

Tipp 14/11

Querkraftwiderstand von Bauteilen ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung nach DIN EN 1992-1-1:2011-01 [1] in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 [2]

Nach [1], Abschnitt 6.2.2(1) ist der Bemessungswert des Querkraftwiderstands bei Bauteilen ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung nach folgender Gleichung zu ermitteln.

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp}] * b_w * d \geq (v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

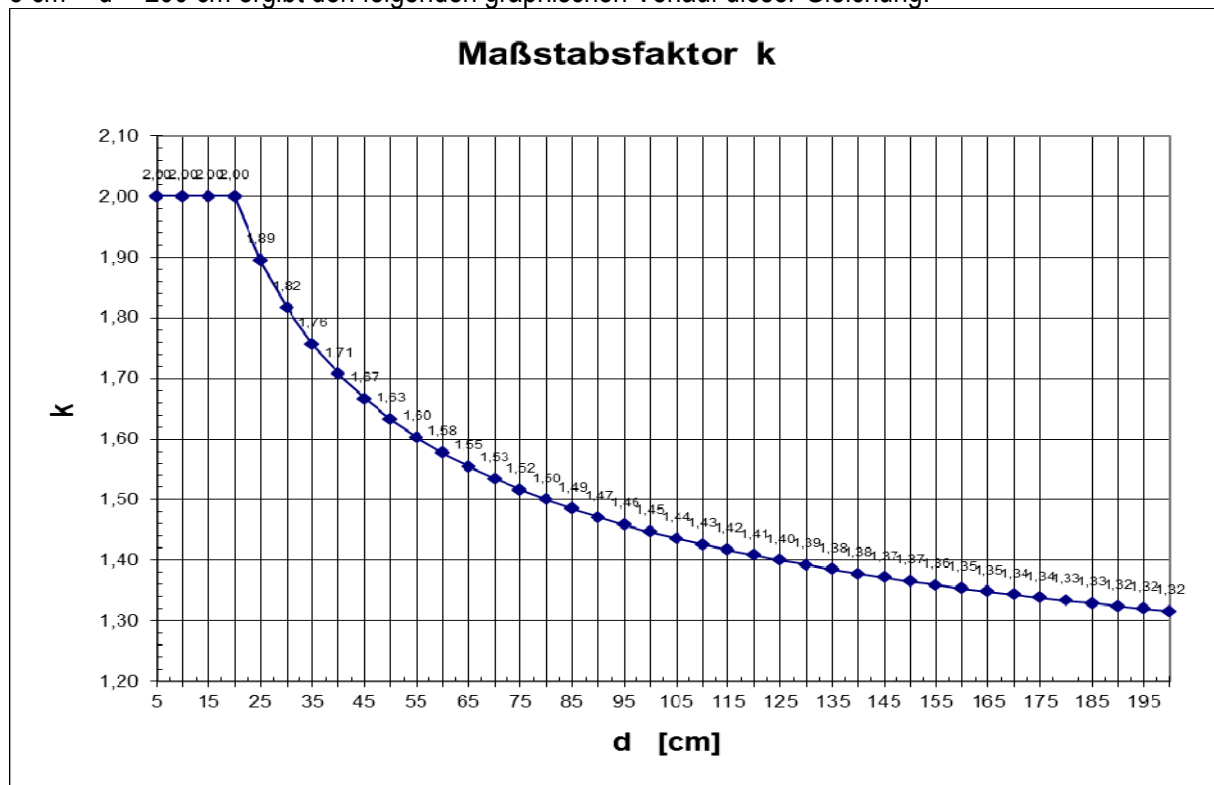
Entsprechend [2] sind für den Beiwert $C_{Rd,c} = \frac{0,15}{\gamma_c}$ und für $k_1 = 0,12$ anzusetzen. Somit sind für den

Beiwert $C_{Rd,c}$ in Abhängigkeit von der relevanten Bemessungssituation die folgenden Werte möglich.

Bemessungssituation	ständig und vorübergehend	außergewöhnlich	Ermüdung
Teilsicherheitsbeiwert γ_c	1,5	1,3	1,5
$C_{Rd,c}$	0,10	0,115	0,10

Der Maßstabsfaktor k ergibt sich nach [1] zu $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$. Dabei ist jedoch zu beachten, dass

die statische Nutzhöhe d der Biegebewehrung im betrachteten Querschnitt immer in mm anzusetzen ist. Eine Auswertung der Berechnungsgleichung für den Maßstabsfaktor für statischen Nutzhöhen von $5 \text{ cm} \leq d \leq 200 \text{ cm}$ ergibt den folgenden graphischen Verlauf dieser Gleichung.



Der Längsbewehrungsgrad ρ_l ist nach [1] entsprechend der Gleichung $\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0,02$ zu ermitteln.

Somit sind für die Berechnung des Längsbewehrungsgrads ρ_l die Querschnittsfläche der Zugbewehrung im betrachteten Querschnitt und die kleinste Querschnittsbreite b_w innerhalb der Zugzone des Querschnitts in dieser Berechnung zu berücksichtigen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die anzusetzende Zugbewehrung mit einer Länge von mindestens $L = l_{bd} + d$ über den betrachteten Querschnitt hinaus geführt wird. Hierbei ist l_{bd} der Bemessungswert der Verankerungslänge dieser Bewehrung.

Außerdem wird bei der Ermittlung des Querkraftwiderstands der charakteristische Wert der Betonfestigkeit f_{ck} berücksichtigt.

Weiterhin ist auch die Spannung im Beton σ_{cp} infolge Normalkraft oder Vorspannung zu berücksichtigen. Hierbei wird in [2] darauf hingewiesen, dass Betonzugspannungen als negative Werte in der o.g. Gleichung einzusetzen sind. Diese Spannung errechnet sich nach der folgenden Gleichung.

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 * f_{cd}$$

In dieser Gleichung werden die Normalkraft im Querschnitt N_{Ed} infolge Lastbeanspruchung oder Vorspannung, die Betonquerschnittsfläche A_c und der Bemessungswert der einaxialen Betondruckfestigkeit f_{cd} berücksichtigt. Dabei ist zu beachten, dass bei einer Druckkraft N_{Ed} positiv anzusetzen ist und sich der Bemessungswert der Betondruckfestigkeit nach Abschnitt 3.1.6 von [1] als $f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ ergibt.

