

Einbringen, Verdichten und Nachbehandeln von Beton



Transportbeton AG Luzern

Tribtschenstrasse 9, 6002 Luzern

Tel. 041 368 11 11 Fax 041 368 11 12

Werkanlagen Horw:

Kantonstrasse 143, 6048 Horw

Tel. 041 348 00 50 Fax 041 348 00 51

info@skl.ch

www.tbl.ch



Inhaltsverzeichnis:

- 1. Was sagt die SIA Norm 262 SN 505 262**
 - 1.1 Allgemeines
 - 1.2 Einbringen bei ausserordentlichen Temperaturen
 - 1.3 Nachbehandlung

- 2. Fördern und einbringen des Betons**
 - 2.1 Die üblichen Fördermittel
 - 2.2 Einbringen des Betons

- 3. Verdichten des Betons**
 - 3.1 Die üblichen Verdichtungsarten
 - 3.2 Verdichten durch stampfen oder walzen
 - 3.3 Verdichten durch vibrieren
 - 3.3.1 Allgemeines
 - 3.3.2 Konsistenzklasse
 - 3.3.3 Verdichtungsmass
 - 3.3.4 Berechnung des Verdichtungsmasses

- 4. Verdichtungsarten**
 - 4.1. Verdichten mit Innenvibratoren
 - 4.2. Hinweise für gutes Verdichten mit Innenvibratoren
 - 4.2.1 Normalbeton
 - 4.2.2 Sichtbeton
 - 4.2.3 F oder FT Beton
 - 4.3. Verdichten mit Aussenvibratoren
 - 4.3.1 Schalungsvibratoren
 - 4.3.2 Oberflächenvibratoren
 - 4.3.3 Vibrieren mit Abzugbalken
 - 4.3.4 Vakuumbehandlung
 - 4.3.5 Alternative zur Vakuumbehandlung → Monobeton
 - 4.3.6 Alternative zum vibrierten Beton → SBV
Selbstverdichtender Beton
 - 4.3.7 Vermeidung von Lunkern beim SBV
 - 4.4. Vibrieren mit Rüttelplatte

5. Entmischen des Beton

- 5.1. Bedeutung der Entmischung
- 5.2. Folgen der Entmischung

6. Der Einfluss der Schalung auf den Beton

- 6.1. Merkmale von Schalhäuten
 - 6.1.1. Holzschalungen
 - 6.1.2. Kunststoffbeschichtete- oder Stahlschalungen

7. Betonnachbehandlung

- 7.1. Allgemeines
- 7.2. Schutz vor dem Austrocknen
- 7.3. Schutz bei niedrigen Temperaturen

Was sagt die Norm?

1. Was sagt die SIA Norm 262 SN 505 262

1.1 Allgemeines

Art. 6.4.3

Massnahmen vor dem Betonieren

Art. 6.4.3.1

Vor dem Betonieren sind Massnahmen für allfällige Unterbrüche im Betoniervorgang festzulegen.

Art. 6.4.3.2

Bei Bedarf sind Frischbetonprüfungen durchzuführen

Art. 6.4.5

Transport, Einbringen und Verdichten von Beton

Art. 6.4.5.1

Während des Transports ist der Beton vor Austrocknung, Regen und Frost zu schützen. Um eine Entmischung oder vorzeitiges Abbinden zu verhindern, sind Transportmittel, Transportdauer, Einbringverfahren sowie Zusammensetzung des Frischbetons aufeinander abzustimmen.

Art. 6.4.5.2

Der Frischbeton ist unter Vermeidung jeder Entmischung einzubringen und einwandfrei zu verdichten.

Art. 6.4.5.3

Der Beton ist derart zu verarbeiten, dass er durchgehend möglichst gleichmässig und dicht wird und die Bewehrung satt umhüllt.

1.2. Einbringen bei ausserordentlichen Temperaturen

Art. 6.4.5

Transport, Einbringen und Verdichten von Beton

Art. 6.4.5.4

Bei Frost oder hohen Lufttemperaturen ist das Betonieren nur dann gestattet, wenn besondere Schutzmassnahmen getroffen werden. Diese umfassen den Zeitraum vom Beginn der Betonherstellung bis zur Beendigung der Nachbehandlung. Art und Umfang der erforderlichen Schutzmassnahmen sind abhängig von der Aussentemperatur, der Luftfeuchtigkeit, den Windverhältnissen, der Temperatur des Frischbetons, der zu erwartenden Wärmeentwicklung beim Abbinden, der Wärmeabfuhr sowie den Abmessungen des Bauteils.

Art. 6.4.5.5

Beim Einbringen und während des Verdichtens darf der Frischbeton ohne besondere Massnahmen nicht kälter als $+5^{\circ}\text{C}$ und nicht wärmer als $+30^{\circ}\text{C}$ sein. Das Anmachwasser und die Gesteinskörnung sind gegebenenfalls vorzuwärmen oder abzukühlen.

Art. 6.4.5.6

Die Gesteinskörnung darf keine gefrorenen Bestandteile aufweisen. Wenn die Bewehrung kälter als $+1^{\circ}\text{C}$ ist, ist mit Hilfe von Wärmezufuhr dafür zu sorgen, dass sich während des Betonierens an ihrer Oberfläche keine Eisschicht bildet.

