



In der Landwirtschaft wird Beton als dauerhafter und wirtschaftlicher Baustoff vielfältig verwendet. Traditionell helfen Landwirte bei Betonarbeiten unter fachkundiger Anleitung mit oder übernehmen kleinere Betonagen für untergeordnete Bauteile selbst (Bild 1).

Das Merkblatt wendet sich an Landwirte und landwirtschaftliche Berater, um die notwendigen Grundlagen über die Eigenschaften und die fachgerechte Anwendung von Beton zu vermitteln.



**Bild 1: Betonieren des Güllekellers für einen Stall**

## 1 Begriffe

Beton wird aus Zement, Wasser und Zuschlägen (Sand, Kies, Splitt) hergestellt. Zur Beeinflussung bestimmter Betoneigenschaften können mehlfine oder flüssige Zusätze zugegeben werden. Aus Zement und Wasser bildet sich beim Mischen der Zementleim, der die Zuschlagkörner umhüllt (*Frischbeton*) und dann an der Luft, aber auch unter Wasser erhärtet (*Festbeton*). Frischbeton kann in einer Schalung die gewünschte Form gegeben werden, die der Beton im erhärteten Zustand dann beibehält.

Durch die vielen Möglichkeiten der Herstellung, Zusammensetzung und Anwendung können Betone wie folgt eingeteilt werden:

- nach der Druckfestigkeit in Festigkeitsklassen, z.B. B 5, B 10, B 15, B 25, B 35
- nach seiner Rohdichte (Masse je Volumen in  $\text{kg/m}^3$ ) in Leichtbeton, (Normal-) Beton und Schwerkton
- nach der Verarbeitbarkeit in Konsistenzklassen (steif, plastisch, weich, fließfähig)
- nach dem Ort der Herstellung (Abmessen und Mischen der Bestandteile) in Transportbeton und Baustellenbeton
- nach dem Ort des Einbringens in die Schalung und des Erhärtens in Fertigteile und Ortbeton
- nach der Bewehrung in unbewehrten Beton, Stahlbeton, Spannbeton und Faserbeton

*Betonfertigteile*, z.B. Spaltenböden oder Pflastersteine, werden in spezialisierten Werken hergestellt, nach dem Erhärten auf die Baustelle gebracht und dort eingebaut. Wird der Frischbeton direkt in seiner endgültigen Lage (vor Ort)

einggebracht und erhärtet dort, spricht man von *Ortbeton*.

Der Frischbeton kann sowohl in einem Transportbetonwerk hergestellt und dann einbaufertig auf die Baustelle gebracht werden (*Transportbeton*) oder auch direkt auf der Baustelle gemischt werden (*Baustellenbeton*).

Beton kann hohe Druckkräfte aufnehmen. Für die Aufnahme von Zugkräften kann der Beton mit Stahleinlagen (Bewehrung) verstärkt werden; man spricht dann von *Stahlbeton*. Vielfach treten Zug- und Druckbeanspruchungen gemeinsam auf, z.B. bei Güllekanälen oder Spaltenböden. Für bestimmte Bauteile kann es sinnvoll sein, den Beton mit hochfesten Stahlstäben unter Druck zu setzen, d.h. die Stahlstäbe erhalten eine (Zug-)Vorspannung. *Spannbeton* wird z.B. für Güllebehälter oder Deckenplatten aus Fertigteilen eingesetzt. Treten keine oder nur geringe Zugspannungen im Beton auf, kann auf Bewehrung verzichtet werden (*unbewehrter Beton*). Beispiele sind z.B. vollflächig auf dem Untergrund aufliegende Bodenplatten oder Fundamente. Auch kleinformatige Fertigteile werden ohne Bewehrung hergestellt (z.B. Dachsteine, Mauersteine, Pflaster).

Für das Bauen mit Beton und Stahlbeton ist die Norm DIN 1045 maßgebend, die die Regeln für die statische Bemessung, die konstruktive Gestaltung, die Herstellung und Verarbeitung sowie die Qualitätssicherung festschreibt [1].

## 2. Betonbestandteile

Art, Qualität und Menge der einzelnen Bestandteile beeinflussen die Betoneigenschaften wesentlich und können je nach Verwendungszweck abgestimmt werden. Für unterschiedliche Anwendungsbereiche werden verschiedene Betonzusammensetzungen benötigt. Um die gewünschte Betonqualität zu erreichen, müssen

- die Nutzungsanforderungen bekannt sein,
- geeignete Bestandteile verwendet werden,
- die Bestandteile im richtigen Verhältnis gemischt und
- der Beton fachgerecht eingebaut, verdichtet und nachbehandelt werden.

### 2.1 Zement

Zement ist das Bindemittel im Beton, das die Zuschläge „verklebt“. Das meist graue Pulver wird durch Brennen und Mahlen von kalk- und tonhaltigen Gesteinen erzeugt. Transportbeton- und Fertigteilwerke beziehen den Zement in Silofahrzeugen bzw. Silowaggons. Für das Mischen auf der Baustelle werden transportable Zementsilos sowie Sackware (25-kg-Säcke) angeboten.

Nach ihren Bestandteilen und Festigkeitseigenschaften werden Zemente in Sorten eingeteilt. Tafel 1 stellt häufig in der Landwirtschaft eingesetzte Zementsorten und ihre Eigenschaften zusammen. Für Beton und Stahlbeton dürfen nur Normzemente nach DIN 1164 [2] oder bauaufsichtlich zugelassene Zemente verwendet werden (Hinweis in der Sackaufschrift). Zement erfordert eine trockene Lagerung, um Festigkeitsverluste zu vermeiden.

