

Industriefußböden im Praxistest

Andreas Saxer

Arbeitsbereich Materialtechnologie, Universität Innsbruck

(monolithische Bodenplatten)

Anwendung von monolithischen Bodenplatten (Glättbetonen): Industrie- und Gewerbebau
Produktionsstätten, Verkaufshallen, Lagerhallen
Parkhäuser, Freiflächen, Tiefgaragen
Tankstellen usw.

Ausführung mit und ohne Hartkorneinstreuung
Erhöhung der Abrieb- und Schlagfestigkeit
kostengünstige Oberflächenveredelung
erhöhte Lebensdauer



IndustrialFloor

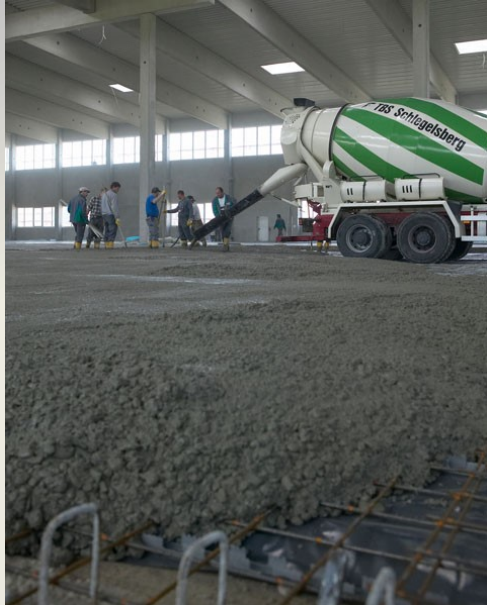


Göhringer GmbH



Lachner GmbH

Herstellung



Betonage der Bodenplatte



richtiger Zeitpunkt zum Aufbringen
der Hartkorneinstreuung;
gleichmäßige Verteilung des
Einstreumaterials (Einstreuwagen)
(3 – 5 kg/m²)



Einarbeiten der Hartkorneinstreuung
durch maschinelles Glätten
(Flügelglätter)

aber
ACHTUNG

Ursachen der Schäden ?



Rissbildung



Abplatzungen



ein Blick in das „Innenleben“ des Betons, nämlich die

POROSITÄT

die Porosität gibt Hinweis auf den Wasser/Bindemittel-Wert bzw. den erforderlichen Luftgehalt im Frischbeton, um den W/B-Wert einzuhalten.

Porosität [dm³/m³] = Gesamtwasser [dm³/m³] + Luftgehalt(Frischbeton) [dm³/m³] - gebundener Wasseranteil [dm³/m³]

gebundener Wasseranteil (gebW): entspricht dem Anteil des Gesamtwassers, welcher in den Hydratphasen (den Reaktionsprodukten des Zements) gebunden ist. Es handelt sich folglich um „festes Wasser“.

Der Übergang von flüssigem zu festem Wasser ist mit einer Dichtezunahme des Wassers bzw. einer Reduktion des ursprünglich in flüssiger Form eingenommenen Volumens. Die Reduktion beträgt 25% bezogen auf das ursprüngliche Volumen.

$$\text{gebW} = f \cdot (\text{Bindemittelgehalt}) \cdot (1 - 0,25)$$

f...Hydratationsgrad (maximal 0,26)

Fortsetzung gebundener Wasseranteil

$$\text{gebW} = f \cdot (\text{Bindemittelgehalt}) \cdot (1 - 0,25)$$

f...Hydratationsgrad (maximal 0,26)

Werte für f (Wesche)

		W/B ≤ 0,5	W/B > 0,5
vollst. Hydratation		0,21 - 0,23	0,23 - 0,25
weitgehende Hydrat. (>3 Monate)		0,19 - 0,21	0,21 - 0,23
28 Tage	PZ	0,16 - 0,18	0,17 - 0,19
	HOZ	0,14 - 0,16	0,15 - 0,17

