

Nachbehandlungsdauer für Betone mit Anforderungen an die Festigkeit

Nachbehandlungsklassen (NBK) und Nachbehandlungsdauer bei bekannter Festigkeitsentwicklung des Betons (SIA 262, Tab. 22)

Anforderung	Umwelteinwirkungen	Entspr. Expositions-klasse	NBK ¹⁾	Anteil der charakt. Festigkeit nach 28 d
keine	–	–	1	– ²⁾
normal	keine Anforderungen an die Dichtigkeit	z. B. XC2	2	35 % ³⁾
erhöht	bewitterte Bauteile oder erhöhte Anforderungen an die Rissbildung	z. B. XC4	3	50 % ³⁾
hoch	stark belastete Bauteile mit langer Nutzungsdauer oder Verschleissbeanspruchung oder hohe Anforderungen an die Rissbildung	z. B. XD3, XF4	4	70 % ³⁾

Richtwerte für die Mindestnachbehandlungsdauer von Betonbauteilen ohne Kenntnis der Festigkeitsentwicklung des Betons (SIA 262, Tab. 23)

		Mindestnachbehandlungsdauer [Tage] ⁴⁾								
Festigkeitsentwicklung bei 20 °C gemäss Norm SN EN 206		schnell			mittel			langsam		
		r ≥ 0.50			0.50 > r ≥ 0.30			0.30 > r ≥ 0.15		
NBK ¹⁾		2	3	4	2	3	4	2	3	4
Oberflächen-temperatur des Betons ⁵⁾ [°C]	T ≥ 25	1	1.5	3	1.5	2.5	5	2.5	3.5	6
	25 > T ≥ 15	1	2	5	2.5	4	9	5	7	12

1) Nachbehandlungsklassen werden nur für die Nachbehandlung von Betonen mit Anforderungen an die Festigkeit festgelegt.

2) Für die Nachbehandlungsklasse 1 muss die Nachbehandlungsdauer mindestens 12 h betragen.

3) Falls die Festigkeitsentwicklung nicht bekannt ist, gilt Tabelle 23.

4) Bei mehr als 5 h Verarbeitungszeit, ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.

5) Alternative: Lufttemperatur um 7.00 Uhr morgens gemessen im Schatten.

Nachbehandlungsdauer für Betone mit Anforderungen an die Dauerhaftigkeit

Richtwerte für die Mindestnachbehandlungsdauer bei erhöhten oder hohen Anforderungen an die Nachbehandlung (SIA 262, Tab. 23a)

		Mindestnachbehandlungsdauer [Tage] ¹⁾	
Festigkeitsentwicklung bei 20 °C gemäss Norm SN EN 206		mittel und schnell	
Anforderungen		erhöht	hoch
Betonsorten		B und C	B und C, D bis G
Oberflächentemperatur des Betons ²⁾ [°C]		T ≥ 25	3
		25 > T ≥ 15	3
			5

1) Bei mehr als 5 h Verarbeitungszeit, ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.

2) Alternative: Lufttemperatur um 7.00 Uhr morgens gemessen im Schatten.

Empfehlung für die Kombination der Anforderungen an die Nachbehandlungsdauer nach Tabelle 23 und 23a

Anwendbar, wenn keine zusätzlichen Anforderungen an die Festigkeitsentwicklung gem. SIA 262, Abs. 3.1.1.2.2. gestellt werden (z. B. Vorspannfestigkeit, Ausschalfestigkeit).

		Mindestnachbehandlungsdauer [Tage] ¹⁾					
Betonsorte		A		B und C	B und C, D bis G		
Anforderung an die Nachbehandlung ³⁾		normal		erhöht	hoch		
Festigkeitsentwicklung bei 20 °C gemäss Norm SN EN 206		schnell	mittel	langsam	schnell und mittel		
		r ≥ 0.50	0.50 > r ≥ 0.30	0.30 > r ≥ 0.15	r ≥ 0.50 und 0.50 > r ≥ 0.30		
Oberflächen-temperatur des Betons ²⁾ [°C]	T ≥ 25	1	1.5	2.5	3	5	
	25 > T ≥ 15	1	2.5	5	3	5	

1) 2) Fussnoten siehe Tab. 23a.

3) Die Anforderungen an die Nachbehandlung – normal, erhöht oder hoch – müssen vom Planer festgelegt werden.

