

## Betontechnologische Grundsätze bei Planung, Bau und Instandsetzung von Trinkwasserbehältern

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Breit  
Technische Universität Kaiserslautern

Landesgütegemeinschaft für Bauwerks- und Betonerhaltung  
Rheinland-Pfalz/Saarland e.V.  
Kaiserslautern, 28. April 2009

Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen  
Gottlieb-Daimler-Straße, Gebäude 60  
67663 Kaiserslautern



## Trinkwasser aus Beton

Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe

Landesgütegemeinschaft für Bauwerks- und Betonerhaltung Rheinland-Pfalz/Saarland e.V., 28. April 2009, Kaiserslautern

### Technische Anforderungen

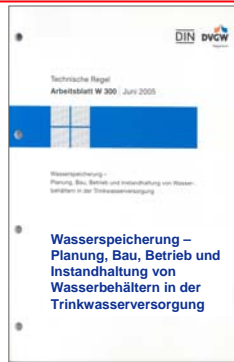
#### DVGW -Regelwerk

Technische Regel  
Arbeitsblatt W 300  
(inkl. DIN EN 1508)

Ausgabe Juni 2005

Ersetzt

DVGW-Arbeitsblatt W 311:1988-02  
Planung und Bau von Wasserbehältern -  
Grundlagen und Ausführungsbeispiele



Landesgütegemeinschaft für Bauwerks- und Betonerhaltung Rheinland-Pfalz/Saarland e.V., 28. April 2009, Kaiserslautern

### 5.2 Funktionelle Anforderungen

#### 5.2.1.2 Baustoffe

Für die Bauteile der Wasserkammern und für die von dem gespeicherten Wasser benetzten Oberflächen müssen Materialien verwendet werden, die entsprechende Prüfungsanforderungen erfüllen und die verhindern, dass das gespeicherte Wasser den EU-Richtlinien oder EFTA-Vorschriften nicht entsprechen kann. **Beton- und Zementmörtel erfüllen im Allgemeinen diese Auflagen, besondere Sorgfalt muss jedoch auf den Einsatz von Zusatzmitteln verwendet werden.** Um eine spätere Reinigung zu erleichtern und Bakterienwachstum zu vermeiden, müssen die **Innenoberflächen so glatt und porenfrei wie möglich sein. Das kann durch hochwertige Betonherstellung oder durch die Anwendung von geeigneten Beschichtungen oder Auskleidungen erreicht werden.**



Landesgütegemeinschaft für Bauwerks- und Betonerhaltung Rheinland-Pfalz/Saarland e.V., 28. April 2009, Kaiserslautern

### 5.2 Funktionelle Anforderungen

#### 5.2.1.2 Baustoffe

Weitere grundsätzliche Hinweise  
auf Anforderungen aus

- DVGW W 347  
Hygienische Anforderungen
- DVGW W 270  
Mikrobiologischer Nachweis
- KTW-Empfehlungen (Kunststoff-  
Trinkwasser-Empfehlungen)  
abgelöst durch
- UBA-Leitlinien



Landesgütegemeinschaft für Bauwerks- und Betonerhaltung Rheinland-Pfalz/Saarland e.V., 28. April 2009, Kaiserslautern

### 6.4 Konstruktive Anforderungen

#### 6.4 Statische Bearbeitung

##### 6.4.1.1 Standsicherheit

➔ DIN 1045 Beton, Stahlbeton  
und Spannbeton  
Teil 1: Bemessung  
Teil 2: Beton

➔ DIN EN 206-1 Beton

➔ DAFStb-Richtlinie „Wasser-  
undurchlässiger Beton“



Landesgütegemeinschaft für Bauwerks- und Betonerhaltung Rheinland-Pfalz/Saarland e.V., 28. April 2009, Kaiserslautern

## 6.4 Konstruktive Anforderungen

### 6.4 Statische Bearbeitung 6.4.1.2 Gebrauchstauglichkeit

Dauerhaftigkeit ist nach DIN 1045-1 sicherzustellen

➔ Dauerhafter Korrosionsschutz der Bewehrung:

Betondeckung der Wasserkammern  
Expositionsklassen (XC4, XM1)

