



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Wirtschaft,
Bildung und Forschung WBF
Agroscope

Beton in landwirtschaftlichen Bauten

Markus Sax

Weiterbildungskurs für Baufachleute, 4./5. November 2014

www.agroscope.ch | gutes Essen, gesunde Umwelt



Inhalt:

1. Begriffsdefinitionen beim Beton
2. Anforderungen an Beton in Landwirtschaftsbauten
3. Expositionsclassen
4. Aktuelle Norm SIA 262 (Betonbau)



Ausgangslage (I)





Ausgangslage (II)





«Betonbau»-Ziele:

- Tragwiderstand aller Bauteile ist gewährt
- Gebrauchsgrenzen sind eingehalten (Verformung, Rissbreiten usw.)
- Dauerhaftigkeit aller Bauteile ist gesichert
- Expositionsklassen sind gemäss Umwelteinflüssen gewählt





Merkblatt für Güllegruben aus dem Jahre 1947

CEMENTBULLETIN

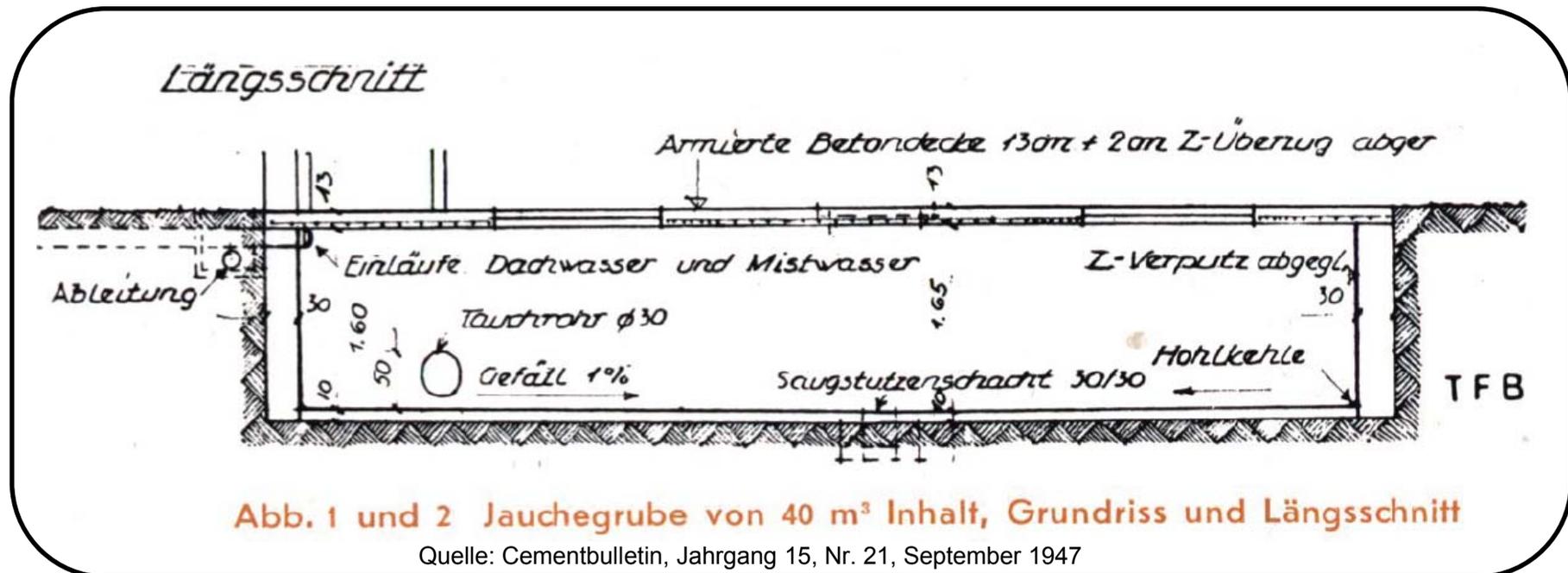
SEPTEMBER 1947

JAHRGANG 15

NUMMER 21

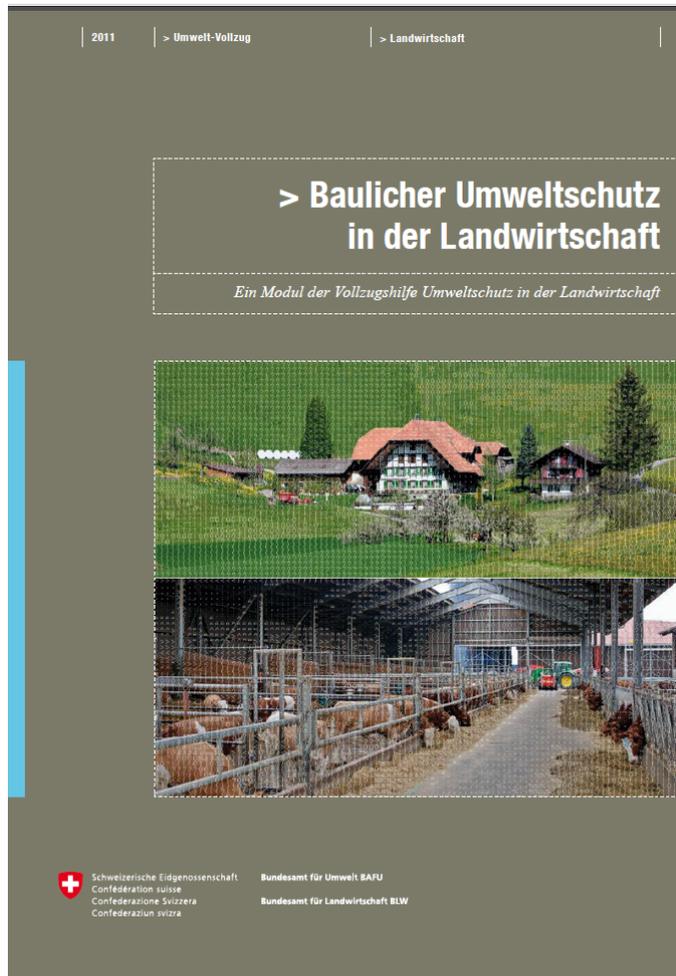
Beton in der Landwirtschaft

Jauchegruben und Mistwürfe





Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft



Diese Vollzugshilfe erläutert die gesetzlichen Grundlagen betreffend :

- Gewässerschutz und Luftreinhaltung (Minderung der Ammoniakemissionen)
- für Planung, Bau, Abnahme, Unterhalt, Überwachung und Kontrollen von Bauten in der Landwirtschaft (ohne Biogasanlagen)

Die Vollzugshilfe richtet sich in erster Linie an die Vollzugsbehörden an:

- Ingenieure
- Architektinnen
- Bauunternehmen
- Beraterinnen und Berater für landwirtschaftliche Bauten und Anlagen



Begriffsdefinitionen

Beton nach Eigenschaften:

- Betonzusammensetzung nach geforderten Eigenschaften
- Allfällige zusätzliche Anforderungen (z.B. Frostsicher)

Expositionsklasse:

- Einteilungskategorie für Bauteile aufgrund der Umgebungs-/Umwelteinflüsse
 - Grundlage für die Dauerhaftigkeit
- => Betonrezeptur wird aufgrund dieser Anforderungen erstellt