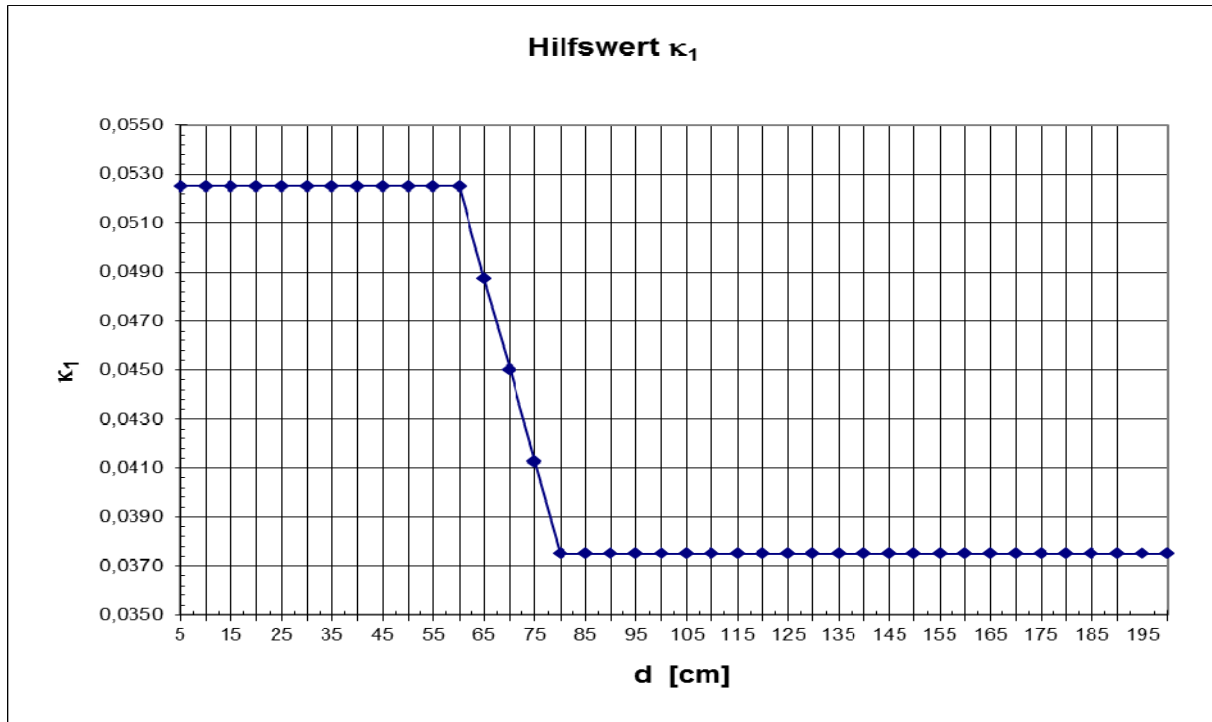
Der Beiwert α_{cc} ist entsprechend [2] mit $\alpha_{cc} = 0,85$ anzunehmen.

Außerdem muss noch der Hilfswert v_{min} zur Ermittlung des Mindestwerts der Querkrafttragfähigkeit berücksichtigt werden. Dieser Hilfswert ergibt sich entsprechend [2] nach den folgenden Gleichungen.

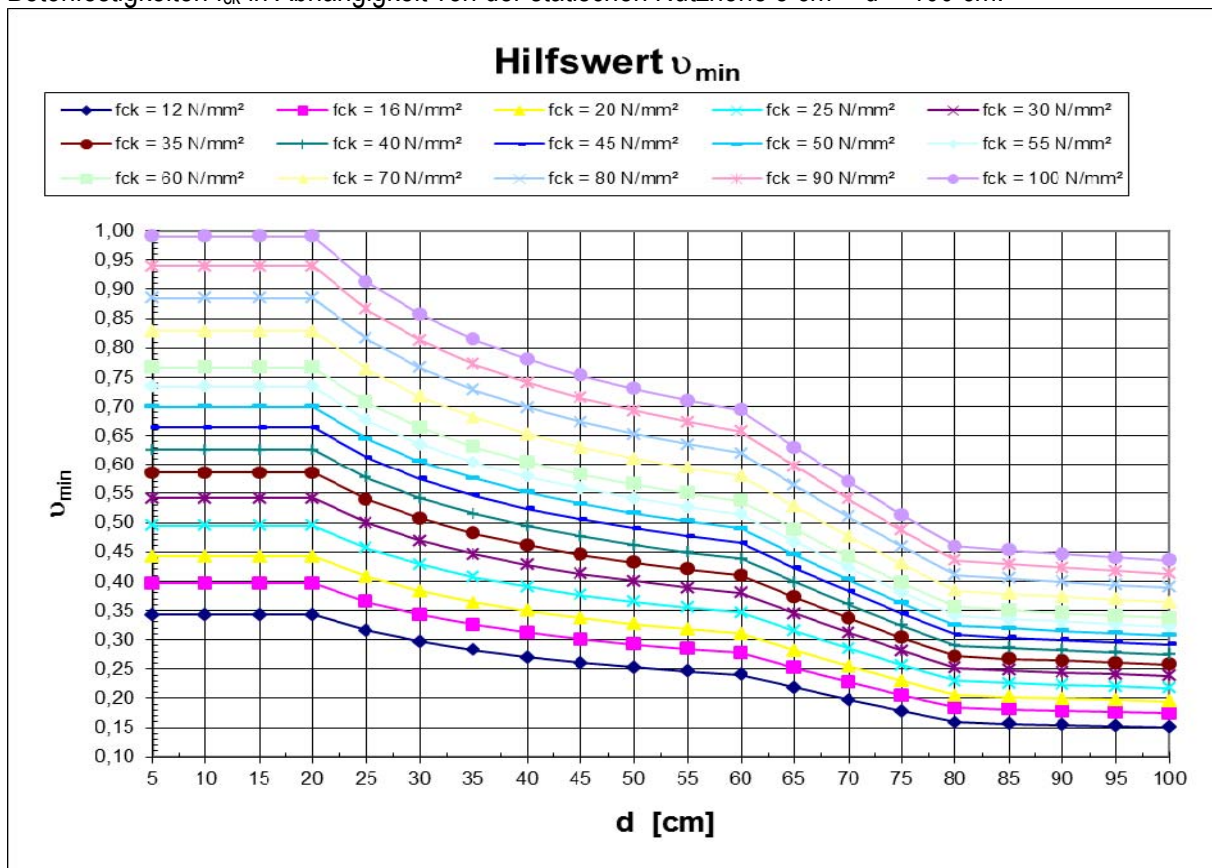
$$\begin{aligned} - \text{für } d \leq 600 \text{ mm} \quad v_{min} &= \left(\frac{0,0525}{\gamma_c} \right) * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} \\ - \text{für } d > 800 \text{ mm} \quad v_{min} &= \left(\frac{0,0375}{\gamma_c} \right) * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} \end{aligned}$$

Für statische Nutzhöhen zwischen 600 und 800 darf nach [2] eine lineare Interpolation vorgenommen werden.

