

Leitfaden für Fahrsiloböden

Tipps aus der Praxis für die Planung und Herstellung von Fahrsiloböden aus Beton

Holcim (Deutschland) GmbH



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Planung	4
3. Normen für die Landwirtschaft	5
4. Betoneinbau	6
5. Oberflächenbearbeitung	6
6. Nachbehandlung	7
7. Schutzanstrich	7
8. Betonieren bei kaltem Wetter	8
9. Betonieren bei heißem Wetter oder starkem Wind	9
10. Schäden durch chemischen Angriff und Frost	11
11. Starker chemischer Angriff	12
12. Mängel durch mechanische Beanspruchung	13
13. Statisch bedingte Mängel/Risse	15
14. Zusammenfassung	17
15. Literaturhinweise	19

2. Auflage 2019

Copyright

Holcim (Deutschland) GmbH

Verfasser

Produktmanagement
Horst Erler

Fotos

Wenn nichts anderes vermerkt:
Holcim (Deutschland) GmbH

Haftungsausschluss

Die Hinweise und Empfehlungen der Holcim (Deutschland) GmbH berücksichtigen die derzeit gültigen Normen, Merkblätter und Praxiserfahrungen. Die Informationen sind jedoch unverbindlich und werden unter Ausschluss jeglicher Haftung oder Gewährleistung abgegeben.

1. Einleitung

Dieser Leitfaden bietet Hilfestellung zur fachgerechten Herstellung von Fahrsiloböden und gibt Tipps aus der Praxis, um Schäden durch unsachgemäßen Betoneinbau und nicht durchgeführter bzw. zu geringer Nachbehandlung zu vermeiden.

Fahrsiloböden sind hoch beanspruchte Bauteile. Sie müssen starken chemischen Angriffen durch Gärssäure standhalten. Jedoch nicht nur die Gärssäure, sondern auch weitere Faktoren führen zu massiven Schäden. In den meisten Fällen wird dem Beton nicht genügend Zeit zur vollständigen Aushärtung und somit zur Entwicklung der Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit gegeben. Teilweise ist eine nicht durchgeführte oder ungenügende Nachbehandlung bzw. Zwischennachbehandlung für die Entstehung der Schäden verantwortlich.

Bei nicht sachgemäßem Betoneinbau, wie beispielsweise Betonieren bei zu kühlen Außentemperaturen oder bei zu heißer Witterung, kann der Betonoberfläche Wasser entzogen werden, wodurch die oberste Betonschicht verdurstet.

Durch eine Wasserzugabe im Fahrmischer oder beim Glättvorgang wird der Wasserzementwert deutlich erhöht, was zu erheblichen Qualitätseinbußen des Betons führt. Um solche Faktoren auszuschließen und hohe Qualitäten in diesem für die Landwirtschaft wichtigen Bereich zu gewähren, gibt dieser Leitfaden wertvolle Tipps und Anregungen.

2. Planung

Dauerhaft und dicht – nach dreimonatiger Aushärtung

Damit der Beton im Fahrsiloboden einen ausreichenden Widerstand gegen die zu erwartenden Angriffe aus Frost, mechanischem Angriff und chemischen Angriff aufweist, muss der Beton zum Zeitpunkt der ersten Belegung ausreichend erhärtet und dadurch dauerhaft und dicht sein. Hierzu benötigen die hochwertigen Betone, die zur Herstellung eines Silobodens geeignet sind, etwa drei Monate, in denen die später besonders belastete Oberfläche vor Austrocknung geschützt und somit feucht gehalten werden muss.

Der Schutz des Betons während dieser Zeit wird als Nachbehandlung bezeichnet. Die Nachbehandlung soll den Beton vor Austrocknung, Auskühlung, Erschütterungen und sonstigen schädlichen Einflüssen schützen. Die Nachbehandlung kann durch Auflegen von Folien, besser noch Folien und Wärmedämmmatten erfolgen.

Das ständige Feuchthalten oder das „unter Wasser setzen“ des Betons ist ebenfalls eine geeignete Maßnahme. Der Beton darf während der Nachbehandlungszeit auf keinen Fall austrocknen. Die Nachbehandlung hat so bald als möglich zu erfolgen. Schon während des Betoneinbaus sollte der junge Beton durch Aufbringen eines

flüssigen Nachbehandlungsmittels vor Austrocknung geschützt werden. Hier spricht man von einer Zwischennachbehandlung. Diese Zwischennachbehandlung ist zwingend erforderlich, wenn die Qualität der Betonoberfläche widerstandsfähiger sein soll.

Die anschließend aufgebrauchten Folien müssen durch Auflegen schwerer Gegenstände (z. B. Bretter/Reifen) vor Windlast gesichert werden.