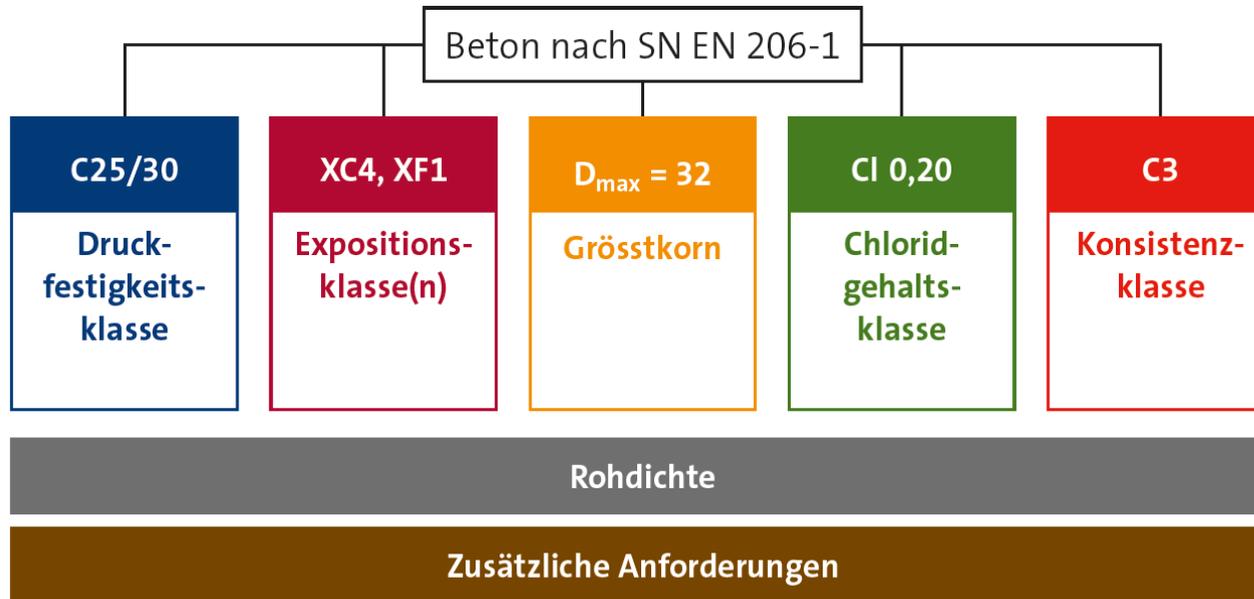
Einwirkungen auf Beton

- **chemische Einwirkungen durch:**
 - Säuren (z.B. Schwefelsäure)
 - aggressives Grundwasser
- **physikalische Einwirkungen durch:**
 - Frost-Tauwechsel
 - Mechanische Einwirkung durch Entmistungsschieber, Fahrzeuge usw.
 - Bewehrungskorrosion (Abplatzungen)

Die Einwirkungen werden häufig auch als «Angriff» auf den Beton bezeichnet



Bezeichnung der Betonsorten nach Eigenschaften



Konsistenzklasse = Verarbeitbarkeit des Frischbetons (sehr fließfähig, fließfähig, sehr weich, weich, plastisch, steif)

Rohdichte = Wahl zwischen Normalbeton oder Leichtbeton

Zusätzliche Anforderungen: starker Säureangriff usw.



Expositionsklassen:

Unterscheidung nach «Angriff» auf Bauteil:

- Angriff auf Bewehrung
- Angriff auf Beton

Angriff auf	Klasse	Umgebung	Anwendungsbeispiele
Bewehrung	Kein Angriffsrisiko		
	X0		unbewehrter Beton oder ohne eingebaute Metallteile, in einer nicht aggressiven Umgebung. Vor Frost geschützte unbewehrte Fundamente, unbewehrte Bauteile in Gebäuden mit sehr geringer Luftfeuchtigkeit.
	Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch die Karbonatisierung des Betons		
	XC1	trocken oder ständig nass	bewehrte Bauteile in Gebäuden mit geringer Luftfeuchtigkeit, ständig in Wasser eingetauchte Bauteile
	XC2	nass, selten trocken	Fundamente
	XC3	mässige Feuchte	Bauteile im Aussenbereich, vor Regen geschützt, offene Hallen, feuchte Räume
	XC4	wechselnd nass und trocken	Bauteile im Aussenbereich, der Witterung ausgesetzt, Pfeiler, Balkone, Fassadenelemente, Brüstungen
	Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Chloride		
	XD1	mässige Feuchte	Betonoberflächen in Strassennähe, die chloridhaltigem Sprühnebel ausgesetzt sind
	XD2a	nass, selten trocken, Chloridgehalt $\leq 0.5 \text{ g/l}$ („Süsswasser“)	Schwimmbäder
XD2b	nass, selten trocken, Chloridgehalt $> 0.5 \text{ g/l}$ („Salzwasser“)	Solebäder, Bauteile in Kontakt mit chloridhaltigen Industrieabwässern	
XD3	wechselnd nass und trocken	Brückenelemente, Parkdecks, Stützmauern, Fahrbahndecken, die chloridhaltigem Spritzwasser ausgesetzt sind	
Beton	Frostangriff mit oder ohne Taumittel		
	XF1	mässige Wassersättigung, ohne Taumittel	senkrechte Betonoberfläche, die Regen und Frost ausgesetzt ist
	XF2	mässige Wassersättigung, mit Taumittel	senkrechte Betonoberfläche, die chloridhaltigem Sprühnebel und Frost ausgesetzt ist
	XF3	starke Wassersättigung, ohne Taumittel	horizontale Betonoberfläche, die Regen und Frost ausgesetzt ist (ohne Taumittel)
	XF4	starke Wassersättigung, mit Taumittel	Betonoberfläche, die chloridhaltigem Spritzwasser ausgesetzt ist: Mauerkronen bei Brücken, Fahrbahndecken, Bushaltestellen
	Chemischer Angriff		
	Sulfatangriff aus Grundwasser und Böden		
	XA1 (Sulfat)	schwacher Angriff	Bauteile in direktem Kontakt mit dem Erdreich Fundamente, Tunnel, Pfähle
	XA2 (Sulfat)	mittlerer Angriff	
	XA3 (Sulfat)	starker Angriff ^{d)}	
Andere chemische Angriffsarten			
XA1	schwacher Angriff	Güllebehälter, Absetzbecken von Kläranlagen	
XA2	mittlerer Angriff	Belebungsbecken (Nitrifikation/Denitrifikation) von Kläranlagen, Trinkwasserreservoirs mit weichem Wasser, chemische Reinigung von Schwimmbädern	
XA3	starker Angriff ^{d)}	Kühltürme, Biogasanlagen, Gärfuttersilos, Kanalisationen	

Anforderungen in Stallgebäuden (inkl. Laufhof) => XC4

Bauteile im Aussenbereich, der Witterung ausgesetzt, wechselnd nass und trocken

Anforderungen Gärfuttersilos: (starker Angriff) => ev. XA3

a) Der Mindestzementgehalt gilt ohne Anrechnung von Zusatzstoffen und für ein Grösst Korn $D_{max} = 32 \text{ mm}$. Für andere D_{max} muss der Mindestzementgehalt entsprechend der Tabelle „Mindestzementgehalt“ angepasst werden (Seite 8).
 b) Prüfungen gemäss Norm SIA 262/1. WL – Wasserleitfähigkeit (Anhang A).
 c) Zulassung für einen Hersteller.
 d) Die Mindestzementgehalte sind um 20 kg/m^3 zu erhöhen.
 KW – Karbonatisierungswiderstand (Anhang I), FT – Frost-Tausalz-widerstand (Anhang C), CW – Chloridwiderstand (Anhang B) und SW – Sulfatwiderstand (Anhang D, Grenzwert 1.2% Ausdehnung).