Bei der Festlegung die Zahlenwerte (0,0525 und 0,0375) in den beiden obigen Gleichungen mit κ_1 zu bezeichnen und eine lineare Interpolation zwischen $d = 600$ und $d = 800$ mm durchzuführen, ergibt sich folgender Verlauf des anzusetzenden Zahlenwerts κ_1 in Abhängigkeit von der statischen Nutzhöhe d .



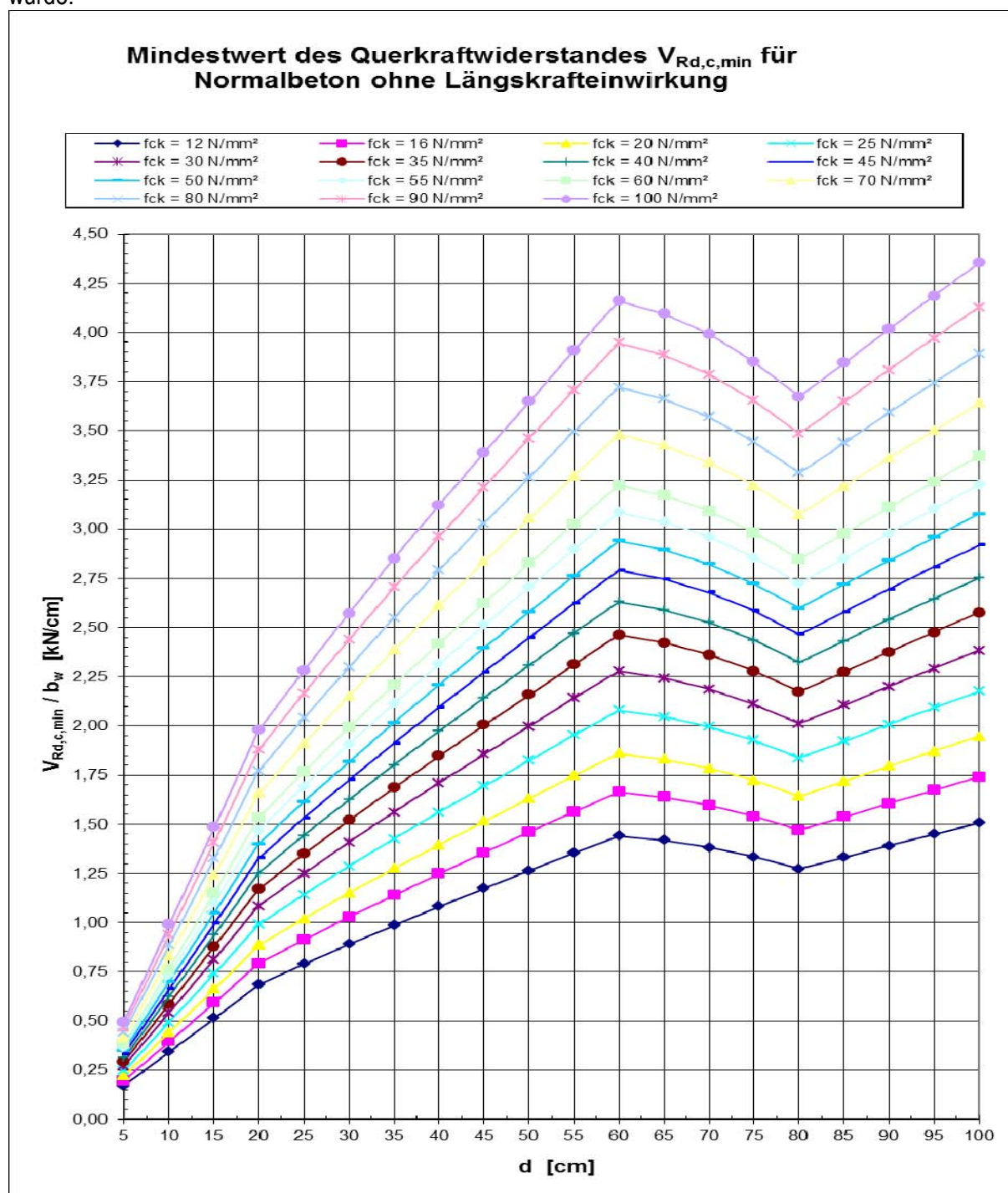
Somit ergeben sich für den Hilfswert v_{min} die folgenden graphischen Verläufe für die verschiedenen Betonfestigkeiten f_{ck} in Abhängigkeit von der statischen Nutzhöhe $5 \text{ cm} \leq d \leq 100 \text{ cm}$.



Bei der Annahme, dass auf den relevanten Querschnitt keine Normalkraft infolge Belastung oder Vorspannung ($\sigma_{cp} = 0$) wirkt, ergibt sich für den Mindestwert des Querkraftwiderstands folgende Berechnungsgleichung.

$$V_{Rd,c,min} = v_{min} \cdot b_w \cdot d$$

Eine Auswertung dieser Gleichung für die verschiedenen Betonfestigkeiten f_{ck} und in Abhängigkeit von der statischen Nutzhöhe $5 \text{ cm} \leq d \leq 100 \text{ cm}$ führt zu den folgenden graphischen Verläufen. Dabei ist zu beachten, dass der Mindestwert des Querkraftwiderstands $V_{Rd,c,min}$ auf die Bauteilbreite b_w bezogen wurde.