**Tafel 1: In der Landwirtschaft häufig eingesetzte Zemente und ihre Eigenschaften**

Zementsorte <sup>1)</sup>	Sackfarbe	Aufdruckfarbe	Anwendungshinweise
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Portlandzement CEM I 32,5 R</li> <li>– Portlandhüttenzement CEM II/A-S 32,5 R</li> <li>– Portlandhüttenzement CEM II/B-S 32,5 R</li> <li>– Portlandkalksteinzement CEM II/A-L 32,5 R</li> </ul>	hellbraun	rot	<ul style="list-style-type: none"> <li>– normale Anfangserhärtung</li> <li>– mittlere Wärmeentwicklung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Portlandzement CEM I 42,5 R</li> <li>– Portlandhüttenzement CEM II/A-S 42,5 R</li> <li>– Portlandkalksteinzement CEM II/A-L 42,5 R</li> </ul>	grün	rot	<ul style="list-style-type: none"> <li>– schnelle Anfangserhärtung</li> <li>– erhöhte Wärmeentwicklung</li> <li>– frühes Ausschalen möglich</li> <li>– günstig bei niedrigen Temperaturen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hochofenzement CEM III/A 32,5</li> <li>– Hochofenzement CEM III/B 32,5</li> </ul>	hellbraun	schwarz	<ul style="list-style-type: none"> <li>– gleiche 28-Tage-Festigkeit wie CEM I 32,5 R</li> <li>– langsame Anfangserhärtung</li> <li>– geringe Wärmeentwicklung</li> <li>– gute Nacherhärtung</li> <li>– günstig für massige Bauteile und bei hohen Temperaturen</li> <li>– verlängerte Ausschallfristen und Nachbehandlungszeiten</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hochofenzement CEM III/A 42,5</li> </ul>	grün	schwarz	<ul style="list-style-type: none"> <li>– gleiche 28-Tage-Festigkeit wie CEM I 42,5 R</li> <li>– normale Anfangserhärtung</li> <li>– mittlere Wärmeentwicklung</li> <li>– gute Nacherhärtung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusatzbezeichnung NW</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>– niedrige Wärmeentwicklung</li> <li>– vorrangig für massige Bauteile und bei hohen Temperaturen</li> <li>– verlängerte Ausschallfristen und Nachbehandlungszeiten</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusatzbezeichnung NA</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>– niedriger wirksamer Alkaliegehalt</li> <li>– Verwendung bei alkaliempfindlichen Zuschlägen, z.B. in einigen Bereichen Nord- und Mitteldeutschlands</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusatzbezeichnung HS</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>– hoher Sulfatwiderstand</li> <li>– Einsatz, wenn sulfathaltiges Wasser mit Sulfatgehalten &gt; 600 mg/l auf den Beton einwirkt</li> </ul>

<sup>1)</sup> Erläuterungen der Bezeichnungen

- CEM I, CEM II, CEM III – Hauptarten des Zements
- 32,5; 42,5 – Zementfestigkeitsklassen (Mindestdruckfestigkeit nach 28 Tagen in N/mm<sup>2</sup>, geprüft an Zementmörtelprismen)
- R – schnelle Erhärtung, höhere Frühfestigkeiten als Zemente ohne R
- A, B – Kennzeichen für die Zugabemenge, z.B. von Kalksteinmehl (L) oder Hütten sand (S) zum Zement

Sackware mit Zement und zementhaltigen Produkten (z.B. Trockenbeton, Mörtel, Fliesenkleber) wird chromatarm hergestellt und mit „Chromatarm nach TRGS 613“ gekennzeichnet. Damit wird wirkungsvoll allergischen Hautreaktionen vorgebeugt, die in seltenen Fällen bei langjährigem, oftmaligen Hautkontakt mit Frischbeton auftreten können. Zusätzlich ist das Tragen geeigneter Schutzhandschuhe und die Anwendung von Hautschutzsalben bei der Verarbeitung von Zement und Frischbeton zu empfehlen.

## 2.2 Zuschläge (Sand, Kies, Splitt)

Die Beschaffenheit der Zuschläge übt einen großen Einfluss auf die Betonqualität aus. Toniges, schiefriges, weiches oder stark wassersaugendes Material ist ebenso ungeeignet wie Beimengungen von bindigen Böden oder organischen Bestandteilen.

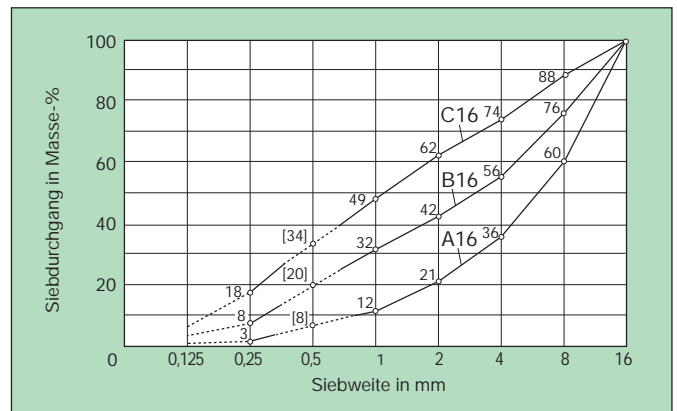
Bei der Verwendung von Transportbeton sorgt das Transportbetonwerk für die Einhaltung der notwendigen Zuschlagqualität. Können beim Mischen des Betons auf der Baustelle die Zuschläge auf ihre Qualität nicht geprüft werden, sollte immer ein Zuschlag nach DIN 4226 [3] bestellt werden.

Das Größtkorn ist so groß zu wählen, wie es Fördern und Verarbeiten des Frischbetons erlauben; 1/3 (besser 1/5) der kleinsten Bauteilabmessung darf nicht überschritten werden. Bei enger Bewehrung sollte der überwiegende Teil des Zuschlags kleiner als der Bewehrungsabstand sein.

