

**Einsatz von EFA-Füller® bei der Herstellung  
von Beton nach DIN 1045-2**  

---

**Festigkeitsnachweis nach 56 Tagen**

EFA-Füller® nach DIN EN 450 sind als künstliche Puzzolane nicht selbstständige Bindemittel, die mit einem Anrechnungswert  $k = 0,4$  auf den Zementgehalt angerechnet werden.

Tauscht man bei einem Beton bei gleichbleibendem Wassergehalt einen Teil des Zementes gegen EFA-Füller® aus, so bleibt die Festigkeitsentwicklung des Betons mit EFA-Füller® bis zum Alter von etwa 28 Tagen hinter der des Betons ohne EFA-Füller® zurück. Diese anfänglich gebremste Festigkeitsentwicklung ist auf die langsamere puzzolanische Reaktion des EFA-Füller® zurückzuführen und mit einer Senkung der Hydratationswärmeentwicklung und einer Reduzierung innerer Gefügespannungen verbunden. Im Alter jenseits von etwa 28 Tagen wird die puzzolanische Reaktion des EFA-Füller® voll festigkeitswirksam und führt über einen langen Zeitraum zu einer zusätzlichen Festigkeitsentwicklung. Das puzzolanische Erhärtungspotential beeinflusst das Porengefüge des Betons positiv und verbessert seine Dauerhaftigkeit - Widerstand gegen chemische und physikalische Angriffe - entscheidend.

Die DIN EN 206-1: 2001-07, Abschnitt 5.5.1.2, „Druckfestigkeit“ wird diesem Vorteil durch die Möglichkeit, die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage z.B. bei massigen Bauteilen zu bestimmen, voll gerecht.

Von dieser Regelung, z.B. des Festigkeitsnachweises nach 56 Tagen, wird in den seltensten Fällen Gebrauch gemacht, obwohl dies möglich ist.

Diese Information soll dazu anregen, schon bei Betonprojektion und Erstprüfung speziell diese Regelung zu beachten und in den Sortenverzeichnissen darauf hinzuweisen.

Normalerweise wird die Gebrauchslast, die ein Bauteil aufzunehmen hat, erst im Zustand der Fertigstellung und Nutzung eines Bauwerks wirksam und nicht schon nach 28 Tagen.

Nach den bisherigen Erfahrungen werden bei Beton mit EFA-Füller® als Betonzusatzstoff nach 28 Tagen etwa 85 bis 90 % der Festigkeit nach 56 Tagen erreicht. Wenn die Würfeldruckfestigkeit nach 56 Tagen nachgewiesen werden soll, kann für die 28-Tage-Festigkeit der erforderliche Mittelwert von z.B. 30 N/mm<sup>2</sup> für die Druckfestigkeitsklasse C 20/25 zugrundegelegt werden.

## Beispiel:

C 20/25 - mit Zement CEM I 32,5 R

- Zielfestigkeit nach 56 Tagen: 35 N/mm<sup>2</sup>

- projektierte Festigkeit nach 28 Tagen: 30 N/mm<sup>2</sup>

- w/z nach Walz: 0,65 (X C 3)

Bei Zielfestigkeit von 35 N/mm<sup>2</sup> nach 28 Tagen wäre ein w/z-Wert von 0,60 erforderlich. Das Ergebnis durch den Festigkeitsnachweis nach 56 Tagen (bei einem angenommenen Wasseranspruch des Betons von 180 l/m<sup>3</sup>) ist eine Reduzierung des äquivalenten Bindemittelgehaltes:

$$b_{\text{eq}} = (\text{Zement} + 0,4 \cdot \text{EFA-Füller}^{\text{®}})$$

$$\text{von } b_{\text{eq}}(28) = \frac{180}{0,60} = 300 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{auf } b_{\text{eq}}(56) = \frac{180}{0,65} = 277 \text{ kg/m}^3$$

entsprechend 23 kg/m<sup>3</sup>.

Neben den bereits genannten betontechnologischen Vorteilen dieses Verfahrens erzielt man bei Beton mit EFA-Füller® auch einen wirtschaftlichen Vorteil.

Nutzen Sie diese Möglichkeit und vereinbaren Sie mit Ihren Abnehmern für die praktikablen und zweckmäßigen Anwendungsfälle dieses Verfahren.