Art. 6.4.5.7

Das Betonieren gegen oder auf gefrorenen Boden ist nicht zulässig. Durch Frost geschädigte Partien sind vor dem Weiterbetonieren zu entfernen.

1.3 Nachbehandlung

Art. 6.4.6

Nachbehandlung von Beton

Art. 6.4.6.1

Art und Dauer der Nachbehandlung sind abhängig von den Witterungsbedingungen, dem verwendeten Zement sowie der Geometrie der Baustelle.

Art. 6.4.6.2

Bis der Beton eine genügende Festigkeit entwickelt hat ist er gegen Auswaschen, vorzeitige Austrocknung durch Sonnenbestrahlung oder Wind, starke Temperaturwechsel und schädliche Erschütterungen zu schützen.

Art. 6.4.6.3

Es sind Massnahmen zu treffen, um den Beginn des Schwindens so lange zu verzögern, bis der Beton eine genügende Zugfestigkeit erreicht hat, z.B. durch Schutz gegen zu rasches Austrocknen oder Wärmeisolierung des frisch eingebrachten Betons.

Art 6.4.6.4 (Teilauszug)

In der Regel besteht die Nachbehandlung bei Aussentemperaturen zwischen $+10^{\circ}\text{C}$ und 25°C aus Abdecken, Feuchthalten, in der Schalung belassen oder dem Auftragen eines Nachbehandlungsmittels.

2. Fördern und Einbringen des Betons

2.1. Die üblichsten Fördermittel

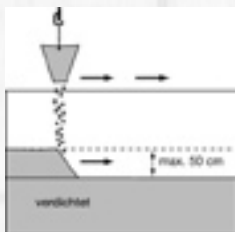
Krankübel
 Betonpumpe
 Förderband
 Krankübel mit Fallrohr
 Rutsche

2.2. Einbringen des Betons

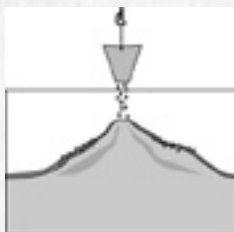
Die vorgesehene Einbauleistung muss mit dem Transportbetonwerk abgesprochen werden, damit dieses einen dem Bedarf entsprechenden Transport organisieren kann.

Der Frischbeton muss möglichst gleichmässig in waagrechten Schichten von max. 50 cm eingebracht werden.

Hügellandschaften sind beim Schütten zu vermeiden. Speziell beim Wandbeton entsteht dadurch die Gefahr von Kiesnestern.



Richtig

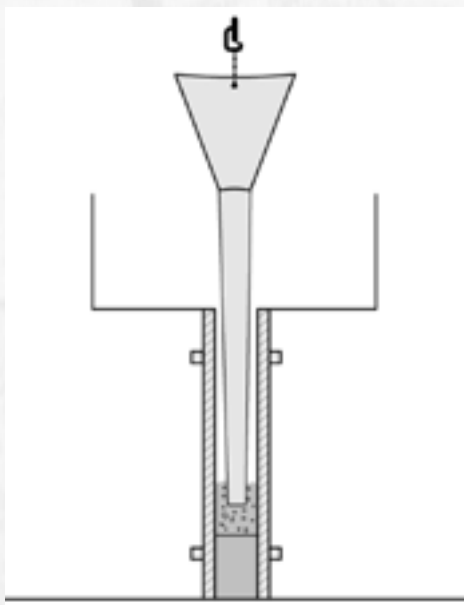


Falsch

Das Verteilen des Betons mit der Vibrationsnadel ist zu unterlassen. Wird dies gemacht, können zum Teil wesentliche Entmischungen entstehen und die Homogenität des Betons ist nicht mehr gewährleistet. Bei grossen Fallhöhen insbesondere bei Wänden bleiben die Feianteile an der horizontalen Armierung hängen und fehlen in den unteren Regionen der Wand. Die Folge davon sind Kiesnester wegen zu wenig Feianteilen. Darum muss der Beton mit Fallhöhen ab 2.50 m mit dem Fallrohr oder Schlauch betoniert werden (siehe Grafik SVB – jedoch ohne Eintauchen).

Beim Einbringen des Betons ist darauf zu achten, dass kein stehendes Wasser im Einbringbereich vorhanden ist. Dieses vermischt sich sonst beim Vibrieren mit dem Frischbeton und erhöht den WZ-Wert, was einen Festigkeitsverlust zur Folge hat. Ebenfalls sind die Wetterverhältnisse (möglicher starker Regen) zu berücksichtigen.

Selbstverdichtender Beton (SVB/SCC) kann gepumpt oder mit Krankübel und Fallrohr eingebracht werden. Dabei ist darauf zu achten, dass das Fallrohr oder der Schlauch mindestens knapp über der Einbringstelle oder noch besser in den bereits eingebrachten Beton eingetaucht ist.