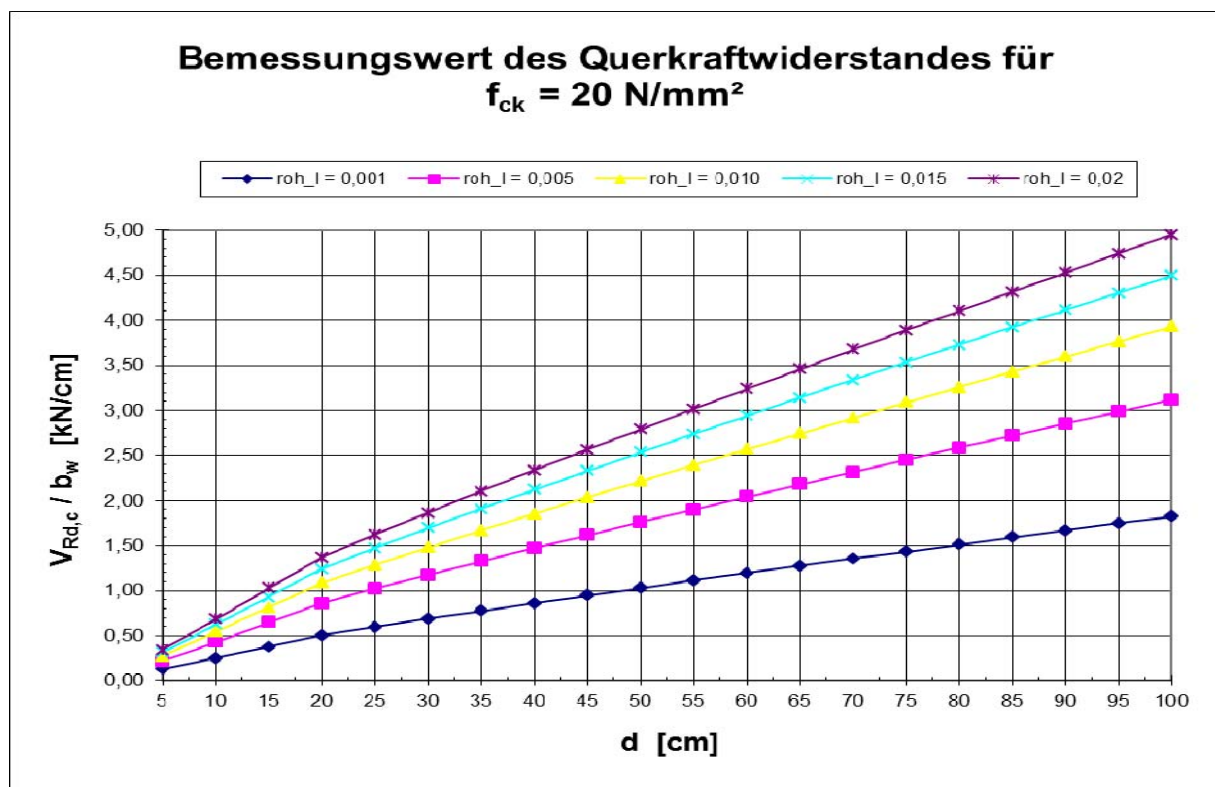


Der Fakt, dass bei der Anwendung dieser normativen Gleichung der Mindestwert des Querkraftwiderstands $V_{Rd,c,min}$ für Bauteile mit einer statischen Nutzhöhe von $d = 80$ cm kleiner ist als der Mindestwert von Bauteilen mit einer statischen Nutzhöhe von $d = 60$ cm kann hier nicht plausibel erklärt werden.

Der entsprechend der Gleichung (6.2a) aus [1] und den Vorgaben aus [2] zu ermittelnde Bemessungswert des Querkraftwiderstands ohne Berücksichtigung des Mindestwerts des Querkraftwiderstands ergibt sich bei der Annahme, dass auf den relevanten Querschnitt keine Normalkraft infolge Belastung oder Vorspannung ($\sigma_{cp} = 0$) wirkt, nach folgender Gleichung.

$$V_{Rd,c} = \left[\frac{0,15}{\gamma_c} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] * b_w * d$$

Eine Auswertung dieser Gleichung bei einer ständigen und vorübergehenden Belastungssituation für die verschiedenen Längsbewehrungsgrade $0,001 \leq \rho_l \leq 0,02$ und in Abhängigkeit von der statischen Nutzhöhe $5 \text{ cm} \leq d \leq 100 \text{ cm}$ führt bei einer charakteristischen Betonfestigkeit von $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$ zu den folgenden graphischen Verläufen. Dabei ist zu beachten, dass der Bemessungswert des Querkraftwiderstands $V_{Rd,c}$ auf die Bauteilbreite b_w bezogen wurde.

