

Gesetzliche Rahmenbedingungen, Anforderungen, Planung, Bauausführung und Überwachung

Anforderungen an Dichtflächen als Sekundärbarrieren in Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

Karl-Uwe Voß und Winfried Berresheim, Neuwied

Die Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton regelt, welche baulichen Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit Betonbauten ohne Oberflächenbeschichtung beim Umgang mit flüssigen wassergefährdenden Stoffen dem Besorgnisgrundsatz des Wasserhaushaltsgesetzes genügen. In der Fassung vom Oktober 2004 wurden die Anforderungen der neuen Betonnormen DIN EN 206-1 und DIN 1045 eingearbeitet. In dem Beitrag werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Bau von solchen Anlagen, die Anforderungen an den Beton sowie die an Planung, Bauausführung und Überwachung von Dichtflächen beschrieben. Der Nachweis der Dichtheit von bestehenden Betonbauteilen im Bauwerk wird behandelt und am Beispiel einer Tankstelle erläutert.

1 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) [1] fordert in seinem § 19g, dass Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Herstellen, Behandeln und Verwenden von wassergefährdenden Stoffen so zu errichten sind, dass eine Beeinträchtigung von Gewässern nicht zu besorgen ist. Konkretisiert wird diese Forderung in den Anlagenverordnungen (VAwS) [22] der einzelnen Bundesländer. Stellvertretend sollen nachfolgend die in der Anlagenverordnung des Lands Rheinland-Pfalz aufgeführten Anforderungen beschrieben werden.

Dort heißt es in § 3, Abs. 1 Nr. 3: „... Die Anlagen müssen mit einem dichten und beständigen Auffangraum ausgerüstet werden, sofern sie nicht doppelwandig und mit Leckanzeigergerät versehen sind.“ Diese Forderung wird in den §§ 13, 14 und insbesondere in der Anlage 2 zu § 4 VAwS für flüssige wassergefährdende Stoffe konkretisiert. Wird dort ein

aufgrund des Gefährdungspotenzials (ergibt sich aus dem Anlagevolumen und der Wassergefährdungskategorie der in der Anlage enthaltenen wassergefährdenden Stoffe) ein Rückhaltevolumen gefordert (nicht zu verwechseln mit dem Begriff des „Auffangraums“!), so ist die Dichtfläche der Anlage flüssigkeitsdicht auszuführen.

Aus diesen Formulierungen können Planer, Unternehmer, Behörden und Sachverständige nur bedingt die geeignete Ausführung für eine bestimmte Anlage ableiten. Hilfestellung bieten hier insbesondere das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 786 [3]. Dort werden, in Abhängigkeit der Anlagenart sowie der möglichen Beaufschlagungsdauer der betreffenden Medien, Möglichkeiten geeigneter Dichtflächenausführungen aufgezeigt. Beispiele für flüssigkeitsdichte Dichtflächen sind Ausführungen in Gussasphalt, Ort beton, Beschichtungssysteme auf Beton, Stahl, Kunststoffbahnen usw.

Darüber hinaus sind Eignungs- und Verwendbarkeitsnachweise für Anlagen bzw. Anlagenteile zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe („LAU-Anlagen“) gemäß Landesbauordnung [4] zu

Die Autoren:

Dr. Karl-Uwe Voß studierte Chemie mit anschließender Promotion an der Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster. Von 1992 bis 1997 war er Sachbearbeiter und stellvertretender Prüfstellenleiter beim ZEMLABOR, Beckum. Darauf folgend betätigte er sich bis 2000 als technischer Geschäftsführer der Duisburger Bundesüberwachungsverbände sowie des Baustoffüberwachungsvereins Nordrhein-Westfalen und ab 2002 als Prüfstellenleiter beim ZEMLABOR. Seit 2002 ist Dr. Karl-Uwe Voß Geschäftsführer und Institutsleiter der Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied; seit 2005 von der IHK Koblenz als Sachverständiger für Analyse zementgebundener Baustoffe öffentlich bestellt und vereidigt.

Dipl.-Ing. (FH) Winfried Berresheim studierte an der Fachhochschule des Landes Rheinland-Pfalz, Abt. Bingen, im Fachbereich Umweltschutz. Seit 1995 ist er beschäftigt beim TÜV Rheinland e.V. bzw. dessen Nachfolgevereinen oder Tochtergesellschaften, zzt. bei der TÜV Rheinland Industrie Service GmbH. Er ist amtlich anerkannter Sachverständiger gemäß GPSG für die Prüfung überwachungsbedürftiger Anlagen, Mitarbeiter der VAwS-Sachverständigenorganisation mit den Schwerpunkten Prüfung von VAwS-Anlagen und Fachbetrieben gem. §19 I WHG.

Tafel 1: Auszug aus der Bauregelliste

Bauregelliste A Teil 1				Verwendbarkeitsnachweis bei wesentlicher Abweichung von den technischen Regeln
Lfd. Nr.	Bauprodukt	Technische Regeln	Übereinstimmungsnachweis	
15.32	Beton als Abdichtungsmittel für Auffangräume und Flächen	DIN 1045-2:2001-07 in Verbindung mit DIN EN 206-1:2001-07 Zusätzlich gilt: DAfStb-Richtlinie Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Teil 2 (2004-10) und Anlagen 1.15, 1.33 und 15.8	ÜZ	Z

führen. Diese Forderung begründet sich aus der Wasserbauprüfverordnung (WasBaupVO) [5] des Lands Rheinland-Pfalz. Ein Beispiel für solche „Bauprodukte“ sind Dichtflächen aus Ort beton. Wie die Nachweisführung zu erfolgen hat, wird in der Bauregelliste A, Teil 1 [6] des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) unter der lfd. Nr. 15.32 dargestellt (Tafel 1).

In den in Tafel 1 genannten technischen Regeln sind die Anforderungen an die Betonrezepturen und das Lieferwerk eines flüssigkeitsdichten Betons sowie für die Planung und Ausführung einer entsprechenden Baumaßnahme eindeutig beschrieben.