XC4 = 25 mm

XM1 = 5 mm

$\Delta c = 15$  mm

innen:  $c_{min} \geq 30$  mm  
 $c_{nom} \geq 45$  mm



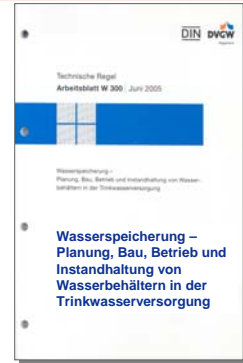
## 6.6 Baustoffe

### 6.6.1 Beton 6.6.1.1 Allgemeine Hinweise

➔ DIN 1045 Beton, Stahlbeton und Spannbeton

➔ DIN EN 206-1 Beton

- äquivalenter Wasserzementwert  $(w/z)_{eq} \leq 0,50$
- Wassereindringtiefe nach DIN EN 12390-8  $e \leq 30$  mm
- ➔ Betonfestigkeitsklasse C 30/37
- Konsistenz nicht steifer als F3 ( $a = 42 - 48$  cm)
- Mehlkorngehalt 360 – 380 kg/m<sup>3</sup>



## Expositionsklassen

Expositionsklassen	XC4 wechselnd nass/trocken	XM1 mäßig	SOLL
max w/z	0,60	0,55	0,50
min $f_{ck}$	C25/30	C30/37	C30/37
min z [kg/m <sup>3</sup> ]	280 (270)	300 (270)	keine Angabe
Andere Anforderungen	-	-	-

### 5.5.3 Wassereindringwiderstand

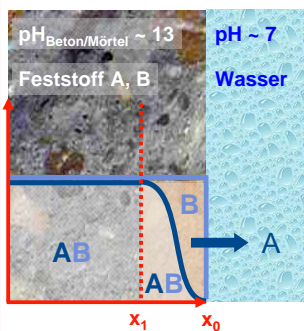
Wenn der Beton einen hohen Wassereindringwiderstand haben muss, so muss er

- bei Bauteildicken bis 0,40 m einen Wasserzementwert  $w/z \leq 0,60$  sowie mindestens einen Zementgehalt von 280 kg/m<sup>3</sup> (bei Anrechnung von Zusatzstoffen 270 kg/m<sup>3</sup>) aufweisen. Die Mindestdruckfestigkeitsklasse C25/30 ist einzuhalten.

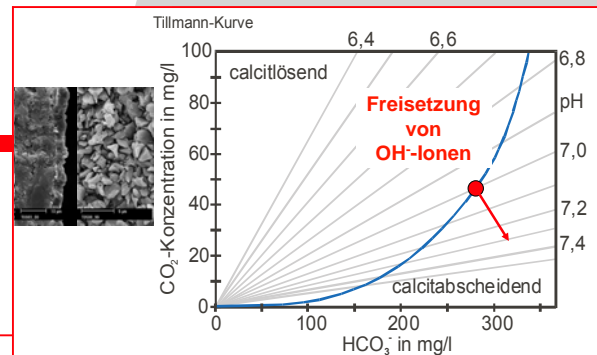
## Wieso funktioniert Beton/Mörtel im Kontakt mit Trinkwasser ?



## Inkongruentes Zersetzungsverhalten



## Hydrolyseverhalten von Zementstein



## 6.6 Baustoffe

6.6.1.2	Zement	DIN EN 197-1, DIN 1164, allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
6.6.1.3	Gesteins- körnung	DIN EN 12620 empfohlene Sieblinie A/B16 oder A/B32
6.6.1.4	Zusatzmittel	DIN EN 934, allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
6.6.1.5	Zusatzstoff	DIN EN 450, allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
6.6.1.6	Wasser	DIN EN 1008, Trinkwasser
6.6.1.x	Betonstahl, weitere Baustoffe und Einbauteile (z. B. Fugenbänder, Fugenbleche, ...)	