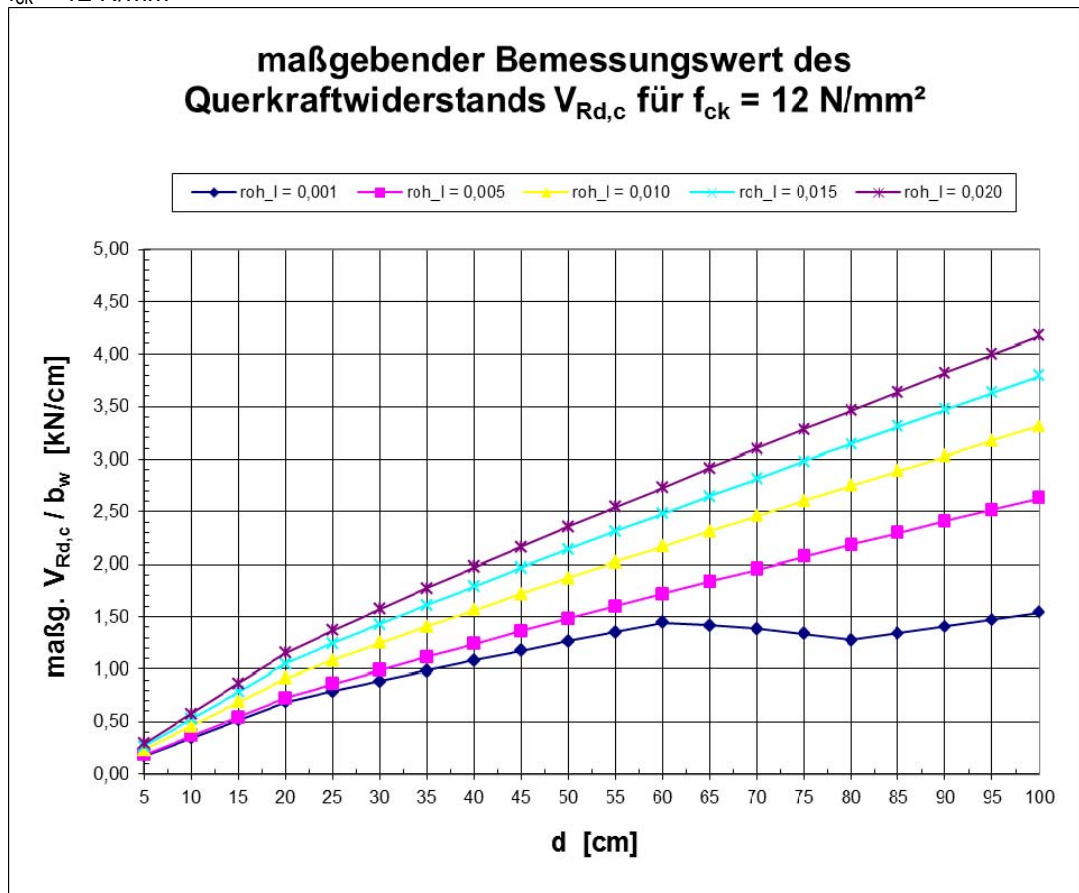


Da sich jedoch der eigentliche Bemessungswert des Querkraftwiderstands aus den Gleichungen (6.2a) und (6.2b) aus [1] berechnet, ergibt sich unter Beachtung der Vorgaben aus [2] bei der Annahme, dass auf den relevanten Querschnitt keine Normalkraft infolge Belastung oder Vorspannung ($\sigma_{cp} = 0$) wirkt, die folgende Bemessungsgleichung.

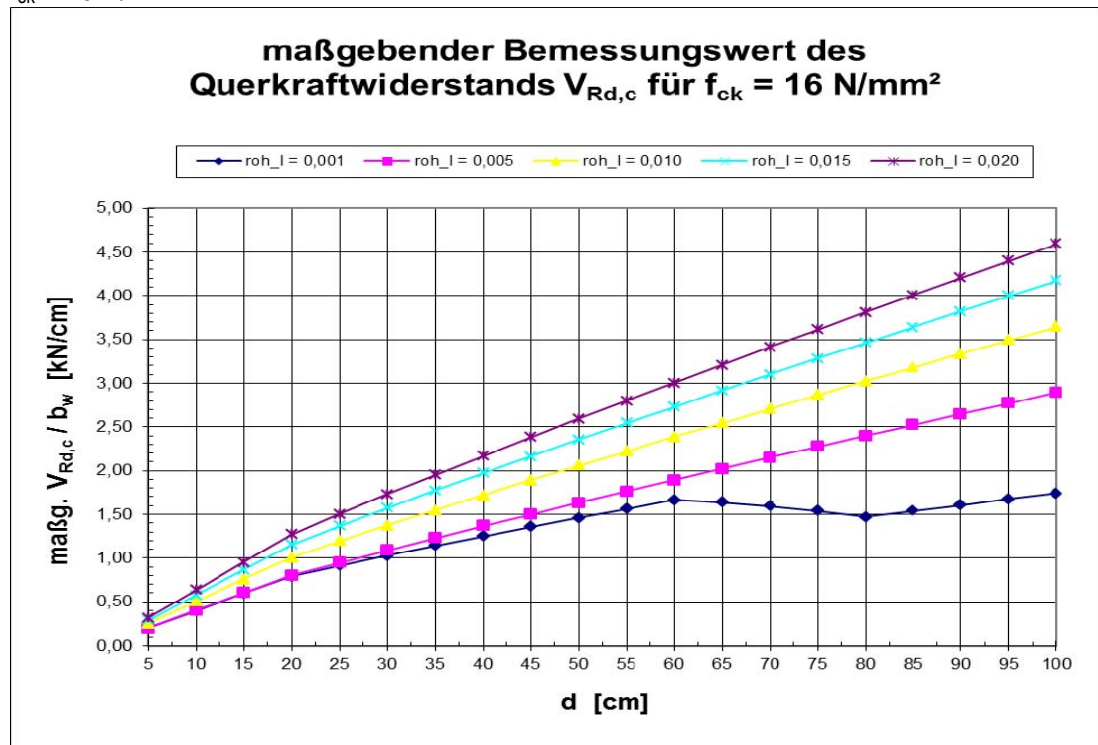
$$V_{Rd,c} = \left[\frac{0,15}{\gamma_c} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] * b_w * d \geq v_{min} * b_w * d$$

Nachfolgend wird diese Gleichung für eine ständige und vorübergehende Belastungssituation für die verschiedenen charakteristischen Betonfestigkeiten $12 \text{ N/mm}^2 \leq f_{ck} \leq 100 \text{ N/mm}^2$ bei den Längsbewehrungsgraden von $0,001 \leq \rho_l \leq 0,02$ und den statischen Nutzhöhen von $5 \text{ cm} \leq d \leq 100 \text{ cm}$ ausgewertet und die entsprechenden graphischen Verläufe dieser maßgebenden Bemessungswerte des Querkraftwiderstands von Bauteilen ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung wiedergegeben. Dabei ist zu beachten, dass diese maßgebenden Bemessungswerte jeweils auf die Bauteilbreite b_w bezogen wurden.