Die Sieblinie kennzeichnet die Zusammensetzung des Zuschlags. Feine Zuschläge (Sand) bestehen aus vielen kleinen Körnern und besitzen damit eine große Oberfläche. Zur Umhüllung ist bedeutend mehr Zement erforderlich als bei groben Körnern. Andererseits darf nicht nur grobes Korn verwendet werden,

weil sonst die Zuschlagkörner nur punktwise verklebt werden und Hohlräume verbleiben. Deshalb kommt es darauf an, die Sieblinie von der kleinsten bis zur größten Korngröße im richtigen Verhältnis zusammenzustellen. Für jedes Größtkorn werden 3 Regelsieblinien unterschieden. Die Sieblinien A und B begrenzen den günstigen Bereich für Zuschläge, B und C den brauchbaren Bereich. Bild 2 zeigt die Regelsieblinien am Beispiel eines Zuschlags mit dem Größtkorn 16 mm. Häufig angeboten werden Zuschläge mit 4 mm, 8 mm, 16 mm oder 32 mm Größtkorn.

Für bestimmte Nutzungsbedingungen werden zusätzliche Anforderungen an den Zuschlag gestellt, z.B.:



**Bild 2: Regelsieblinien für Zuschläge mit 16 mm Größtkorn**

- ❑ wasserundurchlässiger Beton – Sieblinienbereich A/B
- ❑ Außenbauteile – Zuschläge mit erhöhtem Frostwiderstand eF
- ❑ Beton mit Tausalzeinwirkung – Zuschläge mit erhöhtem Frost-Tausalz-Widerstand eFT

Die Bestellung eines Zuschlags könnte also beispielsweise lauten:

Zuschlag A/B 0/16 eF DIN 4226

### 2.3 Wasser

Trinkwasser eignet sich immer zur Betonherstellung. Bei Verwendung von in der Natur vorkommendem Wasser ist in Zweifelsfällen die Unschädlichkeit durch vergleichende Betonversuche oder chemische Untersuchungen nachzuweisen.

### 2.4 Zusätze

Betonzusätze verbessern durch chemische und/oder physikalische Wirkung die Betoneigenschaften wie Verarbeitbarkeit, Erhärten oder Frost-Tausalz-Widerstand. Ihre Wirkung setzt einen sachgemäß hergestellten Beton voraus. Wenn die Verwendung von Zusätzen vorgesehen ist, müssen die Betoneigenschaften rechtzeitig vor dem ersten Einbau durch eine so genannte Eignungsprüfung (Probemischung mit der geplanten Zusammensetzung) nachgewiesen werden. Bei Transportbeton übernimmt dies das Lieferwerk.

Im landwirtschaftlichen Bereich kommen bei Transportbeton häufig vier Wirkungsgruppen zum Einsatz:

- ❑ Betonverflüssiger (BV)
- ❑ Fließmittel (FM)
- ❑ Luftporenbildner (LP)
- ❑ Verzögerer (VZ)

Betonverflüssiger und Fließmittel verbessern die Verarbeitbarkeit des Betons bei gleichem oder verringertem Wassergehalt. Fließmittel können auch zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit des Betons auf der Baustelle eingesetzt werden.

Luftporenbildner bilden im Beton mikrofeine Kugelporen. Diese Kugelporen verhindern den Druck von gefrierendem Wasser im Winter. Betone mit solchen Luftporen sind im Außenbereich dort einzusetzen, wo Taumittel verwendet oder Düngemittel gelagert bzw. umgeschlagen werden.

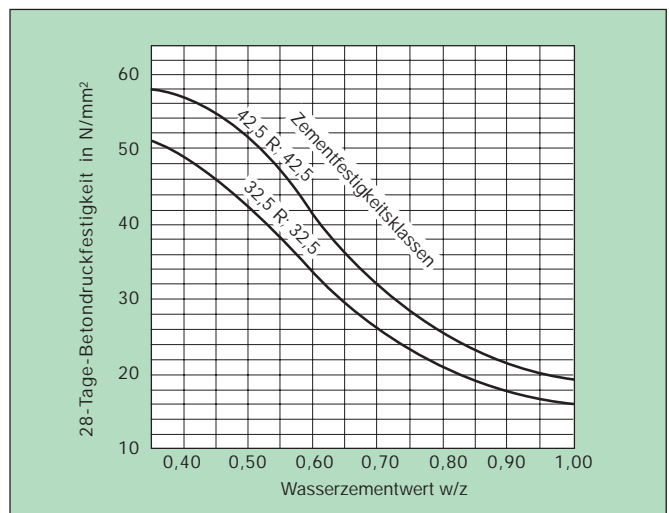
Verzögerer bewirken eine verlängerte Verarbeitungszeit des Betons. Dies kann z.B. bei heißem Wetter vorteilhaft sein.

## 3 Anforderungen und Eigenschaften

Bevor Beton beim Transportbetonwerk bestellt oder selbst gemischt wird, müssen die erforderlichen Betoneigenschaften festgelegt werden.

Eine wichtige Eigenschaft des Betons ist seine Festigkeitsklasse, die bei tragenden Bauteilen der Statiker vorgibt und den Bauunterlagen zu entnehmen ist. Angegeben wird die Mindestdruckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen unter genormten Prüfbedingungen, z.B. bedeutet B 25 eine Mindestdruckfestigkeit von 25 N/mm<sup>2</sup>. Im landwirtschaftlichen Bereich kommen vorrangig die Festigkeitsklassen B 15, B 25 und B 35 zum Einsatz.

