

Merkblatt

Anwendung von Oberflächenschutzmaßnahmen
beim Umgang mit betonaggressiven Stoffen
(nach DIN 28052 bzw. EN 14879)



Oberflächenschutz

Schwerer Korrosions- und

1. Ausgabe, Dezember 2006

Fachverband der
Säureschutzindustrie (FSI)

DEUTSCHE BAUCHEMIE e.v.

Hinweis für den Benutzer

Impressum

1. Ausgabe, Dezember 2006
Redaktionsschluss: November 2006
Auflage: 3.500

Copyright 2006

Deutsche Bauchemie e. V.
Karlstraße 21
60329 Frankfurt am Main
Telefon: +49 (0)69 2556-1318
Telefax: +49 (0)69 251609
www.deutsche-bauchemie.de

Fachverband der Säureschutzindustrie
Georg-Steuler-Straße 39
Telefon: +49 (0)2624-13209
Telefax: +49 (0)2624-13339
56203 Höhr-Grenzhausen

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung, bleiben der Deutschen Bauchemie e. V. vorbehalten.

Gestaltung
NEEDCOM GmbH, Bad Soden
www.needcom.de

Druck
Frotscher, Darmstadt
www.frotscher-druck.de

ISBN 3-935969-32-5

Dieses Merkblatt ergänzt die Richtlinie „Schwerer Korrosionsschutz in verfahrenstechnischen Anlagen“ /18/.

Das Merkblatt erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es ist deshalb sinnvoll, auf die Möglichkeit der Beratung durch die Mitgliedsfirmen der Fachverbände bereits in der Planungsphase zurückzugreifen, damit eine fachgerechte Ausführung erfolgen kann.

Das vorliegende Merkblatt steht jedermann zur Anwendung frei. Wer es anwendet, hat für die richtige Anwendung im konkreten Fall Sorge zu tragen. Durch das Anwenden dieses Merkblattes entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln.

Die Anwender dieses Merkblattes werden gebeten, ihre Erfahrungen mit der Richtlinie sowie eventuelle Anmerkungen an die Geschäftsstelle der Deutschen Bauchemie zu senden.

Inhalt

Inhalt

1	Vorwort	6
2	Korrosion von Beton und Stahlbeton	7
3	Beanspruchungen und deren Einfluss auf Bauwerke und die Umwelt – Kurzzeitige Beanspruchung	12
	3.1 Allgemeines	12
	3.2 Beanspruchung durch betonaggressive Medien	15
	3.3 Beanspruchung durch nichtbetonaggressive Medien	15
4	Maßnahmen bei längerer oder dauernder Beanspruchung	18
	4.1 Allgemeines	18
	4.2 Beständigkeit von Werkstoffen	19
5	Oberflächenschutzarten und -systeme	20
6	Beschreibung wichtiger Konstruktionsmerkmale bei Oberflächenschutzmaßnahmen	26
	6.1 Konstruktive Anforderungen an Bauwerke	26
7	Zusammenfassung	28
8	Literatur	30

Fachverband der Säureschutzindustrie (FSI)

Verband für schweren Korrosionsschutz und Umweltschutz

Der Fachverband der Säureschutzindustrie ist ein freiwilliger Zusammenschluss von Firmen, deren Hauptgeschäftsfeld der industrielle Säureschutzbau ist. Die Mitgliedschaft wird durch eine Satzung geregelt.

Unter dem Begriff **Säureschutzbau** werden heute alle Maßnahmen verstanden, die dem Schutz der Baukonstruktion vor Korrosion durch aggressive Medien und/oder dem Schutz der Umwelt (Boden, Gewässer, Luft) vor schädlichen Verunreinigungen dienen.

Der Fachverband vertritt die fachlichen und wirtschaftlichen Interessen der Mitgliedsfirmen, deren Tätigkeitsbereiche die

- Herstellung von Säureschutz- bzw. Korrosionsschutzmaterialien,
- Planung und Konstruktion der Säureschutzmaßnahmen sowie
- deren fachgerechte Bauausführung und Verarbeitung sind.

Alle FSI-Mitgliedsfirmen sind Fachbetriebe gem. § 19I WHG.

In den Arbeitskreisen Ausbildung, Recht sowie Fachpublikationen werden regelmäßig technische und wirtschaftliche Erfahrungen ausgetauscht, die verbandsinterne Ausbildung und Prüfung der Fachmonteure organisiert sowie die Mitarbeit in anderen Fachverbänden geregelt.

Dazu gehören insbesondere Fragen zu Arbeitssicherheit und Umweltschutz, die mit den zuständigen Gremien der Berufsgenossenschaften gemeinsam bearbeitet werden.

Durch die Mitarbeit des FSI in Fachgremien und Verbänden, z. B. in DIN (Deutsches Institut für Normung) und CEN (European Committee for Standardization), Arbeitsgemeinschaft Industriebau (AGI), Fachverband der Gummierungsindustrie (FDG) und Deutsche Bauchemie e.V. fließen dessen Erfahrungen und Neuerungen bei der Erstellung von Normen, Richtlinien und Empfehlungen für den industriellen Korrosionsschutz ein.

DEUTSCHE BAUCHEMIE e.V.

In der Deutschen Bauchemie, dem Industrieverband für Hersteller bauchemischer Produkte, sind über 110 Unternehmen organisiert. Mit rund 4,5 Milliarden Euro Jahresumsatz erwirtschaften diese Unternehmen die Hälfte des europäischen Marktvolumens und etwa ein Drittel des Weltmarktes.

Das Spektrum der Mitgliedsunternehmen der Deutschen Bauchemie reicht von kleinen und mittelständischen Spezialanbietern bis zum international operierenden Global Player.

Die Verbandsarbeit wird in etwa 40 internen Gremien wie Fachausschüssen, Arbeitskreisen und Projektgruppen durch rund 300 Experten aus den Mitgliedsunternehmen und durch das Team der Verbandsgeschäftsstelle in Frankfurt a. M. geleistet.

Darüber hinaus ist die Deutsche Bauchemie in einer sehr großen Anzahl nationaler und europäischer Gremien vertreten. Die Deutsche Bauchemie ist dem Verband der Chemischen Industrie (VCI) als Fachverband angegliedert und nutzt die sich aus der Zusammenarbeit mit Experten und Gremien ergebenden Synergien.

Die Deutsche Bauchemie erarbeitet u. a. Richtlinien, Merkblätter und Sachstandsberichte als Informationsquelle für Architekten, Ingenieure, Baustoffhandel, Ausführende sowie Bauherren und Investoren.

In ihren Fachausschüssen „Kunststoffe im Betonbau“ und „Korrosionsschutz in verfahrenstechnischen Anlagen“ befassen sich die Experten der Deutschen Bauchemie besonders mit den Themen Anwendungssicherheit, Arbeitsschutz, Umweltschutz und Dauerhaftigkeit von teilweise hochspezialisierten Beschichtungssystemen, wozu auch die Beschichtungssysteme für verfahrenstechnische Anlagen gehören. Die Deutsche Bauchemie wirkt bei der Gestaltung von technischen Regelwerken wie Normen oder Zulassungsgrundsätzen auf nationaler und europäischer Ebene mit.

Vorwort

Das vorliegende Merkblatt wurde vom Fachverband der Säureschutzindustrie in Zusammenarbeit mit der Deutschen Bauchemie e.V. erarbeitet.

In diesem Merkblatt werden Oberflächenschutzmaßnahmen in Anlehnung an DIN 28052 „Chemischer Apparatebau – Oberflächenschutz mit nichtmetallischen Werkstoffen für Bauteile aus Beton in verfahrenstechnischen Anlagen“ /10/ beschrieben.

Zurzeit wird die DIN 28052 in die europäische Normenreihe EN 14879 „Beschichtungen und Auskleidungen aus organischen Werkstoffen zum Schutz von industriellen Anlagen gegen Korrosion durch aggressive Medien“ /14/ überführt.



In der Regel wird Stahlbeton als Konstruktionswerkstoff für Bauwerke in verfahrenstechnischen Anlagen eingesetzt. In einigen Fällen bietet Stahlbeton allein einen ausreichenden Schutz gegen korrosive Stoffe. Für viele Bereiche müssen jedoch Schutzmaßnahmen nach DIN 28052 bzw. EN 14879 in Form von Beschichtungen, Auskleidungen oder Kombinationsbelägen vorgenommen werden.

Es muss immer beachtet werden, dass Chemikalien in den ungeschützten Beton eindringen oder diesen durchdringen können. Dabei kann der Beton oder die Stahlbewehrung angegriffen und damit die Funktionstüchtigkeit des Bauwerks beeinflusst werden.

Dieses Merkblatt beschreibt die Korrosionswirkung von Chemikalien auf den Werkstoff Stahlbeton. Auf die Bauwerkserhaltung und den Umweltschutz wird besonders hingewiesen.

Neben den verschiedenen Oberflächenschutzarten werden wichtige Konstruktionsdetails beschrieben.

Abb. 1: Industriebeschichtung in einem Chemieunternehmen

Dieses Merkblatt soll für Architekten, Planer, Bauherren und Betreiber von Anlagen sowie Genehmigungsbehörden und Sachverständigenorganisationen eine Entscheidungshilfe für die Anwendung von Oberflächenschutzmaßnahmen sein.

Es sollte berücksichtigt werden, dass aufwendigere Investitionen für den Korrosionsschutz bei der Erstauführung durchaus wirtschaftlich sind und über einen längeren Zeitraum gesehen erhebliche Kosten für Nachrüstung einsparen. Durch vorzeitige Reparatur, Erneuerung oder Nachrüstung von Oberflächenschutzmaßnahmen entstehen in der Regel durch Produktionsausfall, Umbau oder Abbau von Anlagen hohe Kosten.



Abb. 2: Korrosion von Stahlbeton

Korrosion von Beton und Stahlbeton

2

Korrosion von Beton und Stahlbeton

Beton (Stahlbeton) nach DIN 1045 /8/ und EN 206 /15/ ist in der Industrie der Regelbaustoff für konstruktive Bauteile (Decken, Wände, Fußböden). Darüber hinaus dient Stahlbeton als Konstruktionswerkstoff für Auffangbauwerke, Behälter, Gruben, Kanäle, u. a.

Bei der Einwirkung von aggressiven Medien auf Beton ist der Zementstein in der Regel der schwächere Bestandteil im Gefüge.

In Abhängigkeit von den verwendeten Zementen, Zusatzstoffen, Gesteinskörnungen und Zusatzmitteln, der Festigkeitsklasse sowie den strukturellen Parametern (z. B. der Porosität) wird Beton durch zahlreiche Medien mehr oder weniger angegriffen und/oder zerstört bzw. in seiner Struktur stark verändert.

Allgemein ist festzustellen, dass alle Säuren den Zementstein lösen können sowie fast alle Salze eine treibende Wirkung haben. In Abhängigkeit von der Temperatur und der Einwirkzeit führen diese Medien zur Zerstörung des Betongefüges.

Andere Stoffe, wie z. B. niedrigviskose Lösemittel oder Öle, können über Poren und Risse tief in den Beton eindringen und zu Festigkeitsverlusten führen (siehe auch Abschn. 3.2)

Für Bewehrungsstähle im Beton können folgende allgemeingültige Aussagen getroffen werden:

- Bei einem pH-Wert < 11,5 kann die Korrosion beginnen.
- Säuren bewirken eine extrem starke Korrosion.
- Alle Verbindungen in denen Chlor enthalten ist, sind aufgrund der möglichen Abspaltung von Chloridionen besonders kritisch hinsichtlich der Bewehrungskorrosion zu betrachten (Lochfraß- oder Spannungsrissskorrosion am Stahl).
- Die Passivität des Stahls im Beton ist nur bei geringen Chloridkonzentrationen gegeben. Der kritische korrosionsauslösende Chloridgehalt im Beton ist von verschiedenen Faktoren (Umgebungsbedingungen, Betonzusammensetzung, Dichtigkeit, u. a.) abhängig. Als kritischer Grenzwert wird eine Gesamtchloridkonzentration von 0,4 Masse.-% (M.-%) bezogen auf den Zementgehalt angegeben.