Nachbehandlungsmassnahmen

- Der Frischbeton muss unbedingt feucht gehalten werden. Als Schutz vor Sonneneinstrahlung, Wind und geringer Luftfeuchtigkeit muss der Frischbeton mit Folien oder feuchten Matten abgedeckt werden.
- Flüssiges Nachbehandlungsmittel (Curing) aufbringen.
- Beton regelmässig mit feinem Wassernebel besprühen, ein Abschrecken des Betons aber vermeiden.
- Belassen in der Schalung.
- Ausgeschaltete Betonflächen, Wände, Stützen, Pfeiler usw. bis zum Ende der Nachbehandlungsdauer vor Austrocknung schützen.

Art	Massnahmen	Lufttemperatur [°C]	
		+15 bis +25	über 25
mit wasserdampfdichter Folie abdecken / Nachbehandlungsmittel (NB-Mittel) aufsprühen	Abdecken oder Nachbehandlungsmittel aufsprühen, ggf. zusätzliche Massnahmen wie: <ul style="list-style-type: none"> Holzschalung nässen Stahlschalung vor Sonne schützen freie Betonoberflächen in der Schalung abdecken und benetzen 	(X) ¹⁾	X
	Abdecken oder NB-Mittel aufsprühen, ggf. zusätzliche Massnahmen wie oben	X	
mit Wasser benetzen / fluten	ständig sichtbarer Wasserfilm auf der Betonoberfläche vorhalten	X	

1) Bei ungünstigen Bedingungen (z. B. starker Wind) und Expositions-klassen XD, XF sinnvoll.

Folgen unzureichender Nachbehandlung

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, welche die Dauerhaftigkeit von Stahlbeton beeinträchtigen.

Darüber hinaus kann wegen des fehlenden Wassers das Zementkorn nicht vollständig hydratisieren und so die maximal mögliche Festigkeit nicht erreichen. Die Folgen sind eine Reduktion der nachstehenden Eigenschaften:

- Druckfestigkeit
- Dauerhaftigkeit
- Frostbeständigkeit
- Dichtigkeit
- Beständigkeit gegen chemische Angriffe



Typische Fröhschwindrisse infolge vorzeitiger Austrocknung einer Betondecke

0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 [mm]



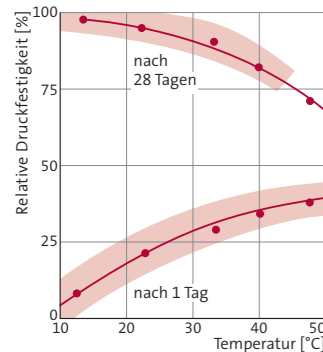
Einleitung

Erhöhte Frischbetontemperaturen > 25 °C beeinträchtigen die Frisch- und Festbetoneigenschaften im Vergleich zu Frischbetontemperaturen von 15 °C bis 20 °C.

Gründe hierfür sind die bei zunehmenden Temperaturen schneller verlaufende Zementhydratation, bei der sich grössere Kristalle mit heterogener Verteilung ausbilden. Das lässt in der Folge den Zementstein gröber werden.

Folgen erhöhter Betontemperaturen bei Einbau und Erhärtung sind:

- Rascheres Ansteifen des Betons, die Verarbeitungszeit wird kürzer.
- Schnellere Entwicklung der Frühfestigkeit bis 7 Tage bei geringerer Druckfestigkeit nach 28 und mehr Tagen.
- Erfahrungen zeigen, dass der Festigkeitsverlust nach 28 Tagen ca. 10% beträgt, wenn die Frischbeton- und Erhärtungstemperaturen von 20 °C auf 30 °C erhöht werden.



Einfluss der Frischbeton- und Lagerungstemperatur auf die Druckfestigkeit nach 1 Tag und 28 Tagen an Betonprobekörpern

Planung und Vorbereitung

Nach der Norm SIA 262 sind besondere Schutzmassnahmen zu treffen, wenn die Frischbetontemperatur 30 °C überschreitet. Diese Schutzmassnahmen müssen bereits in der Phase der Planung und Vorbereitung der Betonarbeiten formuliert werden und alle erforderlichen Massnahmen bis zum Ende der Nachbehandlung berücksichtigen.

Geeignete Massnahmen sind z. B.:

- Verschieben des Betonierens auf eine kühlere Tageszeit.
- Die Geräte für den Einbau sowie das Material für die Nachbehandlung müssen überprüft sein und bereit stehen.
- Berücksichtigen der Transportzeit des Betons in Form eines Konsistenzvorhaltemasses in der Produktion.
- Die Frischbetonmengen müssen auf die Lieferintervalle und die Einbauleistungen abgestimmt werden.
- Verwendung von Abbindeverzögerern, die die Zementhydratation verzögern und die Offenzeit verlängern. Hierbei ist zu beachten, dass sie wenig wirksam sind gegen vorzeitiges Ansteifen durch Austrocknen des Betons und ihr Einsatz eine verlängerte Nachbehandlungsdauer erfordert.



