

## Tipp 20/04

### Rohdichte und räumliche spezifische Wärme des Betons bei der Heißbemessung nach DIN EN 1992-1-2:2010-12 [1] in Verbindung mit DIN EN 1992-1-2/NA:2010-12 [2] und DIN EN 1992-1-2/NA/A1:2015-09 [3]

Bei der Erwärmung des Betons kommt es infolge des Wasserverlustes des Betons zu einer temperaturabhängigen Veränderung der Rohdichte dieses Baustoffes. Dies wird in [1], Abschnitt 3.3.2 (3) bei der Heißbemessung von Betonbauteilen berücksichtigt.

Für die Ermittlung der temperaturabhängigen Rohdichte des Betons sind in [1] die folgenden Bedingungen angegeben.

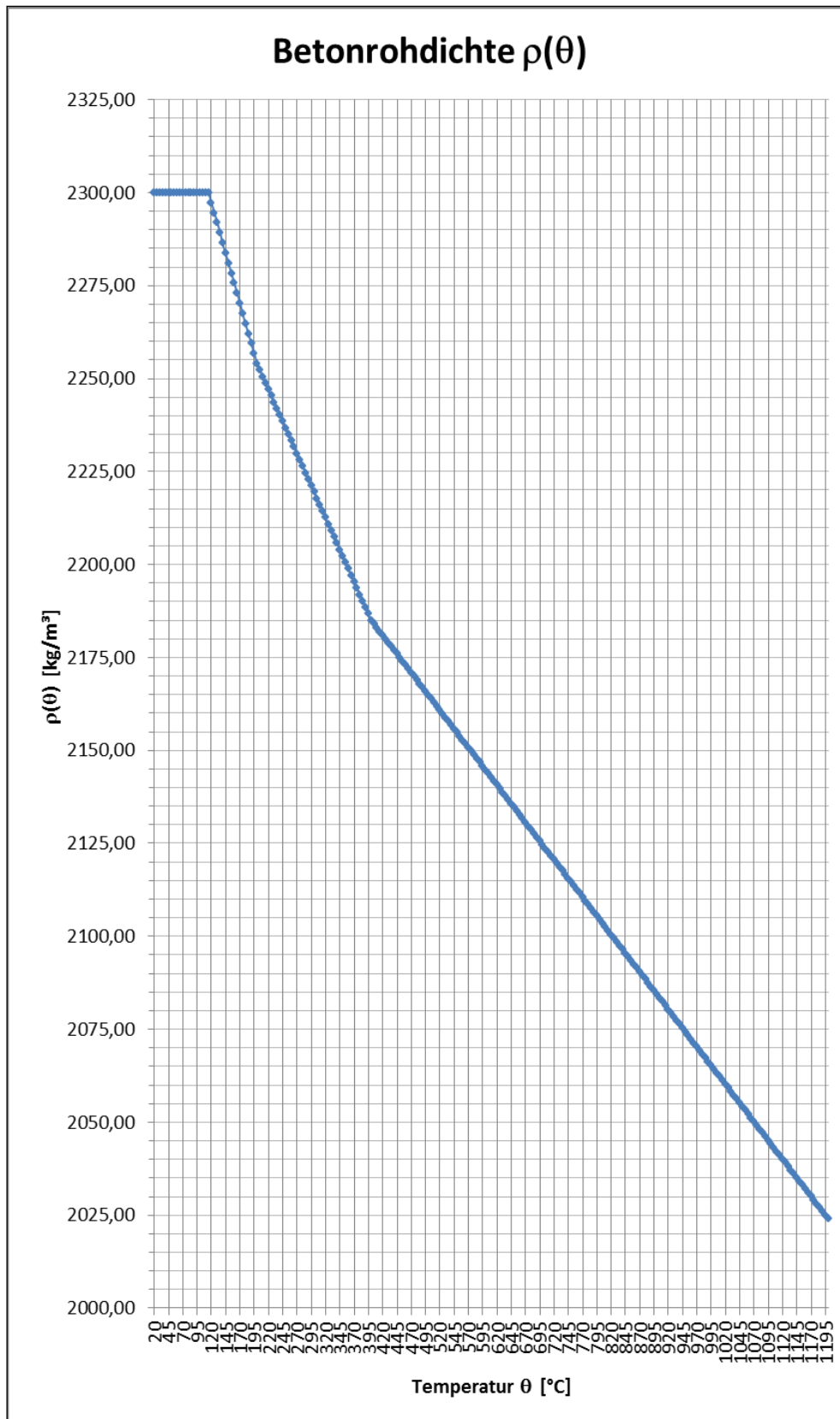
für $20^{\circ}\text{C} \leq \theta \leq 115^{\circ}\text{C}$	$\rho(\theta) = \rho(20^{\circ}\text{C})$
für $115^{\circ}\text{C} < \theta \leq 200^{\circ}\text{C}$	$\rho(\theta) = \rho(20^{\circ}\text{C}) * \left(1 - 0,02 * \frac{\theta - 115}{85}\right) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
für $200^{\circ}\text{C} < \theta \leq 400^{\circ}\text{C}$	$\rho(\theta) = \rho(20^{\circ}\text{C}) * \left(0,98 - 0,03 * \frac{\theta - 200}{200}\right) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
für $400^{\circ}\text{C} < \theta \leq 1200^{\circ}\text{C}$	$\rho(\theta) = \rho(20^{\circ}\text{C}) * \left(0,95 - 0,07 * \frac{\theta - 400}{800}\right) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

