

Schwinden

Als **Schwinden** bzw. **Quellen** wird die lastunabhängige Volumenverminderung des Betons auf Grund von Veränderungen im Wasserhaushalt (zum Großteil des Zementleims/Zementsteins; der Zuschlag schwindet i. Allg. kaum) bezeichnet. Diese treten als chemische Reaktion während der Erhärtung sowie als Austrocknung des Festbetons auf. Schwinden führt zu einer Verringerung des Volumens/der Abmessungen (Verkürzung) und die zugehörige Verzerrung ist mit negativem Vorzeichen zu berücksichtigen. Das Schwinden ist z. T. umkehrbar, d. h. bei einer Wasseraufnahme des Betons (z. B. Lagerung im Wasser) kann es auch zu einer Volumenzunahme kommen. Dieser Vorgang wird dann auch als Quellen bezeichnet (positives Vorzeichen der zugehörigen Verzerrung).

Wesentliche Parameter in Hinblick auf die Größe des Schwindens und die zeitliche Entwicklung sind:

- das Volumen und die Zusammensetzung des Zementsteins
 - Wasser-Bindemittel Verhältnis (Wasser-Zement-Wert)
 - Art des verwendeten Zements
 - Abc (noch weiter ausformulieren)
- die Umgebungsbedingungen (insbesondere die Luftfeuchte)
- die Bauteilabmessungen
- die allfällige Zugabe von schwindreduzierenden (Beton-) Zusatzmitteln

Die Schwinderscheinungen setzen sich aus vier Arten zusammen:

- **Frühschwinden** (auch: Kapillarschwinden, plastisches Schwinden)

tritt auf, solange der (plastische) Beton noch bearbeitbar und nicht vollständig erstarrt ist. Es wird durch Kapillarspannungen während der Verdunstung von Wasser im Frischbeton ausgelöst. Im oberflächennahen Bereich baut sich ein kapillarer Unterdruck auf, der auf die Zementpartikel im Frischbeton eine anziehende Kraft ausübt und zu einer dichteren Lagerung führt. Es handelt sich um einen rein physikalischen Vorgang. Signifikante Wasserverluste der frischen Betonoberfläche durch hohe Luft- und Betontemperaturen, geringe rel. Luftfeuchten und hohe Windgeschwindigkeiten begünstigen das Frühschwinden. Eine Beeinflussung kann durch eine geeignete Nachbehandlung erfolgen.

- **autogenes Schwinden** (auch: Grundschrumpfen, chemisches Schwinden, Schrumpfung)

dieses entsteht, wenn Zement hydratisiert, d. h. das Anmachwasser chemisch in der Zementsteinstruktur gebunden wird (Verminderung des Zementleimvolumens bei der Erhärtung um rund 6 dm^3 je 100 kg Zement; das Volumen des Zementsteins aus Zementleim mit einem W/Z-Wert von 0,40 (d. h. vollständige Hydratation des Zements) beträgt nur noch 92%) und ist somit unvermeidbar. Nach dem Beginn des Erstarrens kommt es zu einem inneren Austrocknungsprozess (sog. „Selbstaustrocknung“/inneres Austrocknen des Zementsteins), welcher gleichmäßig über den gesamten Querschnitt erfolgt. Während dieser Schwindanteil bei normalfesten Betonen i. Allg. gering ist, steigt der Einfluss bei Hochfesten und Ultrahochfesten Beton signifikant an und kann bei letzteren sogar zum dominanten Schwindanteil werden.

- **Trocknungsschwinden**

ist die Schwinderscheinung im Festbeton verursacht durch das allmähliche Verdunsten von Porenwasser in der Umgebungsluft (äußeres Austrocknen des Zementsteins). Es beginnt mit dem

Ausschalen bzw. dem Ende der Nachbehandlung und zieht sich über Jahre, bei dicken Bauteilen über Jahrzehnte. Bei normalfestem Beton ist es die dominante Schwindart.