Den Haupteinfluss auf die Betondruckfestigkeit stellt der Wasserzementwert w/z dar, daneben spielen Zementart und Zementmenge eine Rolle. Bild 3 verdeutlicht diesen Zusammenhang. Der Wasserzementwert ist das Massenverhältnis (Gewichtsverhältnis) des im Beton enthaltenen Wassers (Ober-



**Bild 3: Zusammenhang zwischen Betondruckfestigkeit, Wasserzementwert und Normfestigkeit des Zements**

**Tafel 2: Anforderungen an Beton mit besonderen Eigenschaften<sup>1)</sup>**

Betoneigenschaft	Zementgehalt/ Betonfestigkeitsklasse	Zuschlagsieblinie	Wasserzementwert w/z	
wasserundurchlässig	≥ 370 kg/m <sup>3</sup>	A/B 0/16	–	Wassereindringtiefe <sup>2)</sup> e <sub>w</sub> ≤ 50 mm
	≥ 350 kg/m <sup>3</sup>	A/B 0/32	–	
	Verwendung von Beton aus einem Transportbetonwerk sowie Zustimmung von Bauaufsicht und Bauherr		≤ 0,60	
hoher Frostwiderstand	wie bei Wasserundurchlässigkeit, zusätzlich frostbeständige Zuschläge (eF)			
hoher Widerstand gegen schwachen chemischen Angriff	wie bei Wasserundurchlässigkeit			
Stahlbeton, nicht für Außenbauteile	≥ 240 kg/m <sup>3</sup> / ≥ B 15		≤ 0,70	
Stahlbeton für Außenbauteile	≥ 300 kg/m <sup>3</sup> / ≥ B 25		≤ 0,60	
	≥ 270 kg/m <sup>3</sup> bei Verwendung von Beton aus einem Transportbetonwerk <sup>2)</sup>			

<sup>1)</sup> vom Transportbetonwerk werden die besonderen Eigenschaften auf dem Lieferschein angegeben

<sup>2)</sup> Prüfung nach DIN 1048 [4]

**Tafel 3: Übersicht über charakteristische Anwendungen von Beton in der Landwirtschaft**

Anwendung	Anforderungen/ Einwirkungen	Betonfestigkeits- klasse	bewehrt/ unbewehrt	besondere Eigenschaften	Zuschlag		Konsistenz
					Sieblinie	erhöhte Anforderungen	
1. Sauberkeitsschicht	–	B 5; B 10	unbewehrt	–	0/8	–	KS/KP
2. Fundamente	nach Statik	≥ B 15	unbewehrt/ bewehrt	–	A/B 0/32 B/C 0/32	–	KR
3. Fußböden im Innenbereich ohne Gülle-/Silageeinwirkung (z.B. Lagerräume, Durchfahr- ten, Gänge)	–	B 25	i.d.R. unbewehrt	–	A/B 0/16 A/B 0/32	–	KR, siehe auch [5]
4. Bauteile im Innenbereich mit Gülleeinwirkung (z.B. Stand- und Liege- flächen, Güllekanäle)	nach Statik/ Gülle	B 25	bewehrt/ unbewehrt	wasserundurch- lässig, hoher Widerstand gegen schwachen chemischen Angriff	A/B 0/16 A/B 0/32	–	KR, siehe auch [6]
5. Entmistungsbahnen	Verschleiß- widerstand/ Gülle	B 35	unbewehrt/ bewehrt	wasserundurch- lässig, hoher Widerstand gegen schwachen chemischen Angriff, hoher Verschleiß- widerstand	A/B 0/16 A/B 0/32	Zuschläge mit hohem Verschleiß- widerstand	KR, siehe auch [6]
6. Flächen im Außenbereich ohne Taumittel-, Gülle-, Silageeinwirkung (z.B. Hofbefestigungen, Ausläufe, Wirtschaftswege)	Außenbauteil	B 25	i.d.R. unbewehrt	hoher Frost- widerstand	A/B 0/16 A/B 0/32	eF	KR
7. Flächen im Außenbereich mit Taumittelinwirkung (z.B. Hofbefestigungen, Viehausläufe)	Außenbauteil/ Frost, Taumittel	B 25, B 35	i.d.R. unbewehrt	hoher Frost- Taumittel- Widerstand	A/B 0/16 A/B 0/32	eFT	KR, Luftporen- bildner einsetzen
8. Bauteile im Außenbereich für die Güllelagerung (Hoch-, Tiefbehälter, Wand und Sohle)	nach Statik/ Außenbauteil, Gülle	≥ B 25	bewehrt	wasserundurch- lässig, hoher Frostwiderstand, hoher Widerstand gegen schwachen chemischen Angriff	A/B 0/8 A/B 0/16 A/B 0/32	eF, günstig eFT	KR, siehe auch [7]
9. Bauteile für die Silage- lagerung (Flach-, Hochsilos, Sickersaftsammelgruben)	Gärsäuren, Frost	nur nach Angaben eines Fachkundigen					siehe auch [8]

**Tafel 4: Konsistenzbereiche des Frischbetons**

Kurzzeichen (Bedeutung)	Beschreibung		Art der Verdichtung	Bemerkung
	beim Schütten	im Freifallmischer		
KS (steif)	lose, teilweise schollig zusammenhängend	Mischung rotiert, krümelt teilweise durch die Mitnehmer	Handstampfer, Rüttelplatten	nicht für Stahlbeton
KP (plastisch)	schollig bis knapp zusammenhängend	Mischung wird durch Mitnehmer nach oben geführt, bricht dort schollig ab und klatscht hörbar nach unten	Rüttelgeräte, z.B. Rüttelflaschen, Rüttelbohlen, Außenrüttler	
KR (weich, Regelkonsistenz)	breiig, schwach fließend	Mitnehmer ziehen (etwas ruckartig) durch die Mischung durch, kein Rotieren der Mischung	Rüttelgeräte, z.B. Rüttelflaschen, Rüttelbohlen, Außenrüttler Stochern, z.B. mit Latten oder Schaufelkante	übliche Konsistenz für die Mehrzahl der praktischen Anwendungen
KF (flüssig)	fließfähig		Stochern, z.B. mit Latten oder Schaufelkante	Einstellung der Konsistenz nur durch Fließmittel (FM), nicht durch Wasser; nur nach Angaben eines Fachkundigen

flächenfeuchte der Zuschläge + Zugabewasser) zum Zement:  

$$\frac{\text{Masse (Gewicht) des Wassers } w}{\text{Masse (Gewicht) des Zements } z} = \text{Wasserzementwert } w/z$$

