

TRINKWASSERBEHÄLTER AUS ZEMENTGEBUNDENEN WERKSTOFFEN

ERSTELLUNG, INSTANDHALTUNG UND HYGIENISCHE ANFORDERUNGEN

Dr.-Ing. Wolfram Kämpfer
MFA an der Bauhaus-Universität Weimar

WaBoLu-Wasserkurs 2019, UBA Berlin 2019

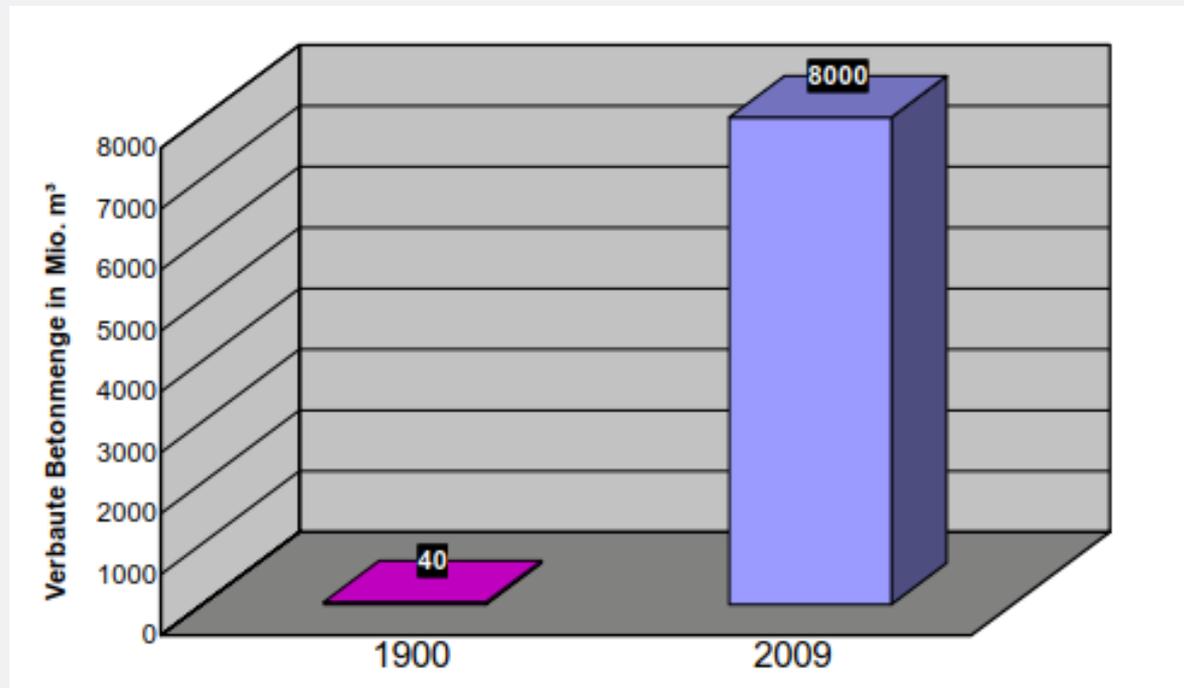
Im Dienste der Wirtschaft und der öffentlichen Sicherheit



- **Forschung**
 - **Prüfung, Überwachung und Zertifizierung**
 - **Beratung und Begutachtung**
 - **Weiterbildung im Betonbau**
-
- Amtliche Prüfstelle im Freistaat Thüringen
 - Akkreditiertes Prüflaboratorium (notified body) für mehr als 400 Prüfverfahren und 150 Bauprodukte
 - Anerkannte Forschungsstelle mit Schwerpunkt „Life-Cycle Material Engineering“

Klimafreundliche Zemente für nachhaltige Betone

- 12 Mrd. m³ Beton jährlich verbaut (2017)
- Nach Wasser das am meisten genutzte Material auf der Erde
- Zementproduktion weltweit 4,8 Mrd. t (2017)
- 8 % der weltweiten CO₂-Emissionen fallen auf die Zementherstellung



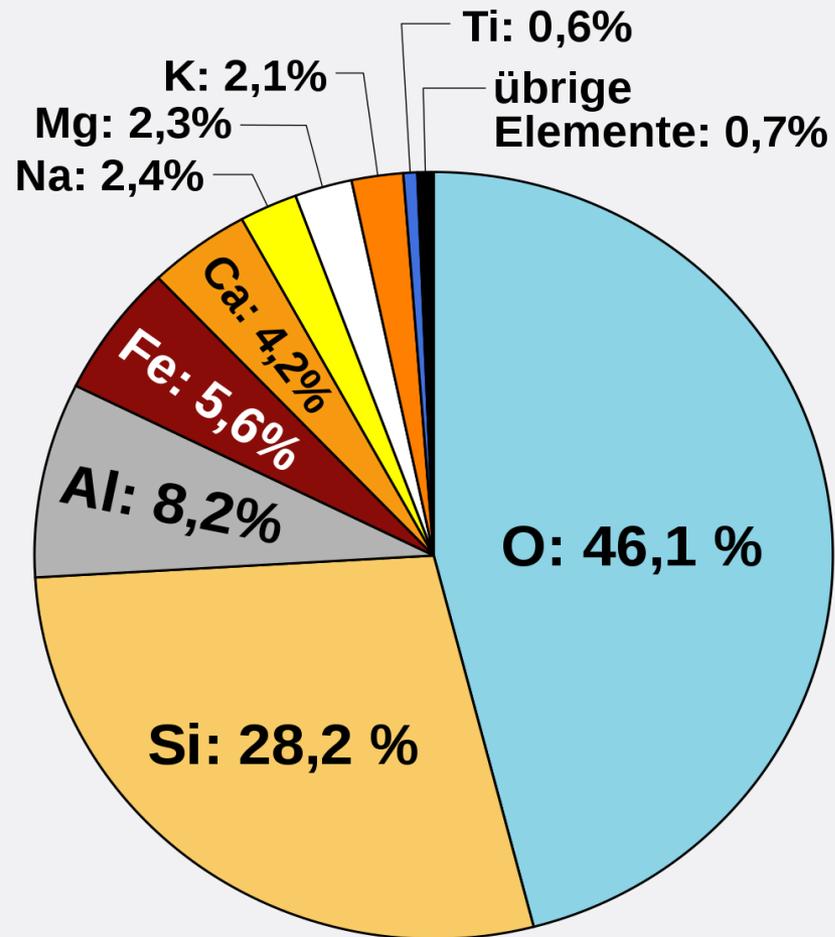
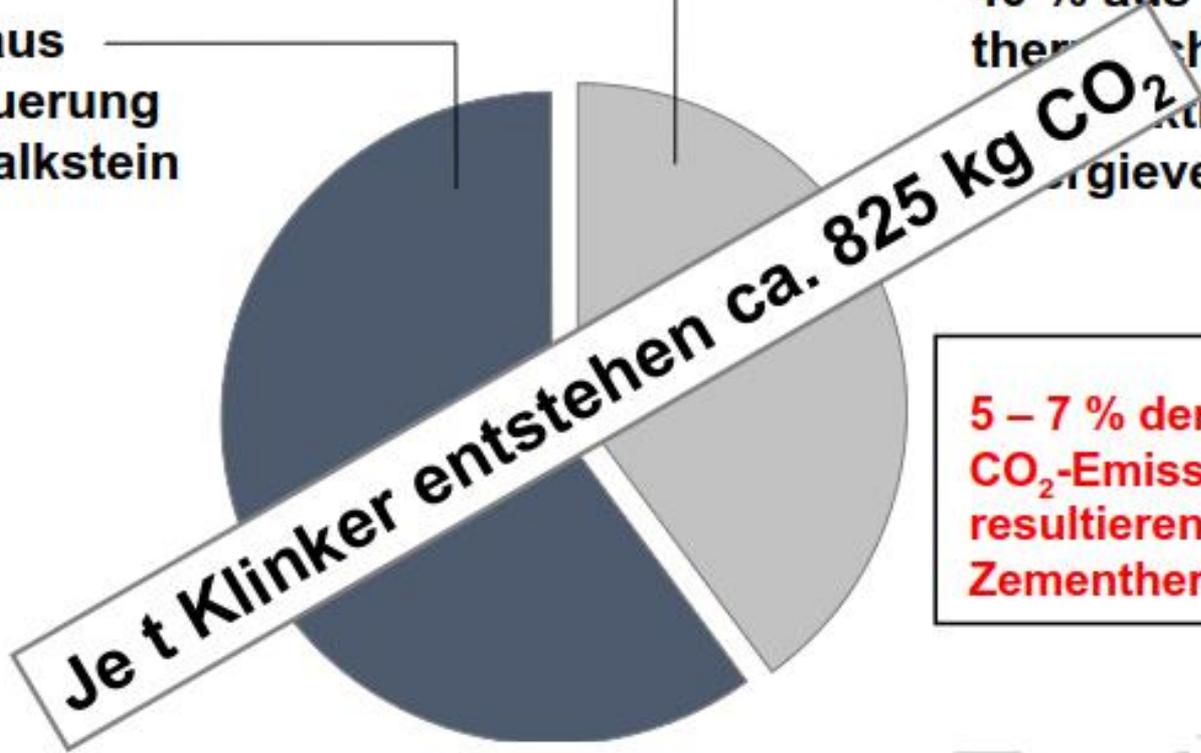


