KOLLEGIUM DER BAUUNTERNEHMER

BETON TECHNOLOGIE IN DER PRAXIS

PRAKTISCHER LEITFADEN

Herausgegeben von

AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

BAUBERATUNG KONS. G.M.B.H.
eine Gesellschaft des Kollegium der Bauunternehmer

VORWORT

Beton – ein Baustoff mit besonderen Eigenschaften.

Ohne Beton geht heute am Bau nichts mehr. Egal wo er eingesetzt wird, Einfamilienhaus, Brücke oder Tunnel, er muss fachgerecht hergestellt und verwendet werden, damit er die an ihm gestellten hohen qualitativen Ansprüche gerecht werden kann.
Vorliegender Leitfaden soll mit konkreten Tipps aus der Praxis das kleine Einmaleins der Betontechnologie einfach und verständlich darstellen. Angefangen von der Auswahl des richtigen Betons, hin zur Nachbehandlung bis zu Ratschlägen zur Vermeidung typischer Fehler, soll damit den Tätigen im Baugewerbe ein praktisches Hilfsmittel in die Hand gegeben werden.
Die einzelnen Themen wurden stets nach dem gleichen Prinzip aufbereitet: Während auf der jeweils linken Seite grundlegende technische und rechtliche Informationen beschrieben werden, wird entsprechend dazu auf der rechten Seite durch Bilder deren praktische Umsetzung bzw. Auswirkung dargestellt. Somit ist es möglich, sich in kurzer Zeit einen Überblick zu verschaffen, worauf geachtet werden muss, damit die Betonqualität den Ansprüchen des Kunden gerecht wird.
Werden qualitativ hochwertige Betonbauwerke errichtet, werden unter Berücksichtigung der erhöhten Lebensdauer Kosten gespart.

Der vorliegende Leitfaden erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Anforderungen und Auswahl des Betons 4

Vorbereitung auf der Baustelle 6

Lieferung und Einbau auf der Baustelle 8

Verdichten des Betons 10

Nachbehandlung des Betons 12

Prüfen des Betons auf der Baustelle 14

Prüfen des erhärteten Betons 16

Betonieren bei Kälte bzw. Hitze 18

Typische Fehler 20

Notizen Hinweise 22

Festigkeitsklassen

C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30
C28/35	C30/37	C32/40	C35/45	C40/50

Bedeutung: z.B. C25/30 | C = „concrete“ in Englisch = Beton
25 Zylinderdruckfestigkeit in N/mm² | 30 Würfeldruckfestigkeit in N/mm²

Konsistenzklassen

Konsistenzklasse	Setzmaß [mm]	Konsistenzbeschreibung
S1	von 10 bis 40	steif
S2	von 50 bis 90	plastisch
S3	von 100 bis 150	weich
S4	von 160 bis 200	sehr weich
S5	≥ 210	sehr fließfähig

Korngröße

Größtkorn – D_{max} [mm]			
4	8	16	32

Das Größtkorn (D_{max}) darf 1/3 der kleinsten Bauteilabmessung nicht überschreiten (siehe Bild) und sollte kleiner als das 0,8-fache der Betonüberdeckung und das 1,25-fache des minimalen Stababstandes sein.

Expositionsklassen

Klasse	Umgebungsbedingung	Anwendungsbeispiele
Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko		unbewehrte Innenbauteile, Sauberkeitsschicht, usw.
X0	kein Korrosions- oder Angriffsrisiko	
Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung		bewehrte Fundamente, Außenbauteile, wasserundurchlässige Bauteile, usw.
XC1	trocken oder ständig nass	
XC2	nass, selten trocken	
XC3	mäßige Feuchte	
XC4	wechselnd nass und trocken	
Bewehrungskorrosion ausgelöst durch Chloride		Parkhäuser, Schwimmbäder, Salzlager, usw.
XD1	mäßige Feuchte	
XD2	nass, selten trocken	
XD3	wechselnd nass und trocken	
Betonangriff durch Frost mit & ohne Taumittel		Hangmauern, Stützmauern, Brückenbau, Pfeiler, Widerlager, usw.
XF1	mäßige Wassersättigung ohne Taumittel	
XF2	mäßige Wassersättigung mit Taumittel	
XF3	hohe Wassersättigung ohne Taumittel	
XF4	hohe Wassersättigung mit Taumittel	
Betonangriff durch chemischen Angriff der Umgebung		Bauteile in Kläranlagen, in betonangreifenden Böden, Industrieabwasseranlagen usw.
XA1	chemisch schwach angreifende Umgebung	
XA2	chemisch mäßig angreifende Umgebung	
XA3	chemisch stark angreifende Umgebung	
Betonangriff durch Verschleißbeanspruchung		Industrieböden, Betonfahrbahnen, usw.
XM1	mäßige Verschleißbeanspruchung	
XM2	schwere Verschleißbeanspruchung	
XM3	extreme Verschleißbeanspruchung	