Die besonderen Anforderungen an die statische Bemessung von Dichtflächen aus Ort beton ergeben sich aus Teil 1 der DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ [7]. Im Kapitel 5 werden dort Nachweise zum Nachweis der Dichtheit aufgeführt. Man unterscheidet hier vier Varianten.

a) Vereinfachter Nachweis gemäß Abschnitt 5.1.2:

Folgende Randbedingungen werden dort aufgeführt:

- Bewehrungsgehalte nach Tafel 2
- FD- oder FDE-Beton der Druckfestigkeitsklasse C30/37 nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2
- Länge und Breite der Platten ≤ 50 m
- Keine Verzahnung mit dem Untergrund, Betondeckung 35 mm
- Mittlere Verkehrslast ≤ 10 KN/m²
- Gleitschicht zwei Lagen PE-Folien oder mindestens gleichwertig

Bei Einhaltung dieser Randbedingungen ist sichergestellt, dass die Druckzonendicke eingehalten wird.

b) Nachweis in ungerissenen Bereichen nach Abschnitt 5.1.3 [7]

Zur Sicherstellung der Dichtheit ist hierbei nachzuweisen, dass

$$h \geq \gamma_e \cdot e_{tk}$$

h Bauteildicke
 e_{tk} charakteristischer Wert der Eindringtiefe
 γ_e Sicherheitsbeiwert

Die weiteren Randbedingungen sind [7] zu entnehmen.

c) Nachweis der Mindestdruckzonendicke nach Abschnitt 5.1.4 [7]

Hierbei ist für die Dicke der Druckzone nachzuweisen, dass

$$\chi \geq \gamma_e \cdot e_{tk} \geq 2 D_{max} \geq 30 \text{ mm}$$

χ Druckzonendicke
 D_{max} Nennwert des Größtkorns der Gesteinskörnung

Die weiteren Randbedingungen sind [7] zu entnehmen.

Tafel 2: Bewehrungsgehalt je Lage und Richtung in cm²/m [7]

Eindringtiefe e_{tm} ³⁾ [mm]	Plattendicke h [mm]								
	200	250	300	350	400	450	500	550	600
60	– ²⁾	– ²⁾	– ²⁾	– ²⁾	35,9	31,2	27,9	25,6	23,9
50	– ²⁾	– ²⁾	– ²⁾	29,2	25,1	22,4	20,5	19,2	18,3
40	– ²⁾	– ²⁾	22,6	19,2	17,2	15,9	15,0	14,4	14,0
30	– ²⁾	16,4	13,8	12,5	11,7	11,2	11,0	10,9	10,9
20	10,6	9,1	8,5	8,2	8,2	8,2	8,4	8,6	8,8
10	5,4	5,5	5,6	5,9	6,2	6,6	6,9	7,3	7,6
Mindestbewehrung nach Abschnitt 6 ¹⁾ für Beton der Druckfestigkeitsklasse C30/37	7,7	9,6	11,5	13,4	15,3	17,2	19,1	21,0	22,9

¹⁾ Bei Einsatz von Stahlfaserbeton darf dieser Wert nach Gleichung (1-12) abgemindert werden, mit $\sigma_s = 400$ N/mm²

²⁾ Nicht ausführbar ³⁾ Eindringtiefe gemäß Teil 2 von [7]

Tafel 3: Anforderungen an FD-Beton

Eigenschaft	Anforderung nach DAfStb-Richtlinie (Teil 2, Abschnitt 3.1.1)
Beton	Normalbeton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 (Trockenrohdichte von 2 000 kg/m ³ bis 2 600 kg/m ³)
Wasserzementwert	w/z bzw. $(w/z)_{eq} \leq 0,50$ (die in flüssigen Zusatzmitteln enthaltene Wassermenge ist anzurechnen wenn die Gesamt mengen ≥ 3 l/m ³ beträgt)
Druckfestigkeitsklasse	\geq C30/37
Gesteinskörnung	nach DIN EN 12620/DIN V 20000-103 Größtkorn D_{max} zwischen 16 mm und 32 mm Sieblinie im grob- bis mittelkörnigen Bereich (A/B) nach DIN 1045-2
Zusatzstoffe (Flugasche und Silikastaub)	Anwendung und Anrechnung gemäß DIN EN 206-1/DIN 1045-2 $(w/z)_{eq} = w / (z + 0,4 f + 1,0 s) \leq 0,50$ (mit $f \leq 0,33 z$ und $s \leq 0,11 z$)
Polymerdispersionen	mit Zulassung für Anwendung in Beton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 Kunststoffzusatz (Fest- u. Flüssiganteil) ist auf w/z -Wert anzurechnen, ggf. ist die chemische Beständigkeit gegenüber dem einwirkenden wassergefährdenden Stoff nachzuweisen
Restwasser	Verwendung gemäß DIN EN 1008 zulässig (gilt nicht für LP-Beton)
Künstliche Luftporen	Herstellung als LP-Beton gemäß DIN EN 206-1/DIN 1045-2 zulässig
Zementleimgehalt	Volumen von Zement (+ Zusatzstoff) und Wasser ≤ 290 l/m ³ Beton (die auf $(w/z)_{eq}$ angerechnete Zusatzstoffmenge zählt zum Leimvolumen, die in flüssigen Zusatzmitteln enthaltene Wassermenge ist anzurechnen, wenn die Gesamt mengen ≥ 3 l/m ³ beträgt)
Frischbetoneigenschaften	Keine Neigung zum Entmischen oder Absondern von Wasser (Bluten) Beton ist i.d.R mit Konsistenz F3 einzubauen (für weichere Konsistenzen ist nachzuweisen, dass Entmischungen sicher vermieden werden)

d) Rissbreitennachweis nach Abschnitt 5.1.5 [7]

Ein Rissbreitennachweis als Dichtheitsnachweis ist zulässig, wenn die Rissbreite bei Berücksichtigung der im Fall der Medienbeaufschlagung wirksamen Beanspruchung unter Gebrauchslasten in Abhängigkeit von der Bauteildicke h begrenzt wird. Alternativ kann der Nachweis nach den beiden Gleichungen geführt werden.

$$w_{cal} \leq w_{crit} \gamma_r$$

oder

$$h \geq \gamma_e \cdot e_{wk}$$

w_{cal} größte rechnerische Rissbreite unter Gebrauchsbeanspruchung

w_{crit} kritische Rissbreite, bei der in Abhängigkeit vom Medium die Bauteildicke h in der Einwirkungszeit t durchdrungen wird

e_{wk} charakteristische Eindringtiefe nach [7] für eine einmalige Beaufschlagung über eine Zeit t in Abhängigkeit von der bei der Bemessung berücksichtigten Rissbreite w_{cal}

Beim Rissbreitennachweis als Nachweis für die Dichtheit dürfen für nur mit Betonstahl bewehrte Betone geringere Werte als $w_{cal} = 0,10$ mm nicht angesetzt werden. Beim Einsatz von Stahlfaserbetonen der Leistungsklassen L 2,0 oder höher dürfen auch Rissbreiten $w_{cal} < 0,10$ mm angesetzt werden, die sich aus der DAfStb-Richtlinie für Stahlfaserbeton ergeben.

