3 bis 5.1.5.
- Bei Nutzungsänderungen sind neue Nachweise erforderlich.
- Die Dichtheitsnachweise gelten nicht für Arbeitsfugen. Arbeitsfugen sind nach Teil 1 Abschnitt 7.3.3 BUmwS auszuführen.
- Im Bereich von Bewegungsfugen und Übergängen zu anderen Dichtkonstruktionen ist der Nachweis der Dichtheit gemäß Teil 1 Abschnitt 5.1.7 BUmwS zu führen (wobei dieser wiederum auf die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der Fugenabdichtungssysteme verweist).
- Einen sehr guten Überblick über die rechnerischen Dichtheitsnachweise gibt das folgende Ablaufdiagramm von Brauer und Wiens.



$e_{tk} = e_{tm} \cdot 1,35$ $e_{tm} = f(\sigma/\eta)$	$ew_{tk} = (h - x + e_{tm}) \cdot 1,35$ $e_{tm} = f(\sigma/\eta)$	w_{crit} Eindringversuche nach BUMWS	$ew_{tk} = ew_{tm} \cdot 1,35$ $ew_{tm} = f(\sigma/\eta)$
$h \geq \gamma_e \cdot e_{tk} = 1,50 \cdot e_{tk}$ <p>(1-4)</p>	$x \geq \gamma_e \cdot e_{tk} = 1,50 \cdot e_{tk}$ $\geq 2D_{max}$ $\geq 30 \text{ mm}$ <p>(1-8)</p>	$x \geq \gamma_e \cdot ew_{tk} = 1,50 \cdot ew_{tk}$ $\geq 2D_{max}$ $\geq 30 \text{ mm}$ <p>(analog zu 1-8)</p>	$w_{cal} \leq w_{crit} / \gamma_r$ oder alternativ $h \geq \gamma_e \cdot e_{tk}$ <p>(1-10, 1-11)</p>
$xw \geq \gamma_e \cdot ew_{tk}$ $= 1,50 \cdot ew_{tk}$ $\geq 2D_{max}$ $\geq 50 \text{ mm}$ <p>(1-9)</p>			
σ Oberflächenspannung der Flüssigkeit η dynamische Viskosität der Flüssigkeit γ_e, γ_r Sicherheitsbeiwerte h Bauteildicke x Druckzonendicke xw Dicke der vorgerissenen Druckzone D_{max} Größtkorn		e_{tm} mittlere Eindringtiefe e_{tk} charakteristische Eindringtiefe ew_{tm} mittlere Eindringtiefe in Risse ew_{tk} charakteristische Eindringtiefe in Risse w_{cal} Rechenwert der Rissbreite w_{crit} kritische Rissbreite	

Abbildung 4 – Ablaufdiagramm für die Nachweise der Dichtheit nach BUMWS

2. Vereinfachter Nachweis (Teil 1 Abschnitt 5.1.2 BUMwS)

- Der vereinfachte Nachweis ist nur unter ganz bestimmten Randbedingungen zulässig (Einzelheiten siehe BUMwS). Die statische Berechnung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit ist stets erforderlich.
- Der vereinfachte Nachweis erfolgt nach Tabelle 1-6 BUMwS. Es ist der einzige Dichtheitsnachweis, der mit e_{tm} geführt wird.

(Hinweis: Die der Tabelle zugrunde liegenden Randbedingungen werden im informativen Anhang B der BUMwS erläutert; den Zeilen 1 bis 6 liegt Gleichung E1-1 zugrunde.)

**Tabelle 1-6 (Auszug) – Bewehrungsgehalt je Lage und Richtung
in cm^2/m für $d_1 = 35 \text{ mm}$**

(Hinweis: Werte für $d_1 = 50 \text{ mm}$ hier nicht dargestellt)

S	1	2	3	4	5	...	10
		Bauteildicke					
Z	Eindringtiefe e_{tm}^c	$h = 200 \text{ mm}$	$h = 250 \text{ mm}$	$h = 300 \text{ mm}$	$h = 350 \text{ mm}$...	$h = 600 \text{ mm}$
1	60 mm	— ^b	— ^b	— ^b	— ^b	...	23,9
2	50 mm	— ^b	— ^b	— ^b	29,2	...	18,3
3	40 mm	— ^b	— ^b	22,6	19,2	...	14,0
4	30 mm	— ^b	16,4	13,8	12,5	...	10,9
5	20 mm	10,6	9,1	8,5	8,2	...	8,8
6	10 mm	5,4	5,5	5,6	5,9	...	7,6
7	Mindestbewehrung nach Abschnitt 6 für Beton C30/37 ^a	7,7	9,6	11,5	13,4	...	22,9
^a Bei Einsatz von Stahlfaserbeton gelten die Angaben in der DAfStb-Richtlinie "Stahlfaserbeton" ^b nicht ausführbar ^c Eindringtiefe gemäß Teil 2 dieser Richtlinie, Gleichung (2-4)							