Bei der Bestellung immer anzugeben! FESTIGKEITSKLASSE, KONSISTENZ UND GRÖSSTKORN

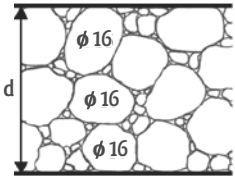
Decken & Treppen	C28/35
Träger	
Stützen	
Kellerwände	C25/30
Fundamente	

Beispiel:
Angabe der Betongüte auf Statikplänen

Wichtig für die Statik!

Die Konsistenzklasse ist abhängig von der Art, der Stärke und den Abmessungen des Bauteils sowie vom Bewehrungsgrad.

Wichtig für die Betonverarbeitung!

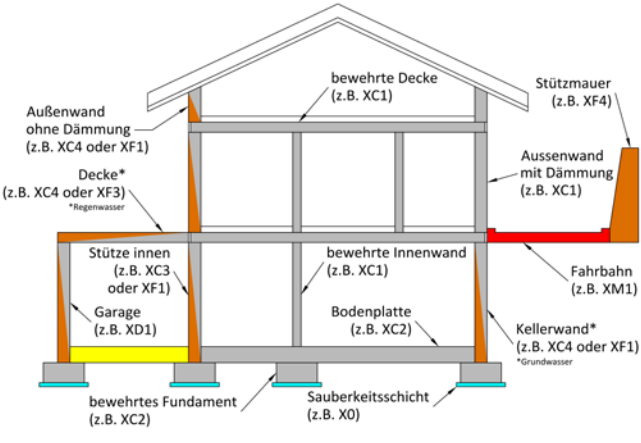


Zum Beispiel:

Dicke d [mm]	1/3 von d [mm]	D_{max} [mm]
50	16,7	16
100	33,3	32

Wichtig für die Verarbeitbarkeit und Bewehrung!

Beispiel für Expositionsklassen



Wichtig für die Dauerhaftigkeit des Bauwerks!

Schalung

Schalungstypen:
- saugende Schalung – z.B. auf Holzschalung
- nicht saugende Schalung – z.B. aus Metall oder Kunststoff

Die Auswahl ist wichtig für die Oberflächenstruktur.

Schalöl

Das Schalöl dient als Trennmittel von Beton und Schalung. Es wird mittels Sprühgerät auf die Schalhaut dünn und gleichmäßig aufgetragen. Das einzusetzende Schalöl hängt von Schalung und Lufttemperatur ab. Es ist das zugehörige technische Datenblatt zu beachten.

Bewehrung, Abstandhalter, Betondeckung

Bewehrung:
Die Bewehrung ist laut Statikplänen einzubringen.

Abstandhalter:
Die Abstandhalter sind zur Erhaltung der Betondeckung notwendig. Sie garantieren den erforderlichen Abstand zwischen äußeren Umwelteinflüssen und Bewehrung (punktförmig oder flächenförmig).

Betondeckung:
Die Betondeckung ist wichtig, um die Dauerhaftigkeit der Struktur zu gewähren. Die Stärke hängt hauptsächlich von der Expositionsklasse ab. Je höher die Expositionsklasse desto höher die Betondeckung.

Schalungsdruck, Abdichtung der Schalung

Schalungsdruck:
Der Frischbetondruck muss hauptsächlich bei vertikalen Schalungen berücksichtigt werden z.B. bei Wänden und Stützen. Der Frischbetondruck wird vor allem von der Betoniergeschwindigkeit, der Konsistenz, dem Ansteifverhalten und der Höhe des Bauteils beeinflusst.

Abdichtung:
Schalungen sind abzudichten (Dichtungsbänder, Silikon).

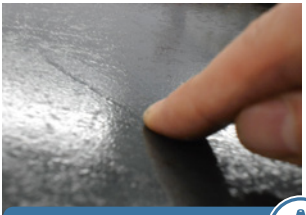
Sauberkeit:
Die Schalhaut und die Bewehrung müssen frei von Unreinheiten sein!