Abb. 1 - 01
Verteilung der chemischen Elemente an der Erdkruste [WIKIPEDIA, 2019]

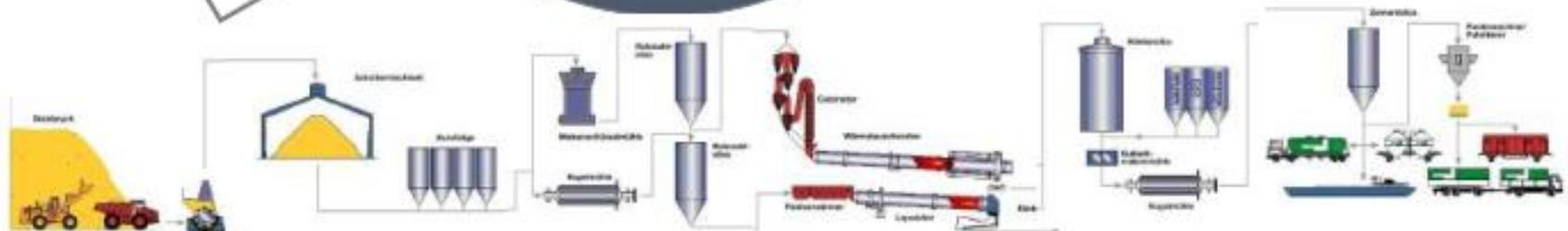
CO₂-Emissionen bei der Zementherstellung

60 % aus
Entsäuerung
von Kalkstein

40 % aus
thermischem
elektrolytischem
Energieverbrauch



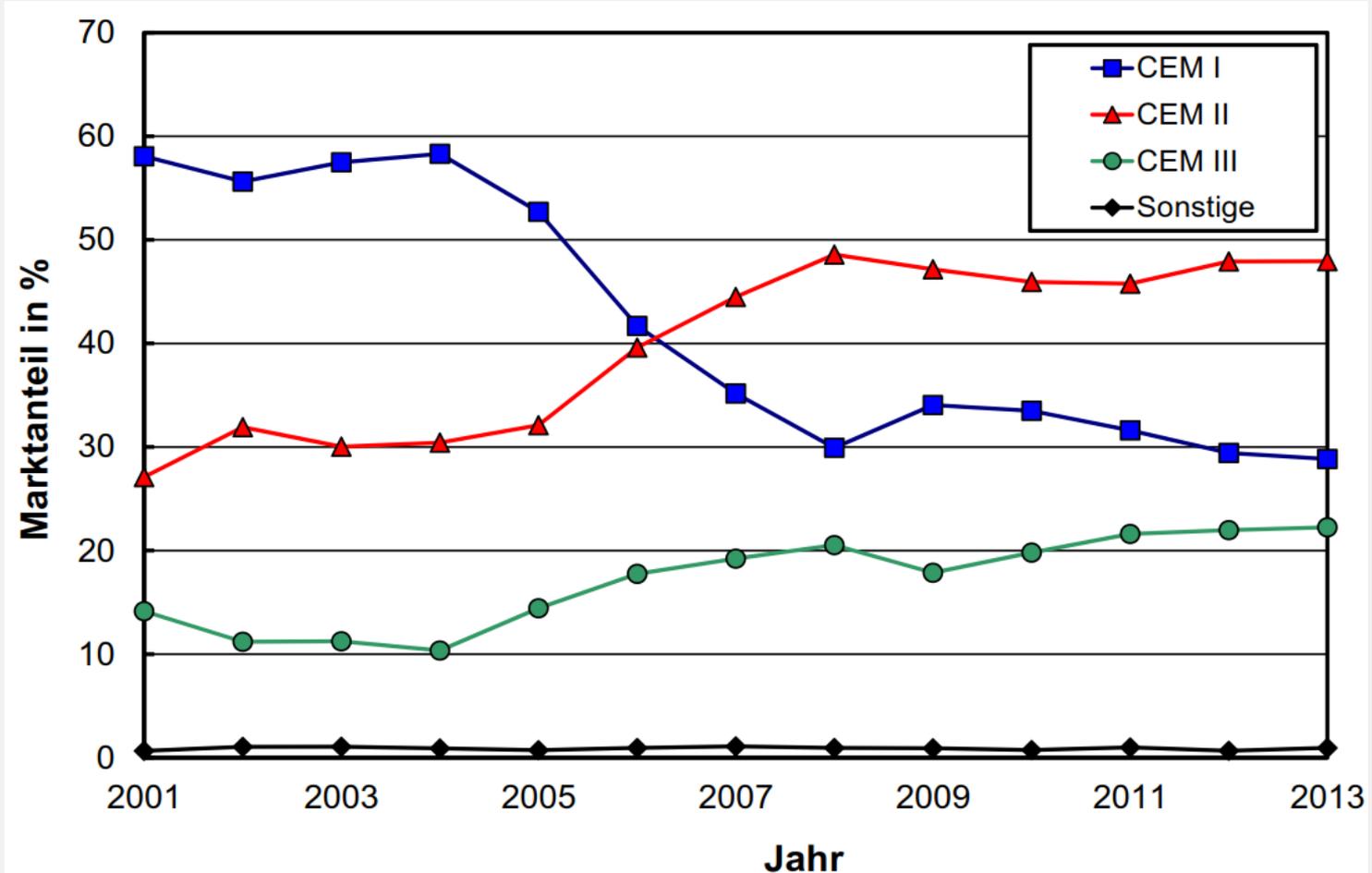
5 – 7 % der weltweiten
CO₂-Emissionen
resultieren aus der
Zementherstellung



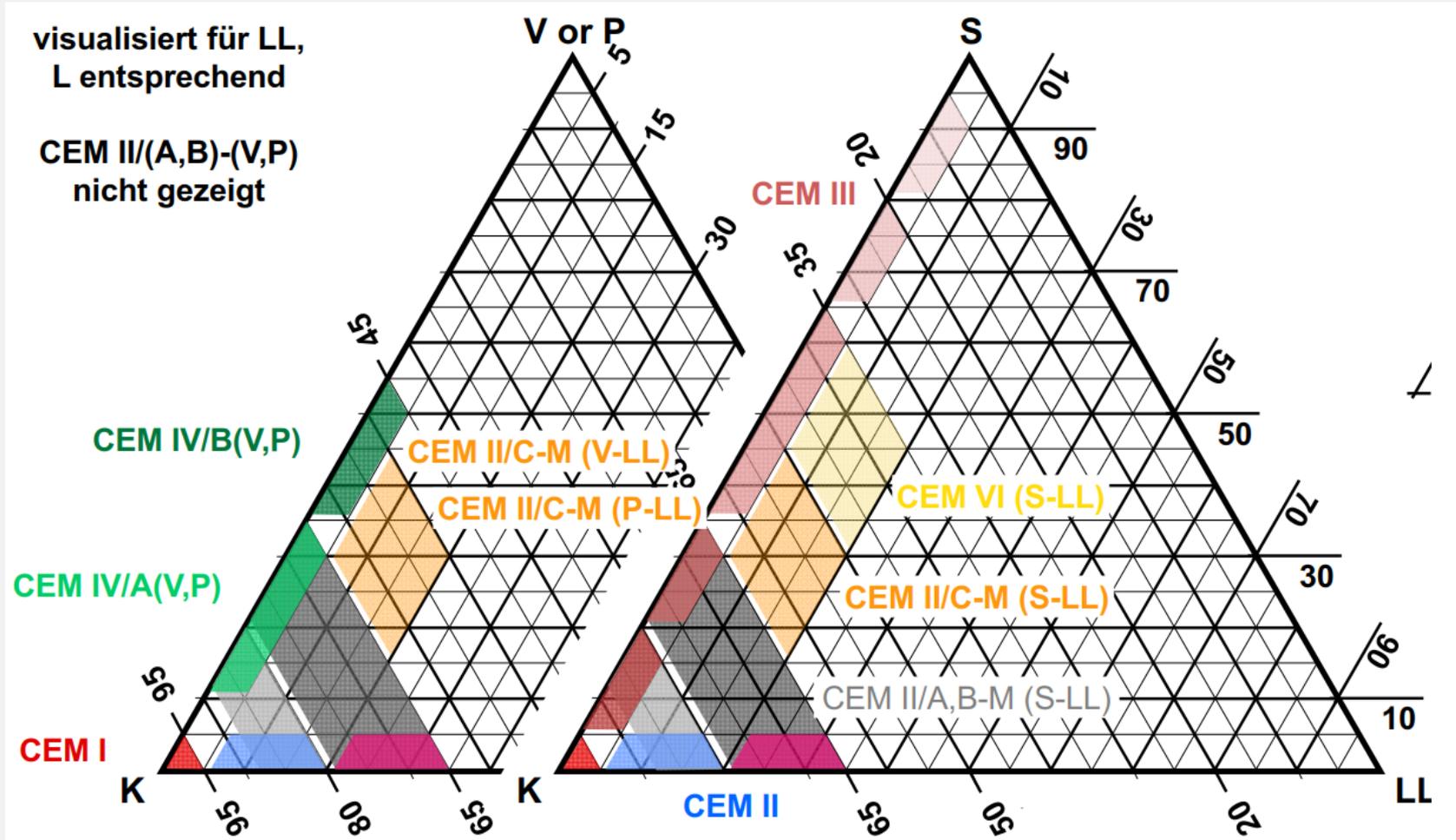
Strategien zur CO₂-armen Zementherstellung