Hydratationsgrad [%]

		W/B ≤ 0,5	W/B > 0,5
vollst. Hydratation		81 - 88	88 - 96
weitgehende Hydrat. (>3 Monate)		73 - 81	81 - 88
28 Tage	PZ	62 - 69	65 - 73
	HOZ	54 - 62	58 - 65

ein Beispiel:

$$\text{Porosität [dm}^3\text{/m}^3\text{]} = \text{Gesamtwasser [dm}^3\text{/m}^3\text{]} + \text{Luftgehalt(Frischbeton) [dm}^3\text{/m}^3\text{]} - \text{gebundener Wasseranteil [dm}^3\text{/m}^3\text{]}$$

Mischungsrezeptur:

CEM II/A 42,5 R	290 kg/m ³
AHWZ	50 kg/m ³
W/B	0,55
f	0,23 (entspricht einer weitgehenden Hydratation (Alter > 3 Monate))

$$\text{Gesamtwasser: } (290 + 0,8 \cdot 50) \cdot 0,55 = 181,5 \text{ dm}^3$$

$$\text{Luftgehalt im Frischbeton: } 1,5 \text{ Vol\%} = 15 \text{ dm}^3$$

$$\text{gebundener Wasseranteil: } 0,23 \cdot (290 + 0,8 \cdot 50) \cdot (1 - 0,25) = 54,45 \text{ dm}^3$$

es folgt:

$$\text{Porosität [dm}^3\text{/m}^3\text{]} = 181,5 \text{ [dm}^3\text{/m}^3\text{]} + 15 \text{ [dm}^3\text{/m}^3\text{]} - 54,45 \text{ [dm}^3\text{/m}^3\text{]} = 142,05 \text{ [dm}^3\text{/m}^3\text{]} = 14,2 \text{ Vol-\%}$$

Bestimmung der offenen Porosität von Beton (in Anlehnung an EN 1936)

- Trocknung der Betonprobe bei 105 °C bis Massekonstanz ($\Delta m < 0,1$ Masse-%/24 h) und Abkühlen auf Raumtemperatur – m_{tr} (Masse trocken)
- in Vakuumbehälter 4 Stunden evakuieren (Druck < 20 mbar)
- Fluten mit Wasser ($T=20\pm 5$ °C) bis alle Proben vollständig überdeckt sind
- 2 Stunden evakuieren (Druck < 100 mbar) und Ventil schließen
- weitere 14 Stunden unter Wasser im Vakuum lagern
- Wägung der Proben unter Wasser (m_{UW}) und an Luft (m_f)

$$\text{Porosität } P \text{ [Vol-\%]} = [(m_f - m_{tr}) / (m_f - m_{UW})] * 100$$

seit 2008 rund 45 Schadensfälle begutachtet. Folgende Schadensbilder haben sich als Ursache für Schäden bei monolithischen Bodenplatten mit Glättung herausgestellt.

Schadensbild 1

Angaben zum Beton:

CEM II/A-M 42,5	300 kg/m ³
AHWZ	40 kg/m ³
W/B	0,55



Schadensbild 1

Bestimmung der Porosität (3 Proben)

Porosität oben (bis 15 cm unter Oberfläche) 18,5/19,6/19,1 Vol-%

Berechnung des W/B-Werts aus der offenen Porosität (soll: 0,55 bzw. 0,57)

Probe	Porosität [%]	W/B
BK1	18,5	0,60
BK2	19,6	0,63
BK3	19,1	0,61

Resumee

sehr hoher W/-Wert. Durch das Glätten wird Wasser nach oben gedrückt (Blutwasser). Die Wassermenge konnte nicht von der Einstreuschicht aufgenommen werden und es kam zur Ausbildung einer Hohlstelle.