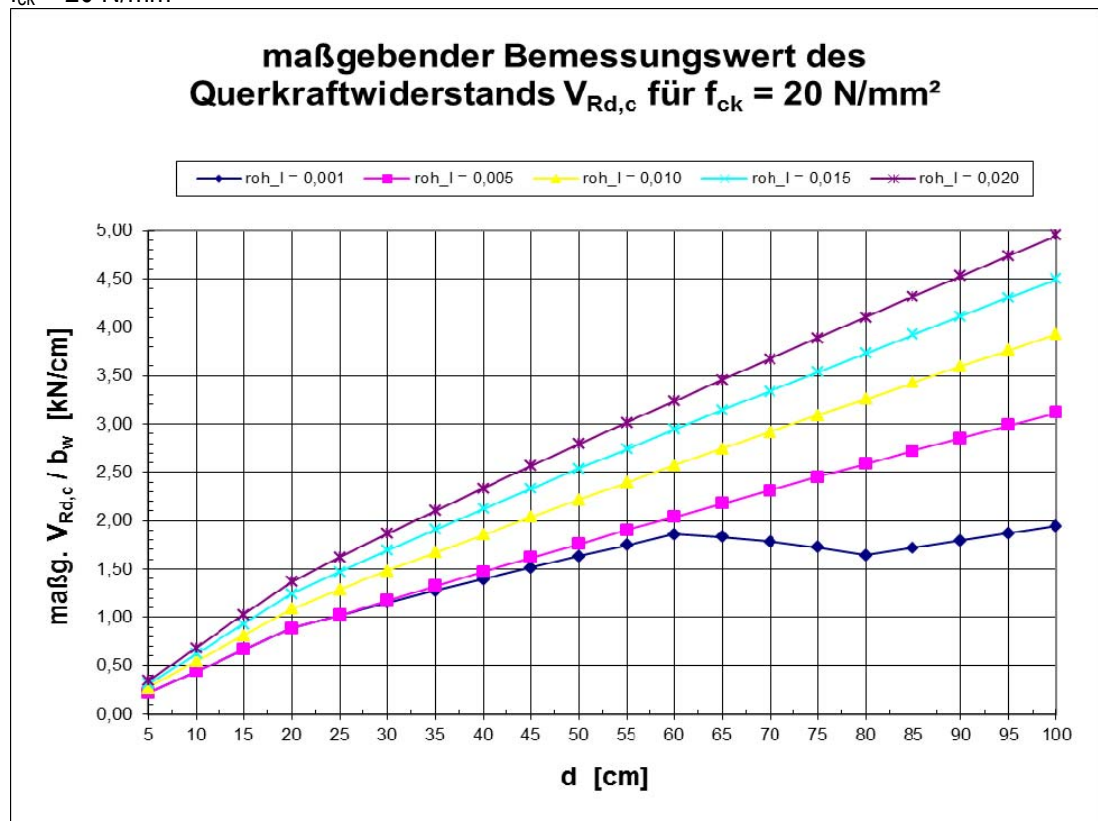
- $f_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$



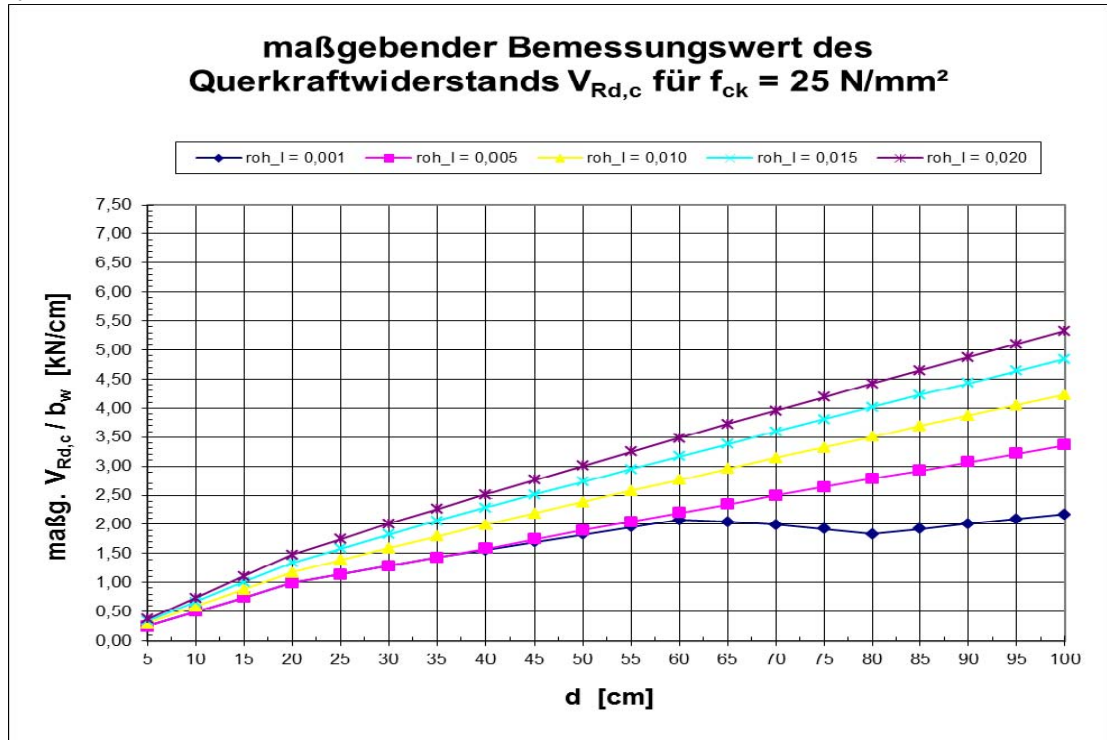
- $f_{ck} = 16 \text{ N/mm}^2$



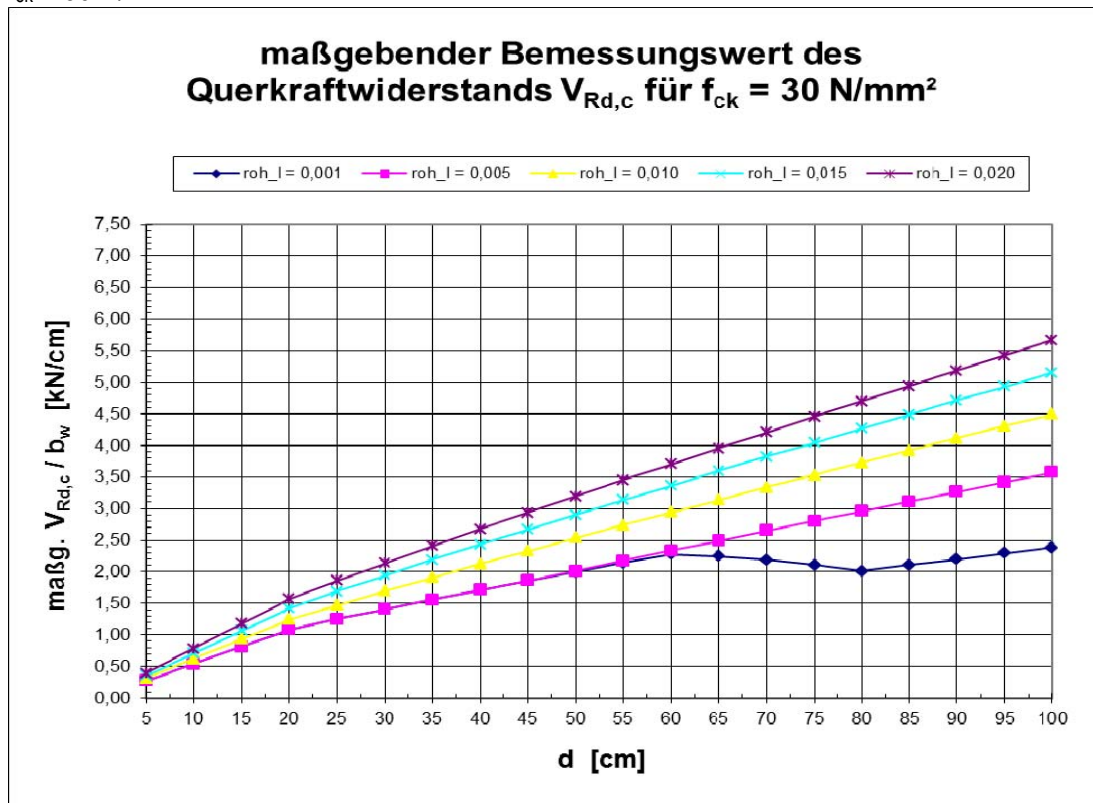
- $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$