Abb. 3: Betonkorrosion in einem Chemiebetrieb

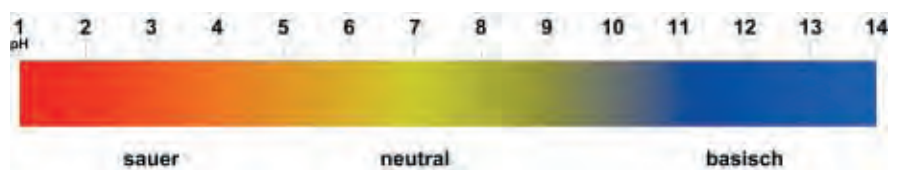


Schon bei geringen Konzentrationen von Säuren und Laugen im angreifenden Medium kommt es zu einer betonaggressiven Wirkung. Auch feste und gasförmige Medien, z. B. CO₂ in Regenwasser, können bei Kontakt mit Beton zu schädigenden Reaktionen führen, da die Eigenfeuchtigkeit des Betons oder die Luftfeuchtigkeit aus der Umgebung ausreicht, um aggressive Lösungen zu bilden.

Tabelle 1: Beanspruchungen, bei denen Oberflächenschutzmaßnahmen notwendig werden in Anlehnung an /17/

Medien	Kenngröße	Einheit	Kennwert
Anorganische und organische Säuren	pH-Wert Säurekapazität	- mmol/l	< 3,5 > 10
Laugen	pH-Wert	-	> 13
Phosphate	Masseanteil	M.-%	> 10
Sulfatlösungen SO_4^{2-}	Massekonzentration	g/l	> 6
Chloridlösungen Cl^-			> 5
Natrium-, (Na^+) Kalium-, (K^+) Calciumchlorid (Ca^{2+}) Magnesium-, (Mg^{2+}) Eisen-, (Fe^{2+}) Aluminium-, (Al^{3+}) Ammoniumchlorid (NH_4^+)			> 1
Magnesiumsalzlösungen Mg^{2+}			> 3
Ammoniumsalzlösungen NH_4^+			> 1,2
Nitratlösungen NO_3^- Kalium-, (K^+) Natriumnitrat-, (Na^+)			> 1

Der pH-Wert ist ein Maß für die Stärke der sauren bzw. basischen Wirkung einer Lösung. Die pH-Wert-Skala reicht von 1-14, wobei 1 eine saure, 7 eine neutrale und 14 eine basische Lösung kennzeichnet (siehe Abbildung).



In der Industrie werden in der Regel keine pH-Werte, sondern Konzentrationen (Masseanteile, M.-%) angegeben, um die Aggressivität einer Säure oder Lauge zu kennzeichnen.

In stark verdünnten wässrigen Lösungen, z. B. industriellen Abwässern, lässt sich die Aggressivität der Säuren oder Laugen gegenüber Beton an Hand des pH-Wertes abschätzen. Bei höheren Konzentrationen, z. B. Lösungen in chemischen Prozessen, erfolgt die Angabe in Masseanteilen, M.-% um die Aggressivität/Wirkung der Medien auf Beton oder Stahl zu kennzeichnen.

Ab pH-Wert < 1 bzw. > 13 wird die Aggressivität von Säuren oder Laugen nur durch die Angabe der Masseanteile (M.-%) gekennzeichnet.

Die Übersicht in Tabelle 2 zeigt, dass schon geringe Masseanteile maximale pH-Werte zur Folge haben.



Abb. 4: Betonkorrosion durch Salpetersäure in einer Auffangtasse



Abb. 5: Betonkorrosion durch Phosphorsäure in einer Auffangtasse

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Masseanteile (Konzentrationen) und pH-Werte typischer Säuren und Basen bei 20 °C

Medium (Säure/Lauge)	pH-Wert	Masseanteil in % [M.-%]
Salzsäure	1,0	≈ 0,4
Schwefelsäure	1,0	≈ 0,7
Salpetersäure	1,0	≈ 0,6
Flusssäure	> 1	Alle Konzentrationen
Ameisensäure	> 1	Alle Konzentrationen
Milchsäure	> 1	Alle Konzentrationen
Essigsäure	> 1	Alle Konzentrationen
Salzsäure	3,5	< 0,01
Schwefelsäure	3,5	< 0,01
Salpetersäure	3,5	< 0,01
Phosphorsäure	3,5	< 0,01
Flusssäure	3,5	< 0,01
Ameisensäure	3,5	< 0,01
Milchsäure	3,5	< 0,01
Essigsäure	3,5	≈ 0,3
Natriumhydroxid	12	≈ 0,04
Kaliumhydroxid	12	≈ 0,06
Ammoniakwasser	12	≈ 10
Natriumhydroxid	14	≈ 4
Kaliumhydroxid	14	≈ 5
Ammoniakwasser	< 13	Alle Konzentrationen

Organische Säuren und andere organische Verbindungen können zu Zerstörungen bzw. Veränderungen in der Betonmatrix führen. In Tabelle 3 sind einige organische Stoffklassen und ihre Wirkung auf Beton bzw. Stahl zusammengestellt.

Tabelle 3: Stoffklassen organischer Verbindungen und deren Einfluss auf die Betonkorrosion /17/

Organische Verbindungen	Typische Gruppen	Typische Beispiele	Einfluss auf Beton bzw. Stahlbewehrung
Verbindungen mit acidem Wasserstoff ¹⁾	Aldehyde Carbonsäuren	Formalin, Acetaldehyd Ameisensäure, Essigsäure, Chloressigsäure, Phthalsäure	Neutralisationsreaktion mit Calciumhydroxid, Lösen von Calciumoxid (Auflösung des Zementsteins)
	Sulfonsäuren Phenole	Chlorsulfonsäure, Sulfanilsäure	
Chlorierte Kohlenwasserstoffe	aliphatische	Methylenchlorid, Chloroform, Tetrachlormethan, Vinylidenchlorid, Butylchlorid, Tetrachlorethan	i. d. R. nicht schädigend, aber basische Hydrolyse in Gegenwart von Wasser unter Bildung von Chloridionen möglich (damit ist eine erhöhte Korrosionsgefahr für den Stahl gegeben)
	aromatische	Chlorbenzol	
Säureester und Stickstoffverbindungen	Amide	Hamstoff, Dimethylformamid (DMF), Formamide	Hydrolyse unter alkalischen Bedingungen (Lösen von Calciumoxid und Umsetzung mit Calciumhydroxid)
	Nitrile Säureester	Acrylnitril, Essigsäureester, Acrylsäureester, Methacrylsäureester, Phosphorsäureester	
	Amine	Methylamin, Anilin	
Kohlenwasserstoffe (Lösungsmittel)	aliphatische	Benzine	Eindringen in den Beton und Schwächung des Haftverbundes Zementstein/Zuschlag bzw. Beton/Stahl
	aromatische	Benzol, Toluol, Xylol	
Öle, Fette	- mineralische Öle - pflanzliche, tierische Öle und Fette		Eindringen in den Beton und Schwächung des Haftverbundes Zementstein/Zuschlag bzw. Beton/Stahl Reaktion der Fettsäuren mit Ca-Salzen

¹⁾ acider Wasserstoff: wörtlich saurer Wasserstoff, kann leicht abgespalten werden, z. B. durch OH⁻ (Basen)



Abb. 6: Betonkorrosion durch Salzsäure unter einem Heizbehälter

In Tabelle 4 ist die Korrosionswirkung von Chemikaliengruppen bzw. ausgewählten Chemikalien auf Zementbeton und Zementestrich beschrieben. Informativ enthält die Tabelle auch die Korrosionswirkung auf Stahl, die hinsichtlich der Tragfähigkeit von ebensolcher Bedeutung ist wie die Betonkorrosion.

Die Chemikaliengruppen in Tabelle 4 sind der DIN 28052 /10/ (EN 14879 /14/) entnommen und wurden geringfügig ergänzt.

Tabelle 4: Häufig vorkommende Chemikalien und deren Wirkung auf Beton und Stahl¹⁾ (bei 20°C)²⁾ /10, 14/

Anorganische Chemikalien						
Lfd-Nr.	Chemikalien	Beispiele		WGK ³⁾	Korrosionswirkung auf Beton/Estrich ⁴⁾	Korrosionseigenschaft auf Stahl
1.	anorganische, nicht oxidierende Säuren ⁵⁾	HCl	Salzsäure	1	Zementstein wird schnell gelöst und zersetzt, je höher die Konzentration, desto intensiver zersetzend	nicht beständig
		H ₂ SO ₄	Schwefelsäure bis 70%	1		
		H ₂ SO ₃	schweflige Säure	1		
		H ₃ PO ₄	Phosphorsäure	1		
2.	anorganische, oxidierende Säuren ⁵⁾	HNO ₃	Salpetersäure	1	Zementstein wird schnell gelöst und zersetzt, je höher die Konzentration, desto intensiver zersetzend	nicht beständig
		H ₂ SO ₄	Schwefelsäure über 70%	1		
		CrO ₃ , H ₂ CrO ₄	Chromsäure	3		
		HClO ₃	Chlorsäure	1		
3.	anorganische, SiO ₂ -lösende Säuren ⁵⁾	HF	Flusssäure	2	Zementstein und Zuschlagstoffe werden schnell zerstört, je höher die Konzentration, desto intensiver zersetzend	nicht beständig
		H ₂ SiF ₆	Hexafluorokieselsäure	2		
		HBF ₄	Tetrafluoroborsäure	1		
4.	Salze	NaCl	Natriumchlorid	1	SO ₄ ²⁻ Ionen, lösend und treibend: NH ₄ ⁺ Ionen, lösend: Mg ²⁺ Ionen, langsam lösend: Cl ⁻ Ionen Lochfraßkorrosion: auch im Stahlbeton	Korrosion durch sauer oder alkalisch hydrolysierende Salze oder Korrosion bei Anwesenheit von Luftsauerstoff; Cl ⁻ Ionen führen zu Lochfraßkorrosion.
		FeSO ₄	Eisen-(II)-Sulfat	1		
		Na ₂ CO ₃	Natriumcarbonat	1		
		NH ₄ Cl	Ammoniumchlorid	1		
		MgCl ₂	Magnesiumchlorid	1		
5.	Basen	NaOH	Natriumhydroxid (Natronlauge)	1	in Konzentrationen > 10 % lösend	Korrosion möglich
		KOH	Kaliumhydroxid (Kalilauge)	1		
		Ca(OH) ₂	Calciumhydroxid	1		
		NH ₄ OH	(Ammoniakwasser)	2		
6.	oxidierende Basen	NaOCl	Natriumhypochlorit (Chlorbleichlauge)	2	langsam lösend	nicht beständig
7.	chemisch reine Wässer		Kondenswasser, Kondensat	nicht anwendbar	lösend, < 0,895 mmol (= 5 °dH) (weiche Wässer)	Korrosion möglich