Schadensbild 2

Angaben zum Beton:

CEM II/A-M 42,5N 320 kg/m³

W/B 0,55

Betonalter: ca. 3 Monate (f=0,21)



W/B-Wert lt. Mischungsprotokolle eingehalten

Schadensbild 2

Bestimmung der Porosität (Länge Bohrkerne: 180 mm; Bereich oben: 50 mm; Bereich unten: 50 mm)

Probe	Porosität [Vol-%]
BK1 oben	19,7
BK1 unten	15,9
BK2 oben	17,8
BK2 unten	13,3

Berechnung des erforderlichen Luftgehalts im Frischbeton

Probe	Luftgehalt(FB)	W/B
BK1 oben	6,4 – 6,6 %	0,57
BK1 unten	2,6 – 2,8 %	0,57
BK2 oben	4,0 – 4,2 %	0,57
BK2 unten	0,4 – 0,7 %	0,55

Resumee

Luft wurde durch das Glätten nach oben gedrückt. Aufgrund der dichten Einstreuschicht konnte diese nicht entweichen und es kam zur Ausbildung einer Hohlstelle.

Schadensbild 3

BK1



BK2



Angaben zum Beton:

CEM II/A-M 42,5	300 kg/m ³
AHWZ	60 kg/m ³
W/B	0,55
lt. Lieferschein	0,57

Schadensbild 3

Bestimmung der Porosität (Länge Bohrkern: 220 mm; Bereich oben: 55 mm; Bereich unten: 60 mm)

Probe	Porosität [Vol-%]
BK1 oben	16,3
BK1 unten	16,7
BK2 oben	16,8
BK2 unten	16,1

Berechnung des W/B-Werts aus der offenen Porosität (soll: 0,55 bzw. 0,57)

Probe	Porosität [%]	W/B	Luftgehalt(FB)
BK1 oben	16,3	0,55	2,5
BK1 unten	16,7	0,57	2,5
BK2 oben	16,8	0,57	2,5
BK2 unten	16,1	0,55	2,5

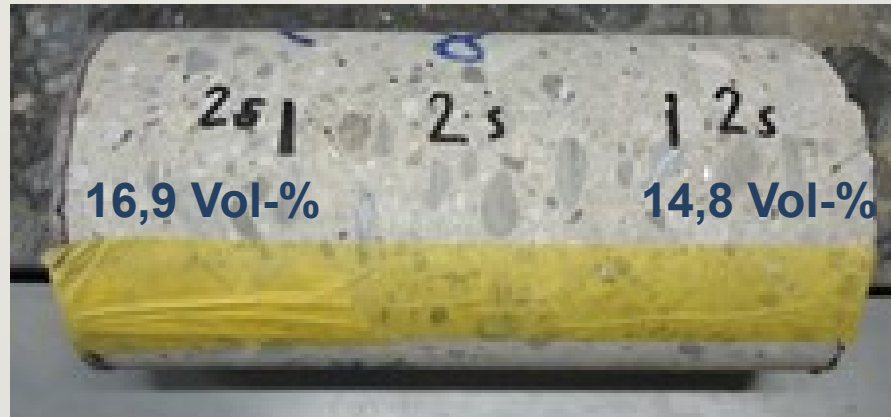
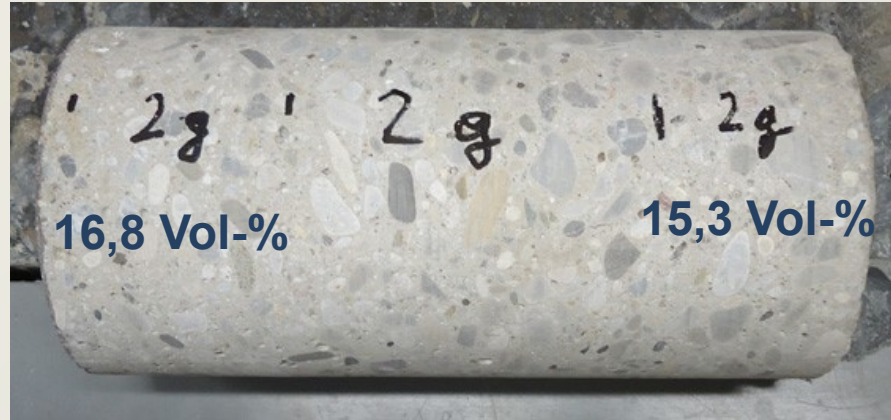