Ein Fahrsiloboden sollte daher frühzeitig geplant werden, damit ausreichend Zeit bleibt, bis sich der Beton soweit entwickelt hat, damit er den bevorstehenden Angriffen widerstehen kann. Also mindestens so, dass der Beton nach dem Einbau wirklich noch drei Monate Zeit zur Aushärtung hat.

Eine Belegung des Fahrsilos, die vor der dreimonatigen Aushärtungszeit erfolgt, ist als kritisch zu betrachten: Sie kann das Betongefüge und die Betonoberfläche schädigen.



Abb. 2.1
Fahrsiloboden mit Schäden



Abb. 2.2
Starker Angriff auf die Betonoberfläche



Abb. 2.3
Nachbehandlung und Schutz

3. Normen für die Landwirtschaft

DIN 11622-2 und DIN EN 206-1 / DIN 1045-2

DIN 11622-2:2015-09 + Anhang B.7	
Bauteil	Empfohlene Expositions-klasse
Gärfuttersilos	XC4, XF3, XA3 + mit Beschichtung (WF)

Abb. 3.1
Auszug DIN 11622-2:2015-09

DIN EN 206-1 / DIN 1045-2			
Grenzwert min f_{ck}	w/z-Wert	Expositions- klassen	Beschreibung
C25/30	$w/z \leq 0,60$	XC4	Außenbauteile mit direkter Beregnung, wechselnd nass und trocken
C35/45	$w/z \leq 0,50$	XF3	Frostangriff, hohe Wassersättigung ohne Taumittel
C35/45	$w/z \leq 0,45$	XA3	Chemisch stark angreifend

Abb. 3.2
Anforderungen an die Expositions-klassen nach DIN EN 206-1 / DIN 1045-2 (2001)

Fahrsilo (unbewehrt)	Fahrsilo (bewehrt)
XF3, XA3, WF	XC4, XF3, XA3, WF
C35/45 mit Beschichtung	C35/45 mit Beschichtung
Max. w/z-Wert 0,45 (min. Z = 320 (270) kg/m ³)	Max. w/z-Wert 0,45 (min. Z = 320 (270) kg/m ³)
Überwachungs-klasse 2	Überwachungs-klasse 2

Abb. 3.3
Anforderungen an den Beton

4. Betoneinbau

Die Witterung hat großen Einfluss auf die Qualität

Der Betoneinbau nach Stand der Technik und den anerkannten Regeln der Baukunst, muss durch geeignetes fachkundiges Personal erfolgen. Das Material sollte zügig direkt aus dem Fahrmischer, mit Kübeln oder besser noch mit der Betonpumpe gefördert und eingebaut werden. Die Witterungsverhältnisse müssen unbedingt beachtet werden, da der Beton aufgrund seiner normgerechten

Zusammensetzung sehr empfindlich bei Außentemperaturen unter 5 °C oder bei praller Sonne und Windzug ist. In diesen Fällen sollte nicht betoniert werden. Es ist empfehlenswert, im Sommer eher in der Nacht oder in den Abendstunden zu betonieren. Fahrhiloböden müssen extremster Belastung standhalten und das bei einer sehr kurzen Bauzeit – daher sind diese Details beim Betoneinbau zwingend zu beachten.



Abb. 4.1
Betoneinbau und Verdichtung



Abb. 4.2
Zwischennachbehandlung mit Curing

5. Oberflächenbearbeitung

Durch Glättmaschinen nur bedingt möglich

Der sehr hochwertige Beton ist für eine Oberflächenbearbeitung durch Glättmaschinen nur bedingt geeignet und bedarf einer sehr sorgfältigen Abstimmung und Ausführung. Durch den sehr geringen Wasseranteil im Beton ist eine sorgfältige Zwischennachbehandlung und anschließende Nachbehandlung unerlässlich. Insbesondere starke Sonneneinstrahlung oder Wind können ein maschinelles Glätten enorm erschweren.

Daher ist eine frühzeitige Planung und Abstimmung des Bauablaufs unumgänglich. Fehlerhafte Oberflächenbearbeitung kann zu erheblichen Qualitätseinbußen am Bauteil führen. Hier wird empfohlen, die Hinweise im „Leitfaden für Glättbeton“ zu beachten.



Abb. 5.1
Oberflächenbearbeitung



Abb. 5.2
Leitfaden für Glättbeton

6. Nachbehandlung

Je länger desto widerstandsfähiger

Sofort nach dem Einbau ist der Beton vor schädlichen Einflüssen zu schützen. Auch vor einer geplanten Oberflächenbearbeitung ist zwingend eine Zwischennachbehandlung erforderlich. Nach der Oberflächenbearbeitung ist der Beton so lange wie möglich zu schützen. Die Normangaben sind mindestens zu verdoppeln.