Absturzsicherung, Erreichbarkeit!

Beschädigte Schalhaut!

Saubere Schalung!

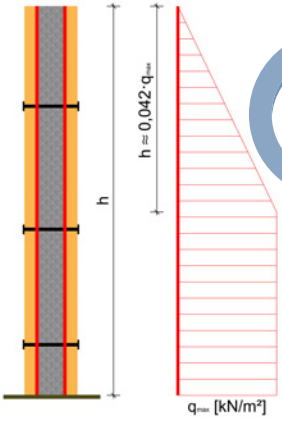
Zu große Auftragsmenge!



Richtige Auftragsmenge!

Zu geringe Überdeckung!

Richtige Überdeckung!



Schalhaut auf Sauberkeit und Schäden überprüfen! Die vorgegebene Bewehrungsüberdeckung einhalten!

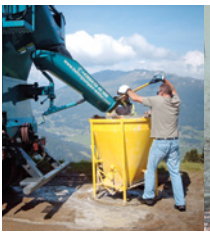
Anlieferung, Fahrtzeiten

LAGE: Wo? | ZEIT: Wann? | MENGE: Wie viel? (m^3)

Sichere Zufahrtswege - Stromleitungen!

Arten der Einbringung

Kran(-kübel) | Pumpe | Rinne



Sicheres Aufstellen von LKW und Pumpe

Das Transportfahrzeug und die Pumpe müssen auf einem geeignetem Untergrund aufgestellt werden, um ein Umkippen des Fahrzeugs zu verhindern!

So nicht aufstellen!

So austellen!

Standzeiten

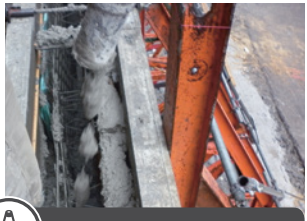
Bei länger andauernden Standzeiten und/oder Vorbereitungszeiten muss das vorzeitige Ansteifen des Betons mittels einem „Verzögerer“ verhindert werden.

Fallhöhe und Schütthöhe

Die Fallhöhe muss möglichst gering gehalten werden, um ein Entmischen des Betons zu verhindern! Sie ist vor allem von der Konsistenz abhängig.

- Empfohlene Höhe = max. 1,5 m
- Bei Sichtbetonoberflächen sollte die Fallhöhe auf maximal 1,0 m reduziert werden.

Eventuell Fallrohre verwenden!



Falsch!

Richtig!

Wasserzugabe auf der Baustelle

Eine zusätzliche Wasserzugabe, welche zur Überschreitung des maximal zulässigen Wassergehaltes führt, ist unzulässig, da die Festbetoneigenschaften des Betons verschlechtert werden.
Um die Verarbeitbarkeit zu erhöhen, sollten verflüssigende Zusatzmittel eingesetzt werden.

PSA verwenden, Absturzgefahr auf Mauer!

Flaschen- oder Schalungsrüttler

Flaschenrüttler:
Anwendung bei allen Betonstrukturen, außer bei beengten Platzverhältnissen. Der Durchmesser des Rüttelflasche ist von der Bauteilabmessung abhängig.

Schalungsrüttler:
Anwendung bei beengten Verhältnissen, wo der Flaschenrüttler nicht eingesetzt werden kann.

Rüttelzeit, Ein- und Austauchen

Die Rüttelflasche ist schnell und senkrecht einzutauchen. Es muss so lange gerüttelt werden bis keine Luftblasen mehr austreten.
Das Herausziehen muss langsam erfolgen, damit sich eine geschlossene Oberfläche ausbilden kann und Grobluftporen mit herausgezogen werden.

Faustformel:
Der Abstand in „cm“ der Eintauchstellen soll nicht größer sein als der Durchmesser der Flasche in „mm“. Die obere Grenze sollte zwischen 50 cm – 60 cm liegen. Entmischungsgefahr bei zu langem Rütteln!