- Verfahrenstechnische Optimierung (Senkung thermischer, elektrisch bedingter Emissionen)
- Substitution fossiler Brennstoffe (Sekundärbrennstoffe)
- Verstärkter Einsatz von Kompositmaterial wie Hüttensand, Kalkstein, Metakaolin, Microsilica oder Flugasche (Senkung rohstoffbedingter Emissionen)
- Suche nach alternativen Bindemitteln

Marktanteile unterschiedlicher Zemente 2001 bis 2013



Neue Zementklassen nach EN 197-1



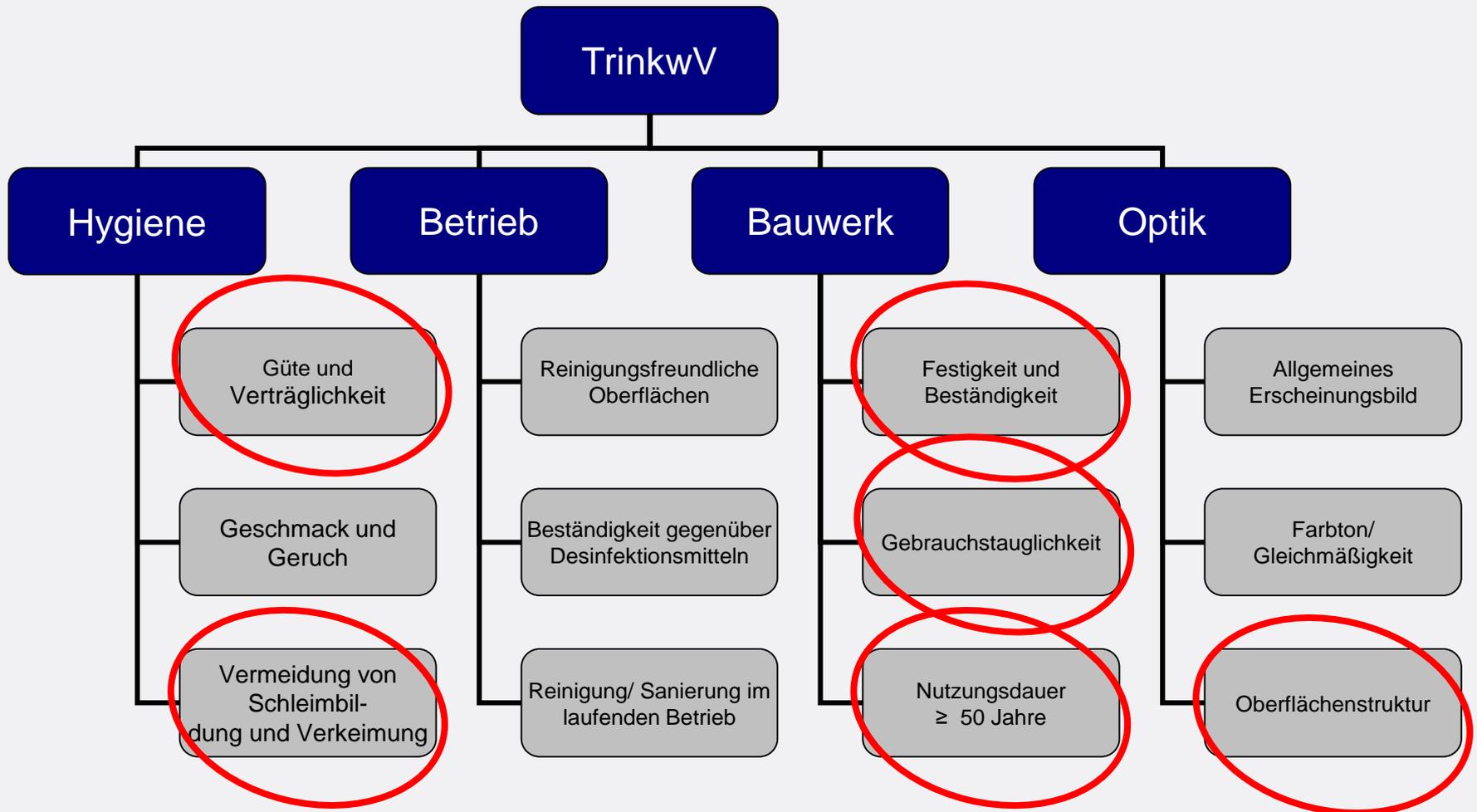
Alternative Bindemittel

- Kalziumaluminat-/Kalziumsulfoaluminatzement, Belitzement, Sulfathüttenzement
- Magnesiumbasierte Zemente
- Alkalisch aktivierte Bindemittel AAB (Hüttensande, Flugaschen, Metakaoline, calcinierte Tone.....)
- Geopolymere GP (wasserglasgebundene Systeme)

Inhalt

1. Anforderungen an Trinkwasserbehälter
2. Statistische Daten zur Trinkwasserspeicherung
3. Relevante Schadensmechanismen in TWB
4. Wasserbehälter – Grundsatzanforderungen
5. Typische Schadensbilder in Wasserkammern
6. Auskleidungs- und Beschichtungssysteme
7. Hygienische Anforderungen an zementäre Werkstoffe

1. Anforderungen an Trinkwasserbehälter





Schnellfilterhalle TWA Sipplinger Berg [BWV, 2006]



Inbetriebnahme Scheitelbehälter Liptingen, Wasserkammer 2 mit 50.000 m³ [BWV, 2007]



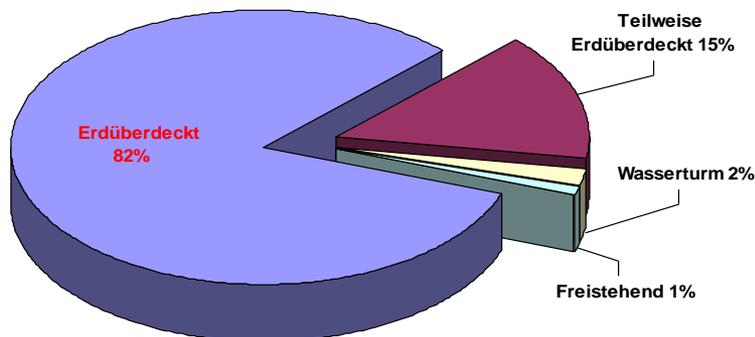
Inbetriebnahme Scheitelbehälter Liptingen, Wasserkammer 2 mit 50.000 m³ [BWV, 2007]

2. Statistische Daten zur Trinkwasserspeicherung

11.700 Trinkwasserspeicher – Gesamtvolumen 18,3 Mio. m³ [DVGW, 2013], daraus resultieren:

- durchschnittliches Behältervolumen 1.560 m³
- ca. 12 Mio. m² Bauteiloberflächen Wasserkammern
- bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren werden 240.000 m² Bauteiloberflächen /Jahr beschichtet/ausgekleidet.

Behälteranordnung



Grundkonstruktionen

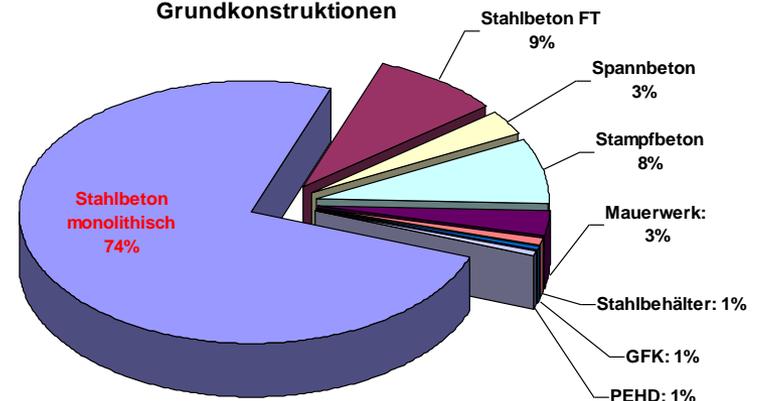


Abb. 2 - 01
Behälteranordnung [DVGW, 2004]

Abb. 2 - 02
Baukonstruktion [DVGW, 2004]

Anzahl der Wasserkammern nach Volumen

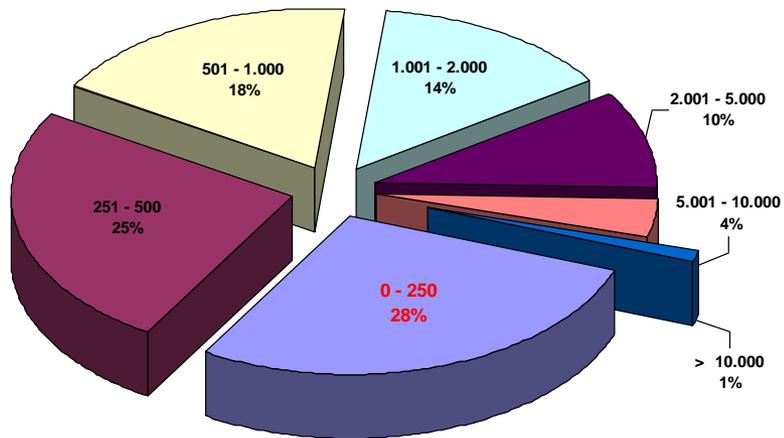


Abb. 2 - 03
Durchschnittliches Volumen je Wasserkammer
[DVGW, 2004]