Abb. 7: Betonkorrosion durch saure Abwässer in einer Sammelgrube



Organische Chemikalien						
Lfd-Nr.	Chemikalien	Beispiele	WGK ⁽³⁾	Korrosionswirkung auf Beton/Estrich ⁽⁴⁾	Korrosionswirkung auf Stahl	
1.	organische Säuren ⁽⁵⁾	HCOOH	Ameisensäure	1	langsam lösend	nicht beständig
		CH ₃ COOH	Essigsäure	1		
		CH ₂ ClCOOH	Monochloressigsäure	2		
		CH ₃ CHOHCOOH	Milchsäure	1	nicht schädigend	
		(COOH) ₂	Oxalsäure	1		
2.	aliphatische Kohlenwasserstoffe	C ₆ H ₁₄	Hexan	2	nicht schädigend	nicht schädigend
		C ₈ H ₁₈	Octan	2		
3.	aromatische Kohlenwasserstoffe	C ₆ H ₆	Benzol	3	nicht schädigend, tiefes Eindringen, stark wassergefährdend	nicht schädigend
		C ₆ H ₅ CH ₃	Toluol	2		
		C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	Xylol	2		
4.	Alkohole	CH ₃ OH	Methanol	1	nicht schädigend	nicht schädigend
		C ₂ H ₅ OH	Ethanol	1		
		C ₄ H ₉ OH	Butanol	1		
		CH ₂ OHCH ₂ OH	Ethylenglykol	1		
		CH ₂ OHCHOHCH ₂ OH	Glycerin	1		
5.	Ketone, Ester	CH ₃ COCH ₃	Aceton	1	nicht schädigend	nicht schädigend
		C ₂ H ₅ COCH ₃	Methylethylketon	1		
		CH ₃ COOC ₂ H ₅	Essigsäureethylester	1	langsam lösend	
6.	aliphatische Halogenkohlenwasserstoffe	CH ₂ Cl ₂	Dichlormethan (Methylenchlorid)	2	nicht schädigend, tiefes Eindringen, stark wassergefährdend	nicht schädigend
		C ₂ HCl ₃	Trichlorethen	3		
		C ₂ Cl ₃ F ₃	Trichlortrifluorethan	2		
7.	aromatische Halogenkohlenwasserstoffe	C ₆ H ₅ Cl	Chlorbenzol	2	nicht schädigend, stark wassergefährdend	nicht schädigend
		C ₆ H ₄ ClCF ₃	p-Chlorbenzotrifluorid	2		
8.	Aldehyde	CH ₂ O	Formaldehyd	2	langsam schädigend	Korrosion möglich
9.	aliphatische Amine	CH ₃ NH ₂	Methylamin	2	nicht schädigend, stark wassergefährdend	Korrosion möglich
		(C ₂ H ₅) ₃ N	Triethylamin	1		
		NH ₂ C ₂ H ₄ NH ₂	Ethylendiamin	2		
10.	aromatische Amine	C ₆ H ₅ NH ₂	Anilin	2	nicht schädigend, stark wassergefährdend	Korrosion möglich
11.	Phenole	C ₆ H ₅ OH	Phenol	2	langsam zersetzend	Korrosion möglich
		CH ₃ C ₆ H ₄ OH	Kresol	1		
12.	Fette, Öle	pflanzliche und tierische Fette und Öle andere Fette und Öle	nwg ⁽⁶⁾ - 2 nwg ⁽⁶⁾	auflockernd, festigkeitsmindernd, lösend durch Reaktion der Fettsäuren mit Ca-Salzen	Korrosion möglich	

Anmerkungen:

¹⁾ Baustähle, z. B. ST 37

²⁾ Bei höheren Medientemperaturen tritt in der Regel eine schnellere Schädigung ein.

³⁾ Die Wassergefährdungsklasse (WGK) gibt wichtige Hinweise für die Lagerung der Stoffe (in Verbindung mit der Lagermenge kann daraus das Gefährdungspotential gemäß Anlagenverordnungen der Länder – VAwS ermittelt werden) Stand 06.06.2006 – Quelle: www.umweltbundesamt.de/wgs

⁴⁾ Je geringer die Festbetonporosität, desto langsamer die Korrosionsgeschwindigkeit (Zementstein ist jedoch prinzipiell säurelöslich).

⁵⁾ Bei Säuren ist die Gasphase ebenfalls besonders aggressiv.

⁶⁾ In der Regel nicht wassergefährdend (nwg), aber keine konkrete Einstufung möglich, da Sammelbegriff.

3 Beanspruchungen und deren Einfluss auf Bauwerke und die Umwelt

– kurzzeitige Beanspruchung –



3.1 Allgemeines

Viele wassergefährdende Stoffe sind beton- und/oder stahlaggressive Medien. Bei Lagerung, Umgang und Verwendung solcher Medien ist neben dem Umweltschutz stets auch der Bauwerksschutz zu betrachten, d. h. neben der Dichtheit ist auch die Standsicherheit und Dauerhaftigkeit der Gesamtkonstruktion über einen längeren Zeitraum zu bewerten. Besondere Überlegungen sollten der Instandsetzung von geschädigten Betonflächen bei vorhandener Anlagentechnik und laufender Produktion gelten. Dabei sollte auch der Leckagefall (kurze Beaufschlagungsdauer) und die daraus resultierenden Spätfolgen berücksichtigt werden.

Der Einfluss von Stoffen auf Bauwerke und Umwelt hängt von deren Aggressivität ab. Aggressive Stoffe sind Stoffe im gasförmigen, flüssigen oder festen Aggregatzustand, z. B. Säuren, Laugen, Salze, Öle, Fette, Lösungsmittel, die auf bestimmte Stoffe, z. B. Baustoffe, hauptsächlich durch chemische Reaktionen zerstörend wirken.

Diese aggressiven Stoffe können auch gleichzeitig wassergefährdend sein. Ihre Wirkung wird bestimmt durch

- chemische Zusammensetzung
- Konzentration
- pH-Werte
- Temperatur
- Mischungsverhältniss
- Art und Weise sowie die Periodizität der Beanspruchung
- eine gleichzeitig auftretende mechanische Belastung

Es kann sich also neben der chemischen Beanspruchung auch eine zusätzliche Beeinflussung durch thermische und mechanische Belastungen ergeben. Folgende Entscheidungskriterien sollten dabei beachtet werden (s. Übersicht):

Beanspruchungen Entscheidungskriterien

chemisch	<ul style="list-style-type: none"> • Zusammensetzung, Konzentration, pH-Wert • Dauer und Häufigkeit der chemischen Beanspruchung • Fülldruck • baustoff- und medienspezifische Aspekte • Praxisauswertung
thermisch	<ul style="list-style-type: none"> • Langzeit Mitteltemperatur • Maximal- und Minimaltemperatur • Häufigkeit, Geschwindigkeit und Größe von Temperaturwechsel • thermische Einsatzgrenzen des Baustoffes
mechanisch	<ul style="list-style-type: none"> • Größe der ruhenden und bewegten Lasten • Fußgänger- bzw. Fahrverkehr • Raddruck und Art der Bereifung • hydrostatischer Druck • Stoß, Schlag, Vibration, Abrieb • Spülwirkung von Flüssigkeiten • maximale Druckbelastbarkeit des Baustoffes



Abb. 8: Beschichtung einer Auffangtasse

Infolge der Vielzahl der in der Praxis auftretenden aggressiven Stoffe mit verschiedenen Konzentrationen sowie der Möglichkeit, dass mehrere dieser Stoffe gleichzeitig vorhanden sind und sich in ihrer Wirkung überlagern können, ist meist eine objektspezifische Beurteilung erforderlich. Dazu sind detaillierte Verfahrensbeschreibungen notwendig, sowie Fragebögen oder Beanspruchungsprofile zu erstellen. Oftmals sind die angreifenden Stoffe keine reinen Medien sondern Produktgemische die auf den Beton einwirken. Die Aggressivität dieser Gemische gegenüber dem Beton ist genau zu analysieren, dabei sind die Angaben aus den Sicherheitsdatenblättern sowie praktische Erfahrungen wesentliche Hilfen.

Solche Beanspruchungsprofile sind in der DIN 28052, Teil 1 „Oberflächenschutz mit nichtmetallischen Werkstoffen für Bauteile aus Beton in verfahrenstechnischen Anlagen, Begriffe, Auswahlkriterien“ /10/ angegeben.

Diese Norm wird angewendet, wenn Bauteile aus Beton in Anlagen zum Umgang mit aggressiven und/oder wassergefährdenden Stoffen mit einem Oberflächenschutz zu versehen sind.

Nach DIN 28052, Teil 1 /10/ sind die wesentlichen Chemikalien in 17 Gruppen eingeteilt. Bei Einzelstoffen (auch wässrigen Lösungen) ist die Einordnung der Stoffe nach dieser Gruppeneinteilung relativ einfach. Bei Stoffgemischen muss dagegen geprüft werden, ob sich das Gemisch in eine der Stoffgruppen einordnen lässt. Dabei sind mögliche chemische Reaktionen der Gemischbestandteile zu berücksichtigen.

Diese Gruppeneinteilung nach DIN 28052 ist auch identisch mit den Angaben in den Arbeitsblättern der AGI S 10, Teil 1-3 „Schutz von Baukonstruktionen mit Plattenbelägen gegen chemische Angriffe“ /2/.

Im Arbeitsblatt AGI S 10, Teil 4 /2/ wurde bei der Angabe der Beständigkeit von Fugendichtstoffen gegenüber flüssigen Chemikalien die Liste der Prüfflüssigkeiten gemäß Zulassungsgrundsätzen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) /22/ zu Grunde gelegt. Es ist zu beachten, dass die Gruppeneinteilungen nach DIBt und DIN 28052 voneinander abweichen.

In der EN 14879 ist die Gruppeneinteilung normativ entsprechend den Zulassungsgrundsätzen „Beschichtungssysteme für Beton in LAU-Anlagen“ des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) enthalten.

Neben der Zuordnung der aggressiven Stoffe in die Mediengruppen werden in der DIN 28052, Teil 1 sowie EN 14879, Teil 3 auch Beanspruchungsstufen genannt und soweit erforderlich Intensitätsabstufungen nach Tabelle 5 vorgenommen.

Tabelle 5: Beanspruchungsstufen nach DIN 28052-1/EN 14879 /10, 14/

Stufe	Flüssigkeitsbeanspruchung	Temperaturwechsel	Last	Witterung
0	keine	keine	keine	keine
1	seltene Tropfen	selten < 50 K	Fußgänger	überdacht
2	häufige Spritzer	selten > 50 K	Stapler	frei bewittert
3	Füllung im Störfall	häufig < 50 K	Fahrzeuge	-
4	ständige Nässe	häufig > 50 K	Fasskante	-
5	ständiger Fluss	Temperaturschock	Hydrostatisch > 0,05 bar bis 0,5 bar	-
6	ständige Füllung	-	Hydrostatisch > 0,5 bar	-



Abb. 9: Beschichtung in einem Technikum

Aus der Kombination dieser Beanspruchungsstufen, der Angabe der Temperatur und der Mediengruppen werden Beanspruchungsprofile für verschiedene zu schützende Bauteile abgeleitet und den einzelnen Beanspruchungsprofilen relevante Oberflächenschutzarten zugeordnet.

Weitere zusätzliche Anforderungen können sich im Allgemeinen aus gesetzlichen Vorschriften oder einer speziellen Nutzung ergeben.

Beispiele für derartige Anforderungen sind:

- Brandverhalten
- Dekontaminierbarkeit und Strahlenbeständigkeit (Anwendung in Bereichen, in denen mit radioaktivem Material gearbeitet wird)
- Gewässerschutz
- Explosionsschutz
- physiologische Unbedenklichkeit (Anwendung bei Lebensmitteln und Trinkwasser)
- Trittsicherheit (in Nassräumen), Rutschhemmung
- Rissüberbrückung
- Ebenheit der Oberflächenschutzmaßnahme
- elektrostatische Ableitung
- mikrobiologische Dekontaminierbarkeit

Beim Gewässerschutz ist die „Technische Regel wassergefährdender Stoffe“ - DWA-A 786 /1/ zu beachten. Darin wird eine Einteilung der Beanspruchungsdauer in drei Beanspruchungsgruppen vorgenommen, denen infrastrukturelle Anforderungen (z. B. Überwachungssysteme) zugeordnet werden.

- gering: Beanspruchungsdauer bis 8 Stunden
- mittel: Beanspruchungsdauer größer 8 Stunden bis 72 Stunden
- hoch: Beanspruchungsdauer größer 72 Stunden bis 3 Monate

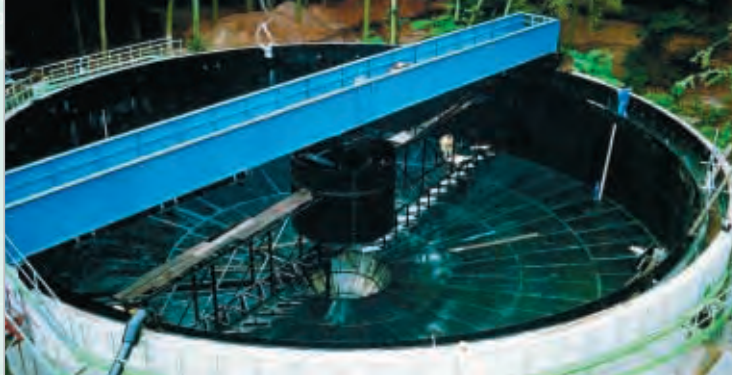
Dies gilt bei einer Beanspruchung beim Lagern, Herstellen, Behandeln, Verwenden sowie Befördern in Rohrleitungen.