Das Trocknungsschwinden verläuft schneller

- bei Betonen mit hohen W/Z-Werten,
- geringer Luftfeuchtigkeit,
- dünnen Bauteilen bzw. großem Verhältnis exponierte Oberfläche zu Volumen

Das Trocknungsschwinden steigt mit zunehmenden Zementleimvolumen (= Volumen von Zement, Zusatzstoffen, eingeschlossener Luft und Wasser) an, wobei eine Änderung des Wassergehaltes stärkere Auswirkungen zeigt als die Änderung des Zementgehaltes.

• Karbonatisierungsschwinden

An der Oberfläche des Betons findet eine allmählich fortschreitende Umwandlung des Calciumhydroxids in Calciumcarbonat statt, bei dem Wasser freigesetzt wird und damit eine Volumenverringerung stattfindet. Baupraktisch hat es auf Grund der geringen Verformungen keine Bedeutung und wird daher zumeist vernachlässigt.

Tab. 1: Zusammenfassung [aus Jacobs, „Schwinden von Beton“, der bauingenieur 3|2008, S. 15]

Schwindart	Zeitpunkt	typ. Schwindmaß [‰]	Anmerkung
Früh- oder Kapillarschwinden	in den ersten Stunden bis zum Erstarren	0 bis -4,0	Probleme vor allem bei großen Oberflächen (Böden und Decken) und Betonen ohne Blutwasser → Nachbehandlung !
chemisches Schwinden	während der ersten Tage	bis zu -0,2	Hydratationsbedingt, tritt bei allen Betonen auf
autogenes Schwinden	während Wochen	bis zu -0,12	Normalbetone W/Z-Werte < 0,45
		-0,6 bis -0,7	Hochfeste Betone
		-0,8 bis -1,0	Ultrahochfeste Betone
Trocknungsschwinden	ab Erstarren während Jahren	bis zu 0,1 (Quellen)	Wasserlagerung
		-0,1	Lagerung in sehr feuchter Luft (90% rel. LF)
		-0,3	Lagerung im Freien (70% rel. LF)
		-0,5	Lagerung im Innenraum mit trockener Luft (50% rel. LF)
Karbonatisierungsschwinden	ab Monaten bis Jahrzehnte	-0,1 bis -0,01	max. Schwinden bei rd. 70 - 80% rel. LF

Zu beeinflussenden Parametern der Schwindwerte

→ Hinweis, dass Schwindmaße besser mit dem W/Z- bzw. Zementgehalt korrelieren als mit der Betonfestigkeit