Weitere Randbedingungen sind [7] zu entnehmen.

Bei bestehenden Dichtflächen aus Ortbeton können nachträgliche Nachweise der Dichtheit auf zwei Wegen erbracht werden. Zum einen besteht die Möglichkeit, Abschnitt 9.2.1 des Arbeitsblatts ATV-DVWK-A 786 [3] bei Anlagen mit einer geringen oder mittleren Beaufschlagungsdauer (d.h. bis max. 72 h) anzuwenden. Unter Einhaltung folgender Anforderungen gilt die Dichtheit der bestehenden Ortbetonfläche als nachgewiesen:

- Betonfestigkeitsklasse \geq B 25 (C20/25)
- Bauteildicken \geq 15 cm

Tafel 4: Zusammensetzung (Beispielrezeptur)

Ausgangsstoff	Art	Menge [kg/m ³]
Zement	CEM I 32,5 R	320
Zusatzstoff	Flugasche	60
Zusatzmittel	FM (1,2 M.-% v.z)	4
Wasser	Frischwasser	165

Tafel 5: Anforderungen an FDE-Beton

Eigenschaft	Anforderung nach DAfStb-Richtlinie (Teil 2, Abschnitt 3.1.2)
Beton	Beton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2
Wasserzementwert	w/z bzw. $(w/z)_{eq} \leq 0,50$ (die in flüssigen Zusatzmitteln enthaltene Wassermenge ist anzurechnen, wenn die Gesamtmengen ≥ 3 l/m ³ beträgt)
Druckfestigkeitsklasse	\geq C30/37
Gesteinskörnung	Größtkorn $D_{max} \leq 32$ mm
Bestandteile, die von DIN EN 206-1/DIN 1045-2 abweichen	Zementgebundene Betone mit Bestandteilen, die nicht DIN EN 206-1/DIN 1045-2 entsprechen (organische oder anorganische Zusatzstoffe, Fasern, Größtkorn < 8 mm) dürfen nur dann als mittragend angesetzt werden, wenn sie für die Verwendung in Bauwerken nach DIN 1045 zugelassen sind.
Faserzusatz	Dichtheitsanforderungen müssen mit Fasern nachgewiesen werden (bei Nachweis der Dichtheit der Konstruktion unter Berücksichtigung von Rissen, ist die mechanische und ggf. chemische Beständigkeit der Faser im Riss nachzuweisen)

Tafel 6: Aufgaben der beteiligten Personengruppen

Tragwerksplaner	Ausführende Fachbetriebe	Sachverständiger	Betreiber der Anlage
Erstellung der Planungsunterlagen zur Errichtung und Instandsetzung der Anlage in prüffähiger Form (unter Berücksichtigung des Konzeptes für den Beaufschlagungsfall (→ Betreiber der Anlage)) Nachweis der Dichtheit und Standsicherheit Aufstellung einer Prüfliste für die unterschiedlichen Phasen (während der Bauausführung, für die Erstprüfung vor der Inbetriebnahme und für die wiederkehrenden Prüfungen) mit Angaben zu Prüfungsumfang und Prüfintervallen Abstimmung der Planung mit dem zuständigen Sachverständigen und dem Betreiber der Anlage	Nachweis des Fachbetriebs gemäß § 19 I des WHG Verwendbarkeitsnachweis für Baustoffe und Bauteile Dokumentation während der Bauausführung (insbesondere hinsichtlich aller für die Dichtheit relevanten Aspekte) Überwachung während der Bauausführung gemäß Prüfliste Überwachung der Baustellen nach DIN 1045-3 (Eigen- und Fremdüberwachung)	Durchführung von regelmäßigen Überprüfungen der Anlage (während der Ausführung, vor Inbetriebnahme und wiederkehrend) gemäß Prüfliste und Dokumentation der Überwachung Überprüfung des Konzeptes für den Beaufschlagungsfall bei der Inbetriebnahmeprüfung Bei Feststellung von Abweichungen vom Sollzustand: Festlegung und Einleitung von Instandsetzungsmaßnahmen (→ Tragwerksplaner) Ggf. Anpassung der Vorgaben aus der Prüfliste (bei Reduktion des Prüfumfanges muss Tragwerksplaner Stellung nehmen)	Aufstellung eines Konzepts für den Beaufschlagungsfall unter Berücksichtigung betrieblicher und wasser-rechtlicher Anforderungen (→ Tragwerksplaner) Regelmäßige Überprüfung der Anlage (mindestens einmal jährlich) Bei Feststellung von Abweichungen vom Sollzustand: Festlegung und Einleitung von Instandsetzungsmaßnahmen (→ Tragwerksplaner) Dokumentation der Ergebnisse von Überprüfungen sowie von durchgeführten Instandsetzungen und deren Vorlage beim Sachverständigen Ggf. Anpassung der Prüfliste aufgrund von durchgeführten Untersuchungen bzw. Instandsetzungen (→ Tragwerksplaner) Aufbewahrung der Dokumentation über Bauausführung und Prüfungen sowie über durchgeführte Instandsetzungen und Überwachungen

- Geschlossenporiges Gefüge
- Geeignete Fugenabdichtungen
- Eindringtiefe der wassergefährdenden Flüssigkeit max. $\frac{2}{3}$ der ungerissenen Mindestbetondicke

Kann auf diesem Weg kein Nachweis der Dichtheit erbracht werden, bedarf es einer weitergehenden Überprüfung des Eindringverhaltens nach Abschnitt 9.2.1 des Arbeitsblatts ATV-DVWK-A 786 [3].

