

**Chemischer Angriff auf Betonbauwerke –
Bewertung und Schutzprinzipien**

Dr.-Ing. Björn Siebert
Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.

DAfStb-Jahrestagung
Düsseldorf, 26.11.2014

Kontakt des Betons mit aggressiven Stoffen

- Angriff in Böden und Grundwässern nach DIN 4030-1 bzw. EN 206-1/DIN 1045-2:

Einstufung gilt für	Expositionsklasse		
	XA1	XA2	XA3
– <u>permanent</u> chemisch angreifende Medien			< 4,5 und \geq 4,0
– in natürlichen <u>Böden und Wässern</u>	und \leq 3000		> 3000 und \leq 6000
– im Temperaturbereich von <u>5 °C bis 25 °C</u> und			> 3000 bis zur
– große Mengen <u>stehenden</u> oder <u>schwach fließenden</u>			Sättigung
Wassers	\geq 15 und \leq 30	> 30 und \leq 60	> 60 und \leq 100
Kalklösende Kohlensäure [mg/l]	\geq 15 und \leq 40	> 40 und \leq 100	> 100 bis zur Sättigung

→ Keine Berücksichtigung der Art aggressiver Stoffe und weiterer wesentlicher Einflussfaktoren

Problem 1: Unsicherheiten bei der Bewertung



- XA-Einstufung nach DIN 1045-2 grundsätzlich nur auf Böden und Grundwässer anwendbar (bodenspezifische Randbedingungen)
- Betonangreifende Stoffe in DIN 1045-2 für andere Bereiche des Betonbaus unvollständig
- Obergrenzen der XA-Einstufung, z. B. $\text{SO}_4^{2-} \leq 6.000 \text{ mg/l}$ und $\text{pH} \geq 4,0$

Problem 2: Keine einheitlichen Regeln für Schutzkonzepte



- Betontechnologische Maßnahmen für XA1 und XA2 nur bedingt ausreichend
→ Annahme des Planers: vollständiger Erhalt der Betonrandzone (mechanisch intakt!) bis zum Ende der geplanten Lebensdauer
- Schutzprinzipien für XA3 im Sinne von DIN 1045-2 nicht näher definiert
- Empfehlungen/Regelungen für anwendungsspezifische Schutzprinzipien in diversen Arbeitshilfen/Regelwerken
→ Zusammenstellung geeigneter Prinzipien fehlt

Ziel des neuen DBV-Merkblatts

Arbeitshilfe zur

- Bewertung einer projektspezifischen chemischen Angriffssituation auf Beton

sowie

- Planung und Ausführung von Schutzprinzipien



Beteiligte im DBV-Arbeitskreis

Bauunternehmen



Ingenieurbüro



Bauherren



Prüfstellen



Hersteller



Wissenschaft



Bauaufsicht



Erste Sitzung des AK: 5. November 2012

Anwendungsbereich des Merkblatts



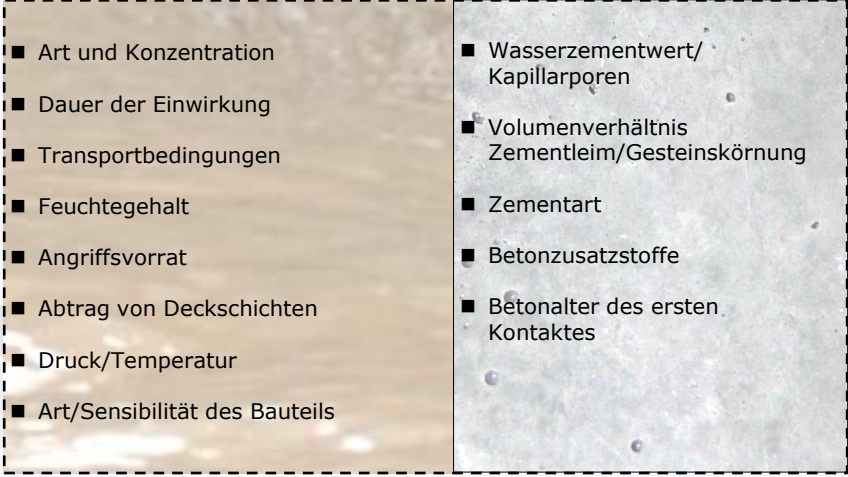
- Böden und Grundwässer
- Kraftwerksbau
- Abwasseranlagen
- Chemische Industrie
- Landwirtschaft
- Biogasanlagen
- Kleinbetriebe
- Flugflächen
- Schmelzwasserspeicher
- Trinkwasserbehälter
- Schwallwasserbeh.
- Müllbunker