Bei einer Beanspruchung beim Abfüllen und Umladen werden in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Beaufschlagung ebenfalls drei Beanspruchungsstufen (gering, mittel, hoch) definiert, denen aber technische Anforderungen zugeordnet werden. Grundsätzlich gilt dabei für die Dichtheit/Bemessung, Fugenabdichtungssysteme, Konstruktion und Bauausführung die Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“, Teil 1-3 /5/. Dabei ist bei Beton der Einsatz im Wesentlichen nur bis zu einer Beanspruchung „mittel“ (Beanspruchungsdauer: 72 Stunden) geregelt.

Generell gilt DWA-A 786 /1/ nicht, wenn Dichtflächen einer ständigen Beaufschlagung (> 3 Monate) durch wassergefährdende Flüssigkeiten ausgesetzt sind.

In dieser Technischen Regel sind u. a. auch spezielle Regelungen für bestehende Dichtflächen aus Beton angegeben. Diese weichen wesentlich von den Angaben bei Neuanlagen entsprechend der o. g. DAfStb-Richtlinie /5/ ab. Der Betreiber hat ein erhöhtes Risiko zu tragen, da geringere Anforderungen an den Beton gestellt werden.

Abb. 10: Gummierung in einem Absetzbehälter



3.2 Beanspruchung durch betonaggressive Medien

Hinsichtlich der Wirkung von betonaggressiven Medien wird zwischen lösendem, treibendem und verbundstörendem Angriff unterschieden. Betonaggressive Medien können ebenfalls aggressiv auf die Stahlbewehrung wirken. Risse im Beton erleichtern das Eindringen der Medien und fördern so die Korrosion der Bewehrung.

Tabelle 6: Betonkorrosion durch chemischen Angriff - Einteilung und Wirkung von betonaggressiven Medien

Angriff	Medien	Wirkung auf den Zementstein	Wirkung auf das Betongefüge
Lösend	anorganische Säuren, organische Säuren, Salze, Basen mit Konzentrationen > 10 M.-%, weiches Wasser (Kondensate)	Calciumoxid wird aus dem Zementstein gelöst, Zersetzung von Ca-Si- und Ca-Al-Hydraten Lösen der Ca-Al-Hydrate Lösung von Salzen	Festigkeitsabnahme, Verlust der Alkalität, große Oberflächenrauigkeit, größere Wasseraufnahme leichteres Eindringen von Medien möglich (z. B. Chloridionen)
Treibend	Schwefelsäure und Sulfate, schweflige Säure und Sulfite, Schwefelwasserstoff und Sulfide, Magnesiumsalze, Magnesia	Bildung von Gips, Tri- und Monosulfat sowie Bildung von Magnesiumhydroxid	Kristallisation von Verbindungen mit erhöhtem Volumenbedarf, Treibrisse, Sprengung des Betongefüges, größere Wasseraufnahme, leichteres Eindringen von Medien möglich (z. B. Chloridionen)
Verbundstörend	Öle, Fette, Kohlenwasserstoffe (Lösungsmittel)	keine (nur bei säurehaltigen Ölen und Fetten – Reaktion mit den Ca – Salzen) (siehe auch Punkt 3.3)	Eindringen in den Beton und Schwächung des Haftverbundes Zementstein/Zuschlagstoff bzw. Beton/Stahl

3.3 Beanspruchung durch nichtbetonaggressive Medien

Einige Medien dringen in den Beton ein bzw. durchdringen diesen, ohne ihn strukturell zu zerstören. Es können jedoch wesentliche physikalische Eigenschaften beeinträchtigt werden (z. B. Festigkeitsverlust). Dies betrifft vor allem Öle, Treib- und Schmierstoffe sowie Lösungsmittel. Beispiele hierfür sind:

Aceton (WGK 1), Benzin (WGK 1-3), Benzol (WGK 3), Butanol (WGK 1), Butylacetat (WGK 1), Chloroform (WGK 3), Ether (WGK 1), Methylenchlorid (WGK 2), Terpentin (WGK 2), Tetrachlormethan (WGK 2).

Das Eindringen derartiger Medien in den Beton hängt im Wesentlichen von deren Viskosität ab. Die Durchlässigkeit ist beim ausgetrockneten Beton am größten, sie nimmt mit zunehmender Feuchte ab.

Um dieses Ein- bzw. Durchdringen zu vermeiden, und damit eine mögliche Kontamination oder Verunreinigung des Wassers und des Erdreiches oder eine Beeinträchtigung der darunter liegenden Räume bei Geschossbauten zu verhindern, können bestimmte Oberflächenschutzmaßnahmen bei Betonkonstruktionen die Funktion des Abdichtens übernehmen.



Abb. 11: Eindringen von Ölen in Beton

Risse im Beton erleichtern das Ein- und Durchdringen der Medien und fördern die Korrosion der Bewehrung.

In verschiedenen Richtlinien und Regelwerken werden besonders bei Beanspruchung durch nichtbetonaggressiven Medien spezielle Betone als Dichtfläche dargestellt. Hohe Anforderungen werden dabei an die Planung, Bemessung und Ausführung gestellt.

In der Richtlinie des DAfStb „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“, Teil 1-3 /5/ werden solche Planungs-, Bemessungs- und Ausführungsgrundlagen sowie die dazugehörigen Prüfverfahren beschrieben.

In dieser Richtlinie /5/ wird u. a. gefordert, besondere Maßnahmen zum Schutz der Bewehrung und der Hüllrohre zu ergreifen, wenn mit dem Eindringen stahlangreifender Stoffe gerechnet werden muss. Hierbei ist gegebenenfalls auch die dauernde Einwirkung korrosionsfördernder Stoffe nach einer Beaufschlagung zu berücksichtigen, wenn die Bauteile weiter genutzt werden. Konkretere Angaben erfolgen dazu nicht, so dass der Planer die entsprechenden Festlegungen hinsichtlich weiterer Schutzmaßnahmen treffen muss.

In der DAfStb-Richtlinie /5/ wird auch der Fall behandelt, dass nicht betonangreifende wassergefährdende Stoffe in den ungerissenen Beton eindringen. Die Ermittlung der mittleren Eindringtiefe nach 72 Stunden (e_{72m}) für einen FD-Beton (flüssigkeitsdichter Beton) hat dabei anhand von σ (Oberflächenspannung in mN/m) und η (dynamische Viskosität in mNs/m²) zu erfolgen.

Als wassergefährdende Referenzstoffe werden n-Hexan und Methylenchlorid angegeben. Sind η und σ nicht bekannt, wird die Eindringtiefe mit 40 mm angenommen. Sofern keine physikalischen Eigenschaften der wassergefährdenden Stoffe bekannt sind, ist von einer Eindringtiefe e_{72m} von 40 mm auszugehen. Der Bemessung der charakteristischen Eindringtiefe liegt eine Beaufschlagungsdauer von 72 Stunden zu Grunde. Bis zu einer 10fach höheren Beaufschlagungsdauer kann extrapoliert werden.

Damit sind Anlagen, die nach o. g. DAfStb-Richtlinie /5/ geplant, bemessen und ausgeführt werden nicht für dauerhafte Beanspruchung ausgelegt.

Tabelle 7: Beispiele für mittlere Eindringtiefe e_{72m} (72 h) und eine e_{tm} (720 h) für FD-Beton

		Aceton	Diethylether	Methanol	Methylenchlorid	n-Heptan
dynamische Viskosität η	mN s/m ²	0,325	0,26	0,57	0,442	0,39
Oberflächenspannung σ	mN/m	23,3	17,0	22,6	26,52	20,3
mittlere Eindringtiefe e_{72m} (FD-Beton)	mm	38	37	31	36	34
mittlere Eindringtiefe e_{tm} (FD-Beton) $t = 720$ h	mm	120	117	98	114	108

Die Berechnung der mittleren Eindringtiefen sind dann möglich, wenn der FD-Beton die folgenden Voraussetzungen erfüllt:
 $w/z < 0,50$, Festigkeitsklasse $> C 30/37$, Mindestdicke für Ortbetonkonstruktionen: 200 mm.

Kritischer muss der Fall des Eindringens von nicht betonangreifenden, organischen wassergefährdenden Stoffen in gerissenem Beton gesehen werden. Es muss davon ausgegangen werden, dass eine Selbstabdichtung des Betons nicht eintritt und somit auch nicht in den Dichtheitsnachweis nach DAFStb-RiLi /5/ mit angesetzt werden kann.

Nach einer Kontamination des Betons mit nichtbetonaggressiven Medien ist nach der DAFStb - Richtlinie anhand eines Konzeptes für den Beaufschlagungsfall zu beurteilen, ob eine Dekontamination des Betons erforderlich ist. Möglichkeiten sind u. a.:

- Einsatz physikalischer Verfahren,
- Entfernung des kontaminierten Betons.

Bei der Entsorgung des kontaminierten Betons sind die abfallrechtlichen Bestimmungen zu beachten. Dies bedeutet hohe Kosten, da auch die Instandsetzung des Betons zu berücksichtigen ist. Die mögliche Maßnahmen: Neue Dichtfläche, Dichtflächenergänzung, Beschichtung, Betonersatz können für den Betreiber mit hohem Aufwand und Stillstandszeiten verbunden sein.

Bei der Planung sollten deshalb alternativ die Ausführung in Stahlbeton nach DIN 1045 in Verbindung mit Oberflächenschutzmaßnahmen geprüft werden.



Abb. 12: Prüfung von Korrosionsschutzwerkstoffen in einer Atlaszelle

Maßnahmen bei längerer oder dauernder Beanspruchung

4 Maßnahmen bei längerer oder dauernder Beanspruchung

4.1 Allgemeines



Abb. 13: Mechanisch verankerte Kunststoffauskleidung in einer Auffangtasse

Unbeschichtete Betonbauten nach der DAfStb-Richtlinie /5/ müssen bei den zu erwartenden Einwirkungen für eine jeweils definierte Dauer dicht sein, für die sie entworfen und bemessen wurden. Entsprechend der Richtlinie gilt dies nur für Bauwerke mit einmaliger und intermittierender Beaufschlagung von < 3 Monaten. Unter Beständigkeit wird im Sinne dieser Richtlinie die Aussage verstanden, dass die Dicht- und Tragfunktion durch chemischen Angriff beaufschlagender Medien während der Beaufschlagungsdauer nachweislich nicht verloren geht.

Auch in der Technischen Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS), Ausführung von Dichtflächen (Arbeitsblatt DWA- A 786) werden Dichtflächen mit ständiger Beaufschlagung (> 3 Monate) durch wassergefährdende Flüssigkeiten nicht behandelt.

Beschichtungen und Kunststoffbahnen unter Langzeitbeanspruchung (> 3 Monate) sind durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen nicht abgedeckt.

Bei vielen Anlagen oder Anlagenteilen ist mit einer längeren Einwirkzeit bzw. ständiger Beaufschlagung der dort zur Verwendung kommenden Medien zu rechnen. Nach der Art und Häufigkeit der Flüssigkeitsbeanspruchung gilt dies entsprechend der DIN 28052, Teil 1 für die Stufen 4 - 6.