2 Anforderungen an den Beton

Für die Herstellung von unbeschichteten Betonbauwerken als Sekundärbarriere für Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen ist Flüssigkeitsdichter Beton gemäß Teil 2 der DAfStb-Richtlinie [7] zu verwenden. Dabei wird in Abschnitt 3 der Richtlinie grundsätzlich zwischen „Flüssigkeitsdichtem Beton (FD-Beton)“ und „Flüssigkeitsdichtem Beton nach Eindringprüfung (FDE-Beton)“ unterschieden. In den nachfolgenden Abschnitten werden die in der Richtlinie definierten Anforderungen an FD- bzw. FDE-Beton erläutert.

2.1 FD-Beton

Flüssigkeitsdichter Beton (FD-Beton) muss hinsichtlich seiner Zusammensetzung und Eigenschaften gemäß der DAfStb-Richtlinie eine Reihe von Anforderungen erfüllen, die in Tafel 3 zusammengestellt sind.

Wie Tafel 3 zu entnehmen ist, handelt es sich bei FD-Betonen grundsätzlich um Normalbetone nach DIN EN 206-1 [8]/DIN 1045-2 [9]. Daher müssen FD-Betone sowohl jene Grenzwerte der Betonzusammensetzung erfüllen, die sich aufgrund der bauteilspezifisch festzulegenden Expositionsklassen nach Anhang F der DIN 1045-2 ergeben, als auch solche, die aufgrund der Anforderungen an die Dichtheit gegenüber wassergefährdenden Stoffen nach der DAfStb-Richtlinie an den Beton gestellt werden.

Von den Kriterien der Richtlinie sind die Anforderungen an den w/z-Wert und den Zementleimgehalt von besonderer Bedeutung, da diese zur Begrenzung von Eigenspannungen in Folge von Zwang (z.B. durch Schwinden oder abfließende Hydratationswärme) beitragen. Da sich in der Praxis immer wieder Probleme bei der Berechnung dieser Werte ergeben, wird die Vorgehensweise anhand eines Beispiels unter Verwendung der in Tafel 4 genannten Rezeptur dargestellt.

Die Betonrezeptur enthält Flugasche, die mit dem Faktor $k_f = 0,4$ auf den w/z-Wert angerechnet werden kann. Die enthaltene Zusatzmittelmenge von 4 kg/m³ ist > 3 l/m³. Infolgedessen ist die im Zusatzmittel enthaltene Wassermenge (rd. 90 M.-%) bei der Ermittlung des w/z-Werts zu berücksichtigen. Der für die vorliegende Betonrezeptur maßgebende äquivalente Wasserzementwert $(w/z)_{eq}$ berechnet sich damit zu:

$$(w/z)_{eq} = \frac{(w + w_{Zusatzmittel})}{(z + 0,4f)}$$

$$= \frac{(165 + 4)}{(320 + 0,4 \cdot 60)}$$

$$= 0,49$$

Bei der Bestimmung des Zementleimgehalts der Betonrezeptur sind die Volumen der maßgebenden Ausgangsstoffe zu summieren. Folgende Betonbestandteile sind dabei zu berücksichtigen:

- die Zementmenge
- die auf den w/z-Wert angerechnete Zusatzstoffmenge (i.d.R. 0,4f)
- die Zugabewassermenge
- der Wasseranteil aus Zusatzmitteln (bei einer Gesamtmenge der Zusatzmittel > 3 l/m³)

Die für den Zementleimgehalt maßgebenden Volumenanteile berechnen sich demnach wie folgt:

$$V_{\text{Zement}} = \frac{320 \text{ kg/m}^3}{3,1 \text{ kg/dm}^3} = 103 \text{ dm}^3/\text{m}^3$$

$$V_{\text{Zusatzstoff, angerechnet}} = \frac{0,4 \cdot 60 \text{ kg/m}^3}{2,4 \text{ kg/dm}^3} = 10 \text{ dm}^3/\text{m}^3$$

$$V_{\text{Wasser}} = \frac{165 \text{ kg/m}^3}{1,0 \text{ kg/dm}^3} = 165 \text{ dm}^3/\text{m}^3$$

$$V_{\text{Wasser, Zusatzmittel}} = \frac{4 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,90}{1,0 \text{ kg/dm}^3} = 4 \text{ dm}^3/\text{m}^3$$

Mit diesen Volumenanteilen ergibt sich das maßgebende Gesamtvolumen des Zementleims für die vorliegende Rezeptur zu:

$$V_{\text{Zementleim}} = 282 \text{ dm}^3/\text{m}^3$$

Die Anforderungen an FD-Betone ((w/z)_{eq} ≤ 0,50 und Zementleimgehalt ≤ 290 l/m³) werden von der Beispielerzeptur demnach erfüllt.

2.2 FDE-Beton

Betone, die nicht in allen Punkten die Anforderungen an FD-Betone erfüllen, dürfen als so genannte FDE-Betone ebenfalls für Sekundärbarrieren im Sinne der DAfStb-Richtlinie eingesetzt werden, sofern ihre Eignung im Rahmen einer Eindringprüfung nachgewiesen wird und sie die Anforderungen aus Tafel 5 erfüllen.

Im Rahmen der Eindringprüfung ist für den jeweiligen FDE-Beton nachzuweisen, dass die Eindringtiefe e_{7,2m} wassergefährdender Stoffe nicht größer als für einen FD-Beton ist. Der Nachweis hat gemäß der DAfStb-Richtlinie über einen Parallelversuch mit dem jeweiligen FDE-Beton und einem FD-Referenzbeton zu erfolgen. Sind die ermittelten Ergebnisse besser als für den Referenzbeton, so kann ggf. auch ein größerer Eindringwiderstand gegenüber einem oder mehreren wassergefährdenden Stoffen festgelegt werden.

Der Versuchsaufbau und die Durchführung der Eindringprüfung wird im Abschnitt 4 näher erläutert.