Bewertung des Angriffsgrads


Hinweise zur Bewertung des Angriffsgrads

■ Einflussfaktoren auf Einwirkungs- und Widerstandsseite

- 
- Art und Konzentration
 - Dauer der Einwirkung
 - Transportbedingungen
 - Feuchtegehalt
 - Angriffsvorrat
 - Abtrag von Deckschichten
 - Druck/Temperatur
 - Art/Sensibilität des Bauteils
 - Wasserzementwert/
Kapillarporen
 - Volumenverhältnis
Zementleim/Gesteinskörnung
 - Zementart
 - Betonzusatzstoffe
 - Betonalter des ersten
Kontaktes

Hinweise zur Bewertung des Angriffsgrads

■ Bautechnische Einflussfaktoren

- 
- Risse
 - Stahleinbauteile
(Durchdringungen)
 - Fugen
 - weitere projekt-
/konstruktionsspezifische
Besonderheiten

Hinweise zur Bewertung des Angriffsgrads

■ Qualitative Einstufung diverser betonangreifender Stoffe nach Krenkler

Anorganische Säuren			Organische Säuren		
Name	Formel	Aggressive Wirkung	Name	Formel	Aggressive Wirkung
Flusssäure	HF _(aq)		Ameisensäure	HCOOH	
Kohlensäure	H ₂ CO ₃		Essigsäure	CH ₃ -COOH	
Phosphorsäure	H ₃ PO ₄		Gärflüssigkeiten	komplexes Stoffgemisch	
Salpetersäure	HNO ₃		Gerbsäure	komplexes Stoffgemisch	
Salzsäure	HCl _(aq)		Humussäure	komplexes	

kein = , schwach = , mittel = , stark =

Krenkler, K.: Chemie des Bauwesens – Band 1. Springer-Verlag, Berlin, 1980

Anwendungsspezifische Bewertung

■ Auswirkungen bei Abweichungen von normativer Einstufung

Einflussfaktor	Annahme bei XA-Einstufung nach DIN 1045-2	Mögliche Auswirkung bei Abweichungen von Annahme	
Art des angreifenden Stoffes	mögliche Stoffe in Böden und Grundwässern	ggf. abweichende Schädigungsmechanismen bei anderen betonangreifenden Stoffarten	+/-
Dauer der Einwirkung	permanent	temporär: geringerer Angriffsgrad	-
Fließgeschwindigkeit	stehend oder schwach fließend	strömend: höherer Angriffsgrad	+
Feuchtegehalt in Betonrandzone	gesättigt (Diffusion)	zyklisch: kapillares Saugen u. Diffusion	+/- ¹⁾
Angriffsvorrat	in großen Mengen	begrenzt: ggf. zeitliche Beschränkung des Angriffs	(-)
Temperatur	5 °C bis 25 °C	> 25 °C: Beschleunigung der lösenden Reaktionen	+
		> 40 °C: Auswirkung auf Ettringitbildung	-
		< 12 °C: Auswirkungen auf Thaumasitbildung	+
Frostzyklen	keine	vorhanden: beschleunigte Betonkorrosion durch Gefügeschädigung	+
Abrasion	keine	vorhanden: beschleunigte Betonkorrosion durch Abtrag von Schutzschichten	+



Schutzprinzipien

Besondere Schutzprinzipien bei \geq XA3



Schutzprinzipien

Stoffliche Maßnahmen

- Opferbeton
- Beton nach leistungsbezogenem Entwurfsverfahren
- Polymerbeton
- Beton mit alkalisch aktivierten Bindemitteln (Geopolymer)

Schutzschichten

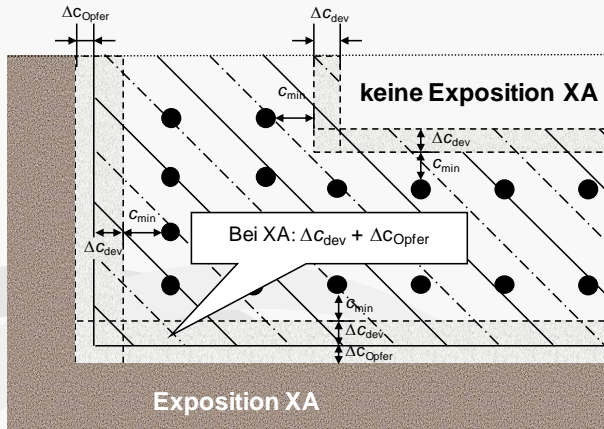
- Hydrophobierung
- OF-Verfestigung
- Beschichtung
- OF-Bekleidung

ggf. Monitoring/Inspektionsplan

Qualitätssicherung / Güteüberwachung

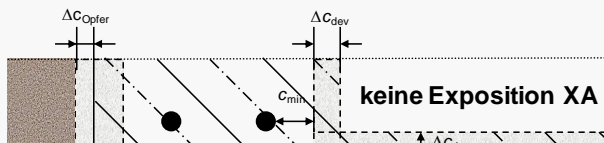
Besondere Schutzprinzipien bei $\geq XA3$