## Berechnungsbeispiel:

<b>Expositionsklasse</b>	X C 3 mäßige Feuchte
<b>Festigkeitsklasse</b>	C 20/25 (B 25)
<b>Zielfestigkeit <math>f_{c28}</math></b>	35 N/mm <sup>2</sup>
<b>Zement</b>	CEM I 32,5 R
<b>Zusatzstoff</b>	EFA-Füller®
<b>Anrechenbarkeitswert <math>k_f</math></b>	0,4
<b>Gesteinskörnung</b>	Sand/Kies Größtkorn 16 mm, Bereich 3
<b>Körnungsziffer K</b>	4,2
<b>Wasseranspruch</b>	180 l/m <sup>3</sup>
(ohne Berücksichtigung einer Wassereinsparung durch EFA-Füller®)	

## Optimierung mit EFA-Füller®

**äquivalenter Wasserzementwert  $(w/z)_{eq}$ :**

$$(w/z)_{eq} = \frac{W}{z + 0,4 f_b} = 0,60 \leq 0,65$$

**äquivalenter Bindemittelgehalt  $(b_{eq})$ :**

$$b_{eq} = \text{Zement } (z) + 0,4 \cdot \text{EFA-Füller}^{\circledR} (f_b)$$

$$b_{eq} = z + 0,4 f_b \quad (1)$$

$$(w/z)_{eq} = \frac{W}{z + 0,4 f_b} = \frac{W}{b_{eq}} \quad (2)$$

**anrechenbarer Anteil EFA-Füller®  $(f_b)$ :**

$$f_b \leq 0,33 z \quad (3)$$

**äquivalenter Bindemittelgehalt  $b_{eq}$  aus Gl. (2):**

$$b_{eq} = \frac{W}{(w/z)_{eq}} = \frac{186}{0,60} = 300 \text{ kg/m}^3$$

**Zementgehalt  $(z)$  aus Gl. (1) und (3):**

$$b_{eq} = z + 0,4 \cdot 0,33 z$$

$$b_{eq} = 1,132 z$$

$$z = \frac{b_{eq}}{1,132} = \frac{300}{1,132} = 265 \text{ kg/m}^3 > 240 \text{ kg/m}^3 = \min z_f$$

**anrechenbarer Anteil EFA-Füller®  $(f_b)$  aus Gl. (3):**

$$\max f_b = 0,33 z = 0,33 \cdot 265 = 88 \text{ kg/m}^3$$

**Kontrolle:**

$$(w/z)_{eq} = \frac{186}{265 + 0,4 \cdot 88} = 0,60 \leq 0,65$$

## Optimierung mit EFA-Füller® bei Festigkeitsnachweis nach 56 Tagen:

**Zielfestigkeit  $f_{c56}$ :** 35 N/mm<sup>2</sup>

**projektierte Festigkeit  $f_{c28}$ :** 30 N/mm<sup>2</sup>

**äquivalenter Wasserzementwert  $(w/z)_{eq}$ :**

$$(w/z)_{eq} = 0,65$$

**äquivalenter Bindemittelgehalt  $(b_{eq})$ :**

$$b_{eq} = 180 / 0,65 = 277 \text{ kg/m}^3$$

**Zementgehalt  $(z)$ :**

$$z = 277 / 1,132 = 245 \text{ kg/m}^3 > 240 \text{ kg/m}^3 (\min z_f)$$

**EFA-Füller®-Anteil  $(f_b)$ :**

$$f_b = 245 \cdot 0,33 = 81 \text{ kg/m}^3$$

Einen Beton C 20/25 entsprechend den Annahmen des Beispiels erhält man bei einem Festigkeitsnachweis nach 28 Tagen

mit a) 300 kg/m<sup>3</sup> CEM I 32,5 R bzw.

mit b) 265 kg/m<sup>3</sup> CEM I 32,5 R und

81 kg/m<sup>3</sup> EFA-Füller®

oder bei einem Festigkeitsnachweis nach 56 Tagen

mit a) 277 kg/m<sup>3</sup> CEM I 32,5 R bzw.

mit b) 245 kg/m<sup>3</sup> CEM I 32,5 R und

81 kg/m<sup>3</sup> EFA-Füller®.

**Die Verbesserung der Verarbeitbarkeit des Betons durch die Wassereinsparung des EFA-Füller® entspricht etwa der einer Wassermenge von 5 bis 10 l/m<sup>3</sup>.**

## ***BauMineral***

BauMineral GmbH  
Hiberniastraße 12  
45699 Herten  
Telefon: 0 23 66/509-0  
Telefax: 0 23 66/509-256

Baustoffprüfstelle  
Betonprüfstelle E + W  
Telefon: 0 23 66/509-230/-236  
Internet: [www.baumineral.de](http://www.baumineral.de)  
e-mail: [baumineral@baumineral.de](mailto:baumineral@baumineral.de)