Generell gilt:

Je länger nachbehandelt wird, desto widerstandsfähiger ist die Betonoberfläche. Die Verarbeitung und die Nachbehandlung entscheiden maßgeblich über die Qualität und den Widerstand des Betons gegen jegliche Angriffe.



Abb. 6.1
Nachbehandlung mit Folie



Abb. 6.2
Nachbehandlung mit Folie und Thermomatten

7. Schutzanstrich

Unbedingt erforderlich

Bevor der Fahrsiloboden erstmalig mit Silage in Berührung kommt, muss er mit einem geeigneten Schutzanstrich versehen werden. Bei jeder Neubelegung ist dieser Schutzanstrich zu erneuern.

Wichtig: Untergrundvorbereitung

Der Untergrund muss gründlich gereinigt und von losen Teilen befreit werden.



Abb. 7.1
Schutzanstrich mit Silolack

8. Betonieren bei kaltem Wetter

Die Temperatureinflüsse wirken sich sehr auf die Betonqualität aus

Der junge Beton reagiert empfindlich auf tiefe Temperaturen und nimmt bei Frost Schaden.

Die Gründe dafür sind:

Die Festigkeitsentwicklung wird verlangsamt, je tiefer die Umgebungstemperatur liegt. Unter dem Gefrierpunkt kommt sie sogar zum Stillstand. Das Gefrieren des Wassers im Beton schädigt dessen Gefüge.

Gefrierbeständigkeit

Beton kann als gefrierbeständig gelten, wenn:
sein Zementgehalt $> 270 \text{ kg/m}^3$ liegt
sein w/z-Wert $< 0,60$ ist
er vor starkem Feuchtezutritt geschützt ist
er eine schnelle Festigkeitsentwicklung aufweist
seine Temperatur während mindestens 3 Tagen $> 10^\circ\text{C}$ liegt

Zu beachten ist:

Gefrierbeständige Betone erhärten nach einmaligem Durchfrieren zwar normal weiter; mehrfaches Durchfrieren überstehen aber auch solche Betone nicht. Luftporenbildner tragen nicht zur Gefrierbeständigkeit bei.

Die Zugabe von Beschleunigern führt wohl zu einem schnelleren Erhärten; dies ist aber nur schwer kontrollierbar.



Abb. 8.1
Frostschäden an der Betonoberfläche

Wenn bei kalter Witterung betoniert werden muss, empfiehlt sich ein Vorgehen nach den folgenden Tipps:

- Anheben des Zementgehalts und/oder Verwenden von Zementen höherer Wärmeentwicklung bei sonst gleichen Ausgangsstoffen
- Herabsetzen des w/z-Werts mit einem Fließmittel (FM)
- Verlängern der Ausschulfristen und der Nachbehandlungsdauer
- Verwenden von Materialien mit erhöhten thermischen Isolationseigenschaften für die Schalung (z. B. Holz) und für die Nachbehandlung (z. B. Thermomatten)
- Anheben der Frischbetontemperatur durch gezieltes Erwärmen des Zugabewassers und/oder der Gesteinskörnung
- Bauteil oder ganzes Gebäude vor Wärmeverlust und Luftzug schützen
- Junger Beton ist vor Frost zu schützen. Die Gefrierbeständigkeit des jungen Betons ist dann erreicht, wenn er eine Druckfestigkeit von mindestens 5 N/mm^2 aufweist
- Nicht auf gefrorenen Baugrund oder an gefrorene Bauteile betonieren
- Schalungsflächen und Bewehrungen frei von Eis und Schnee halten, jedoch nie mit Wasser, sondern durch Wärmebehandlung
- Der vorgewärmte Beton muss zügig in die von Schnee und Eis befreite Schalung eingebaut und sofort verdichtet werden
- Den jungen Beton möglichst vor Wärmeentzug schützen
- Nach Möglichkeit für den Betoneinbau keine Förderbänder verwenden
- Beim Einbringen und während der Verarbeitung darf ohne besondere Maßnahmen der Frischbeton nicht kälter als $+5^\circ\text{C}$ sein
- Bei Betonoberflächen mit erhöhten Anforderungen wird empfohlen, die Frischbetontemperatur auf $+10^\circ\text{C}$ zu erhöhen.