Quelle: Holcim Schweiz AG



Druckfestigkeitsklassen bei Normalbeton

Beton

Druckfestigkeitsklasse	Charakteristische Mindestdruckfestigkeit ¹⁾ von Zylindern ^{2) 3)} $f_{ck, cyl}$ [N/mm ²]	Charakteristische Mindestdruckfestigkeit ¹⁾ von Würfeln ^{2) 4)} $f_{ck, cube}$ [N/mm ²]
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

z. B. C25/30

25 = Charakteristische Mindestdruckfestigkeit von Zylindern nach 28 Tagen $f_{ck, cyl}$ N/mm²
Zylindergrösse 150x150x300 mm

30 = Charakteristische Mindestdruckfestigkeit von Würfeln nach 28 Tagen $f_{ck, cube}$ N/mm²
Würfelgrösse 150x150x150 mm

Beton für
landwirtschaftliche
Bauten



Quelle: Empa, Dübendorf



NPK-Beton

NPK-Betone (NPK-Betonsorten), SN EN 206-1, 2013

Gültig ab 1.1.2014

Beton nach Eigenschaften:

Grundlegende und zusätzliche Anforderungen an die üblichen Betonsorten (weiche Betone, Einbringung mit Kran oder Pumpe) für den Hochbau (A bis C) und für den Tiefbau (D bis G) sowie für Bohrpfähle und Schlitzwände (H bis L) mit einem Grösstkorn der Gesteinskörnung von mm 32

Betonsorte ^{a)} Anforderungen	NPK 0 (Null)	NPK A ¹⁾	NPK B	NPK C	NPK D ^{2, 3)} (T1)	NPK E ³⁾ (T2)	NPK F ⁴⁾ (T3)	NPK G ⁴⁾ (T4)	NPK H ⁶⁾ (P1)	NPK I ⁶⁾ (P2)	NPK K ⁶⁾ (P3)	NPK L ⁶⁾ (P4)
Grundlegende Anforderungen												
Übereinstimmung	Beton nach SN EN 206-1	Beton nach SN EN 206-1	Beton nach SN EN 206-1	Beton nach SN EN 206-1	Beton nach SN EN 206-1	Beton nach SN EN 206-1	Beton nach SN EN 206-1	Beton nach SN EN 206-1				
Druckfestigkeitsklasse	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37	C25/30	C25/30	C20/25	C20/25
Expositionsklasse(n)	X0(CH)	XC2(CH)	XC3(CH)	XC4(CH) XF1(CH)	XC4(CH) XD1(CH) XF2(CH)	XC4(CH) XD1(CH) XF4(CH)	XC4(CH) XD3(CH) XF2(CH)	XC4(CH) XD3(CH) XF4(CH)	Keine ⁷⁾	Keine ⁷⁾	Keine ⁷⁾	Keine ⁷⁾
Nennwert Grösstkorn	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32				
Klasse des Chloridgehalts ⁵⁾	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10				
Konsistenzklasse	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	F4	F5	F4	F5
Zusätzliche Anforderung für die Expositionsklassen XF2 bis XF4												
Frost-Tausalz-Widerstand	nein	nein	nein	nein	mittel	hoch	mittel	hoch	(evtl. mittel) ⁸⁾	(evtl. mittel) ⁸⁾	nein	nein

a) Im NPK «Betontyp».

4) Die Betonsorten F und G decken die Expositionsklasse XD2b(CH) ab. Definition siehe SN EN 206-1, Ziffer 4.1/NA.

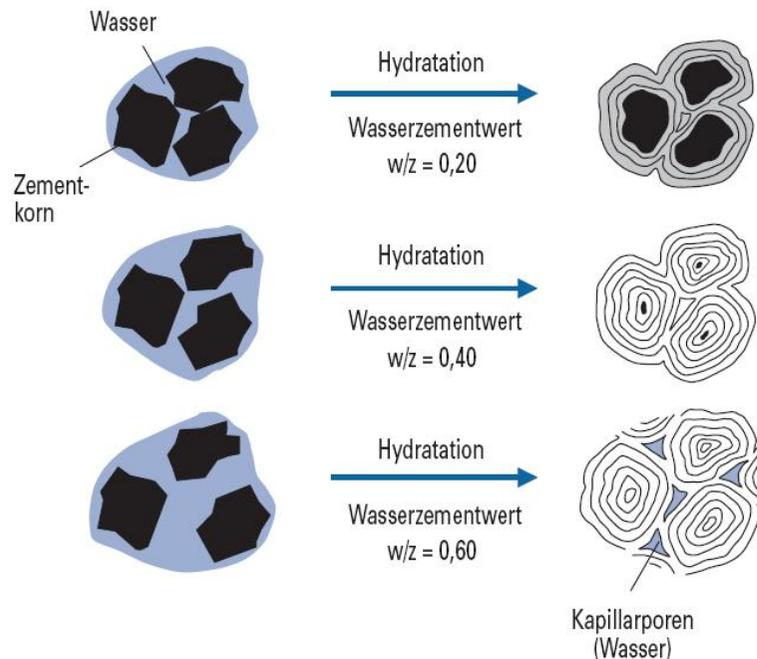
Quelle: CRB, Zürich



Wasser/Zementwert (W/Z)

Massegehalt des wirksamen Wassergehalt zum Zementgehalt

Wirksamer Wassergehalt = Gesamtwassermenge – von Gesteinskörnung aufgenommene Wassermenge



Hydratation:

- Reaktion zwischen Zement und Anmachwasser ergibt wasserhaltige Verbindungen = *Hydratphasen*
- Bewirken das Erstarren und Erhärten des Zementleims.

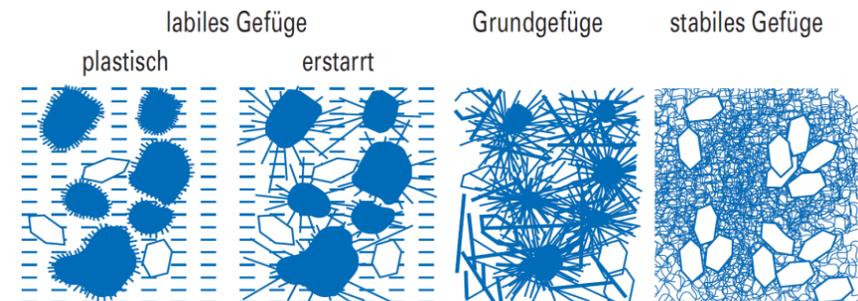
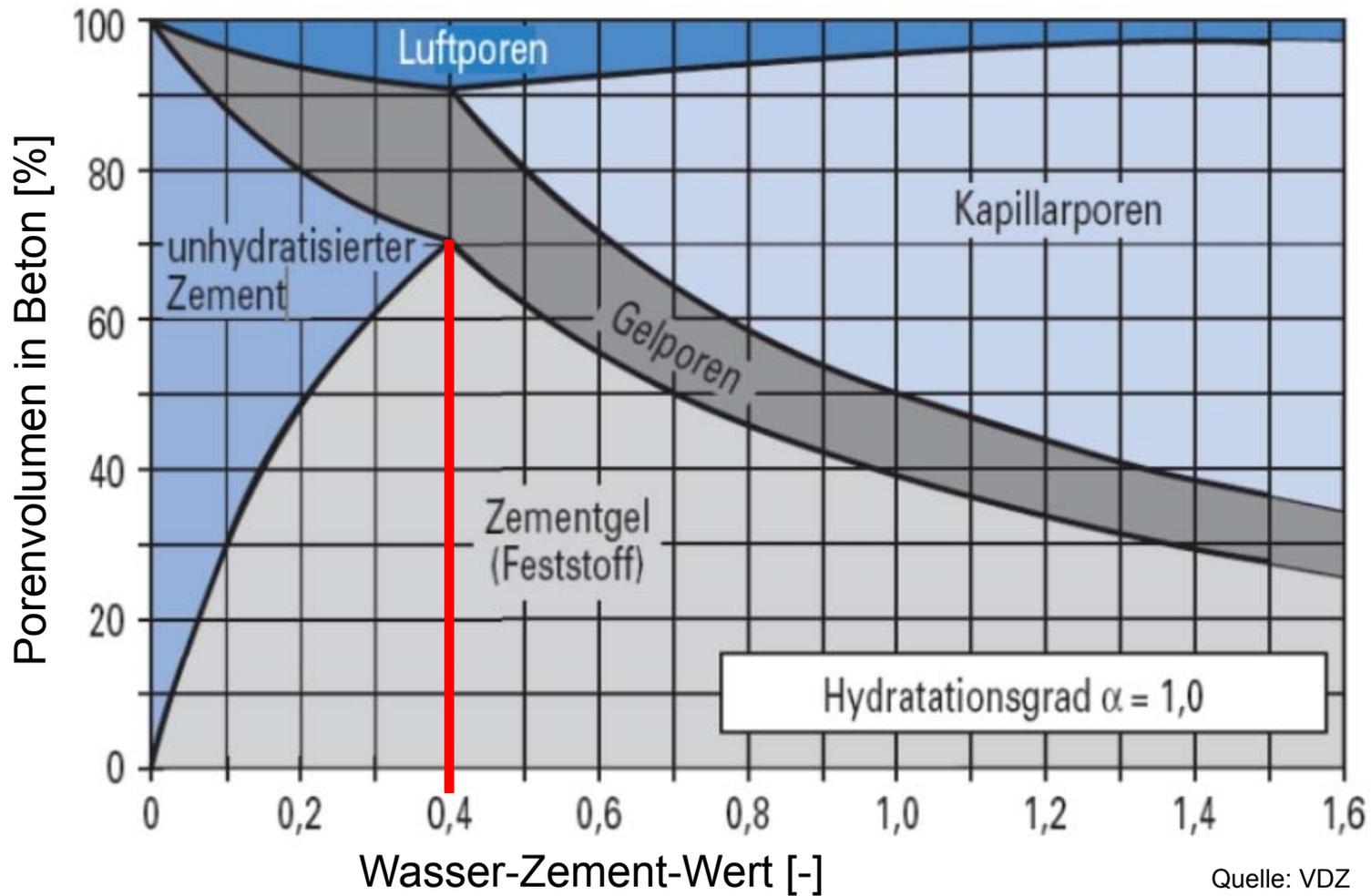