Neben der Druckfestigkeit muss Beton – je nach Bauauf-  
gabe – weitere Eigenschaften aufweisen:

- Eignung für Stahlbeton
- Eignung für Außenbauteile
- Wasserundurchlässigkeit (WU)
- hohen Frostwiderstand
- hohen Widerstand gegen schwachen chemischen Angriff

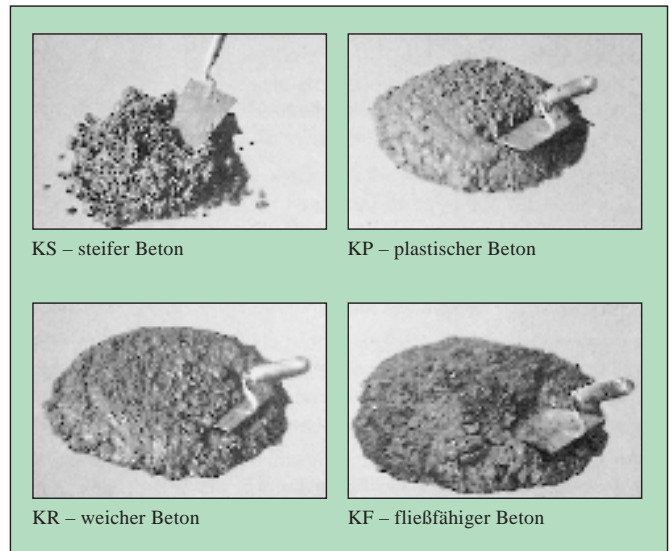
Bei Betonen mit steigendem Wasserzementwert, also steigendem Wassergehalt im Beton, verschlechtern sich fast alle Festbetoneigenschaften, z.B. Festigkeit, Wasserundurchlässigkeit, Rissempfindlichkeit, Frostbeständigkeit.

Bei Betonen, die durch

- starken oder sehr starken chemischen Angriff (z.B. bei Kontakt mit Silagen, Gärssäften, Düngemitteln) oder
  - Frost in Verbindung mit Taumitteln
- beansprucht werden, ist ein Fachkundiger hinzuzuziehen.

Tafel 2 zeigt die Anforderungen zum Erreichen der genannten Betoneigenschaften, Tafel 3 gibt einen Überblick zur Anwendung von Betonen in der Landwirtschaft.

Beton muss unter den baupraktischen Gegebenheiten gut zu verarbeiten sein. Ein Maß für die Verarbeitbarkeit des Frischbetons ist die Konsistenz. Die Konsistenz drückt aus, wie „steif“ oder „flüssig“ ein Frischbeton ist. Die Konsistenz kann durch verschiedene Prüfverfahren gemessen werden; die gebräuchlichsten sind der Verdichtungsversuch und der Ausbreitversuch. Unterschieden werden 4 Konsistenzbereiche. Tafel 4 und Bild 4 veranschaulichen die unterschiedlichen Konsistenzen und ihre Bedeutung.



**Bild 4: Betone verschiedener Konsistenzbereiche nach dem Schütten**

#### 4 Eigenleistungen

Je höher die Anforderungen an die Betonqualität sind, desto mehr Fachkenntnis und Erfahrung sind erforderlich. Eine Übersicht, welche Betonarbeiten in Eigenleistung möglich sind, gibt Tafel 5.

Bei Beton für tragende und aussteifende Bauteile müssen Bauherren aus Sicherheitsgründen die Verantwortung einem Bauingenieur, Architekten oder einer fachkundigen Baufirma übertragen. Bauliche Selbsthilfe bei Bauteilen mit Betonfestigkeiten von B 35 und höher sowie besonders hochwertigen Betonarten mit besonderen Eigenschaften ist nicht zulässig. Die Herstellung und Verarbeitung solcher Betone wird durch die DIN 1045 Fachfirmen vorbehalten.

#### 5 Herstellen des Betons

Es stehen zwei Möglichkeiten zur Auswahl:

- Bestellen des Betons von einem Transportbetonwerk (Transportbeton) und
- Selbstmischen auf der Baustelle (Baustellenbeton)

##### 5.1 Transportbeton

Transportbeton kann heute für jede Nutzung geliefert werden. Vorteilhaft ist es, dass

- die Qualität hoch, gleichbleibend und überwacht ist,
- größere Mengen in kurzen Zeitabständen lieferbar sind,
- Geräte, Personal und Lagerplatz zum Mischen auf der Baustelle nicht erforderlich sind und
- Zeit eingespart wird.

Bei der Betonbestellung benötigt das Transportbetonwerk folgende Angaben:

- Anschrift von Auftraggeber und Baustelle
- Festigkeitsklasse des Betons (z.B. B 15, B 25)
- Einsatzbereich (bewehrter Beton, Außen-, Innenbauteile)
- besondere Eigenschaften (z.B. Wasserundurchlässigkeit WU, hoher Frostwiderstand, hoher Widerstand gegen schwachen oder starken chemischen Angriff)
- Konsistenz (wenn nicht anders bestellt, wird KR geliefert)
- Größtkorn
- Anforderungen an den Zuschlag (z.B. Sieblinie A/B, erhöhter Widerstand gegen Frost eF)
- Liefertermin (Datum)
- Umfang der einzelnen Liefermengen (z.B. 2 x 5 m<sup>3</sup>)
- Zeitablauf der Belieferung (z.B. ab 10:00 Uhr im 2-h-Abstand)

Bei Lieferungen unter 5 m<sup>3</sup> verlangen die Werke in der Regel Aufpreise. Gesichert sein muss, dass die Baustelle mit dem Lieferfahrzeug befahren werden kann (Fahrzeugmasse ca. 20 t bis 40 t).