- Der erforderliche Bewehrungsgehalt der Betonplatte ergibt sich zum einen aus der mittleren Eindringtiefe des wassergefährdenden Stoffs (Zeilen 1 bis 6) und zum anderen aus der Mindestbewehrung (Zeile 7); dabei ist der größere Bewehrungsgehalt maßgebend.
- Die Betondeckung kann beim vereinfachten Nachweis einen verhältnismäßig großen Einfluss auf den Bewehrungsgehalt haben. Die Tabelle 1-6 enthält daher auch Bewehrungsgehalte für das Maß $d_1 = 50 \text{ mm}$ (in dieser Ausarbeitung

nicht dargestellt). Bei anderen Werten für d_1 kann der Bewehrungsgehalt nach Gleichung E1-1 der BUmWS berechnet werden. Bei dem Maß d_1 handelt es sich um den Abstand der Schwerachse der Biegezugbewegung zum naheliegenden Betonrand.

- Beim vereinfachten Dichtheitsnachweis ist aufgrund von Anforderungen der TRwS 786 (Tabelle „Bauausführungen“) eine halbjährliche Betreiberüberwachung auf Risse innerhalb von 2,5 Jahren nach Errichtung erforderlich. Bei den rechnerischen Dichtheitsnachweisen entfällt diese zusätzliche Betreiberüberwachung.
- Fachleute raten vom vereinfachten Nachweis ab, da sich aufgrund eingerechneter Sicherheiten ein sehr hoher Bewehrungsgehalt ergibt, der die Ausführung Erstens erschwert (überspitzt formuliert „Wie bekomme ich den Beton zwischen den Stahl?“) und Zweitens die Dichtfläche nicht unwesentlich verteuert.
- In der Praxis zeigen sich beim vereinfachten Dichtheitsnachweis häufig folgende Mängel:
 - Die Randbedingungen des vereinfachten Nachweises wurden nicht geprüft/beachtet (z. B. hinsichtlich der mittleren Auflast).
 - Es wurde eine falsche Eindringtiefe angesetzt.
 - Es wurde nur der Bewehrungsgehalt in einer Zeile betrachtet und der mitunter höhere Bewehrungsgehalt anderer Zeilen (Mindestbewehrung) übersehen.
 - Der Einfluss der Betondeckung wurde nicht berücksichtigt.

3. Nachweis in ungerissenen Bereichen (Teil 1 Abschnitt 5.1.3 BUmwS)

- Nachzuweisen ist: $h \geq \gamma_e \cdot e_{tk}$ (1-4)

Dabei ist: h Bauteildicke
 γ_e Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 1-1
 e_{tk} charakteristische Eindringtiefe

- Der Nachweis ist nur in Bereichen zulässig, in denen die Gleichungen 1-5, 1-6 bzw. 1-7 der BUmwS erfüllt sind (in dieser Ausarbeitung nicht dargestellt).
- In der Praxis zeigen sich beim Dichtheitsnachweis in ungerissenen Bereichen häufig folgende Mängel:
 - Es wurde nicht nachgewiesen, dass die Gleichungen 1-5, 1-6 bzw. 1-7 erfüllt sind, sodass offen ist, ob der Beton ungerissen bleibt und der Dichtheitsnachweis überhaupt gerechnet werden durfte.
 - Es wurde eine falsche Eindringtiefe angesetzt.

4. Nachweis der Mindestdruckzonendicke (Teil 1 Abschnitt 5.1.4 BUmwS)

- Nachzuweisen ist: $x \geq \gamma_e \cdot e_{tk}$ (1-8)
 $\geq 2D_{max}$
 $\geq 30 \text{ mm}$

Dabei ist: x Druckzonendicke
 γ_e Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 1-1
 e_{tk} charakteristische Eindringtiefe
 D_{max} Nennwert des Größtkorns der Gesteinskörnung

- Im Bereich der Druckzone ist der Beton nicht gerissen. Mittels der Bewehrung kann der Tragwerksplaner die Größe der Druckzone beeinflussen.
- Der Nachweis darf nicht bei wechselnden Momenten mit jeweils risserzeugenden Beanspruchungen angewandt werden. In solchen Fällen ist Gleichung 1-9 der BUmwS anzuwenden, die im Zuge dieser Ausarbeitung jedoch nicht näher betrachtet werden soll. Es sei lediglich angemerkt, dass die Berechnung mit durchgehend überdrückten Rissen Spannbeton erfordert und meist zu eher unwirtschaftlichen Ergebnissen führt.