Altersstruktur Trinkwasserspeicher > 5.000 m³

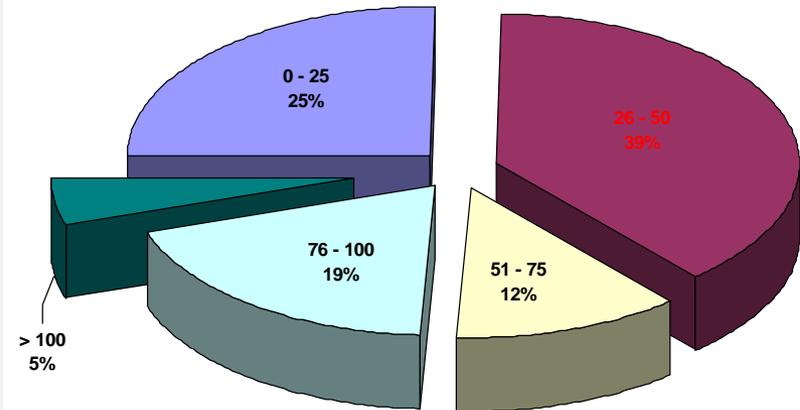


Abb. 2 - 04
Altersstruktur der Trinkwasserbehälter [DVGW, 2004]

3. Relevante Schadensmechanismen in TWB

- Weiche Wässer ≤ 5 °dH
- Mineralsaure Wässer $\text{pH} \leq 5,5$
- Wässer außerhalb des Kalk-Kohlesäure-Gleichgewichtes.

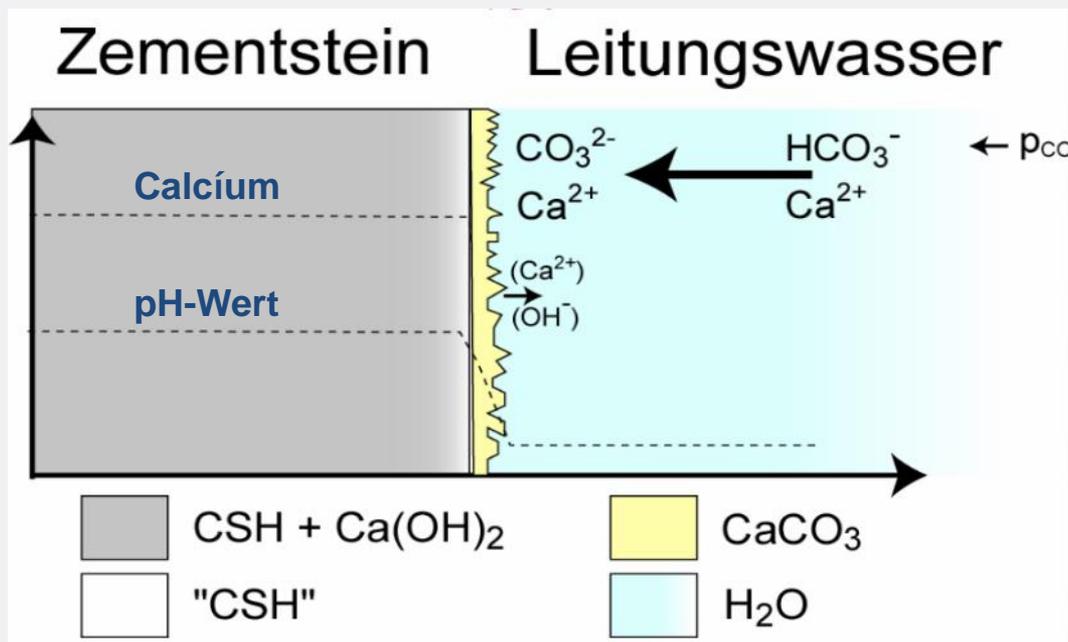


Abb. 3 - 01

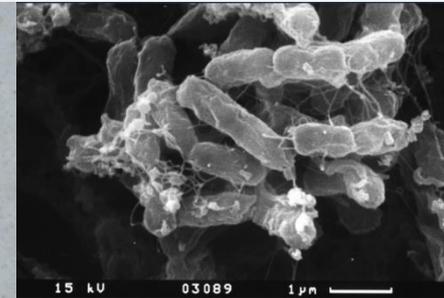
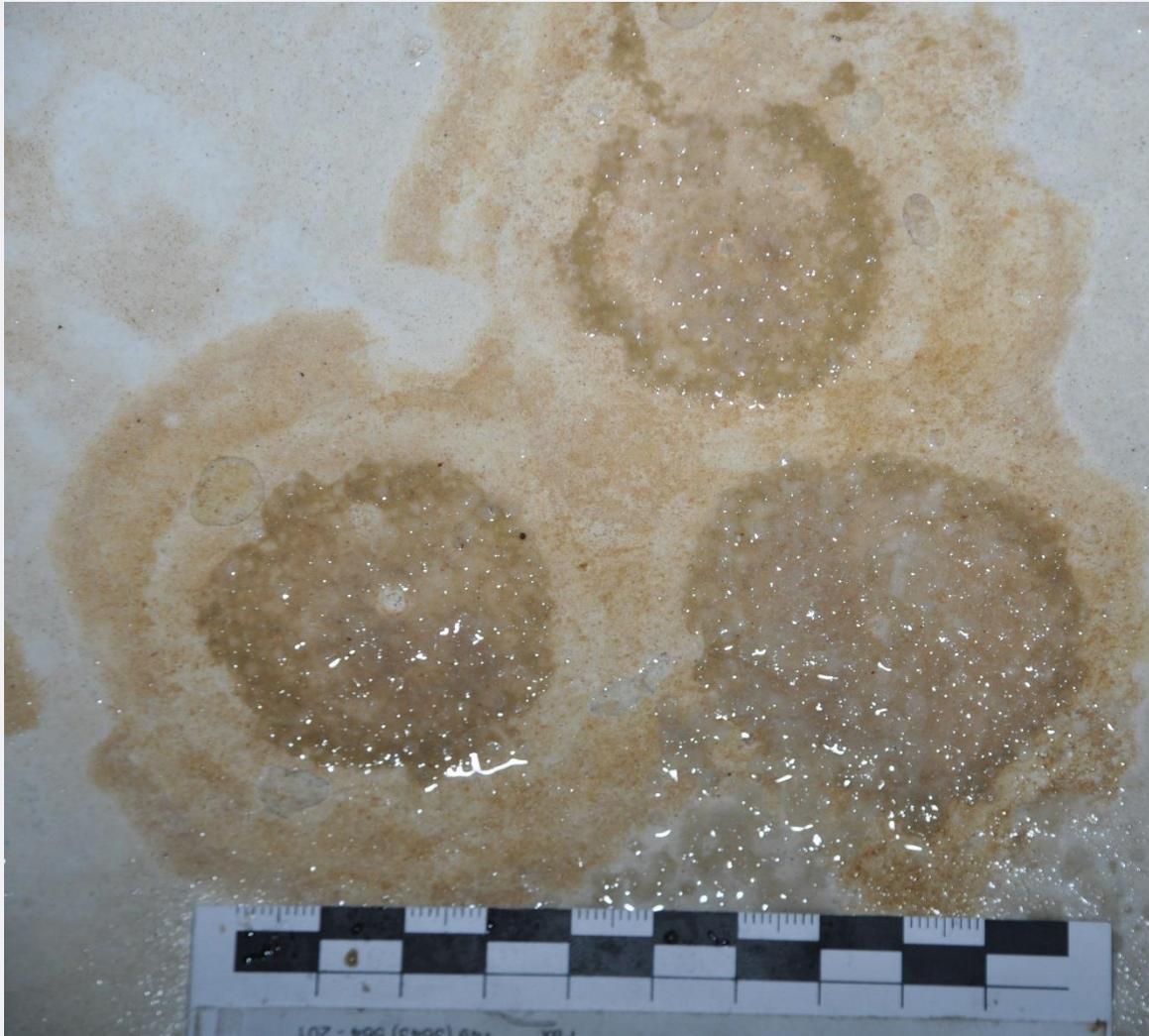
Zementgebundene Werkstoffe im Kontakt mit Trinkwasser [GERDES, 2010]



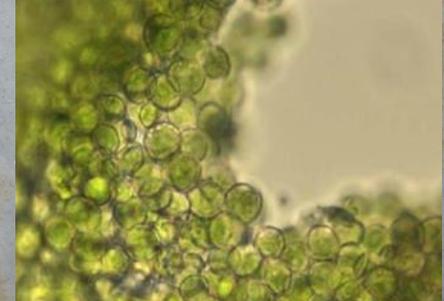
Hydrolytische Korrosion (Auslaugung) mit kombiniertem Befall von Mikroorganismen