Stufe 4:	Auftreten eines ständigen oder häufigen Flüssigkeitsfilms bei Nässe, Kondensat, Pfütze, Rinnsal und dergleichen (z. B. Fußböden in Räumen mit offenen Produktionsanlagen, Bädern, Pumpen)
Stufe 5 :	planmäßig auftretende Medieneinwirkung in fließender Form ohne wesentlichen hydrostatischen Druck (z. B. Rinnen, Kanäle)
Stufe 6 :	ständige Flüssigkeitsbelastung ohne zeitliche Begrenzung in Behältern (z. B. Behälter, Gruben)



Abb. 14: Keramische Auskleidung einer Grube mit Sumpf

Demzufolge sind für diese Konstruktionen Oberflächenschutzmaßnahmen nach DIN 28052 bzw. AGI-Arbeitsblätter vorzusehen.

Diese Maßnahmen sind allerdings auch für solche Dichtflächen anzuwenden, die nicht oder nur schwer einzusehen und zu inspizieren sind (z. B. Flächen unter Behältern). In diesen Fällen muss mit einer erheblich längeren Einwirkzeit der anfallenden Chemikalien und daraus möglicherweise resultierenden Schäden am Untergrund gerechnet werden.

Von Bedeutung in der Planung und Ausführung von derartigen Anlagen ist, dass die zu schützenden Oberflächen zur Montage, Inspektion und Wartung bzw. Reparatur gut zugänglich und einzusehen sind. Behälter sollten von der Außenseite kontrollierbar sein damit etwaige Schäden frühzeitig festgestellt werden können.

Übliche Oberflächenschutzarten bei längerer oder dauernder Beanspruchung sind:

- Beschichtungen bzw. Beschichtungssysteme
- Auskleidungen
- Kombinierte Beläge

Abb. 15: Kombinationsbelag
in einer Großküche



4.2 Beständigkeit von Werkstoffen

Die zur Verwendung kommenden Werkstoffe müssen je nach Beanspruchung und Art des Oberflächenschutzsystems ausreichend beständig bis dauerbeständig sein.

Die in der Praxis häufig vorkommenden Chemikalien fallen in den meisten Fällen in flüssiger Form an und können sowohl als reine Stoffe als auch als Gemische auftreten. Gegebenenfalls sind auch die Einwirkung der Dampfphase sowie die Einwirkung abrasiv wirkender Medien (z. B. Suspensionen) und Reinigungsmittel zu berücksichtigen.

In der DIN 28052-6 „Eignungsnachweis und Prüfung“ bzw. EN 14879 sind Anforderungen und Prüfungen zum Nachweis der Eignung der Oberflächenschutzsysteme festgelegt.

Wichtige Kapitel dieser Norm befassen sich mit der Flüssigkeitsbeanspruchung, Beständigkeit und Dichtheit der Werkstoffe für die einzelnen Oberflächenschutzarten. Die Prüfdauer und die Prüfverfahren sind dabei unterschiedlich. Hierfür sollen Beispiele genannt werden.

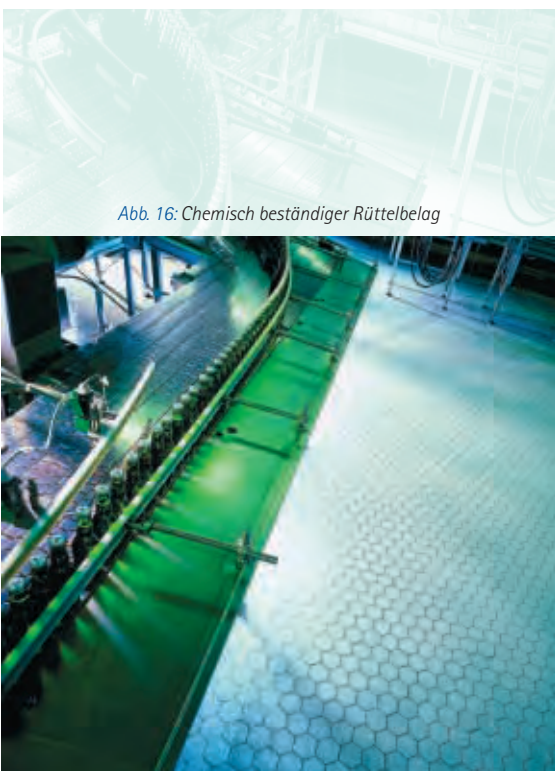
Bei einer Beschichtung in einem Behälter (Laststufe 6, ständige Füllung) beträgt die Dauer der Flüssigkeitseinwirkung nach einem Prüfverfahren B5 (Prüfvorrichtung nach DIN EN 977, ein Gerät nach DIN 53393) 90 Tage, wobei diese bei den vorgesehenen Betriebstemperaturen mit der temperierten Prüfliquidität durchzuführen ist. Dagegen beträgt die Prüfdauer von kombinierten Belägen z. B. bei einer Laststufe 4, ständige Nässe 14 Tage. Die Prüfung besteht darin, dass auf die Oberfläche eines Probekörpers, der aus den jeweiligen Schichten bestehen muss, ein Zylinder mit Prüfliquidität aufgesetzt wird. Es wird geprüft, ob und wie die Prüfliquidität durch den jeweiligen Prüfkörper gedrungen ist.

Für die verschiedenen Beschichtungen, säurefesten Kitte, ungeformten Dichtschichten, Dichtungsbahnen und Kunststoffplatten werden durch die Hersteller Beständigkeitslisten herausgegeben, um dem Anwender eine Auswahl des geeigneten Werkstoffes für den vorliegenden Praxisfall zu ermöglichen. Vielfach reicht es nicht aus, die in vielen Beständigkeitstabellen der Literatur enthaltene Charakterisierung der Werkstoffe in „beständig“, „bedingt beständig“ und „unbeständig“ als Grundlage für einen Einsatz zu verwenden. Bei den Angaben der Werkstofflieferanten sind die Prüfbedingungen zu beachten. Auch die AGI-Arbeitsblätter S10 und S20 /2, 3/ enthalten Übersichten über die chemische Beständigkeit und Dichtheit anhand der verschiedenen Chemikaliengruppen, aber gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass die Angaben nur orientierender Art sein können und eine Relation der Beständigkeiten der Werkstoffe zueinander ausdrücken sollen.

Auch der Eignungsnachweis durch entsprechende Referenzobjekte spielt bei der Anwendung eine wichtige Rolle.

In den Säureschutzunternehmen liegen jahrzehntelange Erfahrungswerte für die Korrosionsschutzwerkstoffe und das Zusammenwirken im Gesamtsystem vor, so dass durch den Planer und Ausführenden dieses Fachwissen genutzt werden sollte.

Abb. 16: Chemisch beständiger Rüttelbelag



Oberflächenschutzarten und -systeme

5 Oberflächenschutzarten und -systeme

In den Normen DIN 28052 und EN 14879 werden die verschiedenen Oberflächenschutzarten (s. 4.1) beschrieben. Oberflächenschutzsysteme sind für die jeweiligen Betriebsbedingungen auszulegen. Im Einzelnen werden unterschieden:

Beschichtungen nach DIN 28052-3/ EN 14879-3

- Imprägnierungen, Versiegelungen und Dünnbeschichtungen (< 1 mm dick)
- Dickbeschichtungen (> 1 mm dick)
- Laminate (2 – 6 mm dick)
- Kunstharzestriche (> 5 mm dick)
- Gussasphaltestriche im Verbund mit einer Dichtschicht (> 35 mm dick)
- Kombinationen aus obigen Beschichtungen (> 3 mm dick)

Auskleidungen nach DIN 28052-4/ EN 14879-5

Hierbei werden Halbzeuge aus Thermoplasten und Elastomeren verwendet.

- vollflächig verklebte Auskleidungen (Thermoplaste 1,5 – 3 mm dick, Elastomer 2 – 5 mm dick)
- mechanisch verankerte Auskleidungen (2,5 – 10 mm dick)
- lose Auskleidungen (1,5 – 3 mm dick)

Kombinierte Beläge nach DIN 28052-5 / EN 14879-6

Diese bestehen aus einer Dichtschicht (Beschichtung oder Auskleidung) und einer abdeckenden Nutzschiicht aus in Kitt oder Mörtel verlegtem Halbzeug (i. d. R. Platten oder Steine).

In Anhang B der DIN 28052-1 sind Auswahlkriterien für mögliche Oberflächenschutzarten von o. g. Bauwerken und Bauwerksteilen genannt. Die dort aufgeführten Tabellen geben Empfehlungen zu Oberflächenschutzarten in Abhängigkeit der Art und Menge der Chemikalienbeanspruchung, der thermischen und mechanischen Belastung sowie dem Witterungsverhalten.

Folgende Bauausführungen werden nach Arbeitsblatt **DWA-A 786 /1/ Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS) Ausführung von Dichtflächen** als sekundäre Barriere in Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen beschrieben:

- Gussasphalt-Dichtschicht, Schichtdicke > 35 mm
- Halbstarre Beläge, Schichtdicke > 40 mm
- Fertigbeton-Plattensysteme
- Beton, mit vorweggenommenem/vereinfachtem Dichtheitsnachweis
- Beton, mit rechnerischem Nachweis der Dichtheit
- Beschichtungssysteme auf Beton
- Beschichtung oder Auskleidungen auf Stahl
- Plattenbeläge auf geeigneter Dichtschicht
- Stahl
- Kunststoffbahn

Abb. 17: Industriebeschichtung in einem Chemieunternehmen





Abb. 18: Ausführung einer Gummierung in einem Betonbehälter

Die DAFStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Beton“ (Instandsetzungsrichtlinie) /6/ beschreibt in Teil 2 Oberflächenschutzmaßnahmen zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit von Beton- und Stahlbauteilen. Die Schutzfunktionen der **Oberflächenschutzsysteme (OS)** hängen maßgeblich von den Schichtdicken ab, daher werden Mindestschichtdicken angegeben (siehe Tabelle 8).

Anforderungen an Produkte und Systeme, die als Oberflächenschutzsysteme nach der Instandsetzungsrichtlinie eingesetzt werden, sind in den Normen DIN EN 1504 Teil 2 und DIN V 18026 definiert.

Die **Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING) /20/** definieren Oberflächenschutz als Maßnahme zum Schutz der Betonoberfläche durch Hydrophobierung oder Beschichtung.

Oberflächenschutzsysteme nach **ZTV-ING** bestehen aus Stoffen der einzelnen Schichten des Oberflächenschutzes, ggf. gehört Feinspachtel dazu (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Mindestschichtdicken von Oberflächenschutzsystemen nach Instandsetzungsrichtlinie und ZTV-ING /6, 20/

Oberflächenschutzsystem		Mindestschichtdicke in µm	
ZTV-ING	Instandsetzungsrichtlinie		
OS B	OS 2	80	
OS C	OS 4	80	
OS DII	OS 5a	300	
OS DI	OS 5b	2 000	
	OS 8	2 500	
OS E	OS 9	1 000	
OS F a	OS 11a	Verschleißschicht	3 000
		elastische Oberflächenschutzschicht	1 500
OS F b	OS 11b (OS F b)	4 000	
	OS 13	2 500*	
		* Gesamtschichtdicke	



Abb. 19: Rüttelboden nach AGI S 40

Weitere Einzelheiten unter ZTV-ING Teil 3 Punkt 8 insbesondere Tabelle 3.4.5 Oberflächenschutzsysteme (angegeben werden Mindestschichtstärken ohne Feinspachtel).

In Tabelle 9 sind zur Übersicht die verschiedenen Oberflächenschutzarten und -systeme aus den unterschiedlichen Regelwerken nach der jeweiligen Anwendungsform vergleichend zusammengestellt. Dabei werden jeweils auch Anwendungsbeispiele gegeben.