5. Rissbreitennachweis (Teil 1 Abschnitt 5.1.5 BUMwS)

- Der Rissbreitennachweis (Gleichungen 1-10 und 1-11) soll im Rahmen dieser Ausarbeitung nicht näher betrachtet werden.
- **ACHTUNG:** Der Nachweis ist schwierig und aufwändig. Es sind Eindringprüfungen zur Ermittlung der Kennwerte w_{crit} bzw. $e w_{tk}$ notwendig. Der Rissbreitennachweis ist nur bei hochviskosen Flüssigkeiten erfolgreich zu führen (Konsistenz ähnlich Honig). Bei niedrigviskosen Flüssigkeiten wie z. B. Dieselkraftstoff ist der Rissbreitennachweis nicht zielführend, da solche Flüssigkeiten den Trennriss durchdringen.
- In der Praxis zeigen sich beim Rissbreitennachweis folgende Mängel:
 - Die kritische Rissbreite w_{crit} der BUMwS wird mit dem Rechenwert der Rissbreite w_k der DIN 1045-1 verwechselt.
 - Es wurden keine Eindringversuche durchgeführt.



Abbildung 5 – Kantenabplatzung im Fugenbereich

X. Fugen

1. Allgemeines über Fugen

- Die Fugen sind der kritischste und der am meisten unterschätzte (Problem-)Teil einer Dichtfläche!
- Man unterscheidet verschiedene Fugenarten, z. B. Arbeitsfugen, Bewegungsfugen, Scheinfugen.
 - Arbeitsfugen sind nach Teil 1 Abschnitt 7.3.3 BUmwS abzudichten.
 - Bewegungsfugen sind nach Teil 1 Abschnitt 5.1.7 BUmwS abzudichten.
 - ACHTUNG: Scheinfugen sind Sollbruchstellen und müssen daher ebenfalls abgedichtet werden!
- Auf Arbeitsfugen und Bewegungsfugen im Beaufschlagungsbereich sollte verzichtet werden. Die BUmwS empfiehlt, unvermeidbare Fugen bevorzugt im Bereich der Hochpunkte der Dichtflächen anzuordnen.
- Fugen können wie folgt abgedichtet werden:
 - Mit Fugenblechen,
 - mit einbetonierten Fugenbändern,
 - mit aufgeklebten Fugenbändern,
 - mit Schaumstoff-Fugenprofilen sowie
 - mit Fugendichtstoffen.
- Fugenabdichtungssysteme können mit diversen Materialien in Kontakt kommen (z. B. Ortbeton, Betonfertigteile, halbstarre Dichtschichten, Gussasphaltdichtschichten, PCC-Systeme, Gussstahl, Stahl ...). Nicht jedes Kontaktmaterial ist für ein Fugenabdichtungssystem geeignet. Näheres regeln die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der Fugenabdichtungssysteme.
- Die Fugendichtkonstruktion muss Bauteilbewegungen schadlos überstehen. Die zulässigen Dehn-, Stauch- und Scherverformungen des Fugenabdichtungssystems sind zu beachten.

- In der Praxis zeigen sich bezüglich Fugen häufig folgende Mängel:
 - Sehr häufig: Der Dichtheitsnachweis wird im Fugenbereich nicht geführt.
 - Es wird nicht geprüft, ob das Fugenabdichtungssystem die auftretenden Dehn-, Stauch- und Scherverformungen sicher aufnehmen kann.
 - Das Fugenabdichtungssystem ist nicht für alle vorgesehenen Kontaktmaterialien zugelassen.
 - Die Beständigkeit des Fugendichtstoffs gegenüber den wassergefährdenden Stoffen wird nicht oder nur unzureichend geprüft.

2. Fugenbleche

- Fachleute raten meist zu Fugenblechen, auch wenn deren Einbau aufwändiger ist.
- Die Dichtfunktion wird über die Fließwegverlängerung des einbetonierten Fugenblechs erreicht.
- Fugenbleche sind in MVV TB C 2.15.19 bzw. in BRL A Teil 1 Ifd. Nr. 15.37 geregelt. Die dort genannten Regelungen der BUMwS sind zu beachten.