Eine rationelle Lösung bezüglich Verfüllung von Wänden wird durch das Füllen von unten erreicht. Dabei wird der SVB-Beton durch den unten an der Schalung eingebauten Einfüllstutzen in die Schalung gepumpt.



Betonieren mit Einfüllstutzen von unten

3. Verdichten des Betons

3.1. Die üblichen Verdichtungsarten

Die erforderliche Verdichtungsart ist von der Konsistenz des Betons und der zu betonierenden Konstruktion abhängig.

Betonkonsistenz C0 + C1	Wird gestampft oder gewalzt
Betonkonsistenz C2/F2 + C3/F3	wird vibriert
SVB Betonkonsistenz F5/F6	verdichtet sich selbst

Was geschieht beim Verdichten?

Durch das Verdichten wird die im Frischbeton eingeschlossene Luft grösstenteils entfernt, so dass sich die Zuschlagsstoffe dichter zusammenfügen.

3.2. Verdichten durch stampfen oder walzen

Diese Verdichtungsart ist statisch und nur für Magerbeton geeignet. Die Festigkeit spielt beim Mager- und Füllbeton eine untergeordnete Rolle. Sie gilt vor allem als Sauberkeitsschicht für die Armierung.

3.3. Verdichten durch vibrieren

3.3.1. Allgemeines

Für das Vibrieren sind nur erfahrene und zuverlässige Arbeitskräfte einzusetzen. Es erfordert volle Aufmerksamkeit und ein gutes Beurteilungsvermögen. Das Resultat einer guten Arbeit ist erst nach dem Ausschalen ersichtlich.

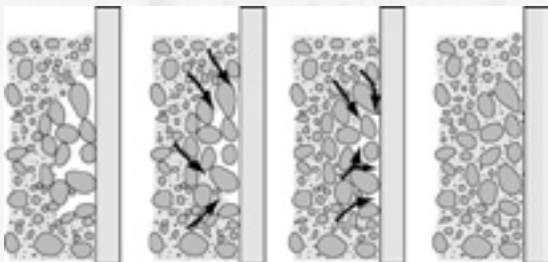
Das Vibrieren erfolgt durch Innenvibratoren (Vibriernadeln) Aussenvibratoren (Schalungsvibratoren) oder Oberflächenvibratoren.

Der Vibrator erzeugt Schwingungen (ca. 12'000/Minute). Dadurch wird die innere Reibung zwischen den Zuschlagstoffen (Sand/Kies) fast vollständig beseitigt. Die Kieskomponenten mögen wegen ihrer Trägheit den Hin- und Herbewegungen

nicht zu folgen und der feine Mörtel als schwingungsübertragendes Element dringt in die Hohlräume ein, wobei eingeschlossene Luft in Form von Luftblasen an die Oberfläche entweicht.

Der Luftgehalt verringert sich durch das Vibrieren von ca. 20 Vol.% auf 1–2 Vol.%.

Wird der Verdichtungsprozess zu früh beendet, dringt der Betonmörtel nicht vollständig in die Hohlräume und es entstehen Kiesester und Lunkern (Lufteinschlüsse an der Betonoberfläche).



Die Vibration bewirkt, dass Betonmörtel in die Hohlräume des Kiesnestes eindringt.

Zu wenig verdichteter Beton ist uneinheitlich, durchlässig und haftet schlecht an der Bewehrung.

Er weist auch eine geringere Druckfestigkeit auf. Jedes Vol. % Luftporen reduziert die Druckfestigkeit um ca. 4%.

3.3.2. Konsistenz von Frischbeton

Beim vibrierten Beton ist die Konsistenz des Frischbetons der Einbringart und dem Verwendungszweck entsprechend festzulegen. Durch Beimischen von Fließmitteln kann der Wassergehalt wesentlich reduziert werden. Die Festigkeit und die Dauerhaftigkeit werden dadurch entschieden verbessert. Eine übliche Konsistenzklasse ist C3.

3.3.3. Verdichtungsmass

Die in der Norm angegebene Konsistenzklasse wird beim normalen Konstruktionsbeton in der Regel durch das Verdichtungsmass (Walz) bestimmt.

Die Konsistenzklasse wird mit den Bezeichnungen C0 bis C3 oder mit dem Zielwert z.B. CZ 1.10 angegeben.

Prinzip des Verdichtungsmasses:

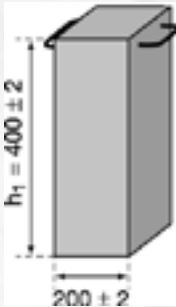
Der Frischbeton wird mit einer Kelle vorsichtig in den Stahlblech-Prüfbehälter gegeben, wobei eine Verdichtung vermieden werden muss. Ist der Behälter bis zum Überstand gefüllt, wird der Beton ohne Erschütterung bündig zum Behälterrand abgezogen. Dann wird der Beton z.B. mit einem Tauchvibrator (Flaschen Ø max. 50 mm) verdichtet. Nach dem Verdichten wird je an den 4 Seitenmitten der Abstand zwischen Betonoberfläche und oberem Behälterrand gemessen. Der Mittelwert (s in mm) dieses Masses dient zur Berechnung des Verdichtungsmasses.