Tabelle 9: Übersicht Oberflächenschutzarten

Oberflächenschutzart		Oberflächenschutzarten nach DIN 28052/EN 14879
1	2	3
Beschichtungen auf mineralischen Untergründen	Bezeichnung nach Regelwerk	Beschichtungen für Bauteile aus Beton DIN 28052-3/EN 14879-3
	Anwendungsform	Imprägnierung, Versiegelung, Dünnbeschichtungen, Dickbeschichtungen, Laminatbeschichtung, Kunstharzestrich Gussasphaltestrich
	Anwendungsbeispiele	Auffangwannen und -räume in Bereichen von Lagerbehältern Flächen in chemischen Produktionsanlagen und verfahrenstechnischen Anlagen bei Dauerbeanspruchung, z. B. Kanäle, Pumpensäumpfe
Beschichtungen auf metallischen Untergründen	Bezeichnung nach Regelwerk	Beschichtungen auf Stahl nach EN 14879-2/DIN 28055
	Anwendungsform	Laminatbeschichtung Spachtelbeschichtung Spritzbeschichtung Pulverbeschichtung
	Anwendungsbeispiel	Innenbeschichtung von Stahlbehältern zum Lagern von wässrigen Lösungen nicht oxidierender Salze und Säuren oder brennbarer Flüssigkeiten, auch bei Lagertemperaturen bis ca. 80°C
Auskleidungen auf mineralischen Untergründen	Bezeichnung nach Regelwerk	Auskleidungen nach DIN 28052 – 4/EN 14879 – 5
	Anwendungsform	Vollflächig verklebte Auskleidungen Mechanisch verankerte Auskleidungen Lose Auskleidungen
	Anwendungsbeispiel	Bauteile mit Langzeitbeanspruchung unter hydrostatischem Druck und ggf. mechanischer Beanspruchung, z. B. Abwassersammelbecken, Neutralisationsbecken, Absetzbecken, Klärbecken
Auskleidungen auf metallischen Untergründen	Bezeichnung nach Regelwerk	Auskleidungen nach DIN 28052 – 4/DIN EN 14879 – 5
	Anwendungsform	Vollflächig verklebte Auskleidungen Mechanisch verankerte Auskleidungen
	Anwendungsbeispiel	Bauteile mit Langzeitbeanspruchung unter hydrostatischem Druck und ggf. mechanischer, z. B. durch Rührwerke oder thermische Beanspruchung: Lagerbehälter, Reaktionsbehälter, Schwefelsäureabsorber, Venturiwäscher

Oberflächenschutzarten nach DWA-A 786	Oberflächenschutzarten nach EN 1504-2 / DIN V 18026 und DAfStb Instandsetzungs-Richtlinie	Oberflächenschutzarten nach ZTV – ING
4	5	6
Beschichtungssysteme auf Beton - Tab. 2 Nr. 8 nach Zulassungsgrundsätzen des DIBt „Beschichtungssysteme für Auffangwannen, Auffangräume und Flächen aus Beton in Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe“ Gussasphalt-Dichtschicht - Tab. 2. Nr. 2	Oberflächenschutzsysteme: OS 5b, OS 8, OS 9, OS 11a, OS 11b, OS 13	Oberflächenschutzsysteme: OS-D I, OS-E, OS-F
Beschichtungssysteme Gussasphaltestrich	Beschichtungssysteme	Beschichtungssysteme
Ableitflächen, Auffangräume und Tiefpunkte Beanspruchung gering, mittel, hoch (Lagern: max. 3 Monate) Gussasphalt-Dichtschicht für Beanspruchungsstufen gering, mittel (Lagern: max. 72 h) z. B. Tankstellen	OS 5: Freibewitterte Betonbauteile OS 8: Mechanisch und chemisch beanspruchte Betonflächen (Fahrbahnen, Rampen, Industrieböden) OS 11: Parkhausfreidecks und Brückenkappen	OS-B: Nicht begeh- und befahrbare Flächen OS-D: Nicht begeh- und befahrbare Flächen (rissüberbrückend) OS-F: Begeh- und befahrbare Flächen (rissüberbrückend)
Beschichtung auf Stahl - Tab. 2 Nr. 9	- nicht geregelt -	- nicht geregelt -
Beschichtungen in Anlehnung an die Zulassungsgrundsätze des DIBt „Beschichtungsstoffe zur Herstellung von Innenbeschichtungen von Stahlbehältern zur Lagerung wassergefährdender Flüssigkeiten“		
Auffangräume und Tiefpunkte wie Pumpensümpfe, Gruben, Rinnen mit zeitweiliger Flüssigkeitsbeanspruchung bis zu 3 Monaten		
Kunststoffbahnen - Tab. 2 Nr. 12	- nicht geregelt -	- nicht geregelt -
Gemäß Zulassungsgrundsätzen des DIBt „Kunststoffbahnen als Abdichtungsmittel von Auffangwannen, -räumen, -vorrichtungen und Flächen für das Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe“ des DIBt		
Auffangwannen und Auffangräume und Tiefpunkte wie Pumpensümpfe, Gruben, Rinnen mit zeitweiliger Flüssigkeitsbeanspruchung durch Säuren, Laugen, brennbare Flüssigkeiten bis zu 3 Monaten		
Kunststoffbahnen - Tab. 2 Nr. 12	- nicht geregelt -	- nicht geregelt -
Gemäß Zulassungsgrundsätzen des DIBt „Kunststoffbahnen als Abdichtungsmittel von Auffangwannen, -räumen, -vorrichtungen und Flächen für das Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe“ des DIBt		
Auffangwannen und Auffangräume und Tiefpunkte wie Pumpensümpfe, Gruben, Rinnen mit zeitweiliger Flüssigkeitsbeanspruchung durch Säuren, Laugen, brennbare Flüssigkeiten bis zu 3 Monaten		

Oberflächenschutzart		Oberflächenschutzarten nach DIN 28052 / EN 14879
1	2	3
Kombinierte Beläge auf mineralischen Untergründen	Bezeichnung nach Regelwerk	Kombinierte Beläge nach DIN 28052 – 5 / EN 14879 - 6
	Anwendungsform	Beschichtungen (s. DIN 28052-3 / DIN EN 14879-3) oder Auskleidungen (DIN 28052-4 / DIN EN 14879-5) Nutzschicht bestehend aus in Kunstharzkitt bzw. Mörtel eingebettetem, meist keramischem Halbzeug
	Anwendungsbeispiel	Langzeitbeanspruchung mit hoher chemischer, mechanischer und thermischer Belastung, z. B. Abwassersammelbecken, Neutralisationsbecken, Absatzbecken, Klärbecken, Gruben, Rinnen, Pumpensämpfe, Böden in Produktionsanlagen mit offe- nen Anlagen oder starken Leckagen, Böden in Pumpen-, Abfüll- und Verladebereichen
Kombinierte Beläge auf metallischen Untergründen	Bezeichnung nach Regelwerk	Kombinierte Beläge nach DIN 28060 – 28062 / EN 14879 - 6
	Anwendungsform	Beschichtungen (s. DIN 28052-3 / DIN EN 14879-3) oder Auskleidungen (DIN 28052-4 / DIN EN 14879-5) Nutzschicht bestehend aus in Kunstharzkitt bzw. Mörtel eingebettetem Halbzeug (Keramik, Hartbrandkohle- oder Graphitsteine, Schmelzbasalt)
	Anwendungsbeispiel	Dauerbeanspruchung mit hoher chemischer, mechanischer und thermischer Belastung in verfahrenstechnischen Anlagen: z. B. Reaktionsbehälter, Beizbehälter, Bleichtürme
Halbstarre Beläge	Bezeichnung nach Regelwerk	- nicht geregelt -
	Anwendungsform	
	Anwendungsbeispiel	
Beton Fertigbeton	Bezeichnung nach Regelwerk	- nicht geregelt -
	Anwendungsform	
	Anwendungsbeispiel	
Beton	Bezeichnung nach Regelwerk	- nicht geregelt -
	Anwendungsform	
	Anwendungsbeispiel	
	Bezeichnung nach Regelwerk	- nicht geregelt -
	Anwendungsform	
	Anwendungsbeispiel	
Stahl	Bezeichnung nach Regelwerk	- nicht geregelt -
	Anwendungsform	
	Anwendungsbeispiel	

Oberflächenschutzarten nach DWA-A 786	Oberflächenschutzarten nach EN 1504-2 / DIN V 18026 und DAfStb Instandsetzungs-Richtlinie	Oberflächenschutzarten nach ZTV – ING
4	5	6
Plattenbeläge auf geeigneter Dichtschicht - Tab. 2 Nr. 10 Dichtschicht (Beschichtung gem. Zulassungsgrundsätzen des DIBt für Beschichtungssysteme für Auffangwannen, Auffangräume und Flächen aus Beton in Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Flüssigkeiten) oder Auskleidungen gem. Zulassungsgrundsätzen des DIBt für Kunststoffbahnen für Auffangwannen, Auffangräume und Flächen aus Beton in Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Flüssigkeiten Nutzschrift: Plattenbeläge (Platten sowie Verlege- und Verfugekitte und –mörtel für keramische Platten) gem. AGI S 10 bzw. AGI S 40	- nicht geregelt -	- nicht geregelt -
Ableitflächen, Auffangräume und Tiefpunkte wie Pumpensümpfe, Gruben, Rinnen mit zeitweiliger Flüssigkeitsbeanspruchung durch Säuren, Laugen, brennbare Flüssigkeiten bis zu 3 Monaten		
- nicht geregelt -	- nicht geregelt -	- nicht geregelt -
Halbstarre Beläge - Tab. 2 Nr. 3 Gem. Prüfprogramm DIBt „Halbstarre Beläge für LAU-Anlagen“ Traggerüst aus Asphalt mit festgelegter Kornzusammensetzung und einem in die Hohlräume des Traggerüst eingeschlammten mineralischen und hydraulischen Bindemittel, Ableitflächen, Auffangräume für Beanspruchungsstufe gering, mittel, ggf. mit hoher mechanischer Beanspruchung, z. B. Containerterminal	- nicht geregelt -	- nicht geregelt -
Fertigbeton-Plattensysteme - Tab. 2, Nr. 4 Gem. Prüfprogramm „Fertigteile aus FD- bzw. FDE-Beton für befahrbare Dichtkonstruktionen in LAU-Anlagen“ des DIBt Ableitflächen, Auffangräume der Beanspruchungsstufen gering und mittel, z. B. Waschplätze, LKW-Verladeplätze	- nicht geregelt -	- nicht geregelt -
Beton, mit vorweggenommenem / vereinfachtem Dichteitsnachweis - Tab. 2, Nr. 6 Beton FD/FDE – Beton nach DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ (s. Tabelle 11) Ableitflächen, Auffangräume der Beanspruchungsstufen gering bis hoch, z. B. Verladetassen	- nicht geregelt -	- nicht geregelt -
Beton, mit rechnerischem Nachweis der Dichtheit - Tab. 2, Nr. 7 Beton nach DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ (s. Tabelle 11) Ableitflächen, Auffangräume der Beanspruchungsstufen gering bis hoch, z. B. Verladetassen	- nicht geregelt -	- nicht geregelt -
Stahl - Tab. 2 Nr. 11 Nichtrostender Stahl nach DIN EN 10088-2, mind. 3 mm Unlegierter Stahl nach DIN EN 10025 und 10028, mind. 3 mm Schweißverbindungen gem. DIN EN 287, 288 Auffangräume und Tiefpunkte wie Pumpensümpfe, Gruben, Rinnen mit zeitweiliger Flüssigkeitsbeanspruchung bis zu 3 Monaten und ggf. mechanischer Beanspruchung	- nicht geregelt -	- nicht geregelt -

Beschreibung wichtiger Konstruktionsmerkmale bei Oberflächen Schutzmaßnahmen

6

Beschreibung wichtiger Konstruktionsmerkmale bei Oberflächen Schutzmaßnahmen

6.1 Konstruktive Anforderungen an Bauwerke

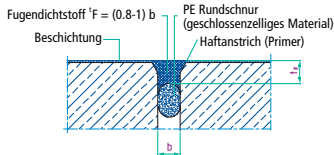


Abb. 20:
Dehnfuge in Bodenbeschichtung
Für Fahrbereiche nicht geeignet

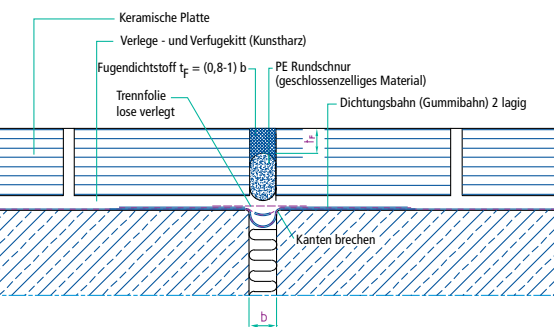


Abb. 21:
Dehnfuge im Plattenbelag
Dehnfugenausbildung mit einer 2-lagigen Gummibahn (Dichtschicht)