Bild I.4.1-5: Schematische Darstellung der Bildung der Hydratphasen und der Gefügeentwicklung bei der Hydratation des Zements
Quelle: VDZ, Düsseldorf

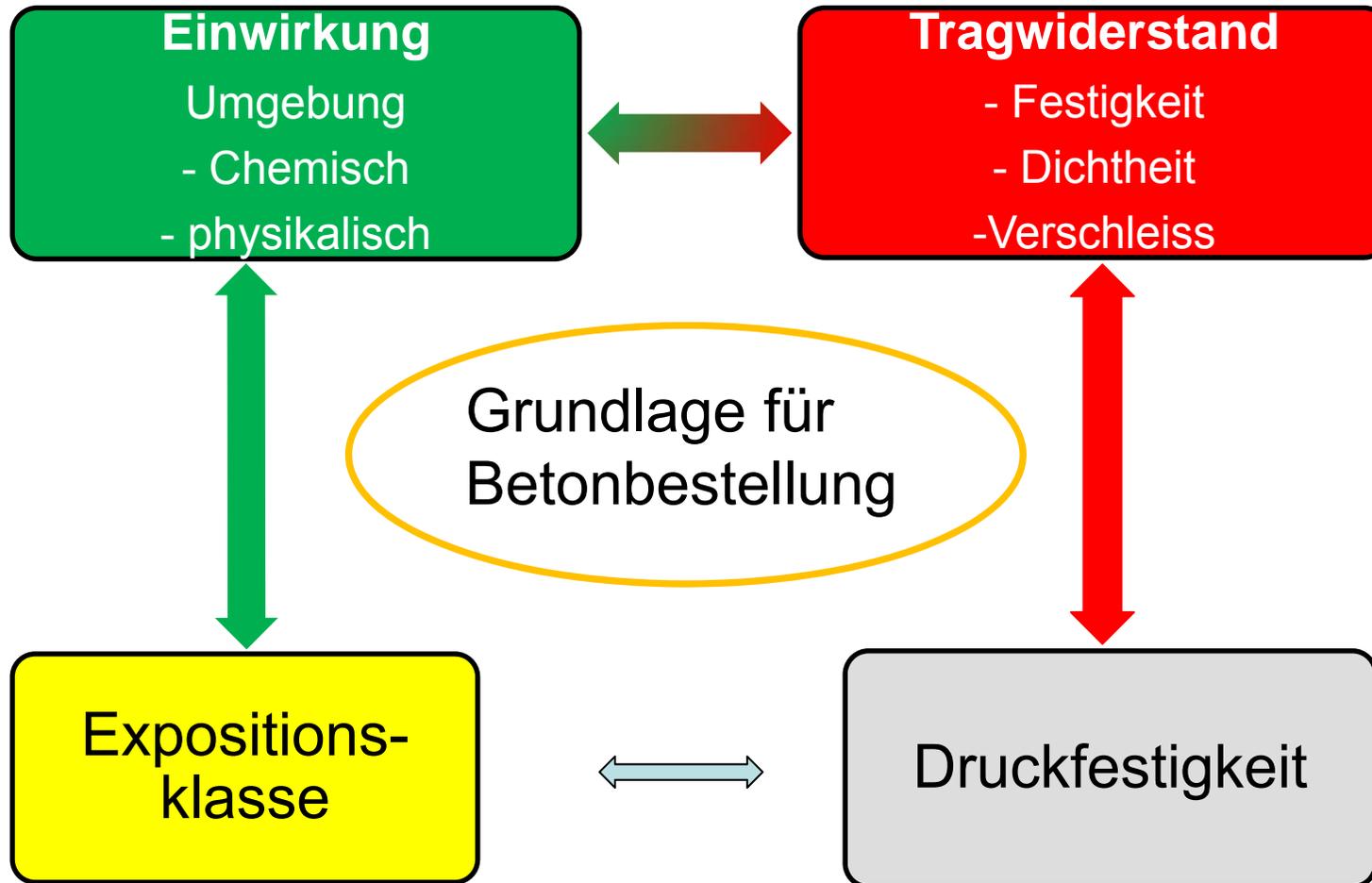


Porenvolumen in Beton aufgrund des W/Z-Faktors





Sicherung der Dauerhaftigkeit





Dichtigkeit von Betonplatten



Foto: P. Fölmi, SAB

Laufhof über Einstellgarage/Remise



Schwindriss in Decke
Bewehrungsgehalt?