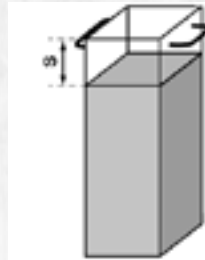
Konsistenzklassen

Verdichtungsmass (Walz)			
Klasse	Wert	Erlaubte Abweichung	Konsistenzbeschreibung
C0	> 1.46		Erdfeucht (Klassifizierung nicht empfehlungswert)
C1	1.45 bis 1.26	+/- 0.10	steif
C2	1.25 bis 1.11	+/- 0.08	plastisch
C3	1.10 bis 1.04	+/- 0.05	weich

3.3.4. Berechnung des Verdichtungsmasses:



Beton im Behälter vor Verdichten



Masse in Millimeter

Beton im Behälter nach Verdichten

$$\text{Verdichtungsmass: } c = \frac{h_1}{h_1 - s} \text{ (dimensionslos)}$$

Verarbeitbarkeit des Betons

Die Verarbeitbarkeit des Betons hängt nebst anderen Faktoren zu einem grossen Teil von der Konsistenz ab. Bei längeren Transportdistanzen oder sehr heissem Wetter kann sich die Konsistenz zwischen der Herstellung im Betonwerk und dem Einbringen/Verdichten erheblich verändern. Dies ist im Bauprogramm entsprechend zu berücksichtigen. Die in der Norm angegebene Konsistenz bezieht sich auf den Zeitpunkt bei Übergabe auf der Baustelle.

4. Verdichtungsarten

4.1. Verdichten mit Innenvibratoren (Vibriernadel)

Durch die rasche Rotation (ca. 12'000 Umdrehungen pro Minute) eines Excenters innerhalb des Vibrators entstehen Schwingungen die sich auf den Frischbeton übertragen.

Entsteht beim Vibrieren an der Oberfläche ein wässriger Mörtel, ist der Beton zu weich, d.h. es wurde zuviel Wasser beigemischt. Der richtige Wassergehalt ist vorhanden, wenn sich eine geschlossene Schicht zähen Mörtels bildet.

Bauart und Wirkungsgrad elektrischer Hochfrequenz-Vibriernadeln

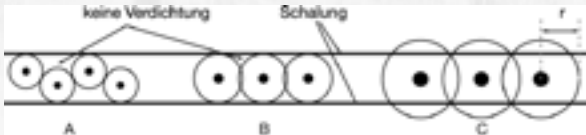
Nadel-Ø mm	Frequenz U/min	Länge Vibrier- Nadel cm	Zentri- fugalkraft N	Gewicht kg	Ø Wirkungs- Kreis cm	Abstand Eintauch- stellen cm
35	12'000	38	1'500	1,5	30	20
50	12'000	34	2'500	4,0	40	30
56	12'000	39	5'000	5,6	50	40
66	12'000	39	6'000	7,5	60	50
76	12'000	46	9'000	11,3	70	55
86	12'000	49	12'000	15,2	80	60

4.2. Hinweise für gutes Verdichten

4.2.1. Normalbeton

Der Vibrator ist in regelmässigen Abständen möglichst rasch in den Frischbeton einzuführen und nach kurzem Verweilen am tiefsten Punkt (ca. 5 Sekunden) langsam wieder herauszuziehen. Wird der Vibrator zu langsam eingetaucht, verdichtet sich die Oberfläche und erschwert dadurch das Entweichen der Luft aus der unteren Betonmasse. Während dem Vibrieren sollte die Vibratornadel die Schalung nicht berühren.

Der Abstand der Eintauchstellen ist so zu wählen, dass sich die vom Vibrator erfassten Bereiche überschneiden. Dabei muss sich die Oberfläche beim Herausziehen schliessen.

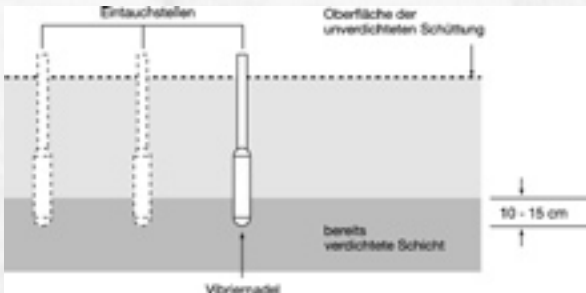


- A und B = zu kleiner Wirkungskreis der Vibrationsnadel
 C = korrekter Wirkungskreis
 r = Wirkungsradius

Faustregel: Der Abstand der Eintauchstelle beträgt das 8–10-Fache des Nadeldurchmessers.

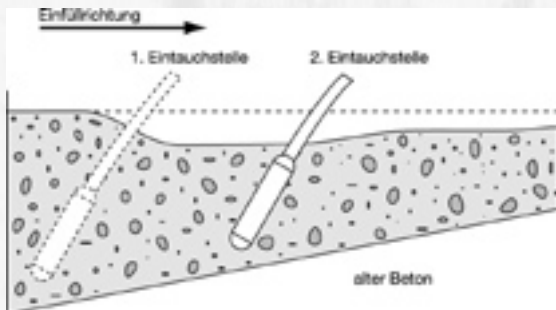
Der Frischbeton soll möglichst gleichmässig in waagrechten Schichten von max. 50 cm Höhe eingebracht werden.