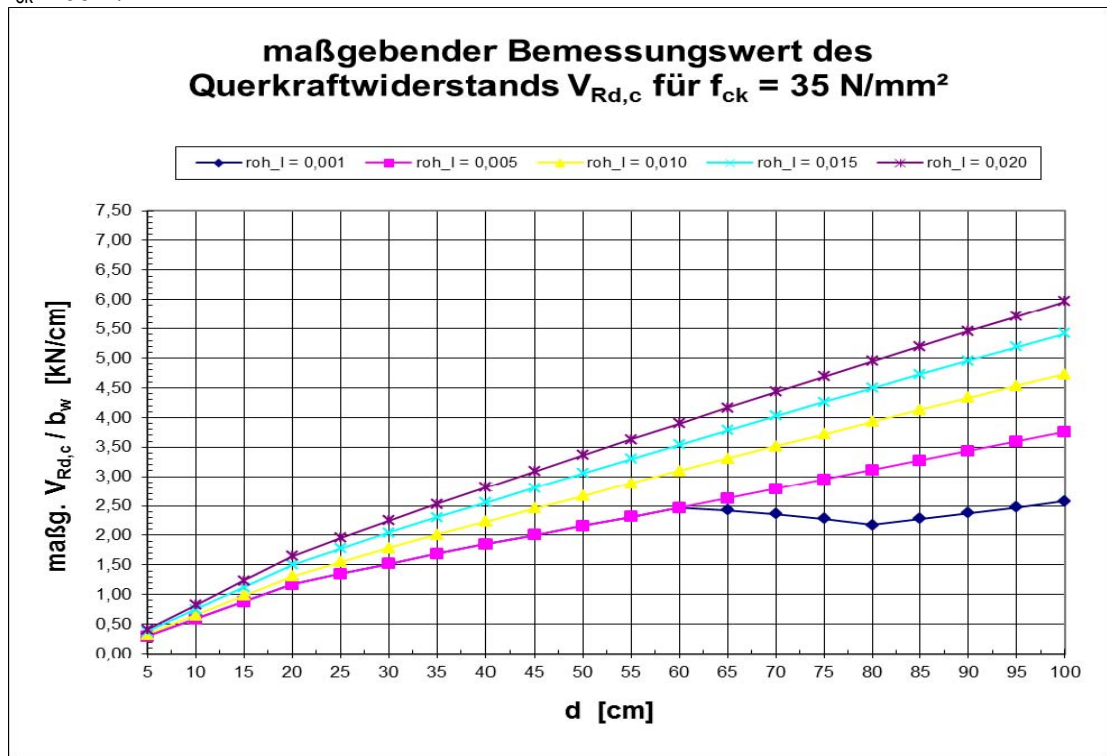
- $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$



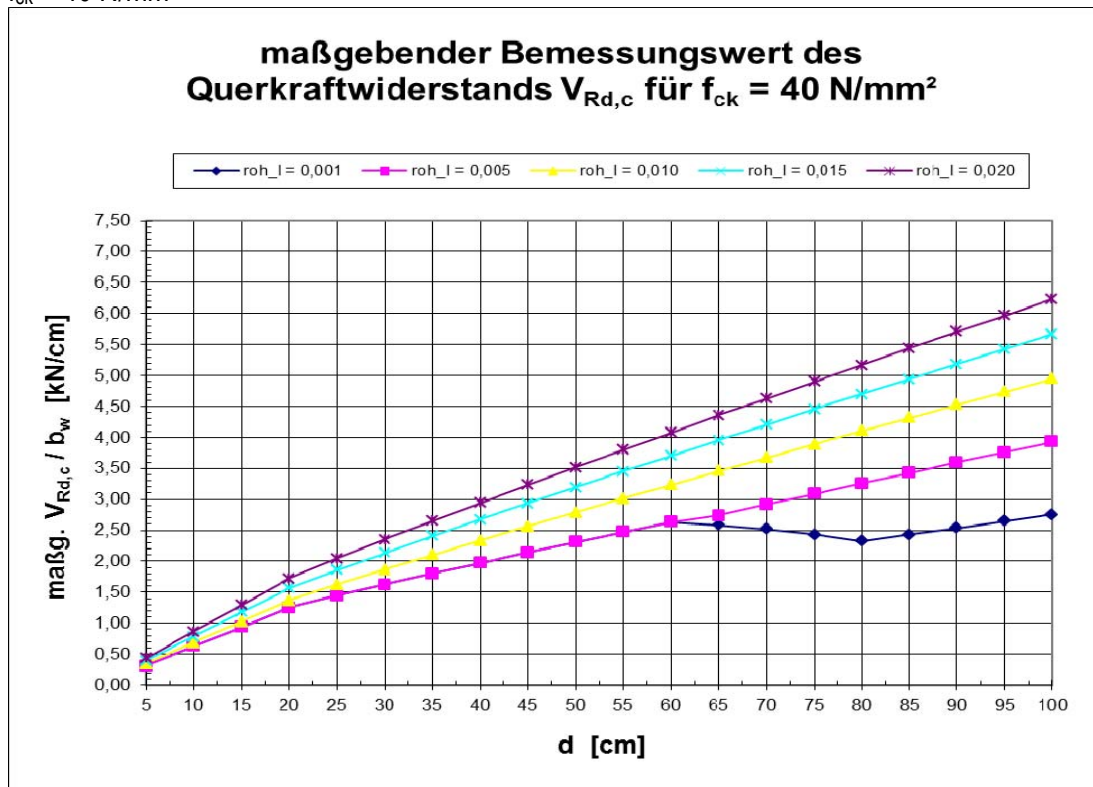
- $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$