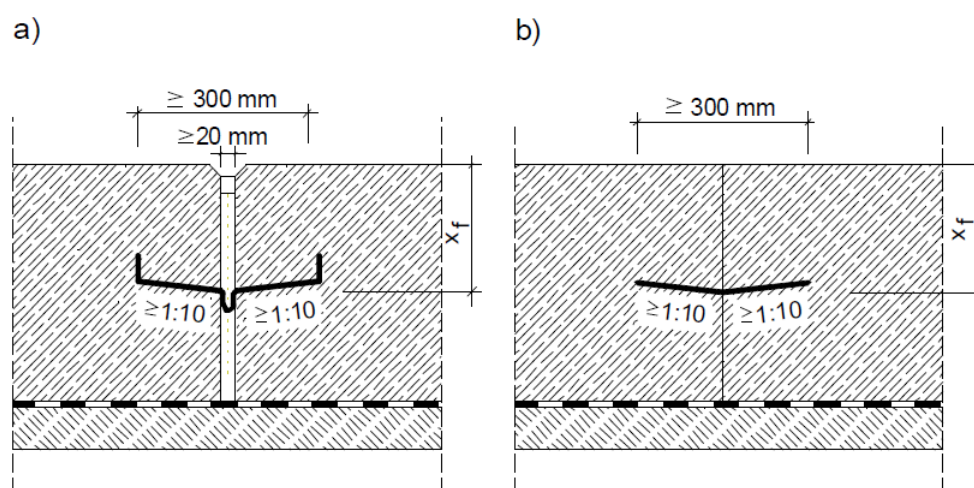


Abbildung 6 – Fugenbleche in Sohlfugen (a: Raumfuge; b: Arbeitsfuge)

- Fugenbleche nach BUMwS müssen mindestens 300 mm breit, mindestens 1,5 mm dick und unbeschichtet sein.

- Die Verwendung anderer Fugenbleche ist nur zulässig, wenn sie über einen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis zur Verwendung in LAU-Anlagen verfügen. Bislang existiert auf dem Markt nur ein Fugenblech, das über diesen Nachweis verfügt.

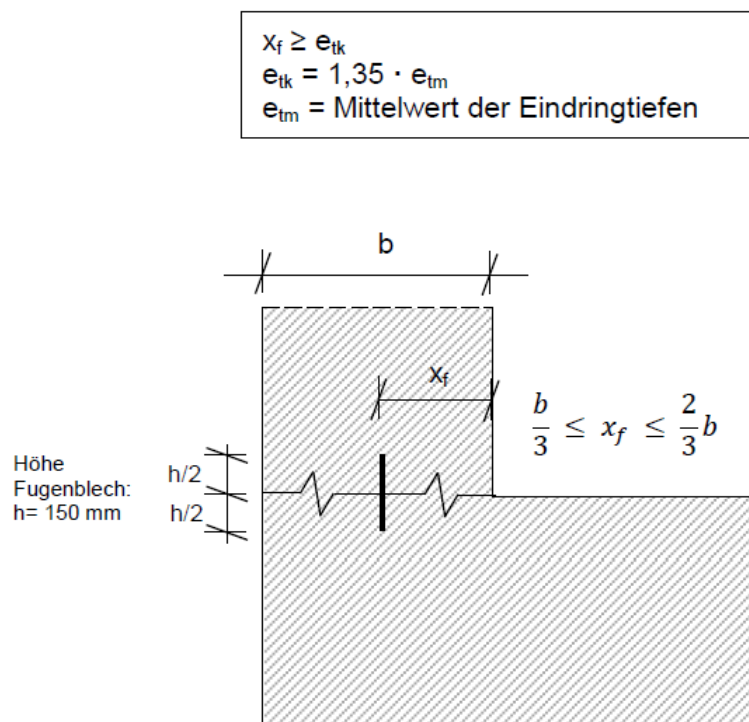


Abbildung 7 – Beschichtetes Fugenblech für LAU-Anlagen

- In der Praxis zeigen sich bei Verwendung von Fugenblechen folgende Mängel:
 - Verwendung von Fugenblechen für wasserundurchlässige Bauwerke (WU-Bauwerke). Jene entsprechen jedoch nicht den Spezifikationen der BUMwS, da schmaler, geringere Dicke und beschichtet.
 - Die Ausführung von Fugenblechen in Bodenplatten wird an den Plattenrändern nicht konsequent zu Ende geplant. Oft fehlt ein ordnungsgemäßer Abschluss.