9. Betonieren bei heißem Wetter oder starkem Wind

Wind und Sonneneinstrahlung werden oft nicht richtig beachtet und unterschätzt. Maßnahmen bei heißer Witterung und bei Wind:

- Die Frischbetonmengen müssen auf die Lieferintervalle und die Einbauleistungen abgestimmt werden. Es dürfen keine zeitlichen Verzögerungen entstehen!
- Die kühleren Tageszeiten sollen zum Betonieren genutzt werden und die Einbaustelle soll nach Möglichkeit beschattet werden.
- Genügend Personal einplanen.
- Die Geräte für den Einbau sowie das Material für die Nachbehandlung müssen überprüft sein und bereit stehen.
- Vor Einbaubeginn sollte die Bewehrung, die Schalung oder der Untergrund vorgehässelt werden. Entstehende Wasserpfützen sind zu beseitigen!
- Lange Transport- und Liegezeiten des Betons vermeiden.
- Rasches Entladen, Verarbeiten und Verdichten sind oberstes Gebot!
- Bei Verzögerungen und längeren Standzeiten muss das Lieferwerk sofort benachrichtigt werden.
- Angesteifteten Beton nicht mehr einbringen.
- Eine nachträgliche Wasserzugabe auf der Baustelle ist nicht zulässig, außer sie ist planmäßig vorgesehen.
- Wird auf der Baustelle nachträglich Wasser zugegeben, geht die Verantwortung der Wasserzugabe auf den Anweisenden über.
- Bei Glättbetonen ist der Beton zwischen Einbau und Glätten vor Feuchtigkeitsverlust, Austrocknung und Auskühlen zu schützen.

Austrocknungsgeschwindigkeit

Die Austrocknungsgeschwindigkeit hängt ab von:

- Lufttemperatur
- Betontemperatur
- Relative Luftfeuchtigkeit
- Windgeschwindigkeit

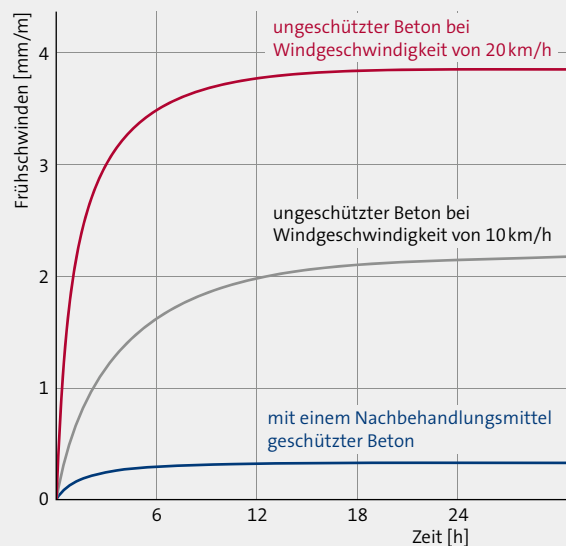


Abb. 9.1
Austrocknungsgeschwindigkeit

Betonieren bei heißem Wetter oder starkem Wind

Diagramm zum Abschätzen der Austrocknungsrate an offen liegenden Betonflächen

Eingezeichnetes Beispiel (rot):

Lufttemperatur: 28 °C

Relative Luftfeuchtigkeit: 50 %

Betontemperatur: 28 °C

Windgeschwindigkeit: 20 km/h

Ergebnis: Austrocknungsrate = 0.8 kg/(m² · h)

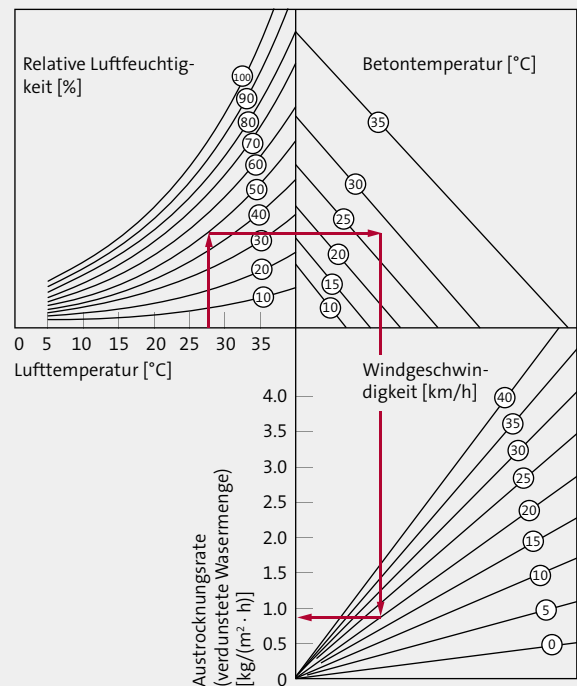


Abb. 9.2
Abschätzen der Austrocknungsrate

Folgende Maßnahmen sind bei heißen Temperaturen zwingend erforderlich, um schadensfreie Betonflächen zu erstellen:

- Besprühen mit einem geeigneten Nachbehandlungsmittel (Curing)
- Beton mit feinem Wassernebel besprühen
- Folien auflegen
- Gegebenenfalls Wärmedämmmatten auflegen, um die Temperaturunterschiede zwischen Kern und Oberfläche gering zu halten (massige Bauteile)

Wird dem Beton nach dem Einbau an seiner Oberfläche Wasser entzogen, entstehen Fröhschwindrisse. Diese Risse treten relativ früh, manchmal schon nach wenigen Stunden auf. Je nach Ausmaß des Wasserentzugs können diese Risse Breiten erreichen, die die Dauerhaftigkeit von Stahlbeton gefährden (bei WU-Betonen schon ab 0,1 mm). Darüber hinaus kann wegen des fehlenden Wassers das Zementkorn nicht vollständig hydratisieren und so die maximal mögliche Festigkeit nicht erreichen.