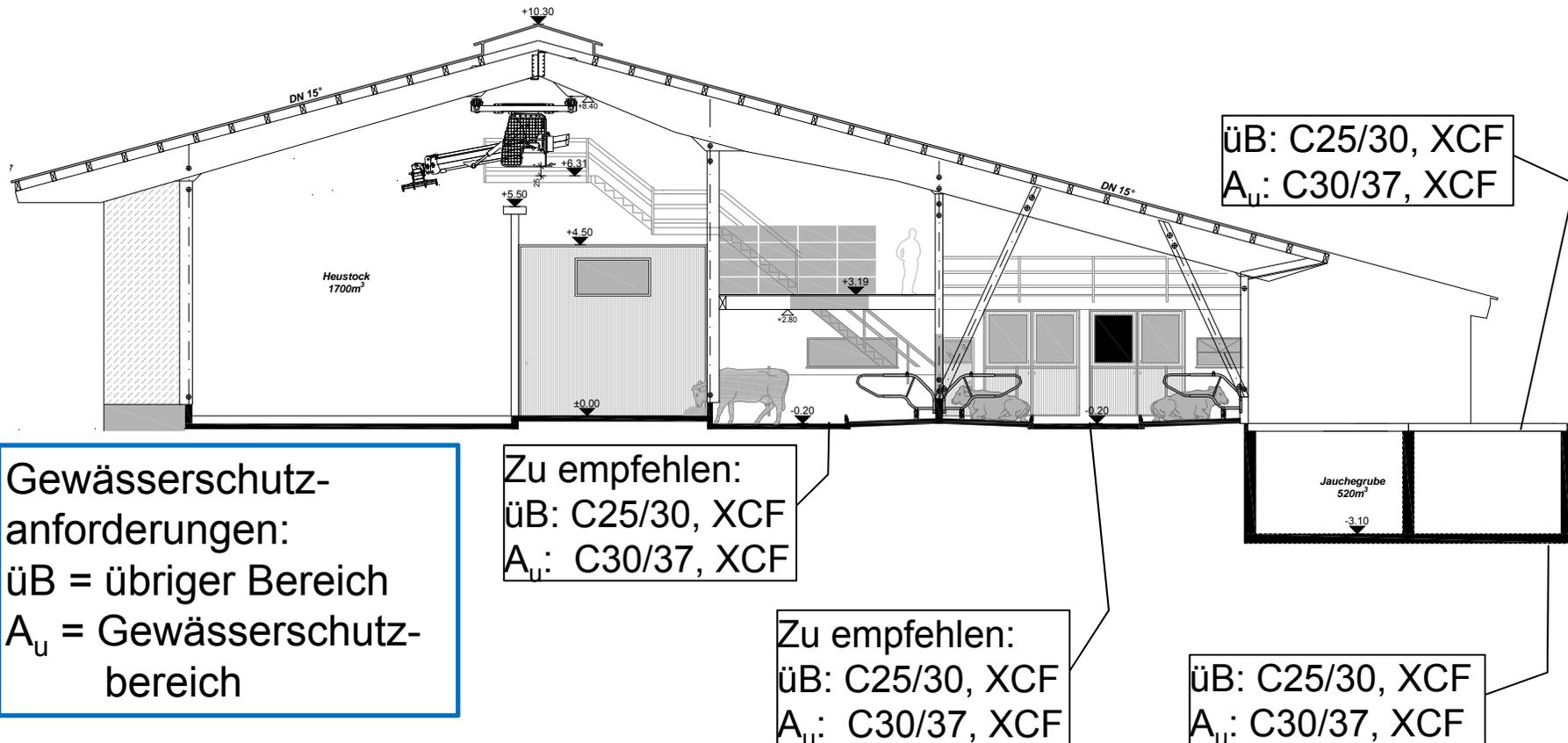
Foto: P. Fölmi, SAB

Decke über Einstellgarage/Remise



Druckfestigkeit und Expositionsklassen für Bauteile in Milchviehscheune

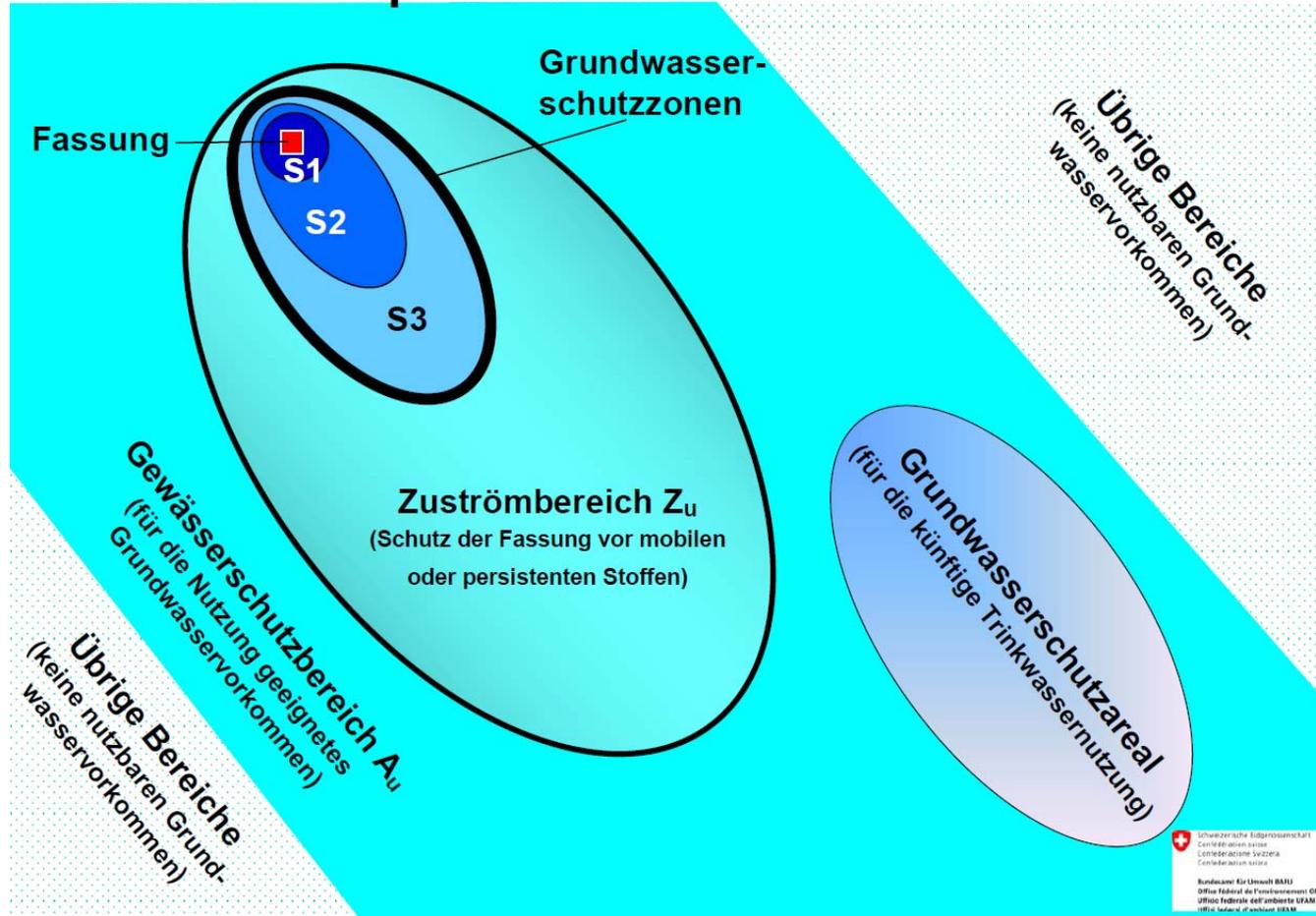
Angaben nach «Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft»





Planerischer Grundwasserschutz

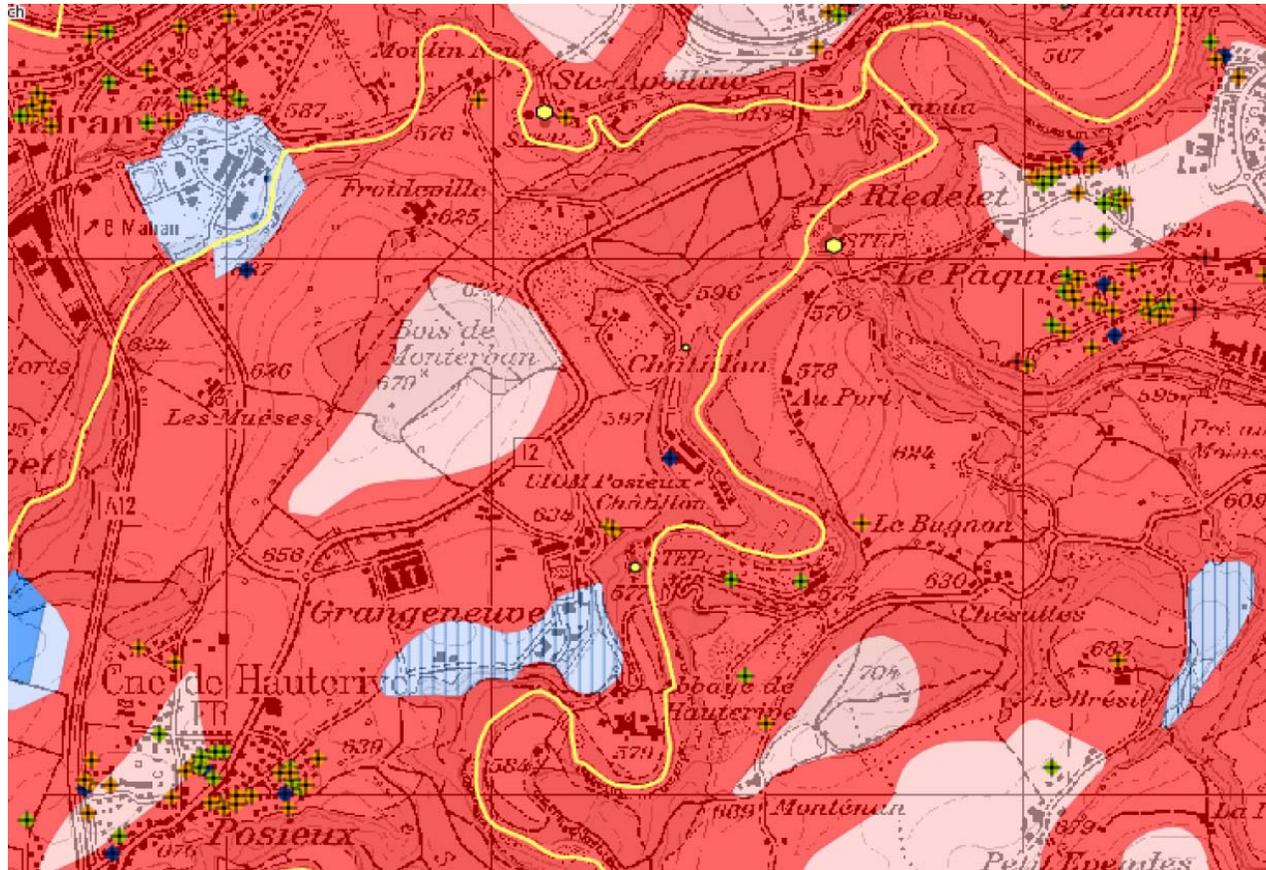
Elemente des planerischen Grundwasserschutzes