3. Einbetonierte Fugenbänder

- Fugenbänder benötigen einen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis zur Verwendung in LAU-Anlagen.
 - **ACHTUNG:** Fugenbänder nach DIN 7865 oder DIN 18541 (geregelt in MVV TB C 2.10.2 bzw. C 2.10.3 sowie in BRL A Teil 1 lfd. Nr. 10.23 bzw. 10.24) dürfen nicht verwendet werden, da nicht geregelt für die Verwendung in LAU-Anlagen.
- Die Dichtfunktion wird vom Dichtteil und vom Dehnteil des eingebauten Fugenbandes übernommen.
- Die Einbindetiefe, die zulässigen Kontaktmaterialien und die zulässigen Dehn-, Stauch- und Scherwege des Fugenbandes ergeben sich aus der Zulassung.

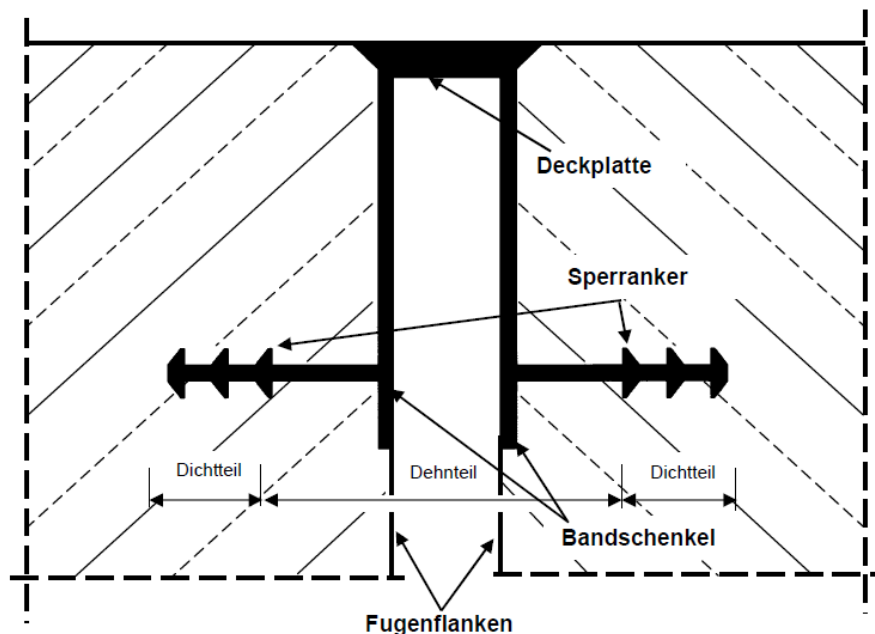


Abbildung 8 – Einbetoniertes Fugenband für LAU-Anlagen (befahrbar)

- In der Praxis zeigen sich bei Verwendung einbetonierter Fugenbänder folgende Mängel:
 - Verwendung von Fugenbändern für WU-Konstruktionen (keine Zulassung für LAU-Anlagen).
 - Unzureichende Lagesicherung, die Profile verrutschen beim Betonieren.

4. Aufgeklebte Fugenbänder

- Fugenbänder benötigen einen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis zur Verwendung in LAU-Anlagen.
- **ACHTUNG:** Aufgeklebte Fugenbänder sind nicht befahrbar!
- Der Dichtheitsnachweis (Umläufigkeitsverhalten) wird in der Zulassung geregelt:

Es gilt:

$$e_{tk} \leq d_H$$

$$e_{tk} = 1,35 \cdot e_{tm}$$

Dabei ist: e_{tm} mittlere Eindringtiefe der wassergefährdenden Flüssigkeit

e_{tk} charakteristische Eindringtiefe der wassergefährdenden Flüssigkeit

d_H geschützte Kontaktfläche an der Fugenflanke

- Die zulässige Fugengeometrie, die zulässigen Kontaktmaterialien und die zulässigen Dehn-, Stauch- und Scherwege des Fugenbandes ergeben sich aus der Zulassung.