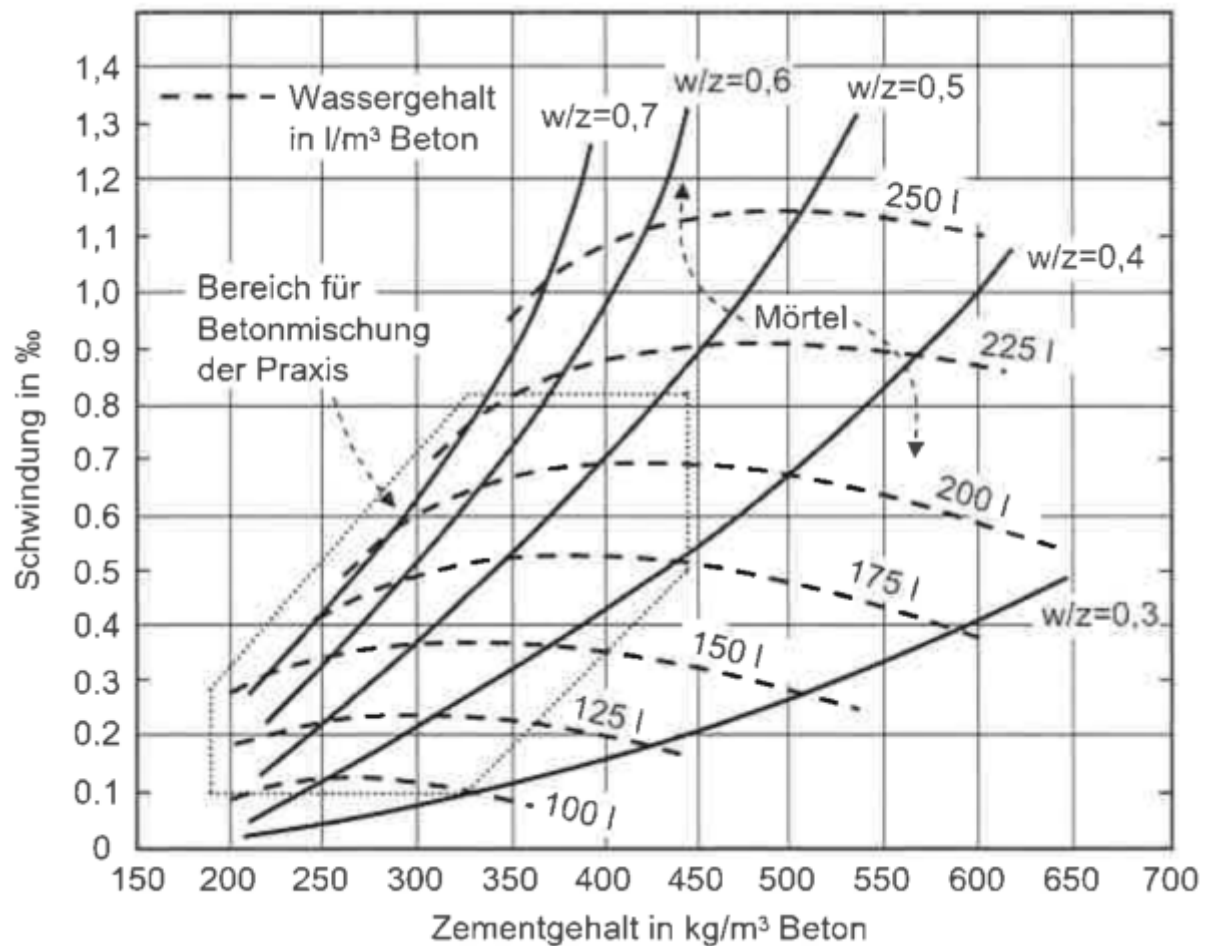


Abb. 1: Schwinden von Prismen 100x100x400 mm aus Mörtel oder Beton unterschiedlicher Zusammensetzung bei 50% relativer Luftfeuchte (aus [1])