Hydrolytische Korrosion (Auslaugung) mit kombiniertem Befall von Mikroorganismen



Säureproduzierende Bakterien



Säureproduzierende Algen



Säureproduzierende Pilze

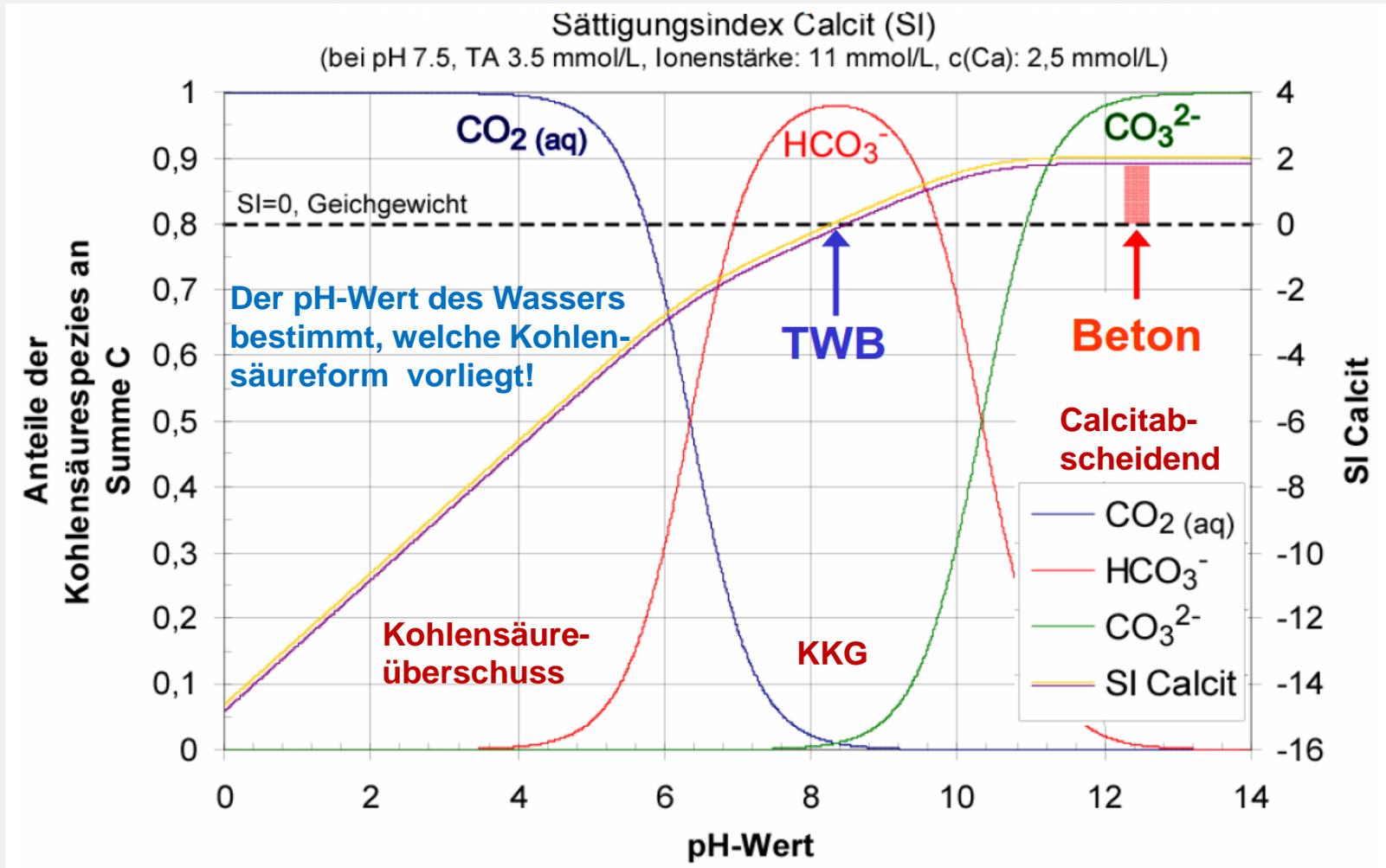


Abb. 3 - 02

Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht von Trinkwasser [GERDES, 2010]

4. Wasserbehälter - Grundsatzanforderungen

Grundsätze für Planung, Bau und Betrieb von Trinkwasserspeicheranlagen nach DVGW W 300:2014

- Während des Aufenthalts im Behälter darf das Wasser keine nachteilige Veränderung erfahren.
- Die Behälterkammern müssen dicht sein gegen austretendes und eindringendes Wasser.
- Die Bauausführung soll effizienten, sicheren und langlebigen Betrieb gewährleisten.
- Die Behälteranlage ist gegen unbefugte Eingriffe zu schützen.

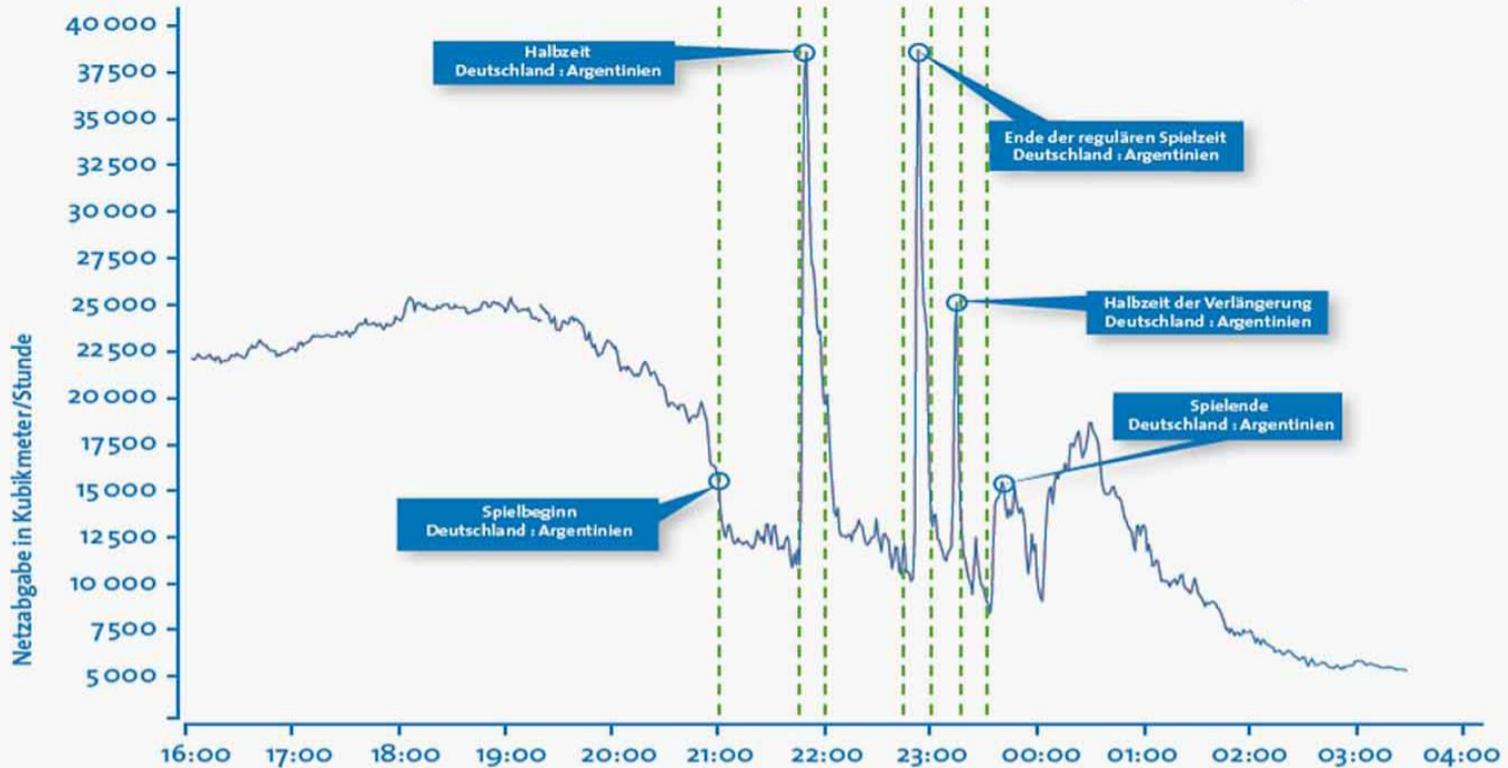


Abb. 4 - 01

Ausgleich der Verbrauchsschwankungen und Abdeckung von Verbrauchsspitzen am Beispiel Finale der Fußball-WM 2014 [BWV, 2019]