3 Anforderungen an Planung, Bauausführung und Überwachung

Gemäß den Vorbemerkungen zur DAfStb-Richtlinie müssen Betonbauwerke, um dem Besorgnisgrundsatz des WHG genüge zu tun, „bei den zu erwartenden Einwirkungen für eine jeweils festgelegte Dauer dicht sein“. Dabei wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anwendung aller Richtlinienteile „eine entsprechende Qualifikation und Sorgfalt der Tragwerksplaner, Ausführenden und Überwacher“ voraussetzt. Die Notwendigkeit einer frühzeitigen Zusammenarbeit aller Beteiligten wird insbesondere in den Abschnitten 8.1 bis 8.5 des Teils 1 der Richtlinie deutlich. Hier werden die in den unterschiedlichen Projektabschnitten zu berücksichtigenden Punkte aufgeführt und den Beteiligten entsprechend ihrer Zuständigkeit zugeordnet. Die sich daraus für die unterschiedlichen Parteien ergebenden Aufgabenbereiche und Verantwortlichkeiten sind in Tafel 6 zusammengestellt.

3.1 Planung

Die Bedeutung der sachgerechten Planung einer baulichen Anlage für die Einhaltung der betrieblichen und wasserrechtlichen Bedingungen wird in der DAfStb-Richtlinie immer wieder betont. Hierbei spielt der zuständige Tragwerksplaner im Hinblick auf die Einhaltung der Anforderungen der Richtlinie eine entscheidende Rolle. Sein Aufgabebereich geht weit über das bloße Aufstellen der Standsicherheits- und Dichtheitsnachweise hinaus. Insbesondere durch die Zuständigkeit für die Festlegung der in den unterschiedlichen Projektphasen durchzuführenden Prüfungen (Aufstellen der Prüfliste) wird seine hohe Verantwortung für das Gesamtprojekt deutlich.

In diesem Zusammenhang wird in der Richtlinie ausdrücklich auf die Notwendigkeit einer frühzeitigen Zusammenarbeit mit dem Betreiber der Anlage und dem für die Überwachung zuständigen Sachverständigen hingewiesen. So hat der Planer das durch den Betreiber der Anlage aufzustellende Konzept für den Beaufschlagungsfall bei seiner Planung zu berücksichtigen und diese mit dem zuständigen Sachverständigen abzustimmen. Das Konzept für den Beaufschlagungsfall beschreibt sowohl die infrastrukturelle Situation als auch die zu ergreifenden Maßnahmen zur Bewältigung eines möglichen Beaufschlagungsfalls sowie die zu erwartende Zeitdauer zwischen Eintritt und Beseitigung einer Beaufschlagung mit einem wassergefährdenden Stoff.

Neben den beschriebenen Zuständigkeiten in Hinblick auf die Errichtung einer baulichen Anlage ist der Tragwerksplaner auch für die Planung von Instandsetzungsmaßnahmen bei festgestellten Abweichungen vom Sollzustand einzuschalten. Werden aufgrund der Abweichungen bzw. durchgeführten Instandsetzungen Änderungen der Prüfliste erforderlich, so hat der Tragwerksplaner diese vorzunehmen bzw. seine Stellungnahme abzugeben.

3.2 Bauausführung

3.2.1 Verwendbarkeitsnachweise für Baustoffe und Bauteile

Das ausführende Unternehmen hat dafür zu sorgen, dass für alle zur Errichtung oder Instandsetzung einer Anlage verwendeten Baustoffe und Bauteile ein Verwendbarkeitsnachweis vorliegt. Die Art des zu erbringenden Verwendbarkeitsnachweises hängt dabei grundsätzlich von den jeweiligen Bauprodukten ab. In der Regel ist durch den Hersteller eine Übereinstimmung mit

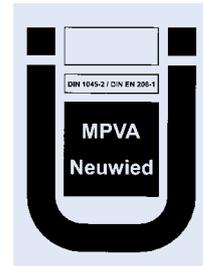


Bild 1: Beispiel eines Ü-Zeichens zur Kennzeichnung des Produkts

den jeweiligen technischen Regeln gemäß dem Teil 1 der Bauregelliste A [6] oder mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung nachzuweisen. Die Kennzeichnung des jeweiligen Produkts hat dann mit dem entsprechenden Übereinstimmungszeichen („Ü-Zeichen“) nach Bild 1 zu erfolgen.

Im Bereich der Stahlbetonarbeiten ergibt sich die Verwendbarkeit für den einzubringenden FD-Beton aus der Übereinstimmung mit den Anforderungen der DIN EN 206-1/DIN 1045-2 und dem Teil 2 der DAfStb-Richtlinie [7]. Als sichtbares „Kennzeichen“ dient dem Bauausführenden das „Ü-Zeichen“ auf dem Lieferschein des Transportbetonlieferanten. Da aus dem Ü-Zeichen alleine aber die Übereinstimmung mit der DAfStb-



Bild 2: Beispiel eines Übereinstimmungszertifikats für FD-Betone

Tafel 7: Hinweise für die Bauausführung nach DAfStb-Richtlinie [7]