Vornässen von Bewehrung und Schalung

Einbringen und Verdichten

Lange Transport- und Liegezeiten des Betons vermeiden. Rasches Entladen, Verarbeiten und Verdichten sind oberstes Gebot!

- Schnellstmögliche Verarbeitung des Frischbetons, z. B. mittels Pumpe.
- Das Baustellenpersonal ist mit den Besonderheiten und Anforderungen des Betonierens bei hohen Temperaturen vertraut zu machen.
- Wenn der Beton nicht ausreichend gut verarbeitbar ist, kann die Konsistenz mit Fließmittel verbessert werden.
- Bei Verzögerungen und längeren Standzeiten muss das Lieferwerk sofort benachrichtigt werden.
- Angesteiften Beton nicht mehr einbringen.

Sommerloch

Im Sommerhalbjahr kann aufgrund der erhöhten Temperaturen ein Abfall der durchschnittlichen 28-Tage-Betondruckfestigkeit von bis zu 10 N/mm² festgestellt werden.

Massnahmen zu Begrenzung des Festigkeitsverlustes auf der Baustelle sind:

- Keine nachträgliche Wasserzugabe.
- Lagerung der Prüfkörper bei einer Temperatur von 20 °C und Schutz vor Austrocknung.

Faustregel

10 Liter mehr Wasser pro m³ Beton verursachen einen 28-Tage-Druckfestigkeitsverlust von bis zu 5 N/mm².

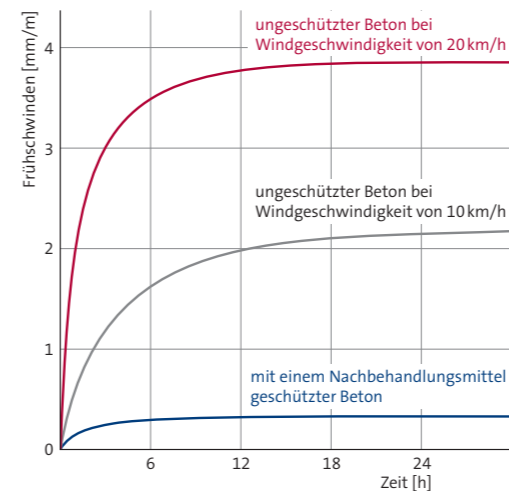
Nachbehandlung

Dem Schutz des Betons gegen vorzeitiges Austrocknen und Frühschwindrisse ist bei hohen Temperaturen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Besonders wichtig ist der unmittelbar nach dem Einbringen einsetzende Schutz gegen vorzeitiges Austrocknen der Betonoberfläche.

Frühzeitiges Austrocknen und Frühschwinden

Die Austrocknungsgeschwindigkeit hängt ab von:

- Lufttemperatur
- Betontemperatur
- Relative Luftfeuchtigkeit
- Windgeschwindigkeit



Zwischennachbehandlung

Bei Monobetonen ist der Beton zwischen Einbau und Glätten vor Feuchtigkeitsverlust, Austrocknung und Auskühlen durch eine sogenannte Zwischennachbehandlung nach SN EN 13670/NE zu schützen. Gleiches gilt für grosse Einbaustufen mit mehreren Stunden Einbauzeit. Folgende Massnahmen sind bei heissen Temperaturen zwingend erforderlich, um schadensfreie Betonflächen erstellen zu können:

- Folien auflegen, vorher ggf. mit feinem Wassernebel besprühen.
- Besprühen mit einem geeigneten Zwischennachbehandlungsmittel (Curing), unmittelbar nach Betoneinbau.
- Gegebenenfalls Wärmedämmmatten auflegen, um die Temperaturunterschiede zwischen Kern und Oberfläche gering zu halten (massige Bauteile).

Die Zwischennachbehandlung ersetzt nicht die normale Nachbehandlung.



Abdecken einer Betondecke mit Kunststoffolie



Aufsprühen eines Nachbehandlungsmittels

Entdecken Sie praktische Baustellen-Tools, Fachinformationen, Expertenwissen und vieles mehr auf www.holcimpartner.ch.