Die Folgen sind:
geringere Druckfestigkeit
geringere Beständigkeit gegen chemische Angriffe
geringere Frostbeständigkeit
geringere Dichtigkeit
geringere Dauerhaftigkeit



Abb. 9.3
Risse infolge Austrocknung

Fröhschwindrisse sind die Folge mangelhafter Nachbehandlung. Extreme Witterungsbedingungen verschärfen die Gefahr.

10. Schäden durch chemischen Angriff und Frost

Schäden sind meist erst später erkennbar

Mängel an der Betonoberfläche entstehen vor allem durch unsachgemäßen Betoneinbau, unzulässige Wasserzugabe oder nicht der Witterung angepasstem Betoneinbau. Diese Schäden sind vor der ersten Belegung meist noch gar nicht sichtbar oder erkennbar. In den meisten Fällen tauchen sie nach einer oder mehreren Belegungen auf. Je schärfer der Angriff, bzw. je geringer der pH-Wert der Gärsäure, desto schneller sind Schäden erkennbar. Ein gründliches Reinigen nach jeder Belegung und erneutes Aufbringen einer Schutzschicht, hilft die Mängel und Schadstellen einzugrenzen.



Abb. 10.1
Stark angegriffene Oberfläche



Abb. 10.2
Schäden im Gärsäureblauf

Gärfutter	pH-Wert	Angriffsgrad
Wiesengras 1. Schnitt	4,7	mäßiger Angriff
Wiesengras 2. Schnitt	4,7	
Mähweide 1. Schnitt	4,7	
Mähweide 2. und 3. Schnitt	4,9	
Kleegrass 1. Schnitt	4,6	
Rübenblatt ohne Köpfe	4,5	starker Angriff
Rübenblatt mit Köpfen	4,4	
Mais grün	4,2	
Mais milchreif	3,9	

Abb. 10.3
Angriff durch Silage – pH-Wert Auflistung

11. Starker chemischer Angriff

Ohne Beschichtung versagt der Beton

Durch den sehr starken Säureangriff bei niedrigen pH-Werten der Silage ist ein unbeschichteter Beton nicht ausreichend beständig. Der Beton ist zwingend vor Kontakt mit Substrat und Sickersäften durch eine geeignete und intakte Beschichtung zu schützen. Diese Beschichtung muss vor jeder Neubelegung fachgerecht erneuert werden. Eine Verdünnung der Silage mit Wasser führt oft zu noch stärkeren Angriffen auf die Betonoberfläche.



Abb. 11.1
Starke Abwitterung der Betonoberfläche

12. Mängel durch mechanische Beanspruchung

Verletzung der Beschichtung

Durch die heutzutage sehr schweren, großen landwirtschaftlichen Geräte kommt es oft zu Verletzungen der Betonoberfläche und auch der Schutzschicht. Dadurch kann die Gärsäure direkt auf den verletzten Beton einwirken und ihn schädigen. Da hilft auch keine Beschichtung, da diese ebenfalls beschädigt wird.

Um solche Schäden zu vermeiden, ist der sorgfältige Umgang mit landwirtschaftlichen Großgeräten wichtig, damit der Schutzanstrich intakt bleibt. Sollte es dennoch zu einer Schädigung der Schutzschicht kommen, muss dieser Schaden sofort behoben und gegebenenfalls erneut mit dem Schutzanstrich versehen werden.

Vorsicht

Wird eine ungeeignete Beschichtung oder ein ungeeigneter Schutzanstrich verwendet, kann es zu Hinterwanderungen durch Silagesäfte kommen, die den Beton unter der Schutzschicht angreifen und zerstören.



Abb. 12.1
Mechanische Beschädigung an der Wand

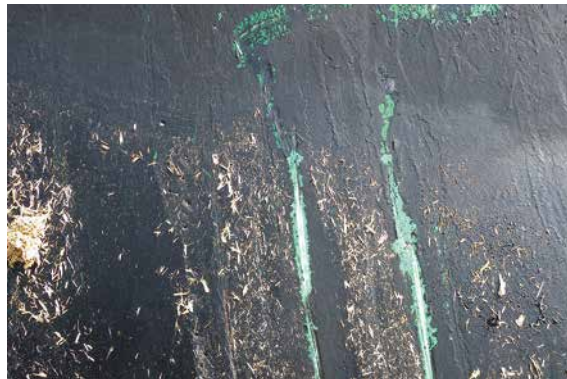


Abb. 12.2
Starke Schäden an der Beschichtung

Mängel durch mechanische Beanspruchung

Ein ungeeigneter Schutzanstrich kann die Schädigung der Betonoberfläche deutlich verstärken. Das Schadensbild wird leider erst sichtbar, wenn die Betonoberfläche vollkommen zerstört ist.