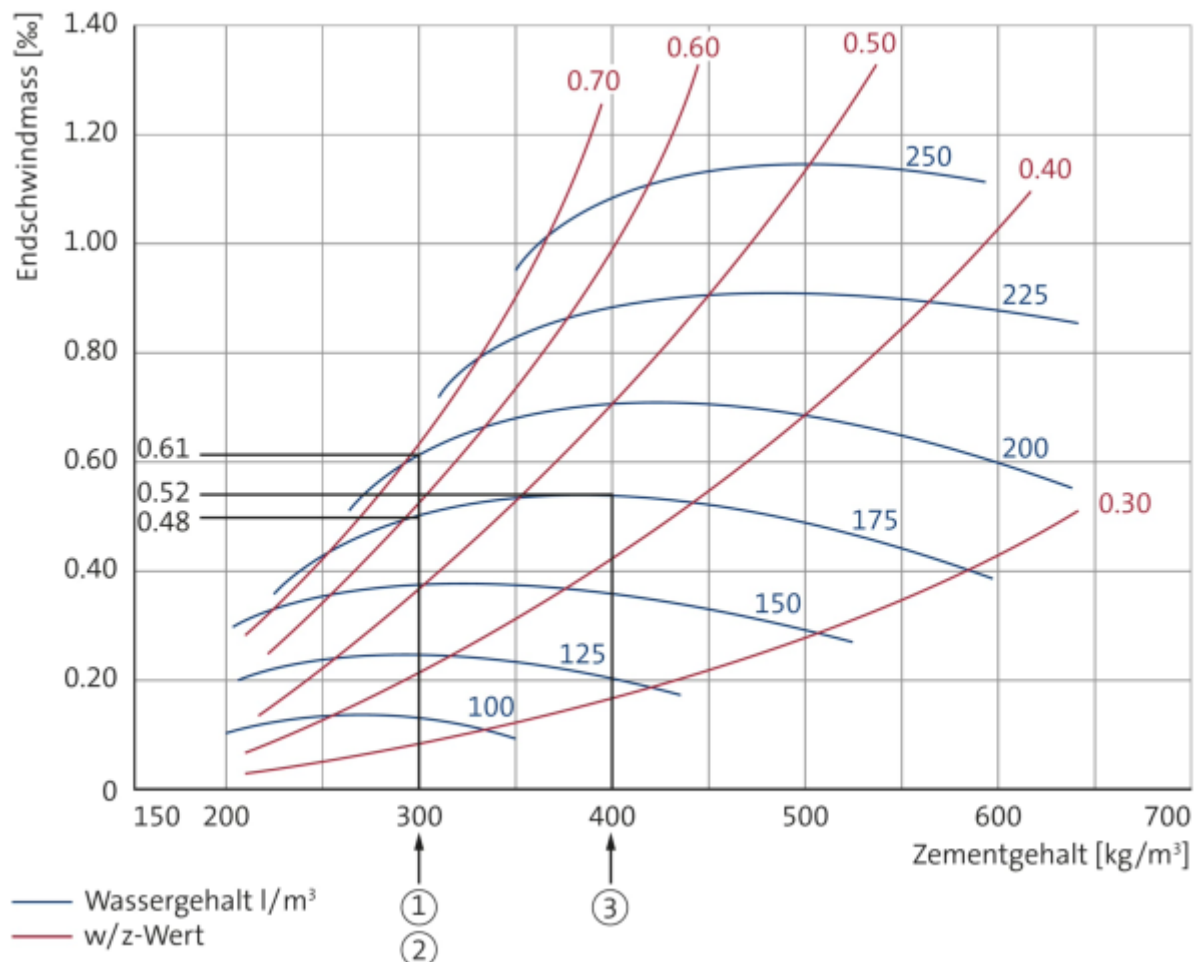


Abb. 2: Endschwindmaß in Abhängigkeit von Zement-, Wassergehalt und W/Z-Wert (gemessen an Prismen 100x100x400 mm bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50% ab dem 5. Tag). Die Graphik gilt für Betone mit CEM I- und CEM II-Zementen

Berechnung von Schwindmaßen

Ermittlung des Rechenwertes des Schwindmaßes nach ÖNORM EN 1992-1-1

Die gesamte Schwinddehnung ϵ_{cs} setzt sich aus den beiden Komponenten der Trockenschwinddehnung ϵ_{cd} und der autogenen Schwinddehnung ϵ_{ca} zusammen.

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$

Trockenschwinddehnung

Der Grundwert der Trockenschwinddehnung errechnet sich aus

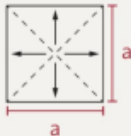
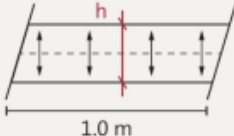
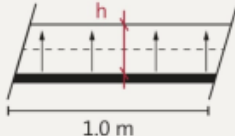
$$\epsilon_{cd,\infty} = k_h \cdot \epsilon_{cd,0}$$

(erwartete Mittelwerte mit einem Variationskoeffizienten von rund 30%)

Der Koeffizient k_h ergibt sich in Abhängigkeit der Größe

$$h_0 = 2 \cdot A_c / u$$

A_c	Querschnittsfläche des Betons	
u	Querschnittsumfang der dem Trocknen ausgesetzten Teilflächen	
h_0 [mm]	k_h [-]	
100	1,00	
200	0,85	
300	0,75	
500	0,70	

Bauteilgeometrie ¹⁾	Kreisquerschnitt z. B. runde Stützen	Quadratquerschnitt z. B. quadratische Stützen	Rechteckquerschnitt Ausschnitt z. B. Wand, Decke	Rechteckquerschnitt Ausschnitt z. B. Bodenplatte
				
Trocknungsbedingung	allseitig	allseitig	beidseitig	einseitig
h_0	r	$a/2$	h	$2 \cdot h$

1) Die Pfeile in den Graphiken kennzeichnen die Trocknungsrichtung.