Nachverdichtung

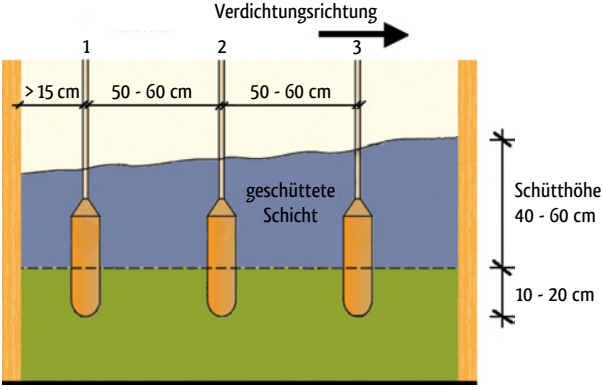
Hauptsächlich bei vertikalen und hohen, aber auch bei massigen Bauteilen ist die Verdichtung besonders in den oberen 20 cm notwendig! Hohlräume unter waagrechten Bewehrungsstäben und Verdichtungsporen an den obersten 50 cm bei Sichtbetonwänden können somit vermindert werden.

SCC = self compacting concrete

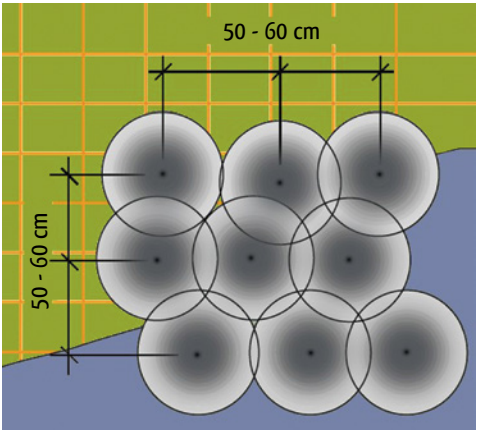
Bei SCC - Beton handelt es sich um einen selbstverdichtenden Beton. Eine mechanische Verdichtung ist nicht notwendig!

PSA nicht vergessen! Absturzgefahr!

Schnitt



Draufsicht



Warum und Wie?

Eine sorgfältige Nachbehandlung ist notwendig, um Risse und Oberflächenschäden zu vermeiden.

Die Nachbehandlung bietet Schutz vor:
- Verdunstung, Kälte und Hitze

Gründe für die Nachbehandlung:
- Verhinderung der Austrocknung durch Sonneneinstrahlung und Wind
- Minimierung des inneren Temperaturgefälles
- Verhinderung von Schäden durch Frost bei der Erstarrung des Betons
- Verhinderung von Auswaschungen durch Regen oder fließendes Wasser
- Verhinderung einer Verbundschädigung zwischen Bewehrung und Beton durch zu frühen Ausschalen und Belasten
- usw.

Arten der Nachbehandlung:
- feuchte Abdeckungen
- gleichmäßiges Besprühen mit Wasser (nicht zu kaltes Wasser)
- Holzschalung befeuchten
- Stahlschalung vor zu starker Sonneneinstrahlung schützen mit Dämmmatten oder Kunststofffolien abdecken
- schutzfilmbildende Nachbehandlungsmittel auftragen
- usw.

Dauer der Nachbehandlung

Die Dauer der Nachbehandlung hängt hauptsächlich von der Zusammensetzung, der zeitlichen Erstarrung- und Erhärtungsentwicklung des Betons, der Außentemperatur und der Frischbetontemperatur zum Einbauzeitpunkt ab.

Weiters sind die Umgebungseinflüsse wie Sonneneinstrahlung, Luftfeuchtigkeit und Wind, sowie die Bauteilabmessungen zu berücksichtigen.

Mundschutz beim Sprühen!

Aufbringung eines Nachbehandlungsmittels auf den Frischbeton

Abdecken mittels Folie

Aufbringung eines Nachbehandlungsmittels auf den Festbeton

Bei schlechter oder fehlender Nachbehandlung können Risse und Abplatzungen an der Oberfläche entstehen!

Nachbehandlung auch am Wochenende und Feiertagen!

Wer, wann und wie?

Erstprüfung
Der Hersteller muss durch eine Erstprüfung die geforderten Qualitätskriterien nachweisen.

Annahmeprüfung
Der Bauleiter überprüft die Übereinstimmung mit der Erstprüfung. Die Kosten für die vom Gesetz oder vom Vertrag nicht vorgesehenen Proben, trägt der Auftraggeber.

Abnahmeprüfung
Prüfung erfolgt durch den Abnahmeprüfer am ausgeführten Bauteil. Die Kosten trägt der Auftraggeber.