Da Beton vor dem Ansteifen fertig einzubauen und zu verdichten ist und auf der anderen Seite Wartezeiten des Lieferfahrzeuges Mehrkosten verursachen, sollte der Beton eines Fahrzeuges spätestens 90 min nach der Beladung entladen und verarbeitet sein.

Mit der Unterschrift auf dem Lieferschein bestätigt der Abnehmer den ordnungsgemäßen Erhalt des bestellten Betons. Bestellung und Lieferschein sollten deshalb auf Übereinstimmung geprüft werden. Lieferschein und das bei der ersten Lieferung zu übergebende Sortenverzeichnis des Transportbetonwerkes sind zur Sicherung der Gewährleistung aufzubewahren.

**Tafel 5: Eignung von Beton für Eigenleistungen von Landwirten**

Eignung für Eigenleistung	Anwendungsbereich	Einsatzbeispiele	Betonfestigkeitsklassen und besondere Betoneigenschaften
uneingeschränkt möglich	nicht tragende Bauteile	Hofbefestigungen, Einfriedungen, Fußböden	B 5, B 10, B 15, B 25
eingeschränkt möglich (Mitwirkung unter fachkundiger Anleitung)	tragende oder aussteifende Bauteile	Fundamente, Stützen, Wände, Decken, Unterzüge, Behälter, Silos	B 15, B 25 und/oder besondere Eigenschaften – wasserundurchlässiger Beton – Beton mit hohem Widerstand gegen schwachen chemischen Angriff – Beton mit hohem Frostwiderstand
nicht zulässig			B 35 und höher und/oder besondere Eigenschaften – Beton mit hohem Frost-Taumittel-Widerstand – Beton mit hohem Widerstand gegen starken chemischen Angriff

**Tafel 6: Anhaltswerte für Betonrezepte für jeweils 1 m<sup>3</sup> verdichteten Beton, Sieblinie A/B (in Masseteilen)**

Betoneigenschaften			Betonzusammensetzung			Bemerkung
Betonfestigkeitsklasse	Konsistenzbereich	Größtkorn	Zementfestigkeitsklasse 32,5 R; 32,5 (kg)	Zugabewasser (l)	Zuschlag (feucht) (kg)	
B 10 B 10	KS KP	16 16	210 230	90 115	2020 1950	nur für unbewehrten Beton
B 15	KR KR	16 32	330 300	140 130	1800 1860	nicht für Außenbauteile
B 25 auch mit besonderen Eigenschaften	KR KR	16 32	370 350	140 130	1770 1810	für wasserundurchlässigen Beton, Beton mit hohem Widerstand gegen schwachen chemischen Angriff oder hohem Frostwiderstand (Zuschläge müssen ebenfalls hohen Frostwiderstand aufweisen)

Auf der Baustelle darf dem Beton kein Wasser mehr zugegeben werden, da Festigkeit und andere Betoneigenschaften sich dadurch verschlechtern. Ist die Konsistenz des Betons steifer als bestellt, so kann ein Fließmittel in den Fahrmischer zugegeben werden. Um das Fließmittel homogen zu verteilen, ist eine Mischzeit von 1 min je m<sup>3</sup> Beton, mindestens jedoch 5 min erforderlich.

### 5.2 Baustellenbeton

Baustellenbeton sollte wegen der in Abschn. 4.1 beschriebenen Vorteile des Transportbetons auf untergeordnete Bauteile und kleine Betonmengen beschränkt bleiben.

Für die Baustelle stehen verschiedene Mischertypen zur Verfügung

- strombetriebene Freifall- und Zwangsmischer,
- Radladerschaufeln mit Mischwelle,
- über die Schlepperzapfwelle betriebene Zwangsmischer, wobei der Nenninhalt zwischen 100 l und 800 l variiert.

Mit den früher teilweise empfohlenen Mischungsverhältnissen Zement : Zuschlägen 1 : 4 oder 1 : 7 (Volumenteile) lassen sich keine genauen Betonmischungen zusammenstellen. Je nachdem, ob Zement locker oder fester in das Dosiergefäß (z.B. Eimer) eingefüllt wird, kann die Masse zwischen 0,9 und 1,9 kg/l schwanken. Deshalb gibt die Norm DIN 1045 Anhaltswerte für Rezepturen in Masseteilen an. In Tafel 6 sind einige für die Landwirtschaft wichtige Rezepturen zusammengestellt.

Für sehr kleine Baumaßnahmen und untergeordnete Bauteile stehen Wägeeinrichtungen aber nicht immer zur Verfügung. Unbedingt notwendig ist aber die Kenntnis der Zementmasse, denn sie bestimmt die Wasserzugabe und erlaubt die genaue Dosierung von Fließmitteln. Keine Probleme gibt es, wenn mit halben oder ganzen Zementsäcken (12,5 kg bzw. 25 kg Zement) gearbeitet wird.

Andere Zementmengen können näherungsweise wie folgt bestimmt werden:

- Ausleeren eines Zementsacks in eine Wanne zur Auflockerung
- lockeres Einfüllen des Zements mittels Schaufel in einen Eimer

**Tafel 7: Anhaltswerte für Betonrezepte für jeweils 1 m<sup>3</sup> Beton, Sieblinie A/B bei Dosierung nach Volumen**

Festigkeitsklasse	Wasserzementwert w/z	Wasserzugabe für Zementmengen von	
		12,5 kg (1/2 Sack mit 25 kg = 10-l-Eimer)	25 kg (1 Sack mit 25 kg)
B 15	0,6	7,50 l	15,0 l
B 25	0,5	6,25 l	12,5 l

- einmaliges Aufstoßen des Eimers

Dann fasst 1 l rund 1,25 kg Zement. Tafel 7 zeigt, wie viele Volumenteile Wasser und Zement bei den üblichen Betonsorten benötigt werden.