In diesen Bedingungen werden folgende Kennwerte berücksichtigt.

$\theta$	Betontemperatur
$\rho(20^{\circ}\text{C})$	Betonrohichte bei $20^{\circ}\text{C}$

Entsprechend [1], Abschnitt 3.3.2 (4) ist die Betonrohichte bei  $20^{\circ}\text{C}$  mit  $\rho(20^{\circ}\text{C}) = 2300 \text{ kg/m}^3$  anzunehmen.

Nach einer Auswertung dieser Bedingungen kann für den Verlauf der temperaturabhängigen Betonrohichte  $\rho(\theta)$  der im folgenden Diagramm dargestellte Verlauf angegeben werden.



Die räumliche spezifische Wärme des Beton  $c_v(\theta)$  ist entsprechend [1], Abschnitt 3.3.2 (4) mit Hilfe der folgenden Gleichung zu ermitteln.

$$c_v(\theta) = \rho(\theta) \cdot c_p(\theta)$$

In dieser Gleichung werden neben der temperaturabhängigen Rohdichte des Betons  $\rho(\theta)$  auch die spezifische Wärme  $c_p(\theta)$  des Betons berücksichtigt.

Entsprechend [1], Abschnitt 3.3.2 (1) kann die Berechnung der spezifischen Wärme  $c_p(\theta)$  von trockenem Beton ( $u = 0\%$ ) aus quarz- und kalksteinhaltige Zuschlägen nach den folgenden Bedingungen erfolgen.

$$\text{für } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 100^\circ\text{C} \quad c_p(\theta) = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\text{für } 100^\circ\text{C} < \theta \leq 200^\circ\text{C} \quad c_p(\theta) = 900 + (\theta - 100) \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\text{für } 200^\circ\text{C} < \theta \leq 400^\circ\text{C} \quad c_p(\theta) = 1000 + \frac{\theta - 200}{2} \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\text{für } 400^\circ\text{C} < \theta \leq 1200^\circ\text{C} \quad c_p(\theta) = 1100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Da die spezifische Wärme des Betons, mindestens bereichsweise, jedoch auch von Feuchtegehalt des Baustoffs abhängt, wird in [1], Abschnitt 3.3.2 (2) vorgeschrieben, dass für Temperaturen von  $100^\circ\text{C} \leq \theta \leq 115^\circ\text{C}$  die folgende Spitzenwerte für die spezifische Wärme des Betons  $c_p(\theta)$  anzunehmen sind.

$$\text{für Feuchtegehalt } u = 0,0 \% \quad c_{p,\text{peak}} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\text{für Feuchtegehalt } u = 1,5 \% \quad c_{p,\text{peak}} = 1470 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