Druckfestigkeit

Prüfkörperherstellung – Würfel 15 x 15 x 15 cm für die Druckfestigkeitsprüfung laut D.M. 14/01/2008.
Anzahl und Entnahmehäufigkeit hängen von der Betonmenge ab.
Die Probekörper sind zu kennzeichnen und dem jeweiligen Bauteil zuzuordnen.

Herstellung und Lagerung von Prüfkörpern

Die Herstellung und Lagerung muss von qualifizierten Personen und dem Regelwerk entsprechenden Gerätschaften durchgeführt werden. Unsachgemäße Herstellung und Lagerung von Prüfkörpern führt zu falschen Ergebnissen.

Toleranzen

Prüfung	Sollwert	Unter Soll	Über Soll
Konsistenzprüfung nach UNI EN 12350-2	laut Norm min – max	10 mm	20 mm
Bindemittelgehalt	laut Norm	3 %	3 %
W/B-Wert nach ÖNORM B 3303 /2002	laut Norm	keine	0,02
Luftporengehalt nach UNI EN 12350-7	laut Erstprüfung	0,5%	–
Rohdichte nach UNI EN 12350-5	laut Erstprüfung	30 kg/m³	30 kg/m³

PSA nicht vergessen!

Frischbeton-Prüfungen

Konsistenz – Slump-Versuch

Wassergehalt
Die Bestimmung des Wassergehalts erfolgt entweder durch Rösten des Betons (Spiritusverfahren) oder durch das Mikrowellenverfahren.

Luftporengehalt
Der Luftporengehalt im Frischbeton wird mit einem Luftporentopf bestimmt.

Rohdichte
Die Frischbetonrohdichte ist der Quotient aus der Masse und dem Volumen von verdichtetem Frischbeton.
D = m/V
D... Frischbetonrohdichte in kg/m^3
m... Masse in kg
V... Volumen in m^3

Temperatur
Die Frischbetontemperatur sollte +10˚C nicht unter- und +30˚C nicht überschreiten.

Wer und Wie? (Verantwortlichkeiten)

Die Materialprüfungen für die Abnahmen des Bauwerks müssen in einer amtlich anerkannten Prüfanstalt durchgeführt werden!
Der Bauleiter ist für die Erstellung des Prüfantrages zuständig. Bauleiter und Bauunternehmen tragen die Verantwortung für die Lagerung und den Transport der Prüfkörper zur Prüfstelle.

- **Druckfestigkeitsprüfung** nach UNI EN 12390-3:
  Grenzwert: $R_m = R_{ck}+3{,}5$ N/mm² (< 1.500 m³ homogene Mischung)
  Durchführung: erfolgt mittels Probewürfel mit einer Lagerung von 7 bzw. 28 Tagen, die bis zum Bruch belastet werden.

  2 Methoden der Auswertung:
  - Methode **A:** ≤1.500 m³ homogener Mischung R_m = Mittelwert aus 3 Entnahmen ≙ 6 Probewürfel
  - Methode **B:** >1.500 m³ homogener Mischung; Statistische Auswertung

- **Wassereindringtiefe** nach UNI EN 12390-8:
  Expositionsklasse: XC3, XC4
  Grenzwert: abhängig von der Betondeckung (z.B. 30 mm oder 50 mm)
  Durchführung: erfolgt an Probekörpern unter genormten Wasserdruck – nach vorgegebener Zeit wird die maximale Wassereindringtiefe gemessen.

- **Frostbeständigkeit** nach ÖNORM B 3303:1983
  Expositionsklasse: XF3
  Grenzwert: maximaler Abfall des statischen E-Moduls von 25 %
  Durchführung: erfolgt mittels drei Prüfkörper, die max. 50 Frost-Tauzyklen unterworfen werden.

- **Frost- und Tausalzbeständigkeit** nach ÖNORM B 3303:1983
  Expositionsklasse: XF2, XF4
  Grenzwert: Abwitterung nach 50 Frost-Taussalzzyklen
  XF2 ≤200 g/m²
  XF4 ≤100 g/m²
  Durchführung: erfolgt mittels Probekörper an der abgezogenen Oberfläche.

Bestimmung der Druckfestigkeit

Bestimmung der Wassereindringtiefe

Bestimmung des statischen E-Moduls

Bestimmung der Frost-Taumittelbeständigkeit

Bei mangelnder Frostbeständigkeit kommt es zu Abplatzungen an der Oberfläche!