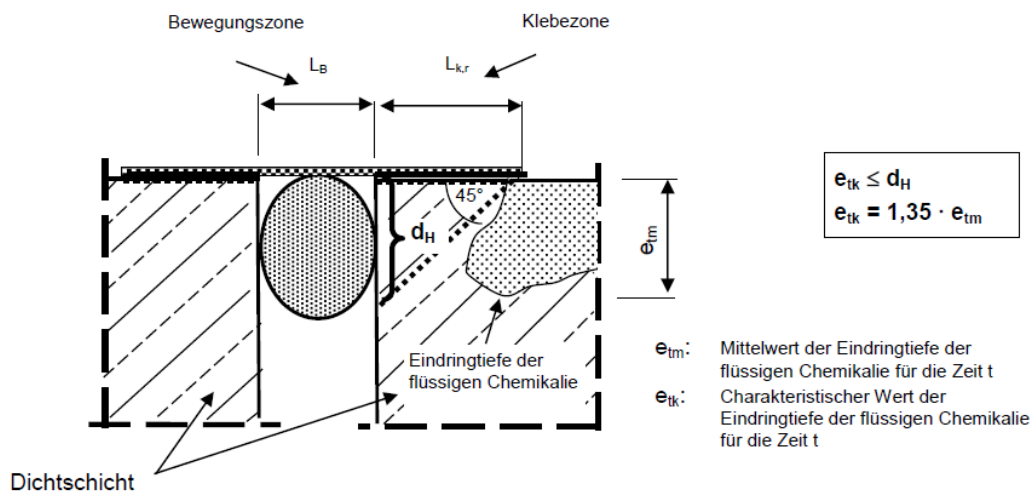


Abbildung 9 – Aufgeklebtes Fugenband für LAU-Anlagen (begehrbar)

5. Schaumstoff-Fugenprofile

- Schaumstoff-Fugenprofile benötigen einen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis zur Verwendung in LAU-Anlagen.
- Der Dichtheitsnachweis (Umläufigkeitsverhalten) wird in der Zulassung geregelt:

Es gilt:

$$e_{tk} \leq d_H$$

$$e_{tk} = 1,35 \cdot e_{tm}$$

Dabei ist: e_{tm} mittlere Eindringtiefe der wassergefährdenden Flüssigkeit

e_{tk} charakteristische Eindringtiefe der wassergefährdenden Flüssigkeit

d_H Haft- bzw. Kontaktfläche des Fugenprofils an der Fugenflanke

- Die zulässige Fugengeometrie, die zulässigen Kontaktmaterialien und die zulässigen Dehn-, Stauch- und Scherwege des Schaumstoff-Fugenprofils ergeben sich aus der Zulassung.

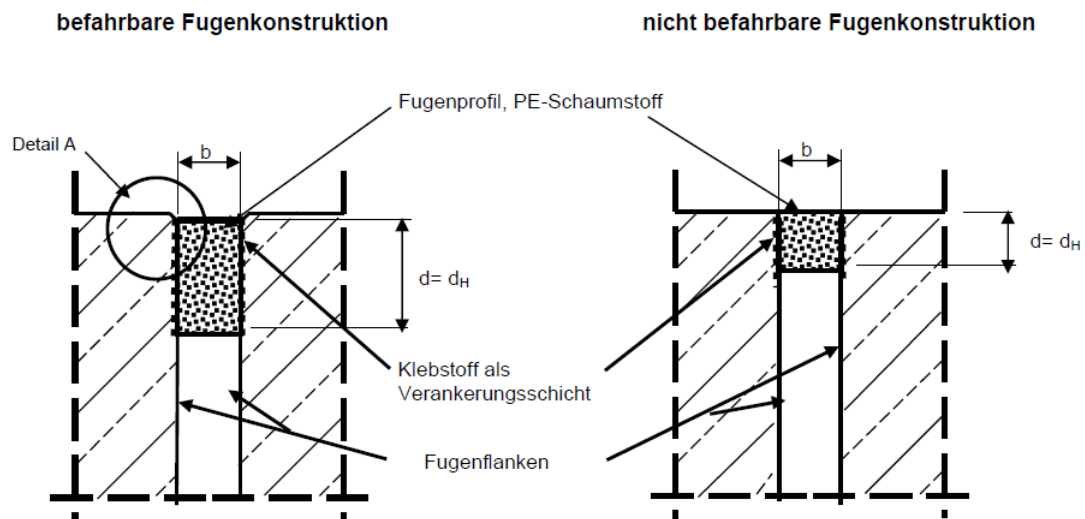


Abbildung 10 – PE-Fugenprofil für LAU-Anlagen

6. Fugendichtstoffe

- Fugendichtstoffe benötigen einen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis zur Verwendung in LAU-Anlagen.
- Der Dichtheitsnachweis (Umläufigkeitsverhalten) wird in der Zulassung geregelt:

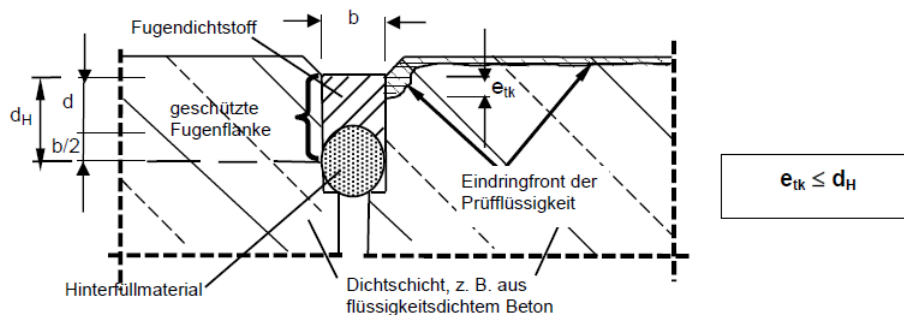
Es gilt:

$$e_{tk} \leq d_H$$

$$e_{tk} = 1,35 \cdot e_{tm}$$

- Dabei ist:
- e_{tm} mittlere Eindringtiefe der wassergefährdenden Flüssigkeit
 - e_{tk} charakteristische Eindringtiefe der wassergefährdenden Flüssigkeit
 - d_H Haft- bzw. Kontaktfläche des Fugenprofils an der Fugenflanke; $d_H = d + b/2$
 - d Dicke des Fugendichtstoffs; meist gilt: $d = (0,8 \text{ bis } 1,0) \times b$
 - b Breite des Fugendichtstoffs

- Die zulässige Fugengeometrie, die zulässigen Kontaktmaterialien und die zulässigen Dehn-, Stauch- und Scherwege des Fugendichtstoffs ergeben sich aus der jeweiligen Zulassung.



- d_H = Haft- bzw. Kontaktfläche des Fugendichtstoffs an der Fugenflanke; $d_H = d + b/2$
- b = Breite des Fugendichtstoffs
- d = Dicke des Fugendichtstoffs; $d = (0,8 \text{ bis } 1,0) \times b$
- e_{tm} = mittlere Eindringtiefe der wassergefährdenden Flüssigkeit
- e_{tk} = charakteristische Eindringtiefe der wassergefährdenden Flüssigkeit; $e_{tk} = e_{tm} \times 1,35$

Abbildung 11 – Fugendichtstoff für LAU-Anlagen

- **ACHTUNG:** Bei befahrenen Fugen mit herkömmlichen Fugendichtstoffen betragen die maximal zulässige Fugenbreite $b = 20$ mm und das maximal zulässige Maß $d_H = 30$ mm. **Bei Flüssigkeiten mit Eindringtiefen $e_{tk} > 30$ mm ist somit die Flüssigkeitsundurchlässigkeit nicht mehr gegeben!**

Markante Beispiele:

- Ottokraftstoff: e_{72m} ca. 32 mm
 - Diesellochstoff mit 5 % Biodiesel: e_{144k} ca. 40 mm
 - Bemessung eines FD-Betons mit $e_{72m} = 40$ mm
-
- **ACHTUNG: Die Eindringtiefen e_{144k} von Ottokraftstoff und Diesellochstoff sind so groß, dass im Tankstellenbau Dichtkonstruktionen aus FD-Beton nicht zu empfehlen sind.** Während man bei Diesellochstoff noch besondere Fugendichtstoffe vorsehen kann, die in größerer Dicke eingebaut werden dürfen (das 1,6-fache der Fugenbreite), muss man bei Ottokraftstoff andere Fugenabdichtungssysteme vorsehen (z. B. Schaumstoff-Fugenprofile), die allerdings schwieriger einzubauen sind. Stattdessen ist es im Tankstellenbau sinnvoller, einen FDE-Beton mit erhöhtem Eindringwiderstand vorzusehen. Die vor kurzem veröffentlichte TRwS 781 „Tankstellen für Kraftfahrzeuge“ (Ausgabe Dezember 2018) sieht für neue Dichtflächen aus Ortbeton sowieso nur noch FDE-Beton vor.
-
- In der Praxis zeigen sich bei Verwendung von Fugendichtstoffen folgende Mängel:
 - Für den Fugendichtstoff werden unzulässig hohe Breiten bzw. Dicken angesetzt.
 - Der Fugendichtstoff ist nicht für alle vorgesehenen Kontaktmaterialien zugelassen.