Abb. 3: bezogene Bauteildicke h_0 für unterschiedliche Bauteilgeometrien und Trocknungsbedingungen  Quelle www.holcimpartner.ch

Nennwert für den Grundwert des Trocknungsschwindens $\epsilon_{cd,0}$

$$\epsilon_{cd,0} = 0,85 \cdot \beta_{RH} \cdot \left[\left(220 + 110 \cdot \alpha_{ds1} \right) \cdot e^{-\alpha_{ds2}} \cdot \left(\frac{f_{cm}}{f_{cm0}} \right)^3 \right] \cdot 10^{-6}$$

$$\beta_{RH} = 1,55 \cdot \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right]$$

f_{cm}	mittlere Zylinderdruckfestigkeit des Betons [N/mm ²]
f_{cm0}	10 N/mm ²
α_{ds1}	Beiwert zur Berücksichtigung der Zementart
	= 3 für Zemente der Klasse S
	= 4 für Zemente der Klasse N
α_{ds2}	Beiwert zur Berücksichtigung der Zementart
	= 0,13 für Zemente der Klasse S
	= 0,12 für Zemente der Klasse N
	= 0,11 für Zemente der Klasse R
RH	relative Luftfeuchte der Umgebung [%]
RH0	100%

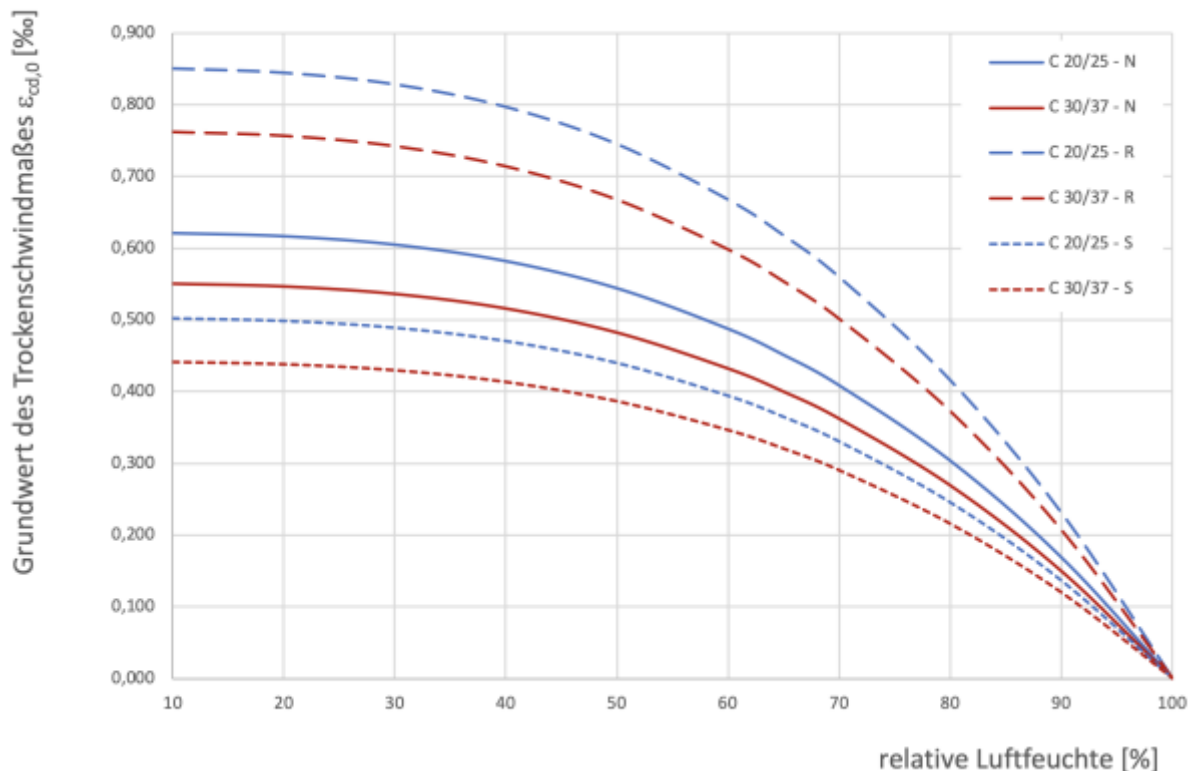


Abb. 4: Richtwert für das Trockenschwindmaß $\epsilon_{cd,\infty}$ von Beton (Innenklima: rel. LF = rund 50%, Außenklima: rel. LF = rund 70%)