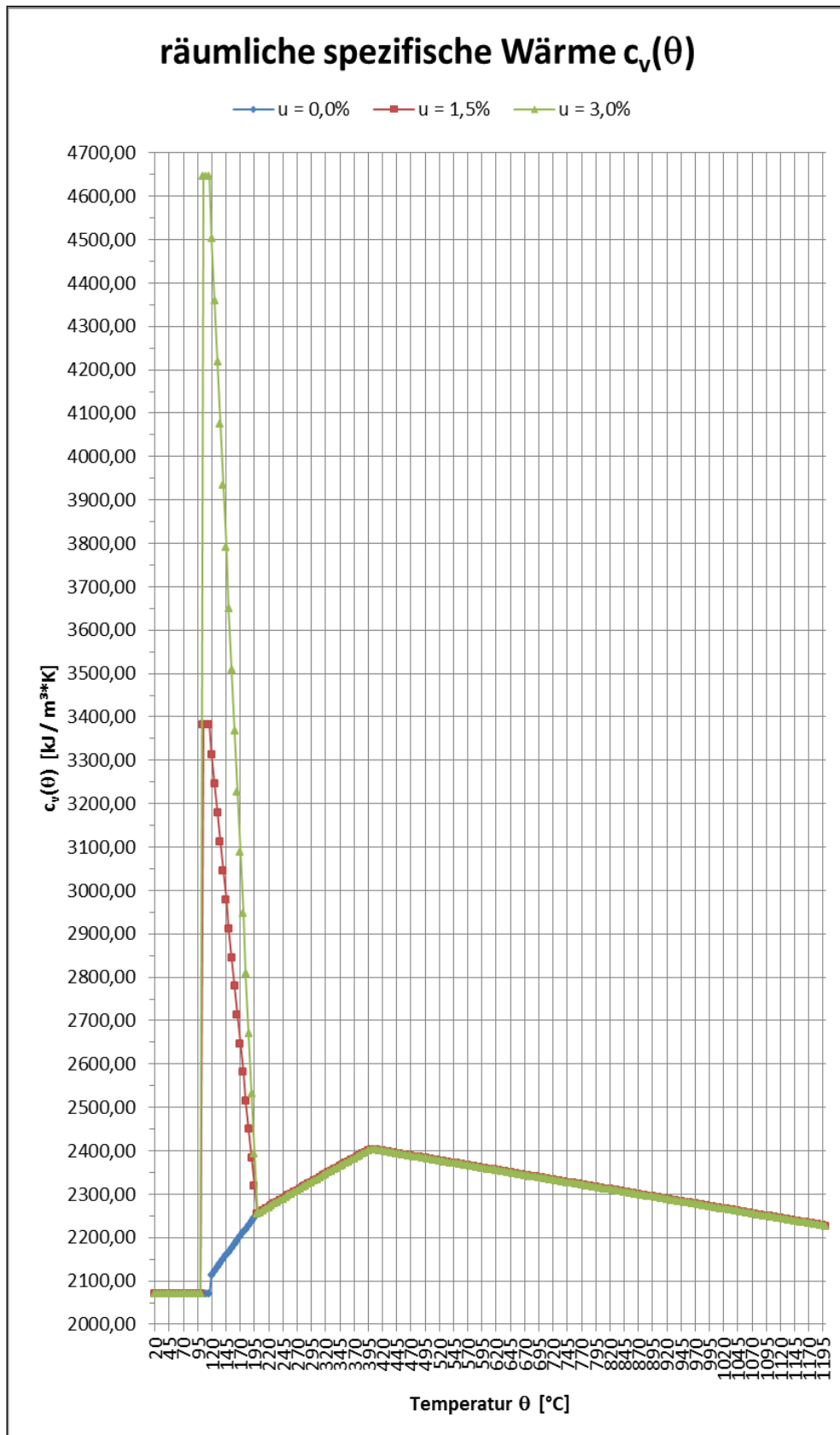
$$\text{für Feuchtegehalt } u = 3,0 \% \quad c_{p,\text{peak}} = 2020 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Im Temperaturbereich  $115^\circ\text{C} < \theta \leq 200^\circ\text{C}$  ist für die Berechnung der spezifischen Wärme des Betons  $c_p(\theta)$  jeweils eine lineare Beziehung mit den Anfangswert  $c_{p,\text{peak}}$  und dem Endwert

$$c_p(200^\circ\text{C}) = 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \text{ anzusetzen.}$$

Unter Beachtung aller o.g. Vorgaben kann auch die räumliche spezifischen Wärme  $c_v(\theta)$  für Beton der Feuchtegehalte von  $u = 0,0\%$ ,  $u = 1,5\%$  und  $u = 3,0\%$  ermittelt werden. Die entsprechenden Ergebnisse sind in dem folgenden Diagramm graphisch aufbereitet.

Für abweichende Feuchtegehalte  $u$  des Betons ist eine lineare Interpolation durchzuführen.



Mit Hilfe dieser Diagramme können sehr schnell die Werte für die temperaturabhängige Betonrohddichte  $\rho(\theta)$  und die räumliche spezifische Wärme  $c_v(\theta)$  von Beton mit quarz- und kalksteinhaltigen Zuschlägen unter Beachtung der Betonfeuchte  $u$  für die jeweilige Betontemperatur  $\theta$  ermittelt werden.

Literatur:

- [1] DIN EN 1992-1-2:2010-12 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken  
Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [2] DIN EN 1992-1-2/NA:2010-12 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken  
Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [3] DIN EN 1992-1-2/NA/A1:2015-09 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken  
Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Änderung A1

## Impressum

Landesamt für Bauen und Verkehr  
Bautechnisches Prüfamnt  
T. Schellenberg  
Gulbener Straße 24  
03046 Cottbus  
Telefon 03342 4266-3500  
Telefax 03342 4266-7608  
PoststelleCB@LBV.Brandenburg.de  
<https://lbv.brandenburg.de>