## Technische Anforderungen

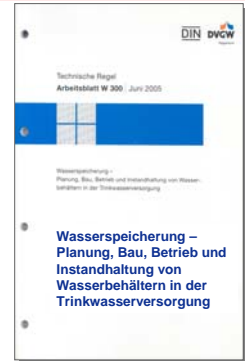
### DVGW -Regelwerk

Technische Regel  
Arbeitsblatt W 300  
(inkl. DIN EN 1508)

- Hygienische Anforderungen
  - physiologische
  - mikrobiologische
  - toxikologische

➡ DVGW Arbeitsblatt W 347

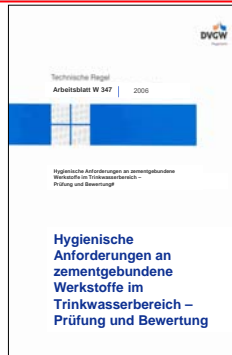
➡ DVGW Arbeitsblatt W 270



## Technische Regeln der DVGW

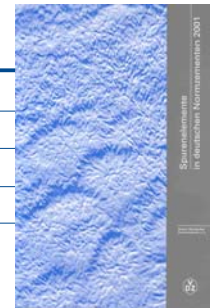
„... Zementgebundene Werkstoffe haben sich für den Bau und Betrieb von Anlagen der Trinkwasserversorgung hinsichtlich ihrer technischen Eigenschaften und trinkwasserhygienischen Unbedenklichkeit bewährt. Eingesetzt werden können Zemente nach ...“

Die hygienische Eignung von zementgebundenen Werkstoffen kann am **fertigen Produkt** oder für die **einzelnen Ausgangsstoffe** nachgewiesen werden.

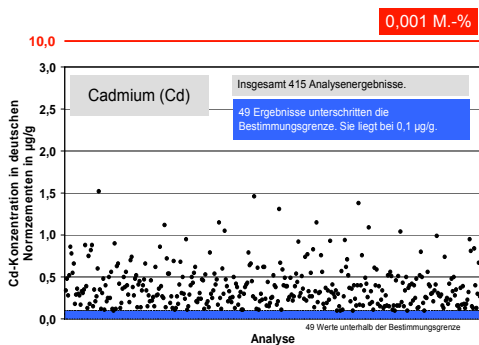


## Spurenelemente

Element	Gesamtgehalt im Zement in M.-%
Arsen (As)	0,01
Blei (Pb)	0,05
Cadmium (Cd)	0,001
Chrom (Cr)	0,05
Nickel (Ni)	0,05



## Spurenelemente – Cadmium (Cd)



## Migrationsprüfung



aus Produkten  
(z. B. Rohre oder  
Formstücke)

Mörtel- oder  
Betonprüfkörper

### Migrationsprüfung



- Färbung
- Trübung
- Geruch
- Neigung zur Schaumbildung

### Migrationsprüfung - Abgabemenge

Element	Abgabemenge in mg·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup>
Arsen (As)	0,05
Blei (Pb)	0,1
Cadmium (Cd)	0,05
Chrom (Cr)	0,3
Nickel (Ni)	0,2
Lithium (Li)	0,3

### Technische Anforderungen

#### DVGW -Regelwerk

Technische Regel  
Arbeitsblatt W 300  
(inkl. DIN EN 1508)

- Hygienische Anforderungen
    - physiologische
    - mikrobiologische
    - toxikologische
- ➔ DVGW Arbeitsblatt W 347  
➔ DVGW Arbeitsblatt W 270



### Mikrobiologische Prüfung

- bei **organischen Bestandteilen** in
- Zusatzstoffe
  - Zusatzmitteln
  - Pigmente
  - Fasern
  - Bauhilfsstoffe



### Technische Anforderungen

#### DVGW -Regelwerk

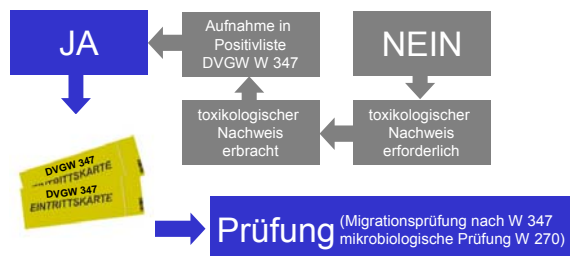
Technische Regel  
Arbeitsblatt W 300  
(inkl. DIN EN 1508)

- Hygienische Anforderungen
    - physiologische
    - mikrobiologische
    - toxikologische
- ➔ DVGW Arbeitsblatt W 347  
➔ DVGW Arbeitsblatt W 270