Der Schutzanstrich muss jährlich erneuert werden und aus geeignetem Material bestehen. Eine ständige Kontrolle der Schutzschicht hilft, den Angriff auf die Betonoberfläche länger fern zu halten. Das wichtigste dabei ist eine äußerst sorgfältige Untergrundvorbereitung. Denn das beste Material/Schutzanstrich ist immer nur so gut, wie der Untergrund auf den es aufgebracht wird.



Abb. 12.3
Schutzanstrich mit Rissen



Abb. 12.4
Hinterwanderung vom Schutzanstrich

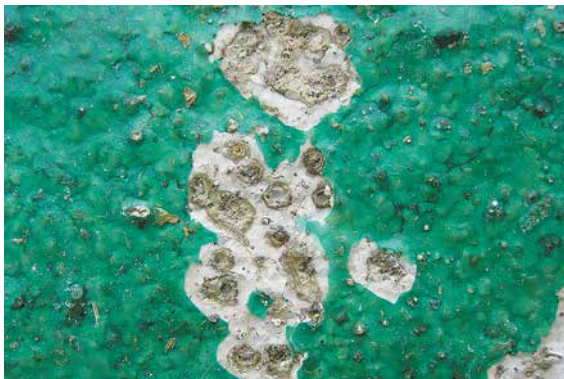


Abb. 12.5
Geschädigter Beton



Abb. 12.6
Vollkommen zerstörte Betonoberfläche

13. Statisch bedingte Mängel/Risse

Die Statik wird oft nicht ausreichend bemessen

Durch falsche Bemessung der Statik kann es zu einer Rissbildung in den Fahrsilos kommen. Da es sich um keine „Tragenden Bauteile“ handelt, wird die Statik oft als nicht sehr wichtig angesehen. Bei Beton für Fahrsilos handelt es sich um einen Beton der Druckfestigkeitsklasse C35/45, zwingend sollte die Statik auch auf diesen Beton bemessen werden. Oft wird nur prophylaktisch eine Bewehrungsmatte eingelegt, die meistens für diese Belastung nicht geeignet oder nicht ausreichend ist. Dann ist es sehr wahrscheinlich, dass der Fahrsiloboden mit Rissen übersät wird.

Die Längenveränderung eines Fahrsilobodens wird auch oft unterschätzt. Der Beton verlängert oder verkürzt sich infolge Temperatureinwirkung, insbesondere bei Sonneneinstrahlung. Je nachdem, wie die Temperatur auf das Bauteil einwirkt, kann es zu einer gleichmäßigen Temperaturänderung oder zu einer ungleichmäßigen Temperaturänderung kommen – was natürlich beides zu Rissen führen kann.