Resumee

Bei der Probe BK2 wurde das Einstreumaterial in den Beton eingearbeitet
bei der Probe BK1 war dies nicht mehr möglich → Ausbildung einer Schicht aus
Einstreumaterial (bis 6 mm dick) ohne Verbund zum Beton



Schadensbild 4



Angaben zum Beton:

CEM II/A-M 42,5	300 kg/m ³
AHWZ	60 kg/m ³
W/B	0,55
lt. Lieferschein	0,57

Trotz sehr ähnlicher Porositäten im oberen und unteren Bereich ergibt sich einmal keine und einmal eine Abplatzung mit Rissbildung. Dies veranschaulicht, dass solche Effekte nicht großflächig, sondern vielmehr punktuell verteilt auftreten.

als Schadensbilder liegen bei monolithischen Bodenplatten im wesentlichen wie folgt vor:

- Auftreiben von Luft oder Wasser aus dem Beton und Ausbildung einer Hohlstelle, die Luft bzw. Wasser kann aufgrund der dichten Einstreuschicht nicht entweichen.
- der Beton ist bereits erstarrt und das Einstreumaterial kann nicht mehr eingebunden werden, das Einstreumaterial liegt als Schicht ohne Verbund zum Beton vor. Aufgrund des relativ hohen Zementgehalts kommt es zur Ausbildung von Schwindrissen.
auch die Ausbildung von oberflächennahen Rissen im Beton ist möglich

es ist folglich unabdingbar, eine entsprechende Abstimmung der eingesetzten Materialien (Beton, Einstreumaterial) und des Arbeitsablaufs vorzunehmen.

dazu gehören:

- Beton: W/B-Wert im Bereich $>0,45$ bis maximal $0,55$ (Temperatur $>10\text{ °C}$ und $<30\text{ °C}$, optimal $15 - 25\text{ °C}$)
- Luftgehalt im Frischbeton: $<2\%$ bzw. $<3,5\%$ bei Faserbeton; Luftporen-Betone nicht zulässig
- Konsistenz: maximal F52 (keine Schwankungen der Konsistenz); keine Blutneigung
- optimalen Betonierablauf durch Abstimmung der Anlieferungs- und Verarbeitungszeiten sicher stellen
- nach dem Betonieren Zwischen-Nachbehandlung zur Verhinderung des Austrocknens der Betonoberfläche (Abdecken mit Folie, Schutz vor Zugluft und einseitiger Sonneneinstrahlung (Erwärmung), Luft- und Untergrundtemperatur $>5\text{ °C}$)
- Aufbringen des Einstreumaterials „so schnell wie möglich“; gleichmäßige Verteilung des Einstreumaterials, eventuell Aufräumen der Betonoberfläche
- Schichtdicken mindestens 2 mm und maximal 4 mm
- Glätten: keine signifikanten Altersunterschiede des Betons dürfen vorliegen; der Beton darf zum Zeitpunkt des Glättens noch nicht das Erstarrungsende erreicht haben (Berücksichtigung der Einflüsse auf die Erstarrungszeit wie Temperatur, W/B-Wert, Fließmittel, usw.)
- nach Fertigstellung Nachbehandlung des Betons

- betontechnologische und verarbeitungsspezifische Schulung des Personals für den Einbau und das Einstreuen und Glätten

erfolgreiche Herstellung von monolithischen Bodenplatten

und

Danke für die Aufmerksamkeit