### „Positivliste (ohne toxikologische Prüfung) nach DVGW Arbeitsblatt W 347

#### Positivliste (Anhang A)



- 1 Anorganische Zusatzstoffe
- 2 Organische Zusatzstoffe
- 3 Zusatzmittel - Anorganische Bestandteile
- 4 Zusatzmittel - Organische Bestandteile
- 5 Pigmente
- 6 Fasern
- 7 Bauhilfsstoffe
- 8 Hilfsstoffe in Pos. 1-7
- 9 Aufnahme neuer Produkte in die Positivliste
- 10 Prüfzeugnis und Gültigkeitsdauer



6.6.1.3 Gesteinskörnungen

DIN EN 12620

(z. B. Kornform, Festigkeit, Widerstand gegen Frost und den Gehalt an schädlichen Bestandteilen)



- Für die Herstellung trinkwasserberührter Bauteile ist ein Beton zu verwenden, dessen Gesteinskörnungen praktisch frei von organischen Bestandteilen (z. B. Holzeinschlüsse) und anderen minderfesten Bestandteilen mit geringer Rohdichte sind, weil diese Bestandteile beim Betonieren aufschwimmen und zu einer mangelhaften Oberfläche führen können.

- Zweckmäßig Sieblinien A/B 16 oder A/B 32

6.6.1.3 Gesteinskörnungen

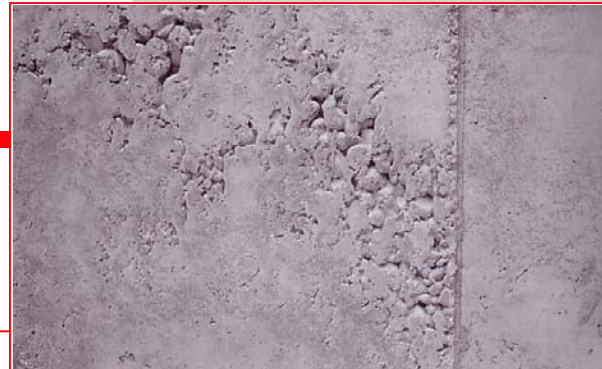
Anteil leichtgewichtiger organischer Verunreinigungen

- „feine Gesteinskörnung“  $\leq 0,5$  M.-% betragen (Kategorie  $Q_{0,50}$ )
- bei allen anderen Gesteinsfraktionen  $\leq 0,1$  M.-% betragen (Kategorie  $Q_{0,10}$ )
- für erhöhte Anforderungen (z. B. ZTV-ING) Kategorien  $Q_{0,25}$  bzw.  $Q_{0,05}$
- Anmerkung: Einige Bestandteile der Gesteinskörnungen können, falls sie dicht unter der Betonoberfläche liegen, die Oberflächenbeschaffenheit des Betons nachteilig beeinflussen, indem sie Fleckenbildung, Verfärbungen, Quellen oder Aussprengungen verursachen. Reaktive Eisensulfide und Braunkohle sind zwei Beispiele für Stoffe, die sich im Beton in dieser Weise auswirken.

DVGW -Regelwerk

Technische Regel  
Arbeitsblatt W 300  
(inkl. DIN EN 1508)

- glatte, porenfreie, reinigungs- freundliche Oberflächen
- dauerhafte Oberflächen
- ästhetisch ansprechende Oberflächen



### Ästhetisch ansprechende Oberflächen?



Landesgülegemeinschaft für Bauwerks- und Betonhaltung Rheinland-Pfalz/Saarland e.V., 28. April 2009, Kaiserslautern

### Ästhetisch ansprechende Oberflächen? Fachgerechte Instandsetzung?



Landesgülegemeinschaft für Bauwerks- und Betonhaltung Rheinland-Pfalz/Saarland e.V., 28. April 2009, Kaiserslautern

### Korrosionsschäden in TW-Behältern



Arbeitsblatt W 311/ Merkblatt W 312  
keine technischen Anforderungen an  
zementgebundene Mörtel

Landesgülegemeinschaft für Bauwerks- und Betonhaltung Rheinland-Pfalz/Saarland e.V., 28. April 2009, Kaiserslautern