Tab. 2: Nennwerte für die unbehinderte Trocknungsschwinddehnung $\epsilon_{cd,0}$ [%] für Beton mit Zement CEM Klasse N (Tabelle 3.2 aus ÖNORM EN 1992-1-1, S. 32)

$f_{ck} / f_{ck,cube}$ [N/mm ²]	relative Luftfeuchtigkeit (in %)					
	20	40	60	80	90	100
20/25	0,62	0,58	0,49	0,30	0,17	0
40/50	0,48	0,46	0,38	0,24	0,13	0
60/75	0,38	0,36	0,30	0,19	0,10	0
80/95	0,30	0,28	0,24	0,15	0,08	0
90/105	0,27	0,25	0,21	0,13	0,07	0

Die zeitliche Entwicklung der Trocknungsschwinddehnung folgt aus

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{\left(t - t_s \right)}{\left(t - t_s \right) + 0,04 \cdot \sqrt{h_0} \cdot \left(f_{ck} - 10 \right) \cdot 10^{-6}}$$

t	Alter des Betons in Tagen zum betrachteten Zeitpunkt
t_s	Alter des Betons in Tagen zu Beginn des Trocknungsschwindens; normalerweise zum Ende der Nachbehandlung

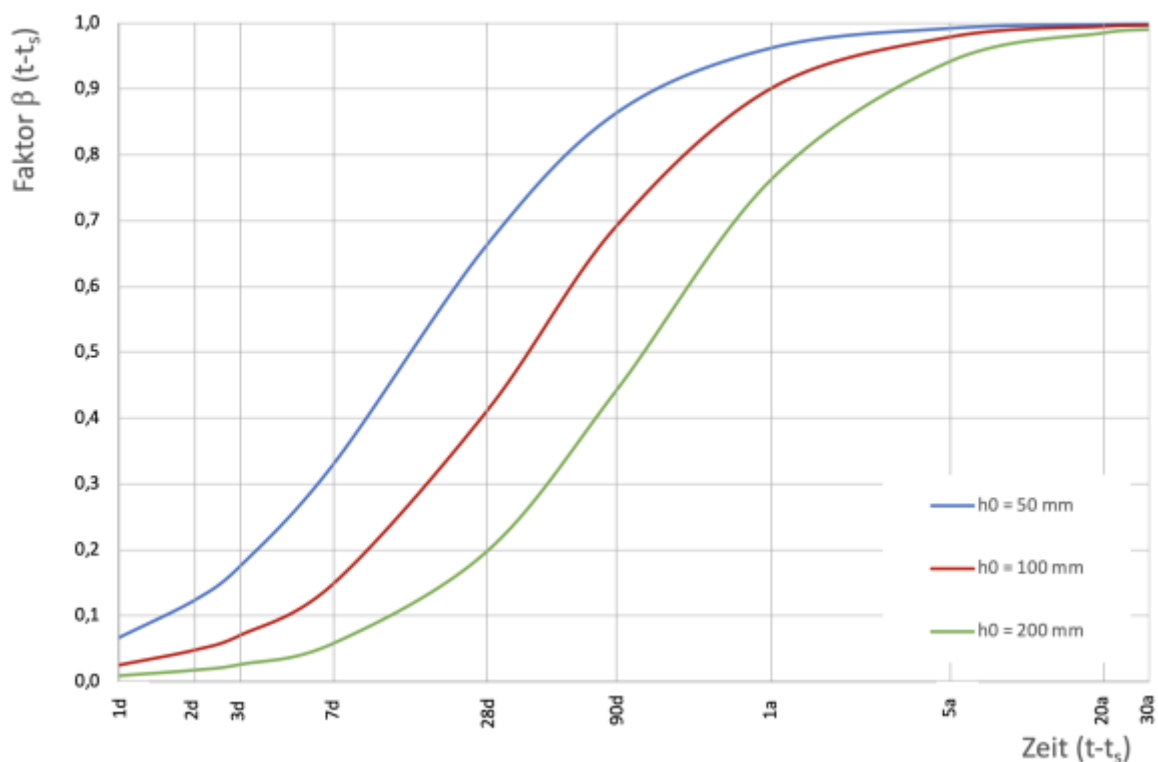


Abb. 5: Beiwert zur Berücksichtigung des Schwindbeginns (bis 30 Jahre)