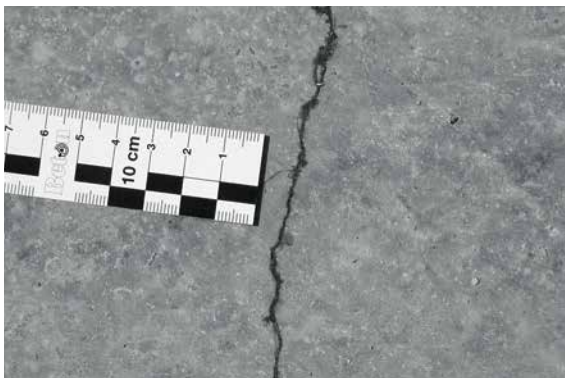


Abb. 13.1
Statisch bedingter Riss



Abb. 13.2
Gerissene Betonoberfläche

Statisch bedingte Mängel/Risse

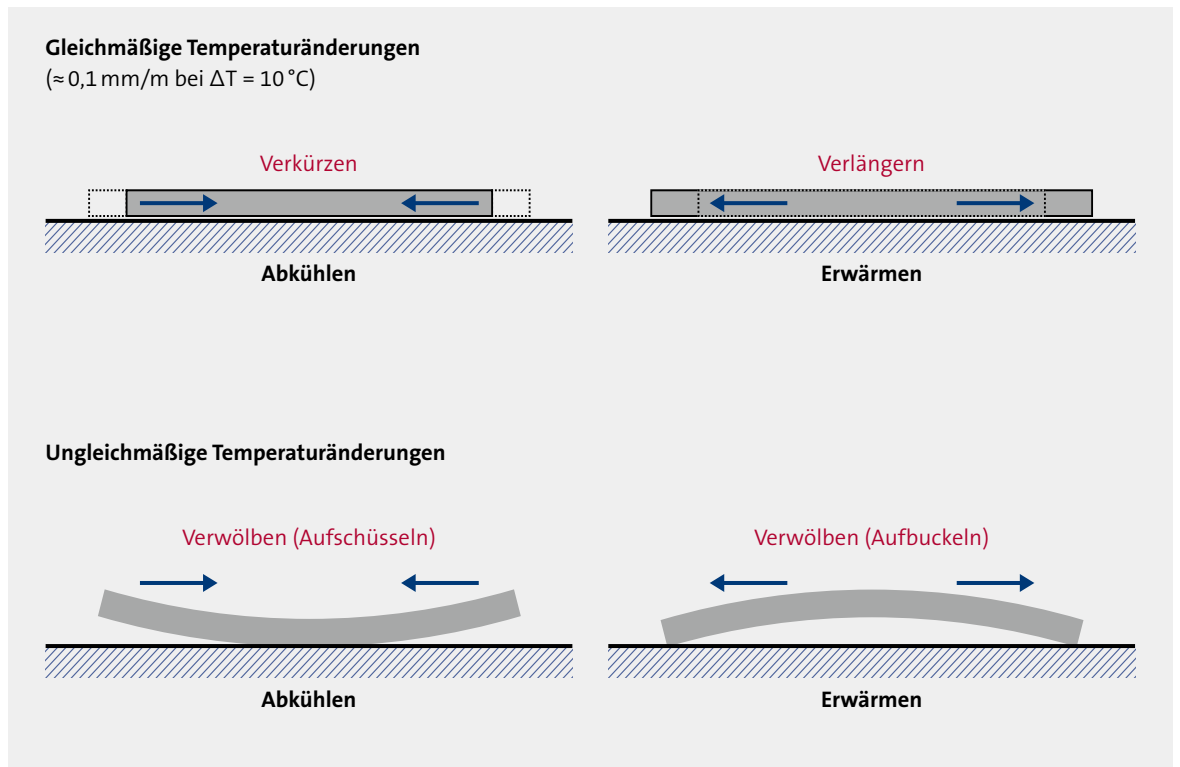


Abb. 13.3
Ausdehnungsverhalten von Beton infolge
Temperaturänderung

14. Zusammenfassung

Erreichen eines dauerhaften Betons

Der Beton muss so widerstandsfähig wie irgend möglich hergestellt werden. Nur so hält er den bevorstehenden Angriffen stand. Es gibt mehrere Möglichkeiten die Dauerhaftigkeit des Betons zu erhöhen: Zum einen mit der Betonrezeptur; zum anderen mit dem Betoneinbau und der alles entscheidenden Nachbehandlung. Ohne Beschichtung wird die Betonoberfläche stark beeinträchtigt und sie wird langsam abgetragen.

Beton technologisch widerstandsfähig machen durch:

- Betonzusammensetzung
- geringen w/z-Wert
- dichten Zementstein, dichtes Gefüge
- möglichst grobe Gesteinskörnung
- Zusatzstoffe FA oder Silicastaub
- gute Nachbehandlung
- Belegung erst nach ausreichender Erhärtung

Beton robust machen durch Beschichtung

- hervorragende Untergrundvorbereitung
- geeignete Beschichtung
- jährliche Erneuerung
- nur eine intakte Beschichtung schützt die Betonoberfläche

Betoneinbau

- zügiger Einbau
- keine Wartezeiten
- gute Verdichtung
- sofortiger Schutz des jungen Betons (Zwischennachbehandlung)
- Oberflächenbearbeitung

Nachbehandlung

- Schutz vor Austrocknung (Folie)
- Schutz vor Auskühlung (Wärmedämmmatten)
- ausreichend lange Nachbehandlung (mind. doppelte Normanforderung)



Abb. 14.1
Zwischennachbehandlung – Curing



Abb. 14.2
Nachbehandlung mit Folie

Zusammenfassung

Oberflächentemperatur T [°C] ²⁾	Festigkeitsentwicklung des Betons: $r = f_{cm2} / f_{cm28}^{1)}$			
	r ≥ 0,50 schnell	r ≥ 0,30 mittel	r ≥ 0,15 langsam	r < 0,15 sehr langsam
≥ 25	1	2	2	3
25 > T ≥ 15	1	2	4	5
15 > T ≥ 10	2	4	7	10
10 > T ≥ 5	3	6	10	15

¹⁾ f_{cm2} bzw. f_{cm28} bezeichnen die Mittelwerte der Druckfestigkeit nach 2 bzw. 28 Tagen.