<p>Bauablaufplan</p> <p>→ alle für die Ausführung wichtigen Angaben sind in einem Bauablaufplan festzuhalten (z.B. Betonzusammensetzung, Betonierabschnitte sowie Lage und Ausbildung von Arbeitsfugen, Betonierfolge sowie Maßnahmen zur Verringerung der Hydratationswärme und Nachbehandlung des Betons)</p> <p>→ der Bauablaufplan ist unter Berücksichtigung der planerischen Vorgaben aufzustellen</p>
<p>Wahl günstiger Ausführungsbedingungen</p> <p>→ in Hinblick auf den Zeitpunkt der Herstellung sind günstige Ausführungsbedingungen anzustreben, dabei sind insbesondere die Tageszeit und Witterung (z.B. geringe Sonneneinstrahlung, kein Frost, möglichst geringe Temperaturdifferenz zwischen Bauteil und Umgebung) zu berücksichtigen</p>
<p>Auswahl geeigneter Materialien für Schalung und Abstandhalter</p> <p>→ bei der Auswahl der verwendeten Materialien ist darauf zu achten, dass diese gegenüber den einwirkenden wassergefährdenden Stoffen medienbeständig und flüssigkeitsdicht sind</p>
<p>Lieferung und Übernahme des Betons</p> <p>→ der gelieferte Beton muss hinsichtlich aller maßgebenden Eigenschaften (wie Festigkeits- und Expositionsclassen, Konsistenz, Größtkorn, Festigkeitsentwicklung, etc.) den Planvorgaben entsprechen und als „FD-Beton“ nach DAfStb-Richtlinie ausgewiesen sein</p> <p>→ auf Transportbetonliefererscheine sind die Ist-Mengen der Betonzusammensetzung (Chargenprotokoll) auszuweisen</p> <p>→ Veränderungen der Betonzusammensetzung auf der Baustelle sind i.d.R. nicht zulässig (eine nachträgliche Zugabe von Fließmitteln und/oder zugelassenen Fasern kann bei vorhandener Eignungsprüfung ggf. erfolgen, dann jedoch nur in Verantwortung des Betonherstellers/-lieferanten)</p>
<p>Betoneinbau</p> <p>→ der Beton ist stetig einzubringen und vollständig zu verdichten (insbesondere bei plattenförmigen Bauteilen ist ein Nachverdichten vorzusehen, um einen optimalen Verbund mit der Bewehrung zu erzielen)</p> <p>→ die Oberflächen von Ableitflächen sind mit Rüttelbohlen abzuziehen</p>
<p>Nachbehandlung</p> <p>→ die Nachbehandlung und Schutz des Betons hat solange zu erfolgen, bis der Beton 70 % seiner charakteristischen Festigkeit erreicht hat (ohne weitere Nachweise sind die Werte aus Tabelle 2 der DIN 1045-3 zu verdoppeln)</p> <p>→ die Nachbehandlungsmaßnahmen sind jedoch mindestens sieben Tage durchzuführen</p> <p>→ die Nachbehandlungsmaßnahmen müssen hinsichtlich ihres Wasserrückhaltes mindestens einer 0,3 mm dicken Folie entsprechen (chemische Nachbehandlungsmittel sind nicht zugelassen)</p>

Richtlinie nicht eindeutig hervorgeht, ist zusätzlich der Hinweis auf „FD-Beton“ im Sorten- und Eigenschaftsverzeichnis zu beachten. Darüber hinaus empfiehlt es sich für den Abnehmer, eine Kopie des Übereinstimmungszertifikats gemäß Bild 2 für das Bauprodukt „Beton als Abdichtungsmittel für Auffangräume und -flächen“ (Ifd. Nr. 15.32) beim Betonhersteller anzufordern, da so gewährleistet ist, dass das jeweilige Lieferwerk auch tatsächlich für die Herstellung von FD-Beton zertifiziert und fremdüberwacht ist.

3.2.2 Hinweise für die Bauausführung nach DAfStb-Richtlinie [7]

In der DAfStb-Richtlinie sind ergänzend zu den Regelungen der DIN 1045-3 einige Hinweise für die Bauausführung enthalten, die dazu beitragen sollen, die hohen Anforderungen an die Dichtheit der Bauteile umzusetzen. Die wesentlichen Punkte sind in Tafel 7 aufgeführt.

3.3 Überwachung und Dokumentation während der Bauausführung

Der bauausführende Fachbetrieb hat gemäß DAfStb-Richtlinie grundsätzlich eine Dokumentation der Bauausführung anzufertigen. Dabei sind insbesondere alle in Hinblick auf die Dichtheit der Anlage relevanten Aspekte zu dokumentieren. Darüber hinaus sind die in der Prüfliste geforderten Überprüfungen durchzuführen und deren Ergebnisse aufzuzeichnen.

Für den Bereich der Stahlbetonarbeiten wird neben den zuvor genannten allgemeinen Hinweisen zudem eine Überwachung der Baustelle nach DIN 1045-3 gefordert. Da es sich bei FD-Beton grundsätzlich um Beton der Überwachungsklasse 2 handelt, hat sowohl eine Überwachung durch das ausführende Unternehmen (Eigenüberwachung)

Tafel 8: Überwachung während der Bauausführung

Wesentliche Bestandteile der Überwachung des Einbaus von Beton der Überwachungsklasse 2	
<p>Überwachung durch das ausführende Unternehmen (Eigenüberwachung) nach DIN 1045-3, Anhang B</p> <p>Ständige Betonprüfstelle</p> <p>→ firmeneigene oder externe Prüfstelle, die über die erforderlichen Geräte für die Prüfungen am Frisch- und Festbeton verfügt und von einem erfahrenen Betontechnologen geleitet wird</p> <p>→ ihre Aufgaben sind insbesondere die Beratung des ausführenden Unternehmens, Durchführung von Frisch- und Festbetonprüfungen, Auswertung der Prüfergebnisse, Schulung des Baustellenpersonals</p> <p>Baustellenmeldung</p> <p>→ rechtzeitige Anmeldung der Verarbeitung überwachungspflichtiger Betone (Überwachungsklasse 2/3) bei einer anerkannten Überwachungsstelle</p> <p>Aufzeichnungen während der Bauausführung</p> <p>→ Führen eines Betoniertagebuchs mit allen wesentlichen Angaben zu den einzelnen Betonierterminen (wie Betonmengen und -sorten, Dauer, Witterung und Temperaturen, hergestellte Bauteile, Art und Dauer der Nachbehandlung sowie Dokumentation der durchgeführten Prüfungen)</p> <p>Kennzeichnung der Baustelle</p> <p>→ Kennzeichnung der Baustelle als Betonbaustelle der Überwachungsklasse 2/3 mit Hinweis auf DIN 1045-3 und die anerkannte Überwachungsstelle</p>	<p>Überwachung durch eine anerkannte Überwachungsstelle (Fremdüberwachung) nach DIN 1045-3, Anhang C</p> <p>Baustellenmeldung</p> <p>→ Bestätigung der Übernahme der Überwachung einer angemeldeten Betonbaustelle der ÜK 2/3 (i.d.R. auf Grundlage eines Überwachungsvertrags)</p> <p>Eignung des ausführenden Unternehmens</p> <p>→ Überprüfung der personellen Sachkunde und der erforderlichen Geräteausrüstung des ausführenden Unternehmens sowie der ständigen Betonprüfstelle (vor Beginn der Bauausführung)</p> <p>Überprüfung der Baustelle</p> <p>→ Regelmäßige Überprüfung der Aufzeichnungen während der Bauausführung (i.d.R. halbjährlich) sowie der Baustelle (mindestens ein Besuch jeder Baustelle), ggf. sind auf der Baustelle weitere Überprüfungen bzw. Wiederholungsprüfungen durchzuführen</p> <p>→ zu Überprüfen sind insbesondere die Aufzeichnungen im Bau-/Betoniertagebuch, Nachweise über regelmäßige Schulungen des Personals, Ergebnisse von durchgeführten Prüfungen sowie die maßgebenden bautechnischen Unterlagen</p> <p>Überwachungsbericht</p> <p>→ Die Ergebnisse der durchgeführten Überwachungen sind durch die anerkannte Überwachungsstelle in einem Überwachungsbericht festzuhalten</p>