Gemischt werden sollte in der Reihenfolge:

- Zugabewasser eingießen,
- einen kleinen Teil der Zuschläge zugeben,
- die gesamte Zementmenge einfüllen (es entsteht ein dünner Brei),
- den Zuschlag zugeben, bis die gewünschte Konsistenz erreicht ist.

Das Erreichen eines homogenen Frischbetons erfordert Mischzeiten von mindestens 1 min nach Zugabe aller Stoffe.

Mischen von Hand gewährleistet keine gleichmäßige Qualität und ist nur in Ausnahmefällen für Beton der Festigkeitsklassen B 5 und B 10 bei geringen Mengen möglich.

Im Baustoffhandel wird auch Trockenbeton in den Festigkeitsklassen B 15 und B 25 als Sackware angeboten, der auf der Baustelle nur noch mit einer vorgegebenen Wassermenge gemischt werden muss. Ein 40-kg-Sack Trockenbeton ergibt etwa 20 l verdichteten Beton.

## 6 Betonverarbeitung

Vor Beginn der Betonierarbeiten sind Schalung und Bewehrung noch einmal auf die plangemäße Ausführung zu überprüfen. Die Schalung soll standfest, dicht und mit einem geeigneten Trennmittel vorbehandelt sein. Die Bewehrung darf ihre Lage beim Einbringen und Verdichten des Betons nicht verändern. Abstandhalter gewährleisten bei Stahlbeton die vorgesehene Betondeckung an allen Stellen.

Die Mindestbetondeckung kann den Zeichnungsunterlagen des Statikers entnommen werden. Eine geringere Betondeckung als angegeben gefährdet den dauerhaften Korrosionsschutz der Bewehrung. Vor dem Einbringen des Betons ist die Schalung von allen losen Materialien (Bindedrahtreste, Holzspäne usw.) zu reinigen und ggf. vorzunässen. Wasserlachen sind zu entfernen.

Frischbeton soll verarbeitet sein, bevor er ansteift. Transport, Einbauen und Verdichten müssen deshalb gut aufeinander abgestimmt werden. Dies ist relativ unproblematisch, wenn Transportbeton vom Fahrzeug direkt in die Schalung einlaufen kann, eine Betonpumpe zur Verfügung steht oder der Beton mit Kran und Kübel eingebaut wird.

Als Anhaltswerte können folgende Verarbeitungsleistungen dienen, die natürlich je nach den konkreten Baustellenbedingungen variieren:

- Schubkarre, Japaner bis 4 m<sup>3</sup>/h
- Kübel 6 m<sup>3</sup>/h bis 12 m<sup>3</sup>/h
- Pumpe > 12 m<sup>3</sup>/h möglich

Beim Einbringen darf sich Beton nicht entmischen. Daher sollte bei Fallhöhen über 2 m der Beton durch Fallrohre oder Rutschen zusammengehalten werden. Diese sind bis kurz über die jeweilige Einbaustelle zu führen. Durch möglichst kurze Abstände der Einfüllstellen lässt sich die Bildung von Schüttkegeln vermeiden.

Direkt nach dem Einbringen ist Beton locker gelagert und muss noch verdichtet werden, damit das geforderte dichte Gefüge entsteht. Die Auswahl der Verdichtungsgeräte erfolgt nach der verarbeiteten Betonkonsistenz, siehe Tafel 4. Am häufigsten eingesetzt werden Rüttelflaschen (Innenrüttler), die durch eine gezielte Unwucht Vibrationen auf den Beton übertragen und dadurch Luft austreiben. Praktisch vollständig verdichteter Frischbeton ist dann gegeben, wenn

- die Betonoberfläche geschlossen ist,
- der Beton sich nicht mehr setzt und
- nur noch vereinzelt Luftbläschen austreten.

Beim Rütteln sind folgende Punkte zu beachten:

- Rüttelflasche schnell eintauchen und langsam herausziehen
- Eintauchstelle ca. im 10-fachen Abstand des Rüttelflaschendurchmessers wählen
- Rüttler nicht zur Betonverteilung benutzen
- bei schichtweisem Betonieren Rüttelflasche in die untere Schicht eintauchen (max. Schichtdicke etwa 50 cm)

Steifer Beton KS, z.B. für Sauberkeitsschichten, kann durch Stampfen verdichtet werden. Die Schichten müssen so lange gestampft werden, bis der Feinmörtel im Beton aufsteigt und eine geschlossene Oberfläche entsteht. Die verdichtete Schicht soll nicht dicker als 15 cm sein.

Beim Einsatz von Rüttelbohlen zur Verdichtung von waagerechten oder wenig geneigten Betonflächen beträgt die Wirkungstiefe der Bohlen 15 bis 20 cm.

Zur Herstellung einer geschlossenen Oberfläche zieht man den Beton in der Regel mit einem steifen Richtscheit (Holz, Stahl) oder einer Tatsche ab. Kleinere Flächen können auch mit einem Reibebrett bearbeitet werden. Zu vermeiden ist ein mehrfaches Abziehen und Verreiben des Betons, da dabei wasserreicher Zementleim an die Oberfläche kommt. Dies sieht zwar gut aus, die Oberflächenschicht ist aber sehr rissempfindlich und bietet Frost- und chemischen Angriffen keinen ausreichenden Widerstand. Sammelt sich nach dem Abziehen des Betons Wasser bzw. Zementschlämme auf der Oberfläche (=„Bluten“), so lässt sich die Schlämme durch Abfegen mit einem feinen Haarbesen entfernen.

Weitere Möglichkeiten der Oberflächengestaltung von Betonflächen (Besenstrich, Abscheiben, Glätten, Imprägnierung, Versiegelung, Beschichtung) können [5] und [6] entnommen werden.