Bei hohen Konstruktionen (z.B. bei Wänden oder dicken Bodenplatten) wird der Frischbeton in mehreren Schichten eingebracht. Dabei ist der Vibrator möglichst schnell lotrecht durch die zu verdichtende Schicht bis ca. 10–15 cm in die bereits verdichtete Schicht zu führen. Dadurch wird eine homogen Verbindung der einzelnen Schichten erreicht.

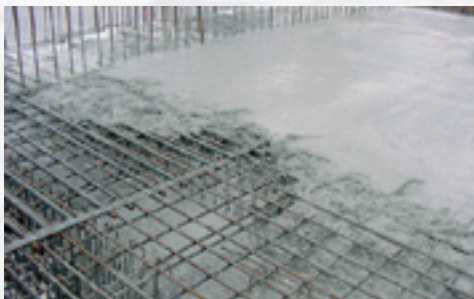


Bei fallenden Untergründen ist der Vibrator zuerst an der tiefsten Stelle einzusetzen.

Bei Bodenplatten und Decken < 40 cm Stärke ist generell ein systematisches, schräges Eintauchen gegen die Flussrichtung des Betons zu empfehlen.

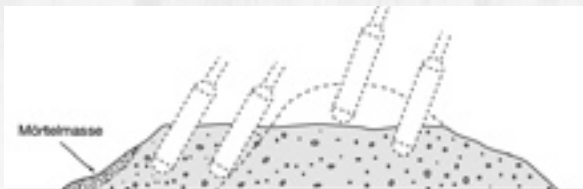


Eine ausreichende Wirkung des Vibrators zeigt sich darin, dass sich der Ton des Vibrators nicht mehr verändert, der Beton sich nicht mehr setzt, die Oberfläche mit einer Feinmörtelschicht geschlossen ist und keine grösseren Luftblasen mehr austreten.



Verdichtete Oberfläche

Der Beton soll nicht mit der Vibriernadel verteilt werden (Entmischungsgefahr weil Feinmörtel voraus läuft!).



Bei Zwischenräumen die wegen dichter Bewehrung oder Aussparungen vom Vibrator nicht erreicht werden können, wird die Verwendung von einer geeigneten Betonsorte empfohlen z.B. SVB.

4.2.2. Sichtbeton

Sichtbeton sollte in Schichten von max. 30 cm eingebracht werden. Die Vibratoren sind möglichst gleich tief in die untere bereits verdichtete Schicht einzutauchen. Dabei ist auf eine kurze Rütteldauer zu achten.

4.2.3. Frost oder frosttausalzbeständiger Beton

F- oder FT-Beton enthält in der Regel künstlich eingefügte Luftporen. Wenn dem Beton Luftporen beigegeben werden, darf die Vibration nur so lange dauern, bis ein geschlossenes Gefüge erreicht ist und die grossen Luftblasen ausgetreten sind. Bei zu langem Vibrieren besteht die Gefahr, dass ein Teil der künstlich eingeführten Poren in Vibratornähe ausgetrieben werden.

4.3. Verdichten mit Aussenvibratoren/Aussenrüttler

Man unterscheidet zwischen Schalungsvibratoren und Oberflächenvibratoren.

4.3.1. Schalungsvibratoren

Schalungsvibratoren versetzen die Schalung in Schwingung und diese überträgt sie auf den Beton. Im allgemeinen verdichten diese den Beton weniger gut als Innenvibratoren. Im konventionellen Beton-

bau werden diese verwendet, wenn Innenvibratoren nicht oder nur teilweise eingesetzt werden können. z.B. bei Tunnelschalungen. Zur Anwendung kommen dann Niederfrequenzvibratoren mit ca. 3'000 U/Minute. Diese haben eine bessere Tiefenwirkung und erlauben einen steiferen Frischbeton. Hochfrequenzvibratoren ca. 6'000 U/Minute bewirken eine bessere Entlüftung des Frischbetons, d.h. es gibt weniger Lunkern an der Betonoberfläche. Eine Entmischungsgefahr besteht auch bei langer Vibrierzeit nicht. Diese werden vor allem in der Serienfertigung von Betonteilen an Rütteltischen verwendet. Sie erfordern bedeutend weniger Zeitaufwand als Innenvibratoren. Schalungsvibratoren verlangen eine besonders starke Schalung. Damit ein grosser Bereich der Schalung in Schwingungen versetzt wird, werden die Vibratoren nicht an der Schalung befestigt, sondern an deren Versteifungen. Der Abstand zwischen den Schalungsvibratoren hängt von der Bauart, von der Form der Schalung, von der Stärke der Betonschicht, von der Konsistenz des Betons sowie von der Vibrationszeit ab. Die Frischbetonschichthöhen betragen im Normalfall 25–40 cm.