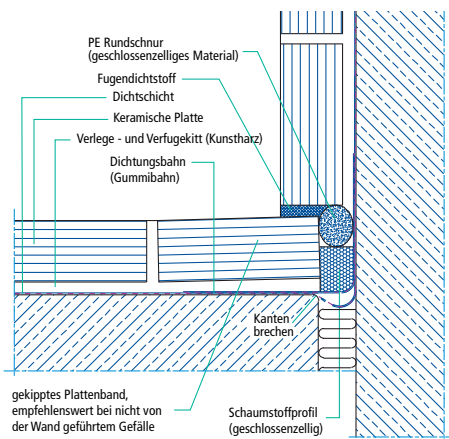


Abb. 22:
Dehnfuge an der Wand
Dehnfugenausbildung in Kehle Übergang Boden -
Wandbelag mit Gummibahn

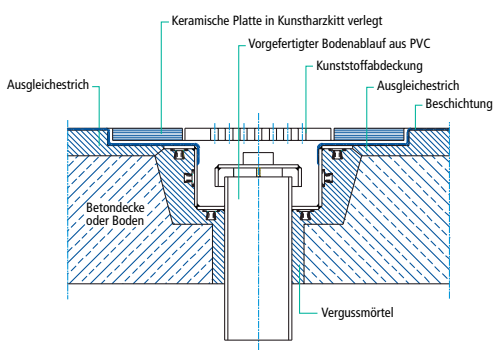


Abb. 23:
Bodenablauf aus PVC mit Ankerknoppen mit
Anschluss an Beschichtung

Zu schützende Bauteile sind:

- Böden
- Wände
- Decken (bei korrosiver Atmosphäre / Gasphase)
- Rinnen, Kanäle
- Sümpfe, Gruben
- Rohre
- Auffangvorrichtungen
- Behälter

Nachfolgend werden einige konstruktive Regeln zur Ausführung von Oberflächen-schutzmaßnahmen genannt:

- Oberflächenzugfestigkeit des Untergrundes $> 1,5 \text{ N/mm}^2$ bzw. $> 2,0 \text{ N/mm}^2$ bei befahrenen Flächen
- Anordnung von Fugen an Hochpunkten
- Abdichtung von Boden- und Wandflächen gegen aufsteigende Feuchtigkeit, Grund- und Oberflächenwasser gemäß DIN 18195
- Bodengefälle mit mind. 1,5 % ausführen
- Einhaltung von Ebenheitstoleranzen gemäß DIN 18202
- Rinnenmaße
- Es ist darauf zu achten, dass die zu schützenden Oberflächen zur Montage, Inspektion und Wartung bzw. Reparatur gut zugänglich und einzusehen sind.

Von Bedeutung in der Planung und Ausführung von Anlagen ist eine Regel, dass chemisch hoch beanspruchte Bauteile – besonders Behälter – auch von der Außenseite kontrolliert und etwaige Schäden frühzeitig festgestellt werden können.

Um die Funktion der Oberflächen Schutzmaßnahmen zu gewährleisten, werden an Konstruktion und Ausführung der Bauteile besondere Anforderungen gestellt (s.a. Abschnitt 4). Dies betrifft besonders:

- Festigkeit und Rissefreiheit
- Ebenheit
- Gefälle
- Lage der Fugen
- Schutz vor rückseitiger Durchfeuchtung

Gefälle

Bei flüssigkeitsbeaufschlagten Flächen muss das Bodengefälle mind. 1,5 % betragen. Um Toleranzen zu berücksichtigen, müssen bei der Planung 0,5 % hinzugerechnet werden, jedoch nicht mehr als 3 cm auf die gesamte Länge. Das Gefälle soll möglichst von Hauptunterzügen, Apparatfundamenten, Wänden und Dehnfugen wegführen. Das Gefälle ist so anzulegen, dass die Fläche trocken läuft.

Schutz vor rückseitiger Durchfeuchtung

Die Einwirkung von Wasser auf die Rückseite der Beschichtung / Auskleidung muss vermieden werden (Ausnahme: verankerte Auskleidungen). Ggf. ist eine äußere Abdichtung der im Erdreich liegenden Behälter gegen Grund- und Oberflächenwasser

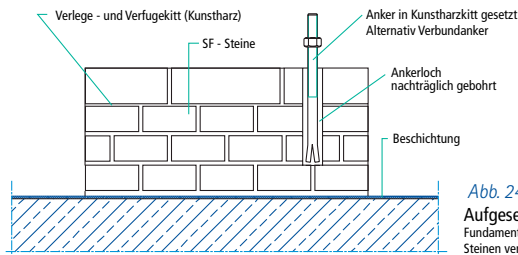


Abb. 24:
Aufgesetztes Fundament
Fundament aufgesetzt aus säurebeständigen
Steinen verlegt in Kunstharzkitt

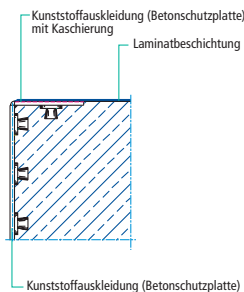


Abb. 25:
Anschluss einer Laminatbeschichtung an eine
Kunststoffauskleidung in einem Pumpensumpf
Kunststoffauskleidungen werden aus PE, PP, PVC oder PVDF gefertigt

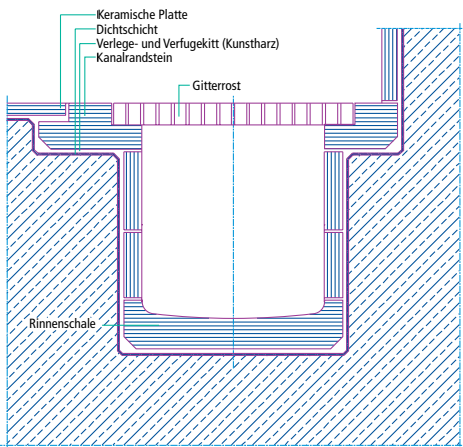


Abb. 26:
Abgedeckte Rinne ist an den oberen Rändern mit Kanalrandstein
(links für Anschluss an Bodenbelag, rechts für Anschluss an Wand)
zum Auflagern der Abdeckroste zu versehen. Eine gleichartige
Randausbildung kann auch für abgedeckte Gruben gewählt werden.

Die Rinnensohle ist möglichst mit großformatigen Rinnenschalen zu belegen. Diese sind wegen der geringen Anzahl von Stoßfugen sicherer und ermöglichen ein gutes Abfließen auch bei geringem Gefälle (mind. >0,5 %!).

Tabelle 10: Rohbautiefe und notwendige Breite des Kanals

Rohbautiefe	notwendige Breite
< 300 mm	350 mm
300 – 500 mm	500 mm
500 – 750 mm	600 mm
750 – 1.000 mm	800 mm
1.000 – 2.000 mm	1.200 mm

erforderlich. Sie muss den Zutritt von Wasser in den Beton zuverlässig verhindern (DIN 18 195). Bei dauernder oder über längere Zeiträume vorhandener Wassereinwirkung genügt in der Regel ein Bitumenanstrich nicht. Auch die Herstellung von wasserundurchlässigem Beton ist zur Vermeidung einer Bauwerksdurchfeuchtung im allgemeinen nicht ausreichend.

Lage und Ausbildung der Fugen

Fugen sind immer Schwachstellen im Hinblick auf die Dichtigkeit der Konstruktion und des Oberflächenschutzsystems. Sind aus konstruktiven Gründen Dehnfugen erforderlich, so ist ihre Anzahl so gering wie möglich zu halten. Sie sollen bevorzugt an Gefällehochpunkten angeordnet werden, sind möglichst gradlinig zu gestalten und verlangen eine auf die Art des Oberflächenschutzsystems abgestimmte konstruktive Durchbildung.

Bei bestimmten Oberflächenschutzsystemen dürfen in der Betonkonstruktion keine Fugen angeordnet sein. Besondere Aufmerksamkeit ist auch der dichten Ausführung von Arbeitsfugen zu schenken.

Einbauteile

Einbauteile, z. B. Stützen, Abläufe, Anker und Rohrdurchführungen müssen im Baukörper so befestigt sein, dass sie sich unter Gebrauchslast nicht bewegen können. Dynamische Beanspruchungen auf Einbauteile, wie z. B. Vibration, sind durch entsprechende Kompensation fernzuhalten.

Bei der Auswahl der Werkstoffe für Einbauteile müssen die geplanten Beschichtungstoffe berücksichtigt werden. Falls Verankerungen unmittelbar in Betonteilen angebracht werden müssen, sind besondere Maßnahmen erforderlich.

Verankerungen und aufgesetzte Fundamente

Auch bei Verankerungen und Fundamenten muss die Funktion der Dichtschicht gewährleistet sein.

Aufgesetzte Fundamente sind dann geeignet, wenn es sich um kleine Fundamente handelt oder mit einer veränderlichen Anordnung der Anker zu rechnen ist.

Rinnen, Kanäle, Pumpensümpfe

Rinnen, Kanäle und Pumpensümpfe dienen der gezielten Sammlung und Abführung belasteter und unbelasteter Flüssigkeiten und stellen Tiefpunkte von Industrieböden bzw. von Dicht- und Ableitflächen dar. Die unterschiedlichen Ausführungsarten sind im Anschluss an die einzelnen Beispiele als Prinzipdarstellung in Form von Detaillösungen angegeben.

Um Oberflächenschutzmaßnahmen in Rinnen, Kanälen und Pumpensümpfen fachgerecht zu applizieren, sind bereits bei der Planung die notwendigen Rohbaumaße zu berücksichtigen.

Beim Einsatz von Rinnenschalen richtet sich das Rohbaumaß nach den Standardsteinformaten. Dies gilt auch für die Falzausbildung am Kanalrand. Um einen fachgerechten Einbau der Dichtschicht bzw. Plattierung zu gewährleisten, sind abhängig von der Rohbautiefe folgende Kanalbreiten einzuhalten:

Zusammenfassung

Dem Anwender dieses Merkblatts soll in der folgenden Tabelle ein Vergleich der verschiedenen Bauarten von Dichtflächen ermöglicht werden:

Tabelle 11: Gegenüberstellung der Bauarten von Dichtflächen

Kriterien	Beton	Beschichtungssysteme auf Beton
1. Regelwerke	DAfStb – Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“, Mai 2005; DIN 1045	DIN 28052 / EN 14879, AGI S 20, Zulassungsgrundsätze des DIBt
2. Nachweis zur - Dichtheit - Beständigkeit	umfangreiche Nachweise sind erforderlich (DAfStb-Richtlinie), je nach Betonart- FD- Beton (flüssigkeitsdichter Beton) oder FDE- Beton (flüssigkeitsdichter Beton nach Eindringprüfung)	durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen nachgewiesen / DIN 28052-6 / EN 14879-3
3. Medien- Beaufschlagungsfall	Regelwerk geht von einmaliger oder intermittierender Beaufschlagung über einen bestimmten Zeitraum aus	Regelwerke gehen von zeitweiser bis ständiger Beaufschlagung aus, bei zeitweiser Beaufschlagung 3 Beanspruchungsstufen (hoch, mittel, gering)
4. Eindringverhalten	Durchdringung bis zu höchstens 2/3 der Betondicke gestattet; aufwendiger Nachweis notwendig (Berechnung, Prüfung)	Durchdringung wird ausgeschlossen
5. Betonqualität	FD- bzw. FDE-Beton erforderlich (Druckfestigkeitsklasse C30/37, $w/z < 0,50$), Anforderungen an Normalbeton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2	Beton als Untergrund (Festigkeitsklasse mindestens C 25 nach DIN 1045) bzw. Zementestriche (Druckfestigkeitsklasse mindestens C 25 nach EN 13813)
6. gerissener Beton	Risse mit Breiten von kleiner 0,1mm zulässig, Trennrisse teilweise nicht zulässig (FD/FDE- Beton mit vereinfachtem Dichtungsnachweis), Eindringen in gerissenen Beton teilweise nicht geregelt, objektbezogen behandeln	zugelassen von 0,1 bis 0,5 mm Rissbreite, je nach nachgewiesener Rissüberbrückung der zugelassenen Beschichtung
7. chemischer Angriff auf Bewehrung	überwiegend nicht geregelt, der Einzelfall ist zu betrachten; Hinweise DAfStb-Richtlinie Teil 1, Punkt 5.2 und Teil 2, Punkt 4.5	wird durch dauerhafte Dichtheit des Beschichtungssystems ausgeschlossen
8. Übereinstimmung zwischen Planung und Ausführung	Regelfall der Übereinstimmung wird vorausgesetzt. Soll-Ist-Vergleich erforderlich, bei Nichtübereinstimmung nur durch zusätzliche Maßnahmen wieder herstellbar, Ausführung nur durch Fachbetrieb (DAfStb-Richtlinie, Teil 1, Abschnitt 8), Konzept für Beaufschlagungsfall erforderlich	Einhaltung der Übereinstimmung geregelt und sichergestellt durch: - Zulassungsgrundsätze - Ausführung nur durch Fachbetrieb gemäß WHG § 19 I - Fremd- und Eigenüberwachung der Produkte
9. Abnahme und Überwachung	Geregelt: Während und nach Ausführung durch Sachverständigen, mind. 1 x jährlich durch Betreiber, Überwachung wiederkehrend durch Sachverständigen	Geregelt: während Ausführung durch Sachverständigen nach Wasserrecht; Übereinstimmungsnachweis Bauprodukt und Zulassung ("ÜZ"); Abnahme durch Sachverständigen
10. Instandsetzung nach Beaufschlagung	geregelt im Teil 3 der DAfStb-Richtlinie „Instandsetzung und Ertüchtigung“, jedoch - hoher Aufwand - Instandsetzung während Produktionsprozeß oftmals schwierig - hoher Entsorgungsaufwand (Sondermüll)	für Beaufschlagungsfall ausgelegt, kein zusätzlicher Aufwand
11. Termine während Ausführung	- schnell belastbar - Beton + Dichtschicht = 1 Arbeitsgang	- zusätzliche Dichtschicht - Aushärtefristen erforderlich - Restfeuchte Unterkonstruktion

Oberflächenschutzarten nach DIN 28052 / EN 14789

Kombinierte Beläge auf Beton (beständige Platten-Beläge mit Dichtschichten)	Auskleidungen auf Beton
DIN 28052/EN 14879, AGI S10/AGI S40; Richtlinie des AGI „Anforderungen an Dichtflächen - Plattenbeläge gegen chemische Angriffe“, September 2003	DIN 28052/EN 14879, AGI S10 Zulassungsgrundsätze des DIBt
keine gesonderten Nachweise, da geregelte Bauprodukte, wenn Plattenbelag nach AGI S10/ S40 ausgeführt und Dichtschicht eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung besitzt, BRL A, Teil 1 lfd. Nr. 15.31 und 15.42 des DIBt	durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen nachgewiesen / DIN 28052- 6 / EN 14879-5, Medienlisten für Auskleidungswerkstoffe
Regelwerke gehen von zeitweiser bis ständiger Beaufschlagung (> 3 Monate) aus	Regelwerke gehen von zeitweiser bis ständiger Beaufschlagung (> 3 Monate) aus, bei zeitweiser Beaufschlagung 3 Beanspruchungsstufen (hoch, mittel, gering)
Durchdringung durch Gesamtelag wird ausgeschlossen	Durchdringung wird ausgeschlossen
Beton als Untergrund (Festigkeitsklasse mindestens C 25 nach DIN 1045) bzw. Zementestriche (Druckfestigkeitsklasse mindestens C 25 nach EN 13813)	Beton als Untergrund entsprechend DIN 28052-2/EN 14879, für die einzelnen Auskleidungsarten (vollflächig verklebt; mechanisch verankert; lose verlegt) unterschiedlich
zugelassen bis 0,25 mm Rissbreite; bis 0,5 mm Rissbreite bei speziellen Dichtwerkstoffen	alle normgerechten Auskleidungsarten können ohne weitere Nachweise Risse bis 0,5 mm überbrücken; bei lose verlegter Auskleidung können bis 1,5 mm Rissbreitenänderungen überbrückt werden
wird durch dauerhafte Dichtheit des kombinierten Belages ausgeschlossen	wird durch dauerhafte Dichtheit der Auskleidung ausgeschlossen
Einhaltung der Übereinstimmung geregelt und sichergestellt durch: - Zulassungsgrundsätze - Ausführung nur durch Fachbetrieb gemäß WHG § 19 I - Fremd- und Eigenüberwachung der Produkte - Technische Regeln	Einhaltung der Übereinstimmung geregelt und sichergestellt durch - Zulassungsgrundsätze - Ausführung nur durch Fachbetriebe gemäß WHG § 19 I - Fremd- und Eigenüberwachung der Produkte
Geregelt: Dichtschicht gemäß Zulassung während der Ausführung durch Sachverständigen, Regelabstand der Prüfung für Gesamtelag beträgt 3 Jahre	Geregelt: während der Ausführung durch Sachverständigen nach Wasserrecht, Übereinstimmungsnachweis Bauprodukt und Zulassung ("ÜZ"), Abnahme durch Sachverständigen
für Beaufschlagungsfall ausgelegt, kein zusätzlicher Aufwand	für Beaufschlagungsfall ausgelegt, kein zusätzlicher Aufwand
- neben zusätzlicher Dichtschicht auch zusätzlicher Plattenbelag	- zusätzliche Dichtschicht - bei vollständig verklebter Auskleidung Restfeuchte - Untergrund

Literatur

8 Literatur

- /1/ Arbeitsblatt DWA- A 786 „Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS) – Ausführung von Dichtflächen“, Deutsche Vereinigung Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Oktober 2005
- /2/ Arbeitsblatt S 10 „Schutz von Baukonstruktionen mit Plattenbelägen gegen chemische Angriffe“ der Arbeitsgemeinschaft Industriebau e.V. (AGI), August 2001
- /3/ Arbeitsblatt S 20 „Schutz von Baukonstruktionen mit Beschichtungssystemen gegen chemische Angriffe“ der Arbeitsgemeinschaft Industriebau e.V. (AGI), Februar 1993
- /4/ Arbeitsblatt S 40 „Chemisch beständige Bodenbeläge im Rüttelverfahren“ der AGI, Mai 1999
- /5/ DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ Oktober 2004
- /6/ DAfStb-Richtlinie – Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie); Ausgabe 2001-10
- /7/ Bauregelliste A des Deutschen Institut für Bautechnik, Teil 1 (Nr. 15.31;15.42)
- /8/ DIN 1045 „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton, Spannbeton“, Juli 2001
- /9/ DIN 18202 „Toleranzen im Hochbau – Bauwerke“, Oktober 2005
- /10/ DIN 28052 „Chemischer Apparatebau-Oberflächenschutz mit nichtmetallischen Werkstoffen für Bauteile aus Beton in verfahrenstechnischen Anlagen“, Teile 1-6
- /11/ DIN EN 1504 „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken“
- /12/ DIN V 18026 „Oberflächenschutzsysteme für Beton aus Produkten nach DIN EN 1504-2:2005-1, Juni 2006
- /13/ EN 13813 „Estrichmörtel und Estrichmassen, Eigenschaften und Anforderungen“, Januar 2003
- /14/ EN 14879 „Organic coating systems and linings for protection of industrial apparatus and plants against corrosion caused by aggressive media“, parts 1-5
- /15/ EN 206-1 „Beton – Teil 1 Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität“, Juli 2001
- /16/ Ettel, Diecke, Wolf, Bautenschutzaschenbuch, Verlag für Bauwesen, Berlin / München, 1992
- /17/ Knoblauch und Schneider: Bauchemie, Werner Verlag, Düsseldorf, 1987
- /18/ Richtlinie „Schwerer Korrosionsschutz in verfahrenstechnischen Anlagen“, Deutsche Bauchemie e.V., Fachverband der Säureschutzindustrie, Juni 2004
- /19/ Römpf, Chemikalienlexikon, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, Ausgabe 1995
- /20/ ZTV-ING „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten – Teil 3 Massivbau, Abschnitt 4: Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“, März 2003
- /21/ Zulassungsgrundsätze Beschichtungssysteme für Auffangwannen, Auffangräume und Flächen aus Beton in Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Flüssigkeiten, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)
- /22/ Zulassungsgrundsätze Fugenabdichtungssysteme in Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe (LAU-Anlagen), Teil 1 Fugenabdichtungssysteme –Fugendichtstoffe, Dezember 2003

Das vorliegende Merkblatt wurde im Arbeitskreis Fachpublikationen des FSI in Zusammenarbeit mit dem AK 5.8 „Korrosionsschutz in verfahrenstechnischen Anlagen“ der Deutschen Bauchemie e.V., Frankfurt am Main, erarbeitet.

Den Gremien gehören an:

FSI-Arbeitskreis Fachpublikationen

Dipl.-Chem. Christiane Arndt	Steuler-Industriewerke GmbH, Höhr-Grenzhausen
Dr. Joachim Baumann	Leipziger Säurebau GmbH, Leipzig
Dr. Wolfram Diecke	Steuler-Industriewerke GmbH, Höhr-Grenzhausen
Dr. Karl-Heinz Dunker	Steuler Industrieller Korrosionsschutz GmbH, Höhr-Grenzhausen
Dipl.-Ing. Hans Dekreon	DSB Säurebau GmbH, Königswinter
Dipl.-Ing. Wilfried Seiffert	KCH Group GmbH, Siershahn
Dipl.-Ing. Dieter Velte	Steuler Industrieller Korrosionsschutz GmbH, Höhr-Grenzhausen

AK 5.8 „Korrosionsschutz in verfahrenstechnischen Anlagen“ der Deutschen Bauchemie e.V., Frankfurt am Main:

Dipl.-Chem. Christiane Arndt <i>Obfrau</i>	Steuler Industriewerke GmbH, Höhr-Grenzhausen
Dr. Michael Grebner	StoCretec GmbH, Kriftel
Dr.-Ing. Peer Heine	MC-Bauchemie GmbH & Co., Bottrop
Dr.-Ing. Inga Hohberg	Deutsche Bauchemie e.V., Frankfurt am Main
Dipl.-Ing. Frank Huppertz	MC-Bauchemie GmbH & Co., Bottrop
Udo Dudda	maxit Deutschland GmbH, Datteln
Dr. Uwe von der Brüggen	Sika Deutschland GmbH, Stuttgart
Dipl.-Ing. Michael Vornhein	Caparol Farben Lacke Bautenschutz GmbH, Ober-Ramstadt

Bildnachweis:

DSB Säurebau GmbH Königswinter: Abb. 12, 14
 KCH GROUP GmbH: Abb. 8, 9, 15, 16, 19
 Leipziger Säureschutz GmbH: Abb. 4, 6, 7, 11, 17
 MC Bauchemie GmbH: Abb. 3
 Steuler Industrieller Korrosionsschutz GmbH: Abb. 1, 2, 5, 10, 13, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26



Fachverband der Säureschutzindustrie
Georg-Steuler-Straße
56203 Höhr-Grenzhausen
Telefon +49 (0) 2624 - 13209
Telefax +49 (0) 2624 - 13339

Deutsche Bauchemie e. V.
Karlstraße 21
60329 Frankfurt am Main
Telefon +49 (0) 69 - 2556 - 1318
Telefax +49 (0) 69 - 251609
www.deutsche-bauchemie.de

**Fachverband der
Säureschutzindustrie (FSI)**

DEUTSCHE BAUCHEMIE e.V.