Quelle: Bafu, Bern



Gewässerschutzkarte (Ausschnitt Posieux, Grangeneuve)



Legende:

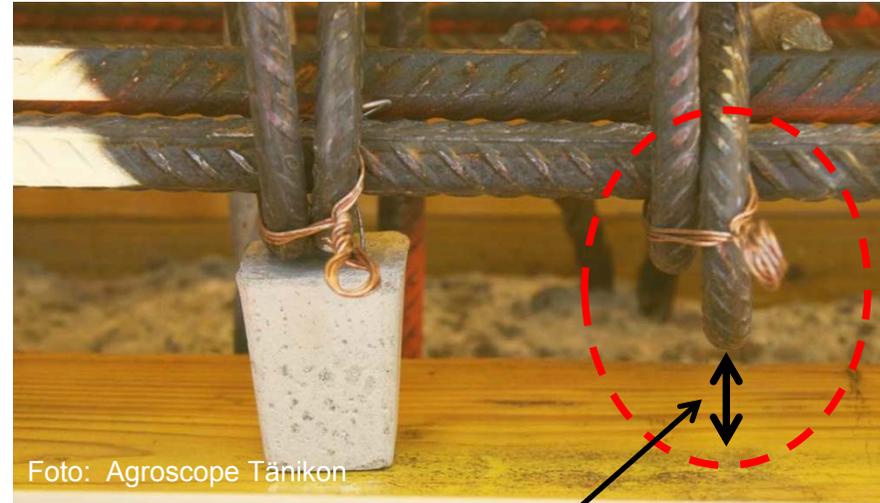
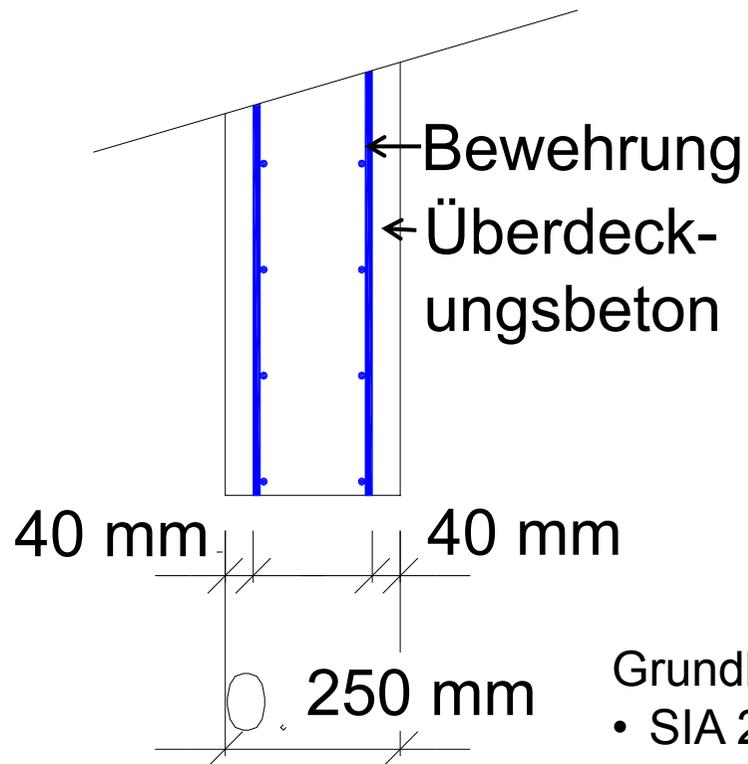
	Gewässerschutz
Erdsonden	
	Keine Information
	<100 Meter
	101 - 200 Meter
	>200 Meter
Abwasserreinigungsanlagen :	
Leistung (EW 60g BSB5)	
	>100000 EW
	50001 - 100000 EW
	10001 - 50000 EW
	2001 - 10000 EW
	<2000 EW
ARA-Einzugsgebiete	
	ARA-Einzugsgebiete
Gewässerschutzbereiche	
	Fassungsbereiche (S1)
	Engere Schutzzonen (S2)
	Weitere Schutzzonen (S3)
	Gewässerschutzareale (SA)
	Provisorische Gewässerschutzareale (SA)
	Gewässerschutzzonen (S)
	Besonders gefährdete Gewässerschutzbereiche (Au-Ao)
	Bereiche üB

Quelle: GIS Kt. Fribourg

Oft liegen die Grundstücke im Gewässerschutzbereich Au, was auf die Wahl der Betoneigenschaften einen Einfluss hat

Überdeckung Bewehrung

Beispiel Wand Güllegrube:



Nicht eingehalten

Grundlagen:

- SIA 262, 2013 Ziffer 5.2.2 (Tabelle 18), S. 75/76
- Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft Ziffer A4-1.3, Seite 57



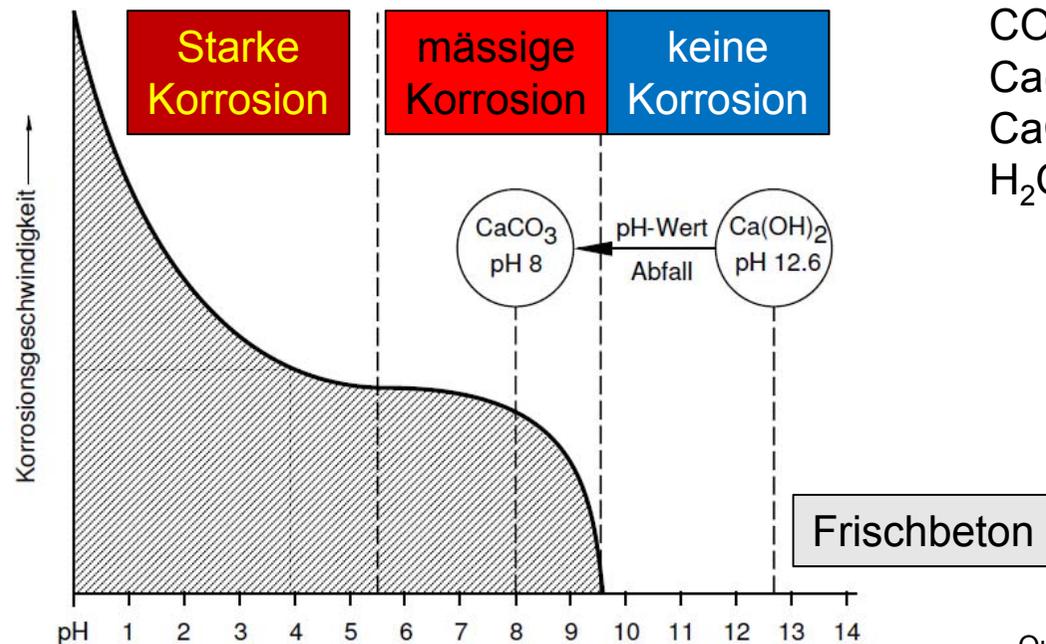
Karbonatisierung beim Beton

Durch Hydratation des Zements entsteht Calciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$:

⇒ führt zu hoher Alkalität des Zementsteins (pH-Wert ≥ 12)

⇒ nimmt Kohlensäure aus der Luft auf und wird in CaCO_3 umgewandelt

⇒ Absenken des auf ca. pH-Wert 9

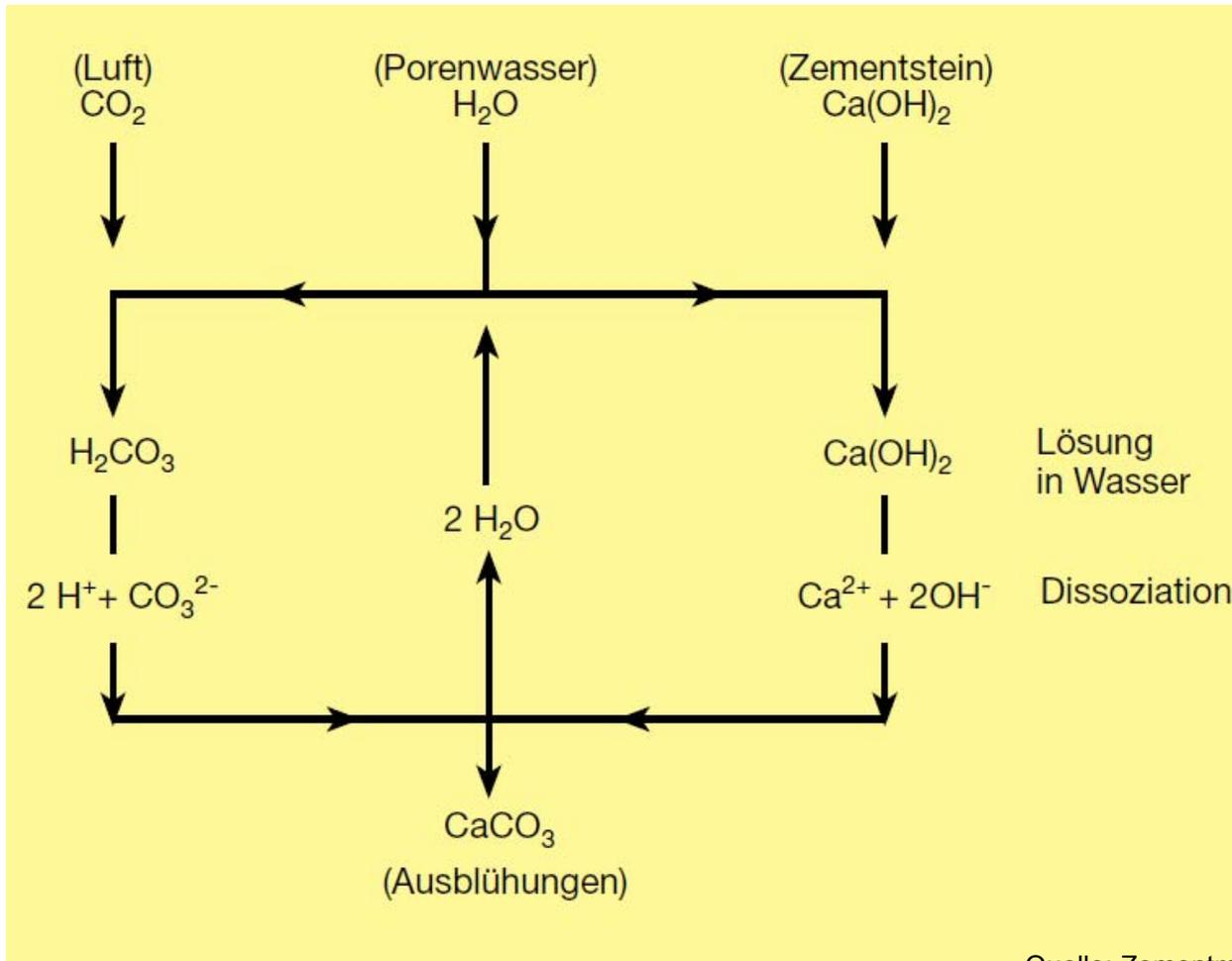


CO_2 = Kohlendioxid
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ = Calciumhydroxid
 CaCO_3 = Calciumcarbonat
 H_2O = Wasser