Schalungsvibratoren/Schalungsrüttler

4.3.2. Oberflächenvibratoren

Oberflächenvibratoren werden für Bodenplatten, Betondecken, Plätze und im Betonstrassenbau meist in Kombination mit Innenvibratoren eingesetzt. Sie versetzen den Abzugbalken oder die Rüttelplatte in Schwingung. Diese wird auf die Frischbetonfläche übertragen und verdichtet die darunter liegende Zone. Die Tiefenwirkung beträgt ca. 5–10 cm.

4.3.3. Vibrieren mit Abzugsbalken

Der vibrierende Abzugsbalken, auch Oberflächenfertiger genannt, wird bei Bodenplatten und Decken auf Schienen oder auf dem Schalungsrand geführt. Er erlaubt ein höhegenaues Abziehen und eine bessere Oberflächenbearbeitung.



Vibrieren mit Abzugsbalken

Der Abzugsbalken wird in konstanter Geschwindigkeit fortbewegt. Geneigte Flächen werden von unten nach oben abgezogen und verdichtet. Die untere Betonschicht wird dadurch tragfähig und kann den weiter oben zu vibrierenden Beton abstützen.

4.3.4. Vakuumbehandlung

Dieses Verfahren wird nach dem Vibrieren mit dem Abzugsbalken zur Verbesserung der Betonqualität an der Oberfläche von Platten und Decken angewendet.

Zur Erreichung einer höheren Dichtigkeit und Festigkeit an der Betonoberfläche wird dem eingebauten, vibrierten und abgezogenen Frischbeton Anmachwasser entzogen, das zur Hydratation des Zementes nicht benötigt wird.

4.3.5. Monobeton

Monobeton (Homogenbeton) entsteht durch Beimischen von Zusatzmitteln in den Beton (Fließmittel mit erhärtungsbeschleunigender Wirkung). Es fördert die Frühfestigkeit des Betons ohne die Endfestigkeit zu beeinflussen. Es wird eine WZ-Reduktion von über 10% bei gleichzeitiger Erhöhung der Frühfestigkeit von über 50% gegenüber einem Normalbeton erreicht.

Der Beton wird konventionell mit Kran oder Pumpe eingebracht und vibriert, mit dem Vibrobalken abgezogen und nach dem Anziehen als Fertigbelag taloschiert.



Abziehen

Abtaloschieren



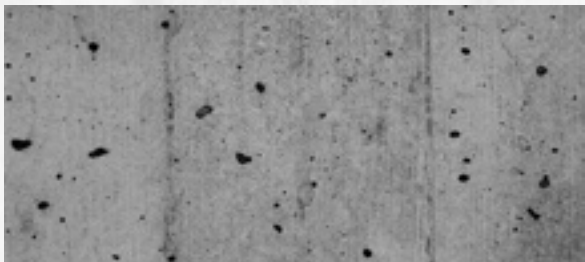
4.3.6. SVB, Selbstverdichtender Beton als Alternative zum vibrierten Beton

Selbstverdichtender Beton verdichtet sich durch sein Eigengewicht ohne sich zu entmischen. Er ist hochviskos und füllt selbständig auch anspruchsvolle Konstruktionen in einem Arbeitsgang und entlüftet dies selbst. Er eignet sich auch für Sichtbeton aller Schalungsstrukturen.

Im Vergleich zum «Normalbeton» weist selbstverdichtender Beton einen höheren Bindemittelgehalt, einen tieferen Wasser/ Bindemittelwert und eine höhere Dosierung der speziellen Verflüssiger auf.

Beim Einbringen ist darauf zu achten, dass der Beton genügend Zeit hat zu fließen und sich zu entlüften. Bei Nichtbeachtung ist

mit Luftblasen (Lunkern) zwischen Schalhaut und Beton zu rechnen. Lunkern bilden sich sehr oft auch von zu grosszügig aufgetragenem Schalöl auf die Schalung. Das Schalöl verhindert eine einwandfreie Entlüftung zwischen Schalhaut und Beton.



Lunkern

4.3.7. Vermeidung von Lunkern bei SVB-Beton

Um Lunkern zu vermeiden ist es sehr wichtig, das Schalöl sehr sparsam aufzutragen.

Tipp: Nach dem Aufbringen des Schalöls die Schalung mit einem Gummiabstreifer oder Lappen abwischen.

4.4. Vibrieren mit Rüttelplatte

Die Schichtstärke sollte max. 20 cm betragen und erfordert einen möglichst steifen Frischbeton. Durch das Vibrieren gräbt sich sonst die Platte in den Beton. Anwendung vor allem für Beton untergeordneter Qualität oder Sauberkeitsschicht (Magerbetonsohle).

5. Entmischen des Betons

5.1. Bedeutung der Entmischung

Wird ein Beton zu lange oder intensiv vibriert, so steigen die feinen Anteile des Betons auf und die Groben sinken ab. Entsprechend weist der Festbeton oben einen höheren Zementsteinanteil und einen tieferen Zuschlaganteil auf. Dadurch verändern sich seine Eigenschaften. Im oberen Teil ist die Druckfestigkeit etwas tiefer als unten, während die Wasserleitfähigkeit deutlich erhöht ist. Der Anstieg der Wasserleitfähigkeit ist gleichzeitig mit einer Abnahme der Frost- und Frosttausalzbeständigkeit verbunden. Dieser Trend wird noch dadurch verstärkt, dass bei zu intensivem Vibrieren des Betons mit Luftporenmittel, die Luftporen ausgetrieben werden.