### Ergebnisse schadhafter Behälter

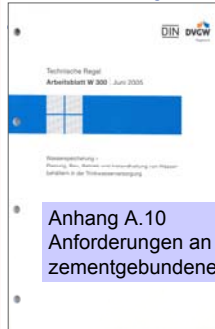


- Erscheinungsform: braune Flecken, die sich mit der Zeit vergrößern und bei entsprechender Häufigkeit ineinander übergehen
- nur bei "mineralischen Dünnbeschichtungen"
- Flecken nur auf dem Boden sowie im unteren Wand- und Stützenbereich  
➔ Einfluss des Wasserdrucks
- bevorzugt auf porösen Untergründen
- keine toxischen Bakterien vorhanden
- keine Korrosion an den Oberflächen des Betonuntergrunds

Landesgülegemeinschaft für Bauwerks- und Betonhaltung Rheinland-Pfalz/Saarland e.V., 28. April 2009, Kaiserslautern

### Technische Anforderungen

Ziel: Herstellung dauerhafter Oberflächen



Landesgülegemeinschaft für Bauwerks- und Betonhaltung Rheinland-Pfalz/Saarland e.V., 28. April 2009, Kaiserslautern

### Technische Anforderungen

Ziel: Herstellung dauerhafter Oberflächen

- äquivalenter Wasserzementwert  $(w/z)_{eq} \leq 0,50$
- Begrenzung des zulässigen Gesamtporenvolumens (bestimmt mit der Quecksilberdruckporosimetrie gemäß DIN 66133 bis 2000 bar nach 24-stündiger Vakuumtrocknung)  
 $P_{28d} \leq 12 \text{ Vol.-%}$  nach 28 d Wasserlagerung  
 $P_{90d} \leq 10 \text{ Vol.-%}$  nach 90 d Wasserlagerung
- Frischmörtel-Luftgehalt für  
 $0,40 \leq (w/z)_{eq} \leq 0,50 \Rightarrow P_L \leq 5 \text{ Vol.-%}$   
 $(w/z)_{eq} \leq 0,40 \Rightarrow P_L \leq 8 \text{ Vol.-%}$   
 (soweit mit Druckausgleichsverfahren messbar)



Landesgülegemeinschaft für Bauwerks- und Betonhaltung Rheinland-Pfalz/Saarland e.V., 28. April 2009, Kaiserslautern

## Technische Anforderungen

- DVGW -Regelwerk**

Technische Regel  
Arbeitsblatt W 300  
(inkl. DIN EN 1508)

- DVGW -Regelwerk**

Technische Regel  
Merkblatt W 312

**Ausgabe November 1993**

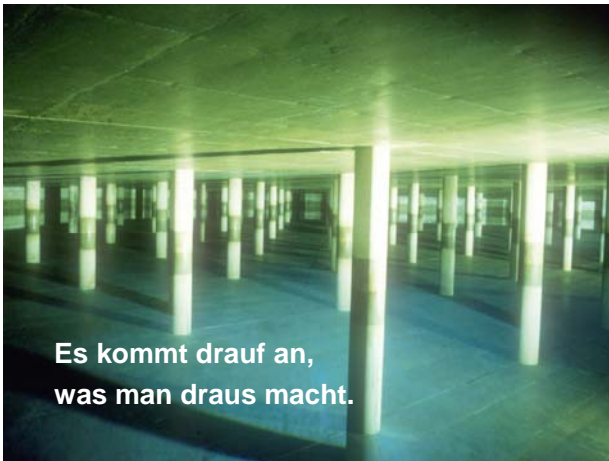


## Zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich – Regelwerk der DVGW

### Quo vadis ?



- 2010 **201x W 300** Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Wasserbehältern
- 2010 **201x W 312** Wasserbehälter – Maßnahmen zur Instandhaltung
- 05/2006 **W 347** Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe
- 06/2005 **W 300** Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Wasserbehältern
- 03/2004 **W 316** Instandsetzung – Qualifikationen Fachunternehmen, -aufsicht, -personal
- 10/1999 **W 347** Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe
- 11/1993 **W 312** Wasserbehälter – Maßnahmen zur Instandhaltung
- 02/1988 **W 311** Planung und Bau von Wasserbehältern
- 09/1976 **W 311** Planung und Bau von Wasserbehältern



Es kommt drauf an,  
was man draus macht.