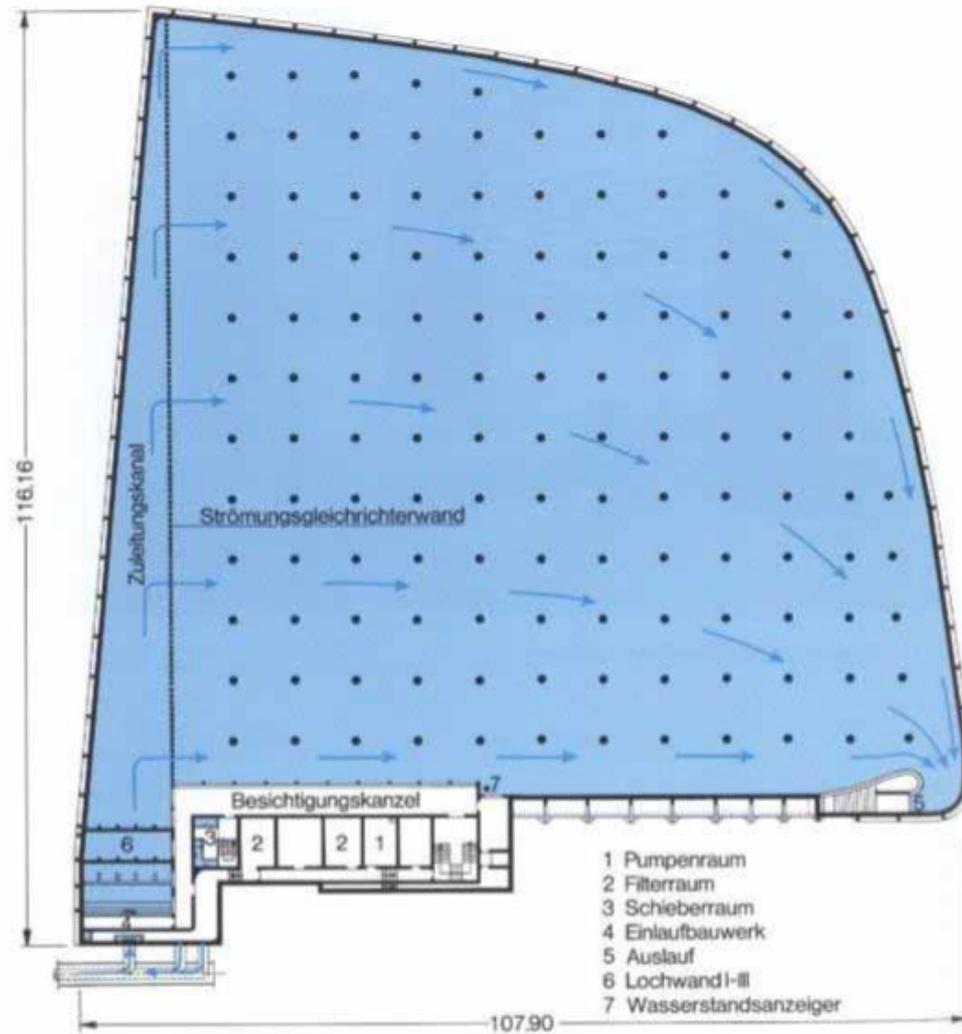


Abb. 4 - 02
Strömungsprofile für kontinuierliche, gleichmäßige Durchmischungen [BWV, 2019]



Abb. 4 - 03
Luftführung für optimale
Behälterbelüftung [BWV, 2019]

5. Typische Schadensbilder in Wasserkammern

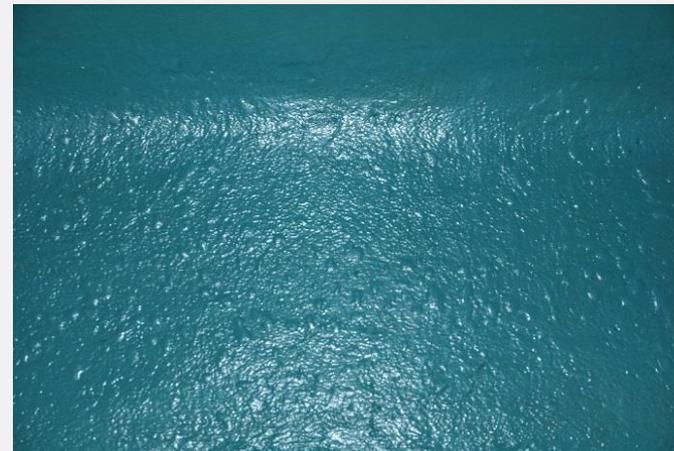


Abb. 5 – 01
Abplatzungen, Hohllagen,
Blasenbildung, Hinterlaufen
von RH-OS-Systemen



Abb. 5 - 02
Frei liegende, korrodierte Stahlbewehrungen, Undichtigkeiten mit Sinterfahnen (Calcitbildungen)

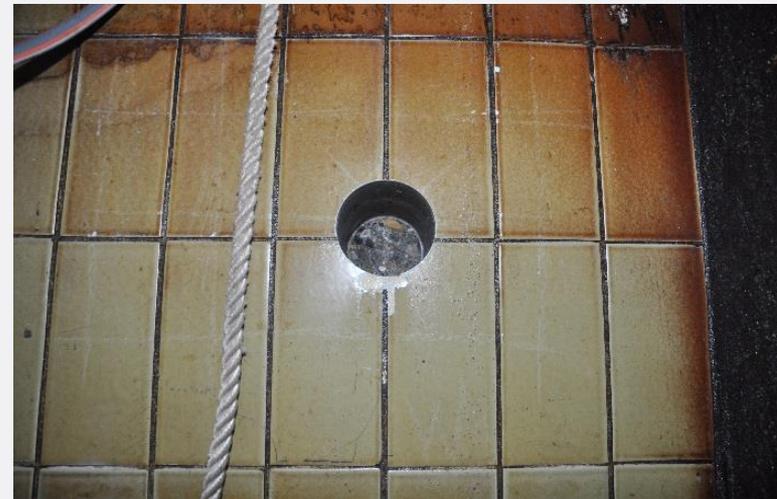


Abb. 5 - 03
Abrasion, Waschbetonstrukturen, Schwindrisse und korrodierte, undichte Fugenmaterialien



Abb. 5 - 04
Flankenabrissse Fugendichtstoff, asbesthaltige Fugenvergussmassen, stark korrodierte Stahlrohre im Zu- und Ablaufbereich

6. Auskleidungs- und Beschichtungssysteme

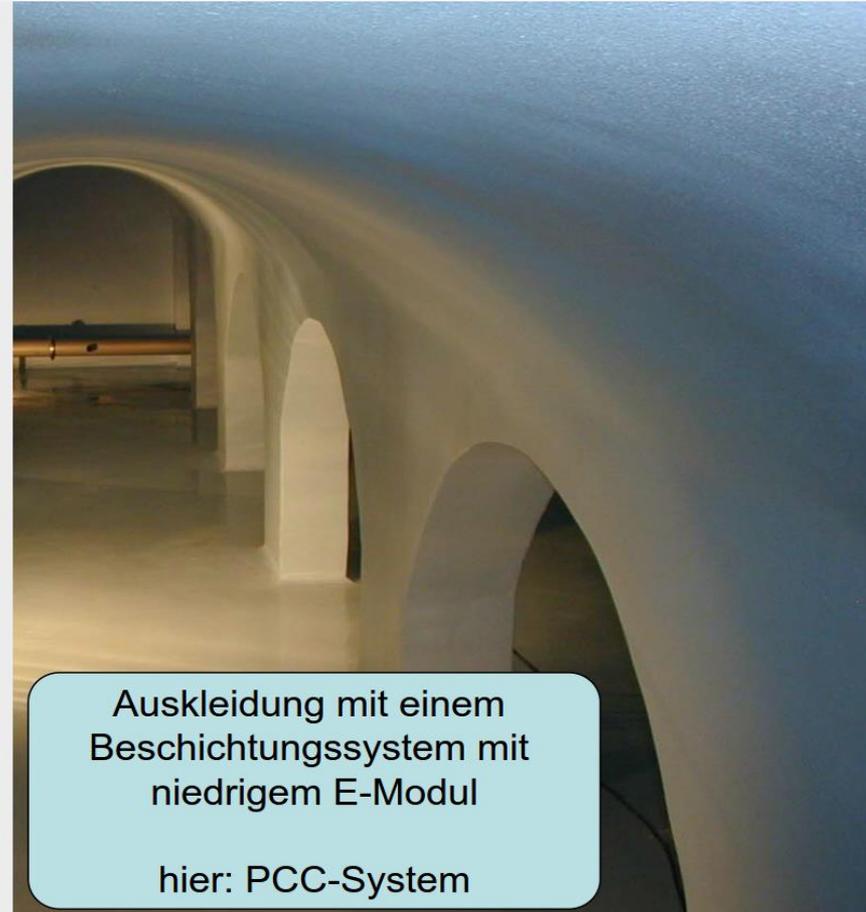
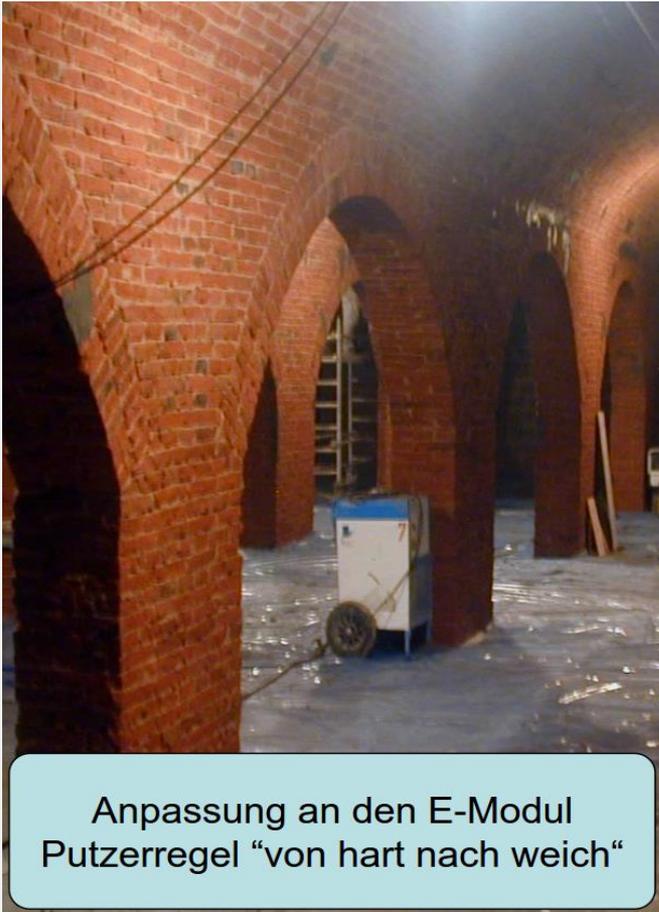