## 7 Nachbehandlung

Nach dem Einbau ist Beton noch nicht fertig, seine Erhärtung zieht sich über eine längere Zeit hin. Bis zur ausreichenden Erhärtung ist Beton deswegen gegen Austrocknen, extreme Temperaturen, chemische Angriffe und Erschütterungen zu schützen. Der Schutz vor Austrocknung muss unmittelbar nach Einbauende beginnen. Tafel 8 erläutert die möglichen Nachbehandlungsverfahren. Die Mindestnachbehandlungsdauer hängt von der Festigkeitsentwicklung des Betons und den Umgebungsbedingungen ab. Genaue Festlegungen trifft die „Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton“ [9]. Auf der sicheren Seite liegt

**Tafel 8: Nachbehandlungsverfahren**

Nachbehandlungsart	Bemerkungen
dichte Folien (z.B. Silofolie)	– Folien gegen Flattern und Abheben sichern – gleichzeitig Schutz der frischen Oberfläche gegen Beschädigung bei einsetzendem Regen
Belassen in der Schalung	– günstig für senkrechte Flächen
Besprühen mit Wasser	– Beton flächendeckend ständig feucht halten – keine großen Temperaturunterschiede zwischen Wasser und Beton zulässig („Temperaturschock“) – nicht bei Frostgefahr
feuchte Jute- oder Rohrmatten	– wie beim Besprühen mit Wasser
Aufsprühen flüssiger Nachbehandlungsmittel	– gleichmäßiger Auftrag erforderlich, Menge nach Herstellerangaben bei starker Sonnen- und/oder Windeinwirkung können zusätzliche Maßnahmen nötig werden – Haftung späterer Verbundestriche, Beschichtungen, Anstriche kann beeinträchtigt werden

man, wenn man bei Lufttemperaturen  $\geq 10$  °C mindestens 5 Tage, bei Lufttemperaturen  $< 10$  °C mindestens 10 Tage nachbehandelt. Im Innenbereich (geschützt vor Wind und Sonne) kann die Nachbehandlungsdauer auf 2 Tage (Temperatur  $\geq 10$  °C) bzw. 4 Tage (Temperatur  $< 10$  °C) verkürzt werden.

## 8 Ausschalen

Beton darf erst ausgeschalt werden, wenn er ausreichend erhärtet ist. Für Temperaturen bei Einbau und Erhärtung von  $\geq 5$  °C gibt Tafel 10 Anhaltswerte. Um insbesondere bei frühzeitigem Ausschalen von Decken und Balken Schäden (große Durchbiegung, Risse, Einsturz) zu vermeiden, müssen Hilfsstützen stehenbleiben oder sofort nach dem Ausschalen gestellt und möglichst spät entfernt werden. Der Abstand der Hilfsstützen sollte 4 m nicht überschreiten.

Treten Temperaturen unter 5 °C auf, so sind die in Tafel 9 genannten Zeiten zu verlängern, mindestens jedoch um die Frostdauer.

## 9 Qualitätssicherung

Wird Beton oder Stahlbeton für tragende und aussteifende Bauteile eingesetzt, ist eine Güteprüfung durchzuführen, d.h. es muss nachgewiesen werden, dass der erhärtete Beton die geforderten Eigenschaften (Druckfestigkeit) aufweist.

**Tafel 9: Anhaltswerte für Ausschallfristen**

Zementfestigkeitsklasse	Für die seitliche Schalung der Balken und für die Schalung der Wände und Stützen Tage	Für die Schalung der Deckenplatten Tage	Für die Rüstung (Stützung) der Balken, Rahmen und weitgespannten Platten Tage
32,5	3	8	20
32,5 R und 42,5	2	5	10
42,5 R	1	3	6

Für jede verwendete Betonsorte sind deshalb jeweils 3 Probewürfel (i.d.R. Kantenlänge 15 cm) je Geschoss bzw. je 7 Betoniertagen herzustellen und nach normgemäßer Lagerung auf ihre Druckfestigkeit zu prüfen. Der Fachkundige, der die Betonarbeiten anleitet, wird über die genauen Herstellungs- und Lagerungsbedingungen informieren und Prüflabors benennen.

- kleinformatige Fertigteile (Pflastersteine, Gehwegplatten),
- Mauersteine, Dachsteine und -platten,
- großformatige Dach-, Wand- und Deckenplatten sowie
- speziell für die Landwirtschaft entwickelte Fertigteile wie Spaltenböden, Elemente für Güllebehälter und Gärfutter-silos.

---

## 10 Betonfertigteile

Neben Ortbeton kommen beim landwirtschaftlichen Bauen auch Fertigteile zum Einsatz. Kombinierte Lösungen aus Ortbeton und Fertigteilen können dabei durchaus zweckmäßig sein. Vorteil des Bauens mit Fertigteilen sind vor allem eine hohe, gleichmäßige Qualität durch witterungsgeschützte Herstellung mit spezialisierten Arbeitskräften und moderner Fertigungstechnik. Durch die mehrfache Herstellung gleichartiger Fertigteile können Kostenvorteile entstehen; auf der Baustelle verkürzen sich die Bauzeiten.

Die Fertigteilindustrie verfügt über ein großes Angebot für verschiedenste Einsatzbereiche, z.B.

---

## 11 Literatur

- [1] DIN 1045: Beton und Stahlbeton. Bemessung und Ausführung
- [2] DIN 1164: Zement
- [3] DIN 4226: Zuschlag für Beton
- [4] DIN 1048: Prüfverfahren für Beton
- [5] Zement-Merkblatt LB 1: Fußböden für Lagerhallen. Bauberatung Zement
- [6] Zement-Merkblatt LB 12: Bauausführung dauerhafter planbefestigter Stallfußböden. Bauberatung Zement
- [7] Zement-Merkblatt LB 13: Dichte Behälter für die Landwirtschaft. Bauberatung Zement
- [8] Zement-Merkblatt LB 6: Planung und Bau von Gärfutter-Flachsilos. Bauberatung Zement
- [9] Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton

*Dr.-Ing. Thomas Richter*