²⁾ Anstelle der Oberflächentemperatur des Betons darf die Lufttemperatur angesetzt werden.
Bei der Expositionsklasse XM müssen die Tabellenwerte verdoppelt werden.

Abb. 14.3
Minstdauer der
Nachbehandlung

Vorgaben für die Nachbehandlung im landwirtschaftlichen Bauen

DIN 11622-2:2015-09 – 6.6 Nachbehandlung
Für Nachbehandlung und Schutz des jungen Betons gelten DIN EN 13670 und DIN 1045-3. Die Nachbehandlung muss mindestens so lange durchgeführt werden, bis die Festigkeit des oberflächennahen Betons 70 % der charakteristischen Festigkeit des verwendeten Betons erreicht hat. Diese Anforderungen sind in Tab. 1 in eine Minstdauer der Nachbehandlung umgesetzt.

Die Nachbehandlung muss nachweislich eine Wasserrückhaltung bewirken, die mindestens einer dicht anliegenden 0,3 mm dicken Folie entspricht. Eine Verlängerung der Nachbehandlung über die Mindestzeit hinaus, führt in der Regel zu einer Verbesserung der Dauerhaftigkeit der Betonoberfläche.

Widerstandsfähigkeit des Betons

Praxisversuche haben gezeigt: Je länger die Nachbehandlung stattfindet, desto widerstandsfähiger ist der Beton. Aus diesem Grund sollte die Planung für ein neues Fahr-silo frühzeitig stattfinden, damit der Beton ausreichend lange nachbehandelt werden und er somit seine Widerstandsfähigkeit entfalten kann. Durch diese Maßnahme wird der Beton „stark“ gemacht und er hält den Angriffen deutlich länger stand. Dadurch wird eine deutliche Steigerung der Festbetoneigenschaften erreicht, ohne Kosten zu verursachen.

DIN EN 13670:2011-03
(Ausführung von Tragwerken aus Beton in Verbindung mit DIN 1045-3:2012-03 (Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670)

- (1) Nachbehandlung und Schutz
Junger Beton muss nachbehandelt und geschützt werden, um
- das Fröhschwinden gering zu halten;
 - eine ausreichende Festigkeit in der Betonrandzone sicherzustellen;
 - eine ausreichende Dauerhaftigkeit der Betonrandzone sicherzustellen;
 - den Beton vor schädlichen Witterungsbedingungen zu schützen;
 - das Gefrieren zu verhindern;
 - schädliche Erschütterungen, Stöße oder Beschädigungen zu vermeiden.

(5) Nach Abschluss des Verdichtens und der Oberflächenbearbeitung des Betons ist die Oberfläche unverzüglich nachzubehandeln. Soll die Rissbildung an der freien Oberfläche infolge Fröhschwinden vermieden werden, ist eine zwischenzeitliche Nachbehandlung vor der Oberflächenbearbeitung durchzuführen (Zwischennachbehandlung).

15. Literaturhinweise

Normen und Regelwerke

DIN EN 2016-1: 2001-07: Beton – Teil 1: Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

DIN 1045-1:2008-08: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion

DIN 1045-2:2008-08: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1

DIN 1045-3:2012-03: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670

DIN 11622-5:2015-09: Gärfuttersilos, Güllebehälter, Behälter in Biogasanlagen, Fahrsilos – Teil 5: Fahrsilos

DIN 11622-2:2015-09: Gärfuttersilos, Güllebehälter, Behälter in Biogasanlagen, Fahrsilos – Teil 2: Gärfuttersilos, Güllebehälter und Behälter in Biogasanlagen aus Beton

DIN EN 13670:2011-03: Ausführung von Tragwerken aus Beton

Zementmerkblätter Landwirtschaftliches Bauen LB

Leitfaden für Glättbetone, Tipps zur Planung und Herstellung, Holcim (Süddeutschland) GmbH:

www.holcim-sued.de

Haftungsausschluss

Der vorliegende Leitfaden zur Herstellung von Fahrsiloböden der Holcim (Süddeutschland) GmbH berücksichtigt sowohl die Forderungen der zurzeit gültigen Normen und Merkblätter als auch die Praxiserfahrungen. Er enthält nach bestem Wissen und Gewissen zusammengetragene Empfehlungen und Ratschläge zur Herstellung von Fahrsiloböden. Die Informationen sind jedoch unverbindlich und werden unter Ausschluss jeglicher Haftung abgegeben.



Holcim (Deutschland) GmbH
Technisches Marketing
Hannoversche Straße 28
31319 Sehnde-Höver
Telefon +49 (0) 5132 927-432
Telefax +49 (0) 5132 927-430
technisches-marketing@lafargeholcim.com
www.holcim.de