Abb. 6 - 01

Ausführungsbeispiel Mineralische Beschichtung, System A1.1 nach DVGW W 300-4 [BREITBACH, 2010]



Anwendungsbeispiel: Auskleidungsprinzip A 1.2

Feinbetonauskleidung

(Bildnachweis: Flint Bautenschutz GmbH)



Anwendungsbeispiel: Auskleidungsprinzip A 2.1

Fliesenauskleidung

Bildnachweis BREITBACH 2010



Anwendungsbeispiel: Auskleidungsprinzip A 3.1

Epoxidharzauskleidung

(Bildnachweis: Vorrink Stahl- und Bautenschutz GmbH & Co. KG)



Anwendungsbeispiel: Auskleidungsprinzip A 3.2

Epoxidharzauskleidung

(Bildnachweis: Munk + Schmitz Oberflächentechnik GmbH & Co. KG)





7. Hygienische Anforderungen an zementäre Werkstoffe

			1+	1	2+	3	4	
Hersteller	Typprüfung	mit Probenahme	-	-	X	-	-	Leistungs- erklärung → CE
		ohne Probenahme	-	-	-	-	X	
	Werkeigene Produktions- kontrolle (WPK)		X	X	X	X	X	
	Prüfung von Proben nach festgelegten Prüfplan		X	X	X	-	-	
notifiziertes Prüflabor DIN EN ISO 17025	Typprüfung	mit Probenahme durch Hersteller	-	-	-	X	-	Prüfbericht
notifizierte Produkt- zertifizierungsstelle DIN EN 45011	Typprüfung	mit Probenahme	X	X	-	-	-	Bescheinigung der Leistungs- beständigkeit
	Erstinspektion des Werks und der WPK		X	X	-	-	-	
	Laufende Überwachung, Bewer-tung und Evaluierung der WPK		X	X	-	-	-	
	Stichprobenprüfung des Produkts (vor dem Inverkehrbringen)		X	-	-	-	-	
notifizierte Zertifizierungsstelle für die WPK DIN EN 45011	Erstinspektion des Werks und der WPK		-	-	X	-	-	Bescheinigung der Leistungs- beständigkeit
	Laufende Überwachung, Bewer-tung und Evaluierung der WPK		-	-	X	-	-	

Abb. 7 - 01

Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit nach Bauproduktenverordnung [EU 305/2011, 2011]

- Färbung
- Trübung
- Geruch
- Neigung zur Schaumbildung
- Migrationsprüfung



Element	Abgabemenge in $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$
Arsen (As)	0,05
Blei (Pb)	0,1
Cadmium (Cd)	0,05
Chrom (Cr)	0,3
Nickel (Ni)	0,2
Lithium (Li)	0,3

Abb. 7 – 02
Hygienische Anforderungen nach DIN EN 14944-1
und DIN EN 14944-3 im Migrationsversuch

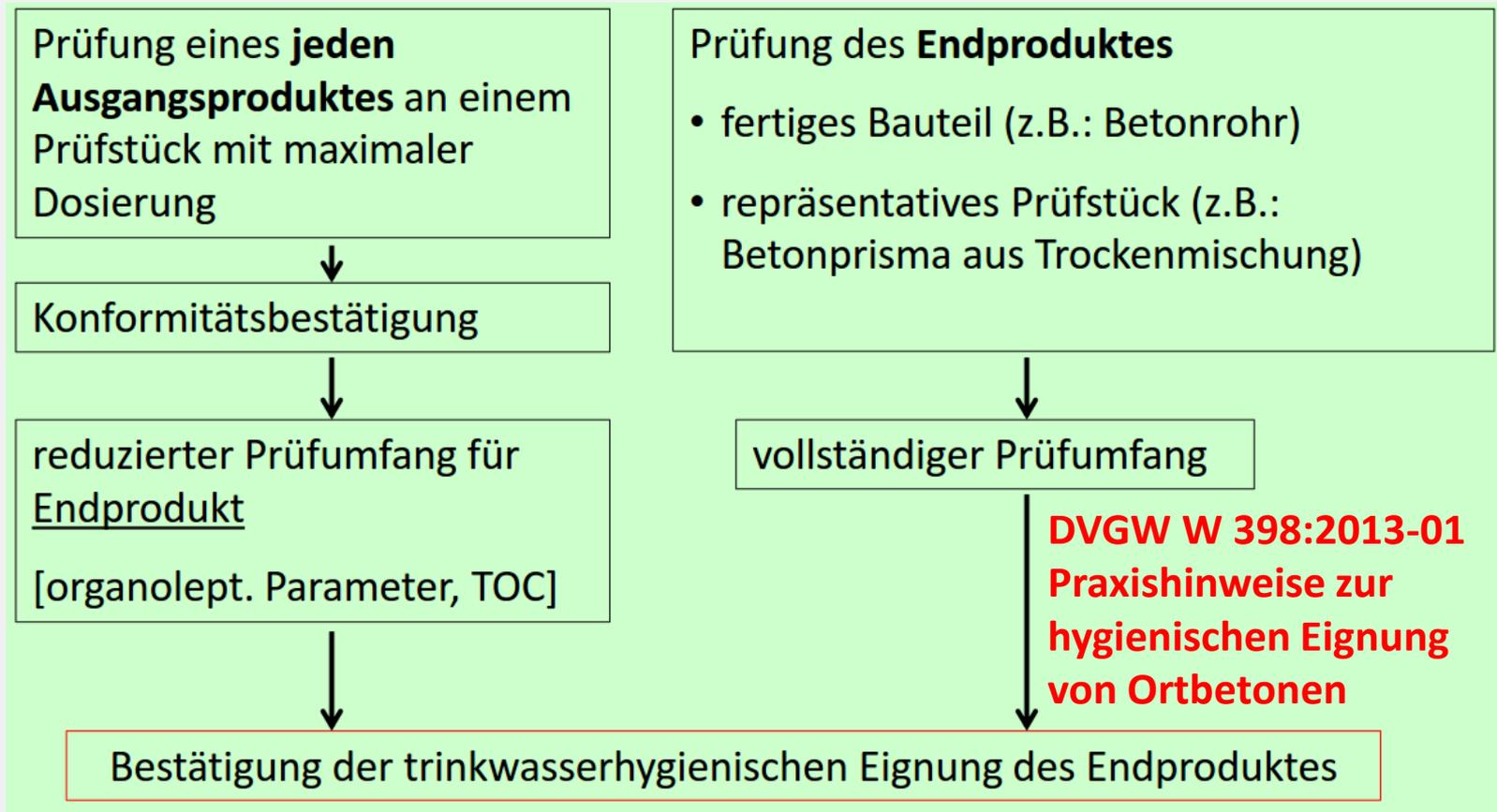
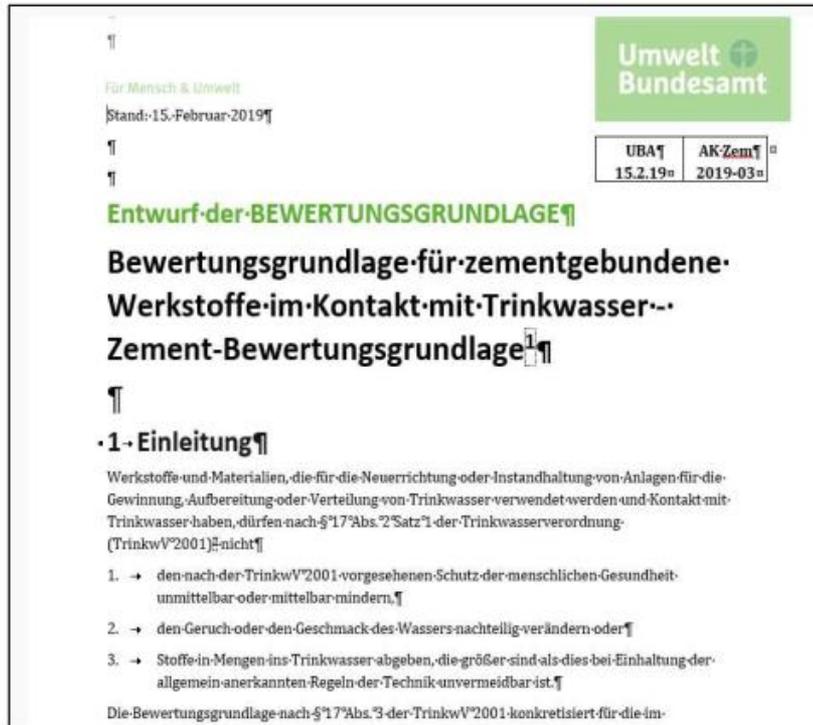


Abb. 7 – 03

Migrationsprüfungen an zementgebundenen Materialien nach DIN EN 14944-3:2008 [UBA, 2014]