5.2. Folgen der Entmischung

Die Folge von Entmischung des Betons ist meistens erst nach dem Ausschalen ersichtlich. Als Kiesnester zum Beispiel, in Folge von:

- undichter Schalung und Entweichen der Feianteile und des Zementleimes
- zu dichte oder ungenügende Überdeckung der Armierung
- ungenügendem Vibrieren



Kiesnester

Durch Anreicherung von überschüssigem Wasser und Zement- und Feinstanteilen an der vertikalen Schalhaut (sogenanntes Schleppwasser).



Schleppwasser

6. Der Einfluss der Schalung auf den Beton

Die Schalung verleiht der Betonfläche das Erscheinungsbild insbesondere die verlangte Form, die Struktur und die Farbe.

Über die Form oder die Konstruktion der Schalung entscheidet der Unternehmer.

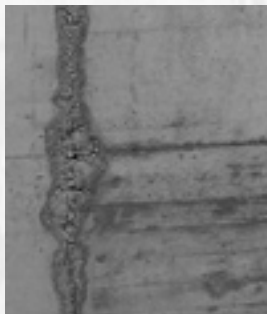
Die Schalungsstruktur oder den Schalungstyp (Beschaffenheit der geschalteten Betonoberfläche) bestimmt der Bauherr oder dessen Planer. Er ist in der Norm SN 507 262 Anhang C, Seite 25 geregelt (Schalungstyp 1, 2, 3 oder 4).

Die Farbe des Betons wird durch die Zuschlagstoffe und die Bindemittel bestimmt und ist naturbelassen von Werk zu Werk verschieden. Dem Beton können auf Wunsch auch Farbpigmente ohne Qualitätseinbuße beigemischt werden.

Eine einwandfreie, den Anforderungen gerecht werdende Betonkonstruktion verlangt eine massgenaue dichte Schalung ohne Deformationen, Farbdifferenzen, Flecken und Überzähne. Dies wird erreicht durch sauber gereinigte Schalungen, die eine geringe Haftung am erhärteten Beton aufweisen.



Schmutzige Schalung



Überzähne (undichte Schalung)

6.1. Merkmale von Schalhäuten

6.1.1 Holzschalungen

Holzschalungen die erstmals eingesetzt werden haben ein sehr grosses Saugvermögen. Ohne entsprechende Vorbehandlung wird der Betonfläche aus dem Zementleim das Wasser entzogen. Als Folge sind sowohl Betonhaftungen an der Schalung als auch ein Abblenden der Oberfläche aufgrund unzureichender Hydratation des Zementes zu beobachten. Auch Inhaltstoffe der Schalung z.B. Holzzucker können die Betonoberfläche beeinträchtigen. Dies macht sich durch Abmehlen, Minderfestigkeiten der Oberfläche oder Verfärbungen bemerkbar. Besonders bei Holzschalungen, die längere Zeit ungeschützt im Freien gelagert und einer Sonnenbestrahlung ausgesetzt waren. Diese Wirkungen nehmen mit jedem weiteren Einsatz zunehmend ab.

Diese negativen Auswirkungen können weitgehend vermieden werden, wenn erstmals eingesetzte Holzschalungen mit einem Trennmittel behandelt und anschliessend mit einer Zementschlämme bestrichen werden. Nach deren Erhärtung wird die Schalung abgebürstet und gereinigt.

Achtung!

Zu beachten sind speziell bei Zweit- und Dritteinsätzen auch Schalflächen, die z.B. infolge Abschaltung einer Aussparung noch nie in Berührung mit Beton kamen.

6.1.2. Kunststoffbeschichtete Schalungen oder Stahlschalungen

Diese sind wasserabweisend und nicht saugfähig. Sie begünstigen Feinstmörtelanreicherungen was bei unsachgemäßem Vibrieren zu unregelmässigen Betonoberflächen und Wolkenbildungen führt.



Wolkenbildung

Bei diesen Schalungen ist ganz besonders auf einen sparsamen, gleichmässigen und dünnen Trennmittelauftrag zu achten. Pfützenartige Ansammlungen sind zu vermeiden. Sie führen zu verstärkter Porenbildung (Lunkern), Verfärbungen und Absandungen an der Betonoberfläche.



Trennmittel mit zu grosser Auftragsmenge



Trennmittel mit richtiger Auftragsmenge

Bei der Fingerprobe dürfen sich keine deutlichen Fingerspuren oder Trennmittelsammlungen bilden.

Tipp: Nach dem Aufbringen auf die Schalung (horizontal und vertikal) überschüssiges Trennmittel mit einem Gummi- oder Schaumstoffschaber oder einem Lappen abwischen.