- Beispiel: Opferbeton (z. B. bei unzugänglichen/erdberührten, „robusten“ Bauteilen)

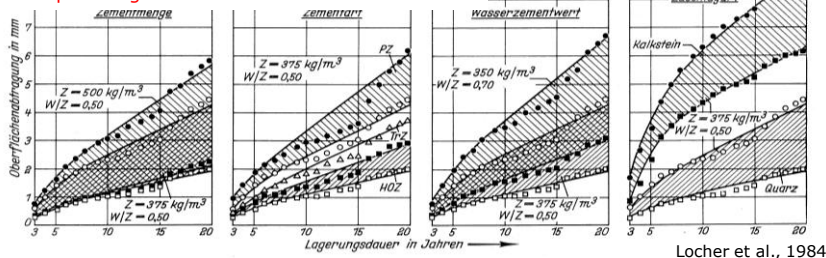


Besondere Schutzprinzipien bei $\geq XA3$

- Beispiel: Opferbeton (z. B. bei unzugänglichen/erdberührten, „robusten“ Bauteilen) → Vorhersagemodell erforderlich!

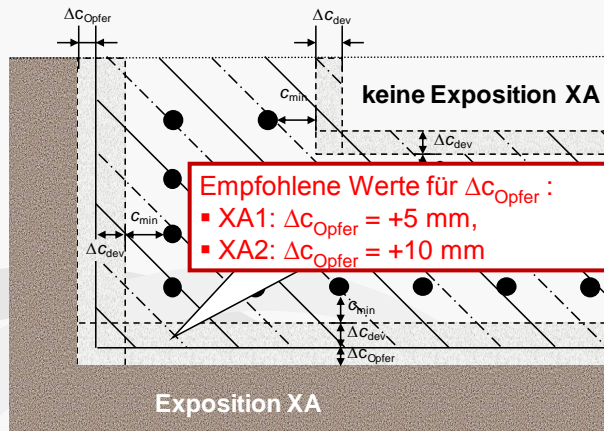


Beispiel: Angriff durch kalklösende Kohlensäure



Besondere Schutzprinzipien bei $\geq XA3$

- Beispiel: Opferbeton (z. B. bei unzugänglichen/erdberührten, „robusten“ Bauteilen) → Vorhersagemodell erforderlich!



Besondere Schutzprinzipien bei $\geq XA3$

- Beispiel: Beschichtungen

Leistungsmerkmal		EP	PUR	PUA	PMMA	UP	PCC	ECC	Silikat- mörtel
Chemischer Widerstand	pH < 2	H	H	H	M	H	L	M	H
	pH > 11	H	M	M	M	M	H	H	L
	Kalkl. CO ₂	H	H	H	H	H	L	M	H
	Sulfat	H	H	H	H	H	M	H	H
	Anorg.Säuren	M-H	H	H	M	M-H	L	L	M-H
	Org. Säuren	M	M	M	M	M	L	L	M
	Laugen	H	M	M	M	M	H	H	M
Mechanischer Widerstand	Org. Lösemittel	M	L-M	M	L	L-M	M	M	M-H
		H	M-H	H	M ¹⁾	M	L	M	M
Toleranz gegenüber Untergrund- feuchte		M	L-M	M	L	L	H	H	H
Rissüber- brückungs- fähigkeit		L	M-H	M-H	L-M	L	L	L	L

Leistungsfähigkeit von Beschichtungsmaterialien:

„H“ = hoch, „M“ = mittel, „L“ = niedrig

Zusammenfassung



Betonbau unter chemischem Angriff auf Beton

- Diverse Quellen betonaggressiver Stoffe in Böden und Grundwässern sowie aus der Nutzung

- Voraussetzung für Bewertung:
 - Verständnis über spezifische Schädigungsmechanismen und wesentliche Einflussfaktoren auf Einwirkungs- und Widerstandsseite
 - ausreichend umfangreiche Datenbasis zur Einwirkung

- Festlegung geeigneter Schutzprinzipien v. a. unter Berücksichtigung von:
 - Intensität und Dauer des Angriffs
 - Bauwerks-/Bauteileigenschaften (Zugänglichkeit, Standsicherheit/Gebrauchstauglichkeit)

Ausblick



- Fortsetzung der Arbeiten im DBV-Arbeitskreis „Chemischer Angriff auf Beton“

- Nächstes Ziel: Empfehlungen für
 - Prüfverfahren zur Beurteilung der angreifenden Umgebung
 - Prüfverfahren und Bewertungskriterien für Betone mit erhöhtem chemischem Widerstand in Abhängigkeit des Anwendungsbereichs
 - Zustandsanalyse/Monitoring von Bauwerken unter chemischem Angriff



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dr.-Ing. Björn Siebert
Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.
Kurfürstenstraße 129
10785 Berlin