als auch eine Überwachung durch eine anerkannte Überwachungsstelle (Fremdüberwachung) zu erfolgen. Die wesentlichen Bestandteile der Eigen- und Fremdüberwachung sind in Tafel 8 dargestellt.

3.4 Abnahme durch einen WHG-Sachverständigen

Bauliche Anlagen im Zuständigkeitsbereich des WHG sind während der Ausführung, vor Inbetriebnahme und wiederkehrend in regelmäßigen Abständen durch einen Sachverständigen zu überprüfen. Insbesondere im Rahmen der Prüfung vor der Inbetriebnahme der Anlage hat der Sachverständige die Vollständigkeit der Dokumentation während der Bauausführung und die Ergebnisse von durchgeführten Prüfungen sowie deren Übereinstimmung mit den planerischen Vorgaben zu überprüfen. Im Hinblick auf die durchgeführten Stahlbetonarbeiten bedeutet dies, dass das ausführende Unternehmen alle maßgebenden Aufzeichnungen vorzulegen hat. Neben der vollständigen Dokumentation der Prüfergebnisse zählen hierzu insbesondere die Fremdüberwachungs- bzw. Abschlussberichte der anerkannten Überwachungsstelle.

4 Nachweis der Dichtheit bestehender Flächen

4.1 Beaufschlagungszeiten

In der DAfStB-Richtlinie sind nicht nur Anforderungen an die Betonzusammensetzung und die Ausführung der Betonierarbeiten enthalten, vielmehr kann diese auch zum Nachweis der Dichtheit bereits bestehender Flächen genutzt werden, bei denen z.B. aufgrund von Verdichtungsfehlern beim Einbau oder durch Rissbildungen in der bestehenden Fläche Zweifel an deren Dichtheit bestehen. Im Rahmen der Nachweisführung am jeweiligen Objekt werden dabei Bohrkern aus der betroffenen Fläche entnommen und mittels eines Laborversuchs mit dem vor Ort gelagerten wassergefährdenden Stoff beaufschlagt.

Die konkreten Versuchsbedingungen der Dichtheitsprüfung hängen u.a. davon ab, innerhalb welcher Zeit eine Leckage auf Basis der festgelegten Inspektionsintervalle im Objekt spätestens entdeckt werden kann. Auch die Funktion der Fläche spielt eine wesentliche Rolle. Die gemäß Teil 1 der DAfStB-Richtlinie [7] aufgeführten Anhaltswerte für die Beaufschlagungszeiten im Rahmen des Dichtheitsnachweises einer als Sekundärbarriere fungierenden Fläche sind der Tafel 9 in Abhängigkeit von den Inspektionsintervallen der Fläche zu entnehmen.

Die Beaufschlagungszeiten für Betonflächen, die in regelmäßigen Abständen mit wassergefährdenden Stoffen in Berührung kommen (intermittierende Beaufschlagung) – wie dies z.B. bei Tankstellen der Fall ist –, sind in Spalte 2 der Tafel 10 aufgeführt.

Zur Reduzierung des prüftechnischen Aufwands einer intermittierenden Prüfungsdurchführung ist in der DAfStB-Richtlinie [7] eine alternativ anzuwendende äquivalente Dauerbeaufschlagung enthalten (Tafel 10, Spalte 3).

Tafel 9: Beaufschlagungszeiten bei einmaliger Beaufschlagung [7]

Inspektionsintervall	Maximale Beaufschlagungsdauer	Beispiel
Ständige Beobachtung	8 h	Ableitflächen
≤ 12 Stunden	24 h	
≤ 48 Stunden	72 h	Auffangräume
3 Monate	2 200 h	

Tafel 10: Beaufschlagungszeiten bei intermittierender Beaufschlagung [7]

Benutzung	Beaufschlagungszyklus	Äquivalente Beaufschlagung	Beispiel
täglich	28 Tage je 5 h	einmalig 144 h	Abfüllstelle mit offener Abfüllung öffentliche Tankstelle
wöchentlich	14 Wochen je 5 h	einmalig 48 h	Abfüllstelle mit offener Abfüllung



Bild 3: Tankflächen

4.2 Dichtheitsnachweis am Beispiel einer bestehenden Betonfläche einer öffentlichen Tankstelle

Im Rahmen der Abnahme einer öffentlichen Tankstelle entstanden Zweifel an der Funktionsfähigkeit der als Auffangwanne eingebrachten Bodenplatte aus Beton. Gemäß den eingesehenen Unterlagen sollten 12,5 m³ eines Betons der Druckfestigkeitsklasse C30/37 in einer Plattendicke von 25 cm zur Ausführung gekommen sein. Der Beton stammte aus einem nach Ziffer 1.5.9 und Ziffer 15.32 der Bauregelliste [6] zertifizierten Transportbetonwerk. Eine Überwachung der Baustelle nach der Überwachungsklasse „ÜK 2“ hatte stattgefunden.

Zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Bodenplatte wurde die MPVA Neuwied beauftragt, Untersuchungen zum Nachweis der Dichtheit des Betons gegenüber Dieseldieselkraftstoff durchzuführen. Zu diesem Zweck wurde ein Ortstermin an dem Objekt durchgeführt, in dessen Verlauf drei Bohrkern mit einem Durchmesser von 80 mm entnommen wurden.