Autogene Schwinddehnung

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \cdot \varepsilon_{ca}(\infty)$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5 \cdot \left(f_{ck} - 10 \right) \cdot 10^{-6}$$

$$\beta_{\text{as}}(t) = 1 - e^{-0,2 \sqrt{t}}$$

f_{ck}	charakteristischer Wert der Würfeldruckfestigkeit [N/mm ²]
t	in Tagen

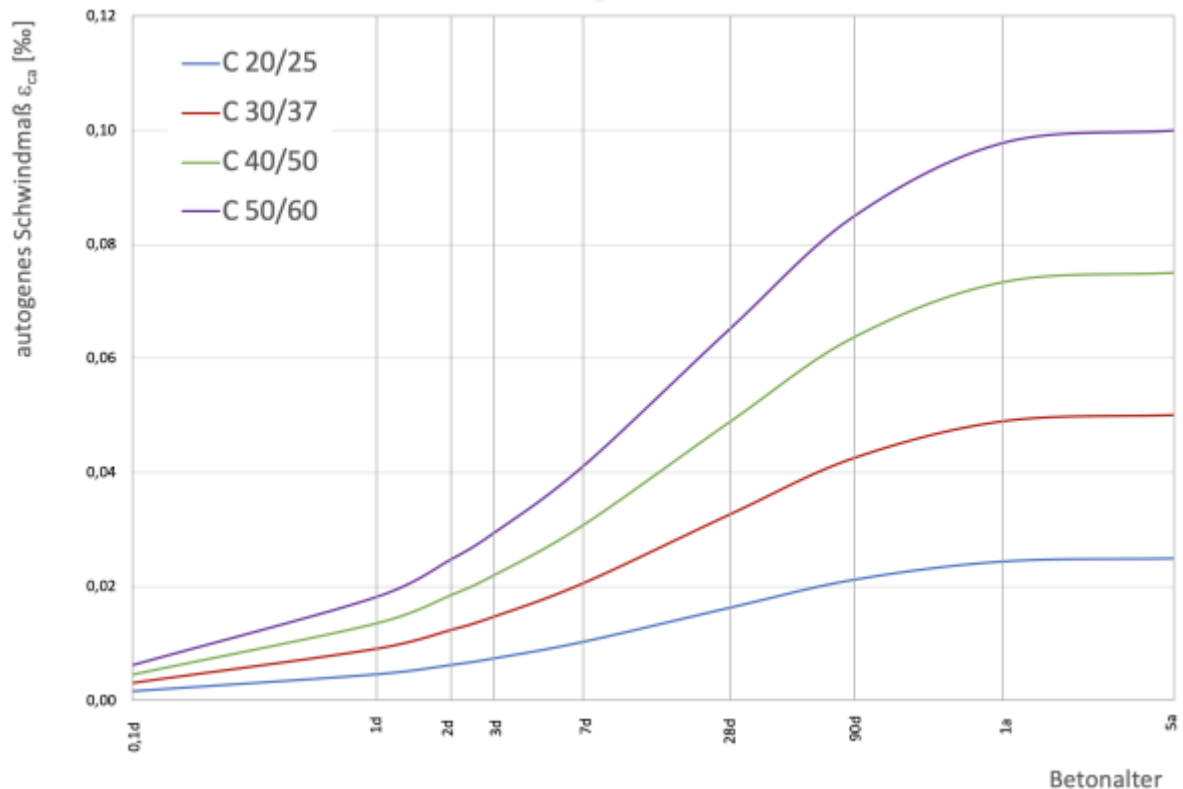


Abb. 6: autogenes Schwindmaß in Abhängigkeit der Betonfestigkeitsklassen

From:

<https://bspwiki.at/> - **bspwiki.at**

Permanent link:

<https://bspwiki.at/doku.php?id=hbv:beton:schwinden&rev=1743088850>

Last update: **2026/08/24 15:11**