XI. Anhänge

1. Abkürzungen

abZ	allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
AwSV	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
BRL	Bauregelliste
BUmwS	DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ (Ausgabe März 2011)
DAfStb	Deutscher Ausschuss für Stahlbeton
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
ETA	europäische technische Bewertung
FD-Beton	flüssigkeitsdichter Beton
FDE-Beton	flüssigkeitsdichter Beton nach Eindringprüfung
LAU-Anlagen	Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe
HBV-Anlagen	Anlagen zum Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe
MVV TB	Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen
TRwS	Technische Regel wassergefährdender Stoffe
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

2. Literatur

- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) vom 18.04.2017, BGBl 2017 I Nr. 22
Als PDF erhältlich z. B. unter <https://www.gesetze-im-internet.de/>
- Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS) – Ausführung von Dichtflächen, Entwurf (Mai 2018)
Käuflich zu erwerben bei <https://www.dwa.de/>

- DAfStb-Richtlinie – Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (BUmwS), März 2011
Käuflich zu erwerben bei <https://www.beuth.de/>
- Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), Ausgabe 2017/1
Als PDF erhältlich unter <https://www.dibt.de/de/service/listen-und-verzeichnisse/>
- Bauregellisten, Ausgabe 2015/2
Als PDF erhältlich unter <https://www.dibt.de/de/service/listen-und-verzeichnisse/>
- Recherche nach vom DIBt erteilten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen unter <https://www.dibt.de/de/service/zulassungsshop/suche/>
- Recherche nach bauaufsichtlichen Zulassungen und Prüfzeugnissen unter <https://www.irb.fraunhofer.de/bzp/index.jsp>
- Fachartikel „Anforderungen an Dichtflächen als Sekundärbarrieren in Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ von Karl-Uwe Voß und Winfried Berresheim in „beton“, Ausgabe 1+2/2008, Seite 24, Verlag Bau+Technik GmbH
Hinweis: Der Fachartikel basiert auf der BUmwS vom Oktober 2004
Als PDF erhältlich unter https://mpva.de/media/files/2008_Anford_Dichtflaechen_Vo.pdf
- Fachartikel „Überarbeitung der DAfStb-Richtlinie ‚Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen‘“ von Udo Wiens, Norbert Brauer und Helge-Jürgen Dargel in „Beton- und Stahlbetonbau“, Ausgabe 11/2011, Seiten 785-790, Verlag Ernst & Sohn
Käuflich zu erwerben bei <https://www.ernst-und-sohn.de/>
- Broschüre „Auffangbauwerke, Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ von Michaela Biscopring, Matthias Beck, René Oesterheld, Matthias M. Middel, Herausgeber Informationszentrum Beton GmbH, Verlag Bau+Technik GmbH, 2016
Käuflich zu erwerben bei <https://betonshop.de/>

3. Bildnachweis

Die Rechte der in dieser Ausarbeitung dargestellten Bilder und Grafiken liegen – mit Ausnahme des Titelbildes – bei den genannten Urhebern.

- Titelbild: Pixabay
- Abbildung 1: Jürgen Nolden (TÜV Rheinland Industrie Service GmbH)
- Abbildung 2: DAfStb-Richtlinie BUmWS (Bild E1-2)
- Abbildung 3: Jürgen Nolden (TÜV Rheinland Industrie Service GmbH)
- Abbildung 4: Dr.-Ing. Norbert Brauer, Dormagen und Dr.-Ing. Udo Wiens, Berlin;
erstellt für den Vortrag von Dr. Brauer „Dichtheit von FD-Betonkonstruktionen“ anlässlich der Fachtagung „18. netinforum Gewässerschutz für Anlagenbetreiber“ des TÜV Süd am 22.–23. März 2019 in Fürth
- Abbildung 5: Jürgen Nolden (TÜV Rheinland Industrie Service GmbH)
- Abbildung 6: DAfStb-Richtlinie BUmWS (Bild 1-8)
- Abbildung 7: DIBt, allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen / allgemeine Bauartgenehmigungen für Fugenblechsysteme zur Verwendung in LAU-Anlagen, Ausführungsregelung
- Abbildung 8: DIBt, allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen / allgemeine Bauartgenehmigungen für Fugenbandsysteme zur Verwendung in LAU-Anlagen, Ausführungsregelung
- Abbildung 9: DIBt, allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen / allgemeine Bauartgenehmigungen für Fugenbandsysteme zur Verwendung in LAU-Anlagen, Ausführungsregelung
- Abbildung 10: DIBt, allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen / allgemeine Bauartgenehmigungen für Fugenprofilsysteme zur Verwendung in LAU-Anlagen, Ausführungsregelung
- Abbildung 11: DIBt, allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen / allgemeine Bauartgenehmigungen für Fugendichtstoffsysteme zur Verwendung in LAU-Anlagen, Ausführungsregelung