Die entnommenen Bohrkern wurden gemäß der DAfStB-Richtlinie [7] zur Reduzierung der Bohrkernfeuchte sechs Wochen im Klimaraum bei 20 °C und 65 % relativer Luftfeuchte freistehend auf Dreiecksteilen

gelagert. Anschließend wurden die Bohrkern nach Abschnitt 4.14.3 der Richtlinie für die Prüfung vorbereitet und nach Tafel 10 für 144 h mit Dieseldieselkraftstoff beaufschlagt (Bild 4).

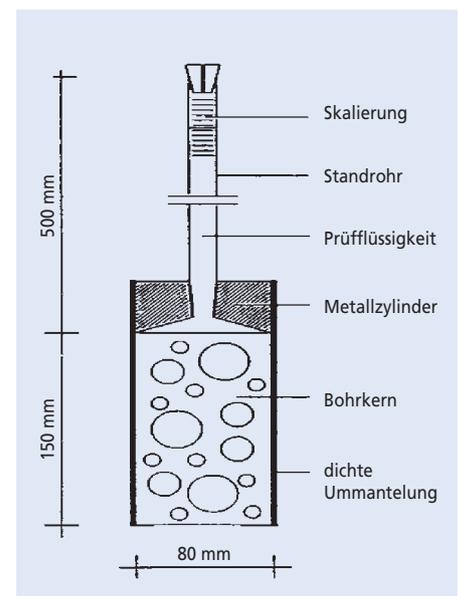


Bild 4: Versuchsaufbau nach [7]

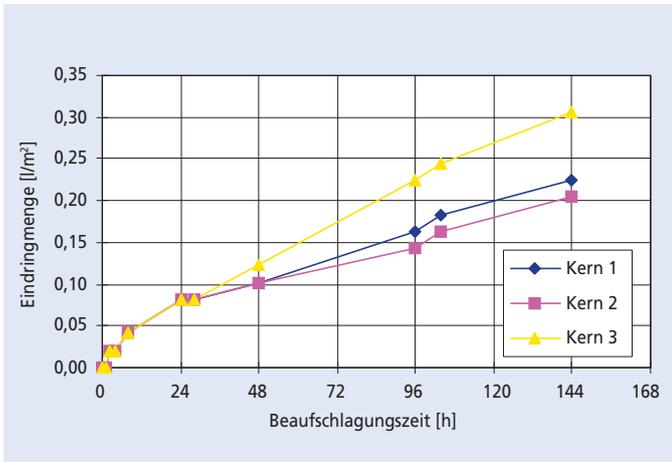


Bild 5: Penetration von Dieselkraftstoff – Eindringmenge in Abhängigkeit von der Zeit

Im Rahmen der Prüfungsdurchführung wurden die Eindringmengen des Dieselkraftstoffs in regelmäßigen Abständen ermittelt und grafisch (Bild 5) aufgetragen.

Nach Beendigung der 144-stündigen Beaufschlagung wurde der Metallzylinder entfernt. Anschließend wurden die Prüfkörper möglichst schnell parallel zur Längsachse mittig gespalten. Die bei Dieselkraftstoff als dunkle Eindringfront erkennbare Eindringtiefe (e_{ti}) wurde gemäß Bild 6 bestimmt und auf dem Bohrkern markiert.

Aus den Eindringtiefen der drei Kerne wurde der Mittelwert der Eindringtiefe $e_{144, m}$ bestimmt und hieraus die sog. „charakteristische“ Eindringtiefe gemäß Formel nach [7] $e_{144, k} = e_{144, m} \times 1,35$ berechnet. Die ermittelten Eindringtiefen sind in Tafel 11 aufgeführt.

Gemäß der DAfStb-Richtlinie gilt der Dichtheitsnachweis als erbracht, wenn der

wassergefährdende Stoff den Beton zu weniger als $\frac{2}{3}$ durchdrungen hat. Auf der Basis der charakteristischen Eindringtiefe von 12 mm ergibt sich somit für den vorgenannten Fall eine theoretisch im Sinne des Nachweises erforderliche Plattendicke von > 18 mm. Die eingebrachte Bodenplatte ist mit einer Dicke von 25 cm somit als dicht im Sinne der Richtlinie zu bewerten.

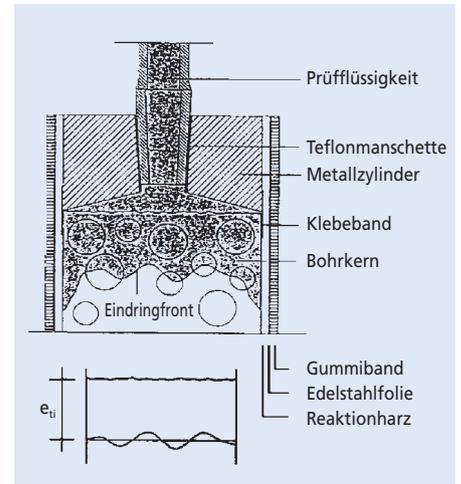


Bild 6: Bestimmung der Eindringfront nach [7]

Literatur

- [1] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts – WHG – Wasserhaushaltsgesetz (Fassung 25. Juni 2005)
- [2] Landesverordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe – VAWs – Anlagenverordnung des Landes Rheinland-Pfalz (Fassung 30.11.2005)
- [3] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 786 „Ausführung von Dichtflächen“ (Fassung Oktober 2005)
- [4] LBauO – Landesbauordnung Rheinland-Pfalz (Fassung 28. September 2005)
- [5] Wasserbauprüfverordnung – Landesverordnung zur Feststellung der wasserrechtlichen Eignung von Bauprodukten durch Nachweise nach der Landesbauordnung Rheinland-Pfalz (Fassung 20. März 1998)
- [6] Bauregelliste A Teil 1 des Deutschen Instituts für Bautechnik
- [7] DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ (Fassung Oktober 2004)
- [8] DIN EN 206-1 „Beton Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität“ (Fassung Juli 2001)
- [9] DIN 1045-2 „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton-Feststellung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität“ (Fassung Juli 2001)

Tafel 11: Eindringtiefe des Dieselkraftstoffs nach Versuchsende

		Eindringtiefen [mm]		
		Kern 1	Kern 2	Kern 3
Eindringtiefe	Einzelwerte ($e_{144, i}$)	9,3	5,9	11,5
	Mittelwert ($e_{144, m}$)	8,9		
Charakteristische Eindringtiefe ($e_{144, k}$)		12		