Quelle: Werkstoffe + Bindemittel, IFB, ETHZ



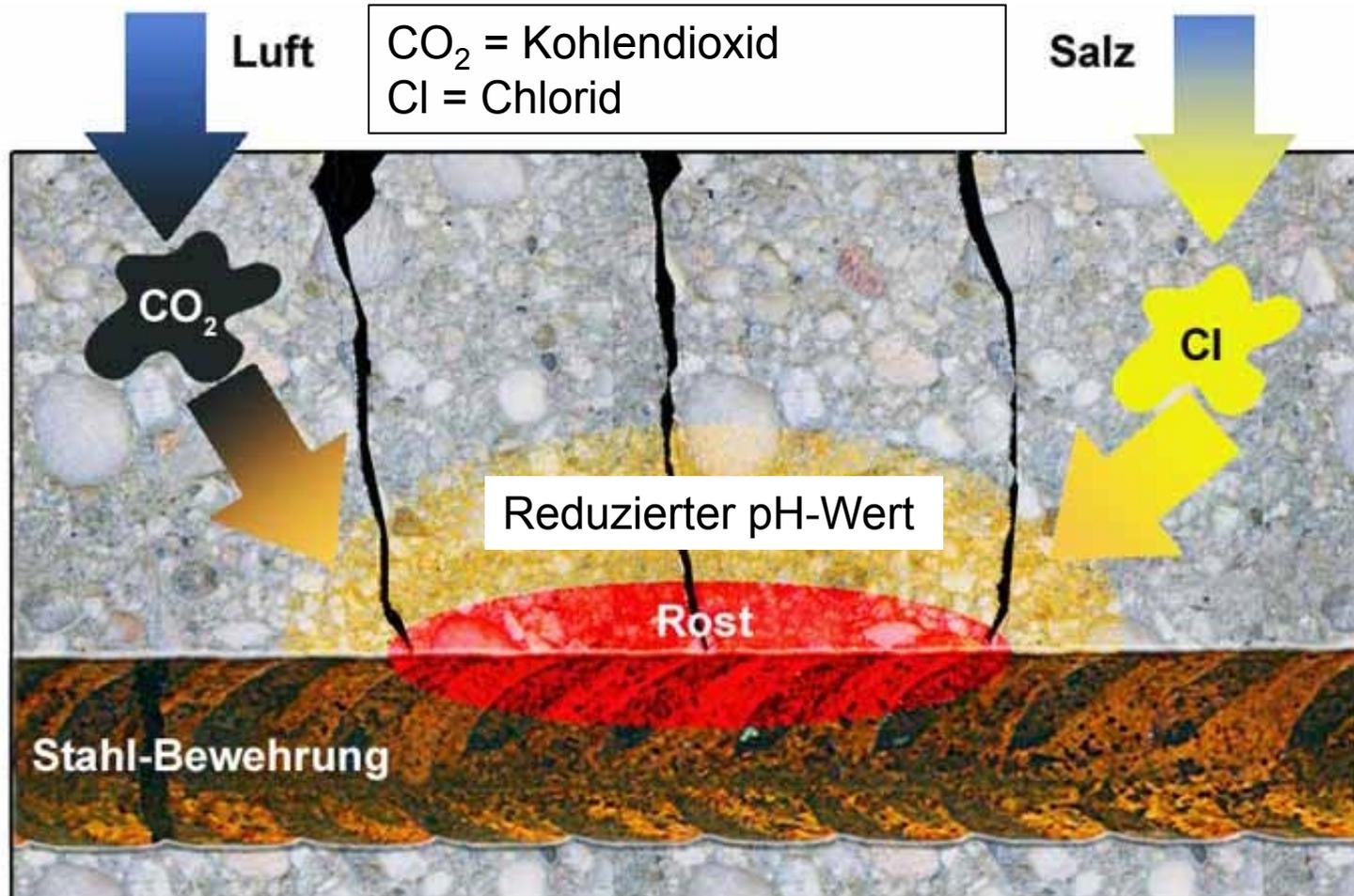
Karbonatisierung Beton / Ausblühungen



Quelle: Zementmerkblatt B27, VDZ, 2013



Korrosion der Bewehrung



Quelle: KKS-Beton, Duisburg



Ausblühungen aufgrund von Karbonatisierung bei Beton



Foto: Agroscope Tänikon

Anschluss Unterzug unter
Stalldecke



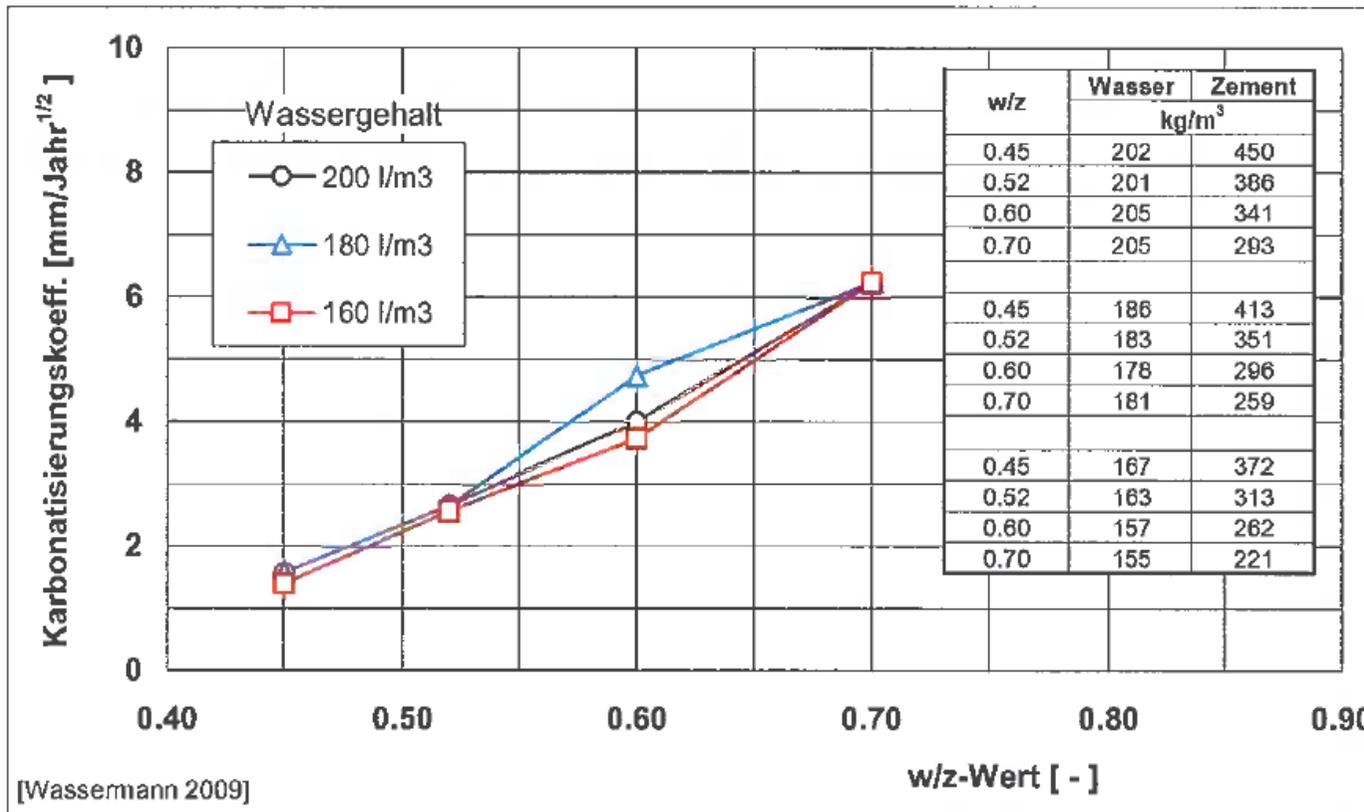
Foto: Agroscope Tänikon

Aussenansicht Güllesilo



Karbonatisierungstiefe

w/z-Wert und Zementgehalt



Quelle: TFB, Hunkeler, Wildegg

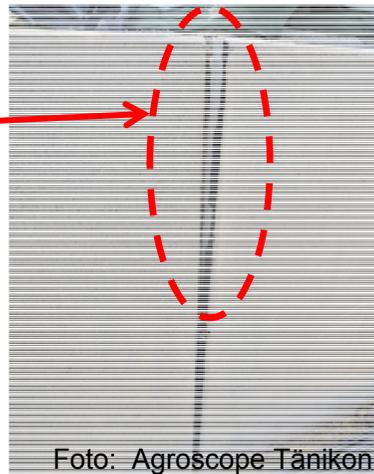


Raufuttersilos (Flachsilos)

Flachsilos:

- erhalten grosse und wechselnde Lasten
- sind Frosteinwirkungen ausgesetzt.
- der Baugrund muss stabil und homogen sein
- Aufschüttungen sind heikel, wegen differentiellen Setzungen => Rissrisiko und Undichtheiten
- Bei aufgeschüttetem Material ist der Baugrundqualität besondere Aufmerksamkeit zu schenken (ev. Stabilisieren)

Verschiebungen
Dichtigkeit?



Mechanische Beschädigung
Überdeckungsбетон

Silosäfte => pH-Wert ca. 4 - 5

Chemischer Angriff auf Beton
durch organische Säuren
(Milchsäure, Essigsäure,
Buttersäure)



Schutz der Flachsilowände vor eindringenden Silosäften





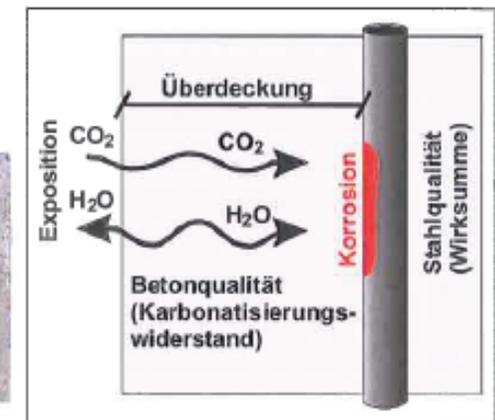
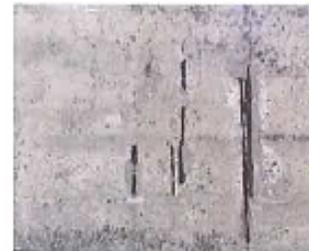
Neuerungen in der SIA 262 «Betonbau» gültig ab 01.01.2013

Querkraft und Durchstanzen:
statische Höhe (s) vergrössern



Dauerhaftigkeit:
Höhere Anforderungen an
Überdeckungsбетон

- Korrosion
- Risse
- Abplatzungen



Quelle: TFB, Hunkeler, Wildegg



Schlussfolgerung

- Die Betonbauteile sind verschiedenen chemischen und physikalischen Einwirkungen ausgesetzt.
- Die Bezeichnung der Betonsorten erfolgt nach deren Eigenschaften
- Die Umgebungsbedingungen des Betons werden mit den Expositionsklassen charakterisiert.
- Der Wasser-Zement-Wert hat einen wesentlichen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit des Betons
- Der Überdeckungsbeton ist dicht auszuführen, damit eine frühzeitige Karbonatisierung verhindert werden kann.



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