Schalöl abwischen

7. Betonnachbehandlung

7.1. Allgemeines

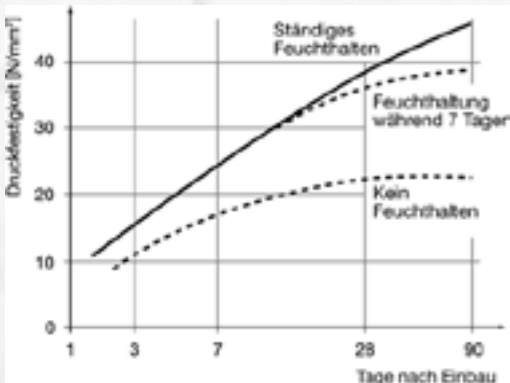
Eine gute Nachbehandlung bewirkt eine oft unterschätzte Qualitätsverbesserung des Betons. Die Dichtigkeit des oberflächennahen Betons sowie die Druckfestigkeit ist stark abhängig von der Qualität und Dauer der Nachbehandlung. Sie übt einen wesentlichen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit und den Verschleisswiderstand des Beton aus.

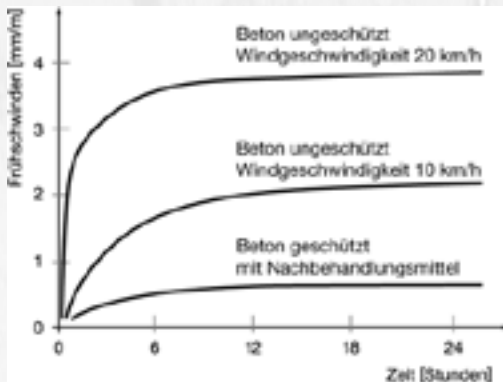
Mit der Nachbehandlung schützt man den eingebrachten Beton einerseits vor vorzeitigem Austrocknen infolge klimatischen Einflüssen (Sonne, Hitze, Wind und Trockenheit), andererseits durch Frost, Temperaturwechsel, und Niederschläge. Weiter ist der Beton gegen Erschütterungen, mechanische Beanspruchung und chemische Angriffe zu schützen.

7.2. Schutz vor dem Austrocknen

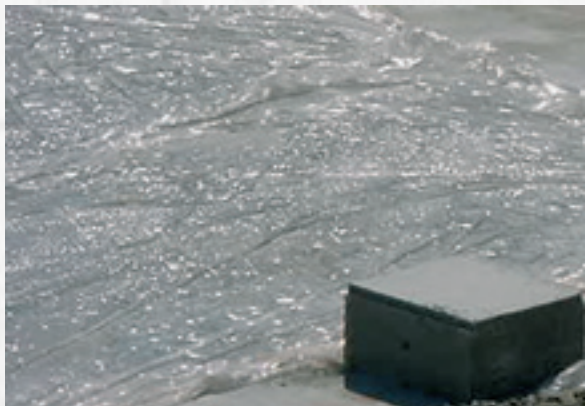
Einer der am wenigsten beachteten Vorkehrungen ist der Schutz vor dem Austrocknen (vorzeitiger Wasserentzug).

Er hat einen enormen Einfluss auf die Endfestigkeit des Betons.





Mögliche Schutzmassnahmen sind:
 Belassen in der Schalung, Abdecken mit Folien oder Wasser-
 speichernden Matten, Aufbringen flüssiger Nachbehandlungsmittel
 (Curing), kontinuierliches Besprühen mit Wasser.



Abdecken mit Folie

7.3. Schutz bei niedrigen Temperaturen

Bei niedrigen Temperaturen reicht die Verhinderung des Wasserverlustes an der Betonoberfläche nicht aus. Es sind zusätzliche Schutzmassnahmen gegen Auskühlung durch Wärmedämmung einzusetzen.

Bei Temperaturen unter +5 °C ist die Nachbehandlung und die Ausschalfrist um die Anzahl der Frosttage zu verlängern.

Nachbehandlungsmassnahmen für Beton

Art	Massnahmen	Ausstemperatur in °C				
		unter -3 °C	-3 bis +5 °C	5 bis 10 °C	10 bis 25 °C	über 25 °C
Folie/Nachbehandlungsfilm	Abdecken bzw. Nachbehandlungsfilm aufsprühen und benetzen. Holzschalung nassen; Stahlschalung vor Sonnenstrahlung schützen					X
	Abdecken bzw. Nachbehandlungsfilm aufsprühen			X	X	
	Abdecken bzw. Nachbehandlungsfilm aufsprühen und Wärmedämmung; Verwendung wärmedämmender Schalung – z.B. Holz – sinnvoll		X*			
	Abdecken und Wärmedämmung; Umschliessen des Arbeitsplatzes (Zelt) oder Beheizen (z.B. Heizstrahler); zusätzlich Betontemperaturen wenigstens 3 Tage lang auf +10 °C halten	X*	X*			
Wasser	Durch Benetzen ohne Unterbrechung feuchthalten					X

* Nachbehandlungs- und Ausschalfristen um Anzahl der Frosttage verlängern; Beton mindestens 7 Tage vor Niederschlägen schützen.

Der bessere **Beton**

Da gibt's nichts dran zu rütteln