BEI NICHTEINHALTUNG:
Beeinträchtigung der Funktion, Trag- & Gebrauchstauglichkeit

Betonieren bei Kälte – unter 0°C

- Zement: **schnell erhärtende Zemente** (z.B. 42,5R)
- Zusatzmittel: **Erhärtungsbeschleuniger**
- Anmachwasser: **warm**
- Zuschläge: **erwärmen, abdecken**
- Betonierzeit: **mittags**

Betonieren bei Hitze – über +30°C

- Zement: **langsam erhärtende Zemente** (z.B. 32,5N)
- Zusatzmittel: **Erstarrungsverzögerer**
- Anmachwasser: **kalt**
- Zuschläge: **kühlen**
- Betonierzeit: **morgens und abends**

Die richtige Vorgangsweise ist entscheidend für die Qualität des Bauwerkes! Vorgangsweise mit dem Bauleiter besprechen.

ACHTUNG!
Siehe Kapitel
NACHBEHANDLUNG

Bekleidung je nach Klima!

Betonieren bei Frost

Abdecken des Bauteils mittels Vlies

Abdecken des Bauteils mittels Folie

Abdecken des Bauteils mittels Folie

Risse

Schwind- und Temperaturrisse
Mögliche Ursachen: schlechte Nachbehandlung, hoher Wassergehalt, hohe Abbindewärme, keine oder zu wenig Dehnfugen.

Vorbeugung: die Nachbehandlung **muss** ordnungsgemäß durchgeführt werden; die richtige Betonwahl (Bindemittel mit geringer Hydratationswärmeentwicklung).

Statische Risse
Mögliche Ursachen: vorzeitige Ausschalung und/oder Belastung, Verstellen der Bewehrung beim Betonieren und beim Verdichten.

Vorbeugung: Absprache mit Statiker oder Bauleiter Schalung bzw. Rüstung länger belassen, Kontrolle der Lage der Bewehrung und deren Befestigungen.

Kiesnester

Mögliche Ursachen: Entmischung bei der Verdichtung, undichte Schalung

Vorbeugung: Absprache mit Bauleiter

Verdichtungsporen an der Oberfläche

Mögliche Ursachen: Schlechte Verdichtung, falsche Schalhaut, Betonzusammensetzung, Schalöl, undichte Schalung, falsche Verarbeitung

Vorbeugung: Absprache mit einem Fachmann

Ausblühungen

Mögliche Ursachen: falsche Bindemittel, hohe Feuchtigkeit, hohe Porosität, Niederschlag auf frisch verschalten Fläche

Vorbeugung: mit Lieferfirma vorbeugende Maßnahmen besprechen

Schwindrisse

Kiesnest bei Bauteilkante

Verdichtungsporen

Ausblühungen

Notizen

Dieser Leitfaden nimmt Bezug auf folgende wichtige Normen:

D.M. 14/01/2008	Verabschiedung der neuen technischen Vorschriften für Bauten
Rdschr. 617 vom 02.02.2009	Anleitung zur Anwendung der „Neuen technischen Vorschriften für Bauten“ D.M. 14/01/2008
UNI EN 206-1	Beton; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
UNI 11104	Beton; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Zusatzanweisung für die Anwendung der EN 206-1
UNI EN 12350-2	Prüfung von Frischbeton: Setzmaß
UNI EN 12350-6	Prüfung von Frischbeton: Frischbetonrohdichte
UNI EN 12350-7	Prüfung von Frischbeton: Luftgehalt – Druckverfahren
UNI EN 12390-3	Prüfung von Festbeton – Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern
UNI EN 12390-8	Prüfung von Festbeton - Teil 8: Wassereindringtiefe unter Druck
ÖNORM B 3303:1983	Betonprüfung

An der Broschüre haben mitgearbeitet:

Amt für Geologie und Baustoffprüfung

Bauberatung Kons.g.m.b.H.

Dr. Ing. Peter Endrich

Dr. Ing. Alex Herbst

Dr. techn. Dipl.-Ing. Dietmar Thomaseth

Longo *Kreativwerkstatt*

KOLLEGIUM DER BAUUNTERNEHMER

Kollegium der Bauunternehmer der Autonomen Provinz Bozen
Schlachthofstraße 57 | I-39100 Bozen | Tel. 0471 28 28 94
Fax 0471 26 39 01 | info@baukollegium.it | www.baukollegium.it