- *Prüfung von Ortbeton (Empfehlung Konformitätsbestätigung)*

Eine zusätzliche Prüfung des Ortbetons ist nicht notwendig, wenn für alle Ausgangsprodukte eine Konformitätsbestätigung vorliegt. **(Abweichend zum Common Approach benennen, Rücksprache mit 4MS)**

- *Prüfung von Gesteinskörnung*
- Bestimmung der organischen Belastung von Gesteinskörnung mit Kaliumpermanganat-Index

Abb. 7 – 04

Stand zum Entwurf der Bewertungsgrundlage für zementgebundene Werkstoffe im Kontakt mit Trinkwasser

[<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/trinkwasser-verteilen/bewertungsgrundlagen-leitlinien>;

[UBA, 2019]

Gruppe	Spezifikation	Positivliste Teil 2	Anforderungen
1. Zement	Portlandzement, Portlandhüttenzement nach DIN EN 197-1 Zement mit besonderen Eigenschaften nach DIN 1164, Tonerdezement nach DIN EN 14647	Nein	Elementmigration Max. 1 % Zusätze Max. 0,2 % org. Zusätze
2. Gesteinskörnung	saubere ungebrochene / gebrochene Gesteinskörnung nach Norm DIN EN 12620, leichte Gesteinskörnung nach DIN EN 13055-1, Gesteinskörnung für Mörtel nach DIN EN 13139, Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel nach DIN 4226-100,	nein	Kaliumpermanganat Index nach DIN EN ISO 8467

Abb. 7 – 05

Anforderungen für Migrationsnachweise an Zementen und an Gesteinskörnungen [UBA, 2019]

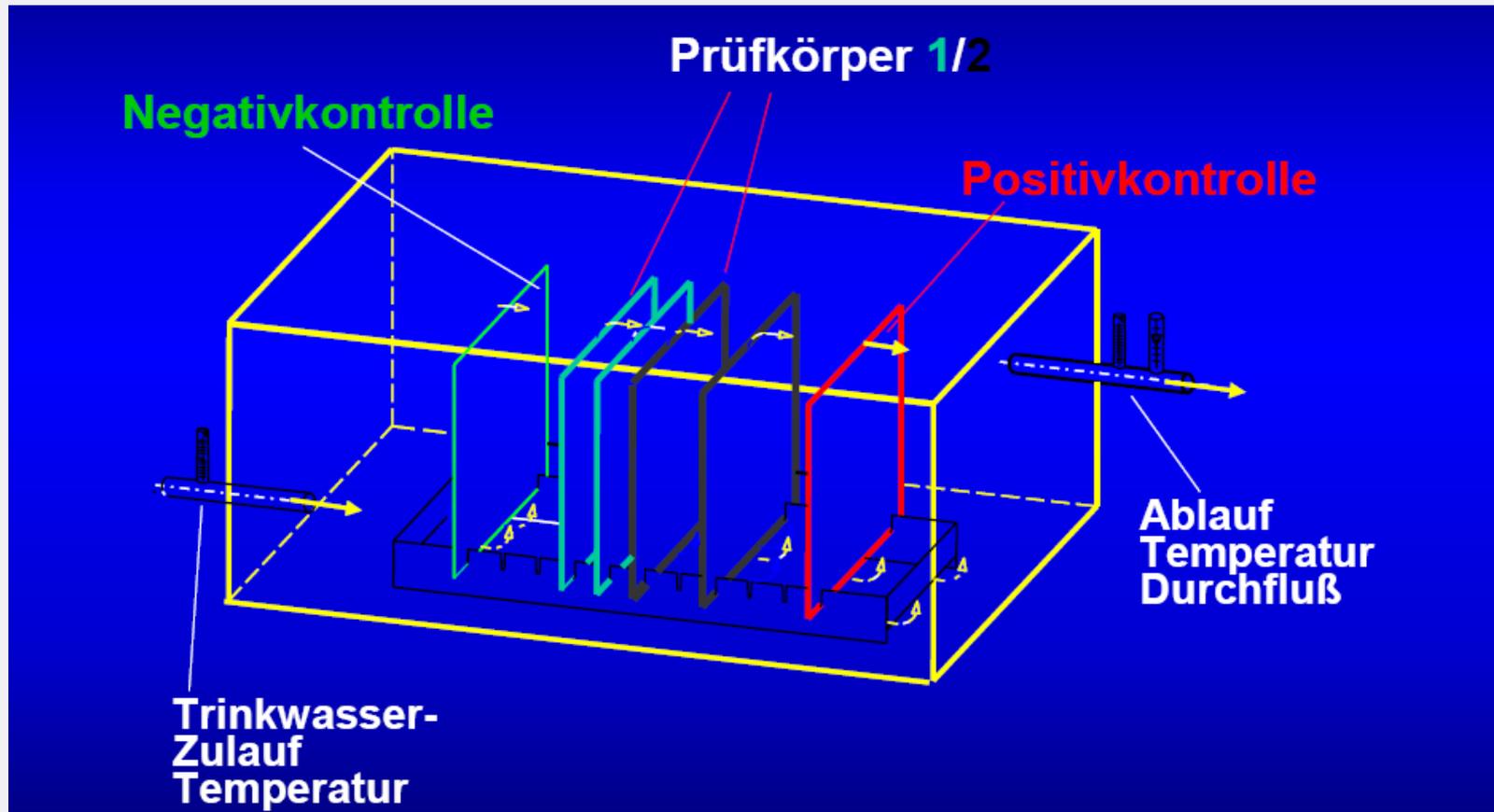


Abb. 7 - 06

Prüfanordnung nach DVGW W 270:2007 (Aufwuchsversuch), Prüfdauer 2 * 3 Monate, Prüfkriterium Biomassevolumen [DVGW, 2010]

Technischer Hinweis – Merkblatt

DVGW W 300-8 (M) Oktober 2016

Trinkwasserbehälter; Praxishinweise Hygienekonzept: Neubau und Instandsetzung

Drinking Water Tanks; Recommendations for Practice of Hygiene Concept: Construction and Rehabilitation

Regelungen zu:

- Festlegung Hygienezonen und Hygieneplan
- Maßnahmenkatalog für BE, PSA, Gerätereinigung, Material-/ Personenschleusen, sanitäre Einrichtungen

Hygienezonen (Schutzbereiche) für Arbeits-/ Lagerflächen

- Hygienezone A (direkter Schutzbereich), z.B. Wasserkammer
- Hygienezone B (erweiterter Schutzbereich) um die Wasserkammer
- Hygienezone C (Arbeitsflächen)
- Hygienezone D (Betriebsgelände)

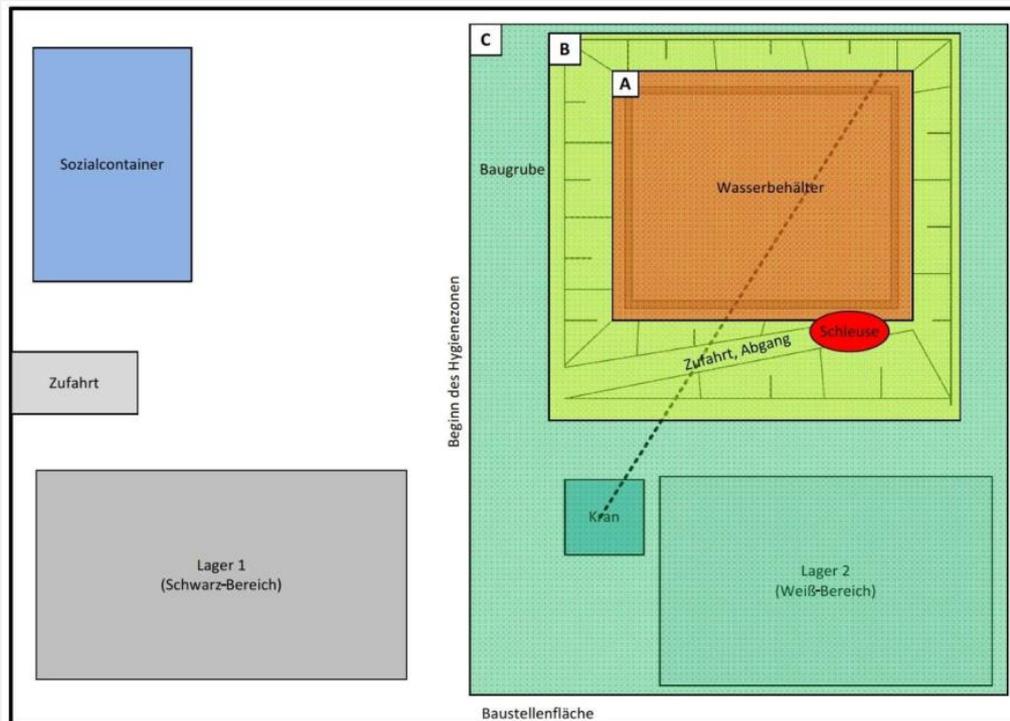


Abb. 7- 07

Beispiel eines Hygieneplanes mit Festlegung von Schwarz-/ Weißbereichen und Hygienezonen

The main image shows four cylindrical concrete test specimens arranged in a row on a grey, textured surface. The cylinders are light grey and show signs of wear, including some yellowish staining and small cracks. The lighting is even, highlighting the texture of the concrete and the surface they are resting on.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!