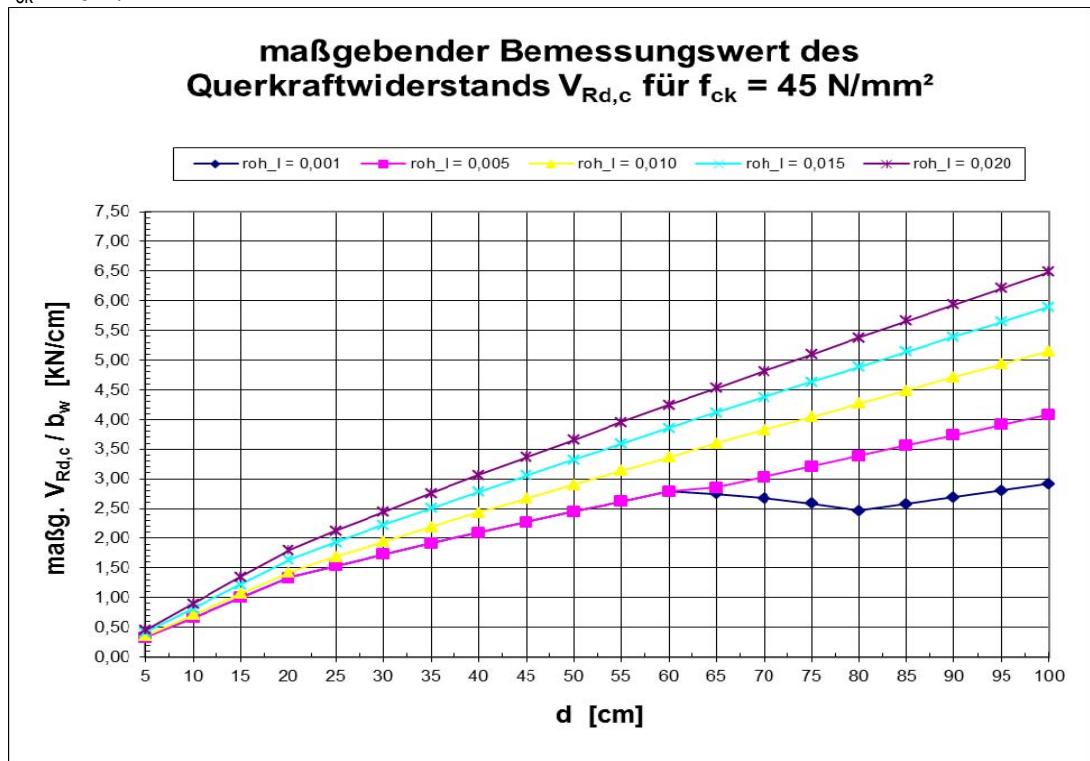
- $f_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$



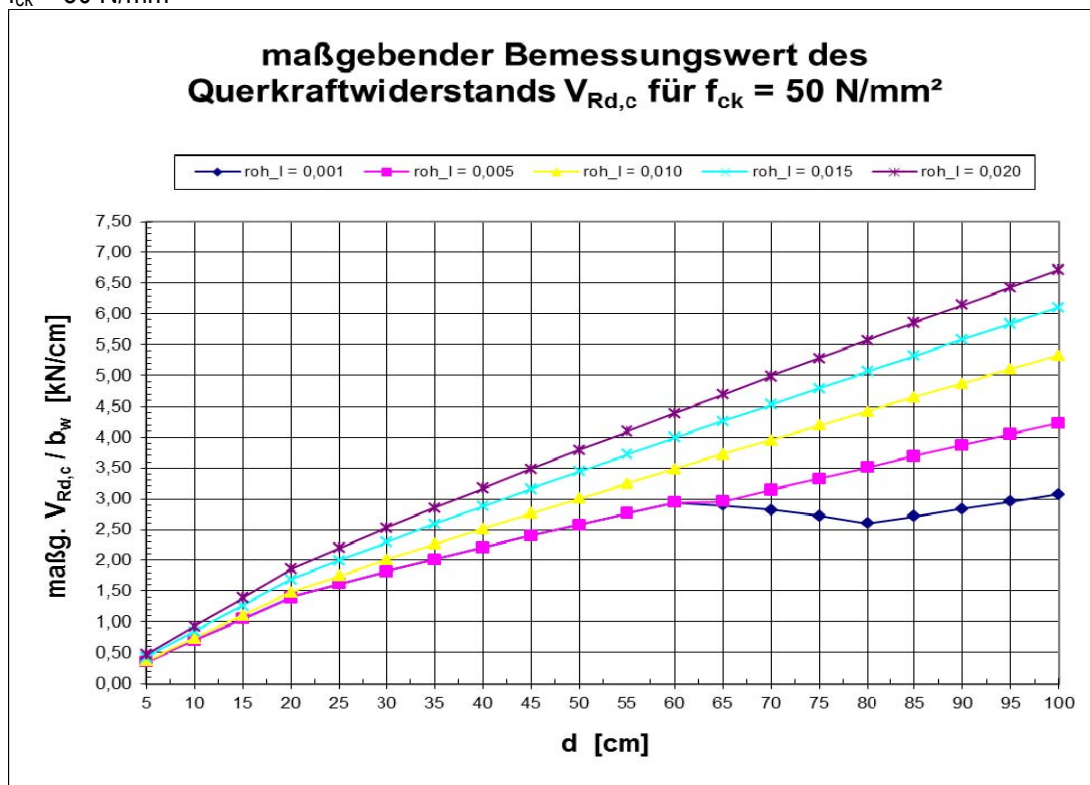
- $f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$



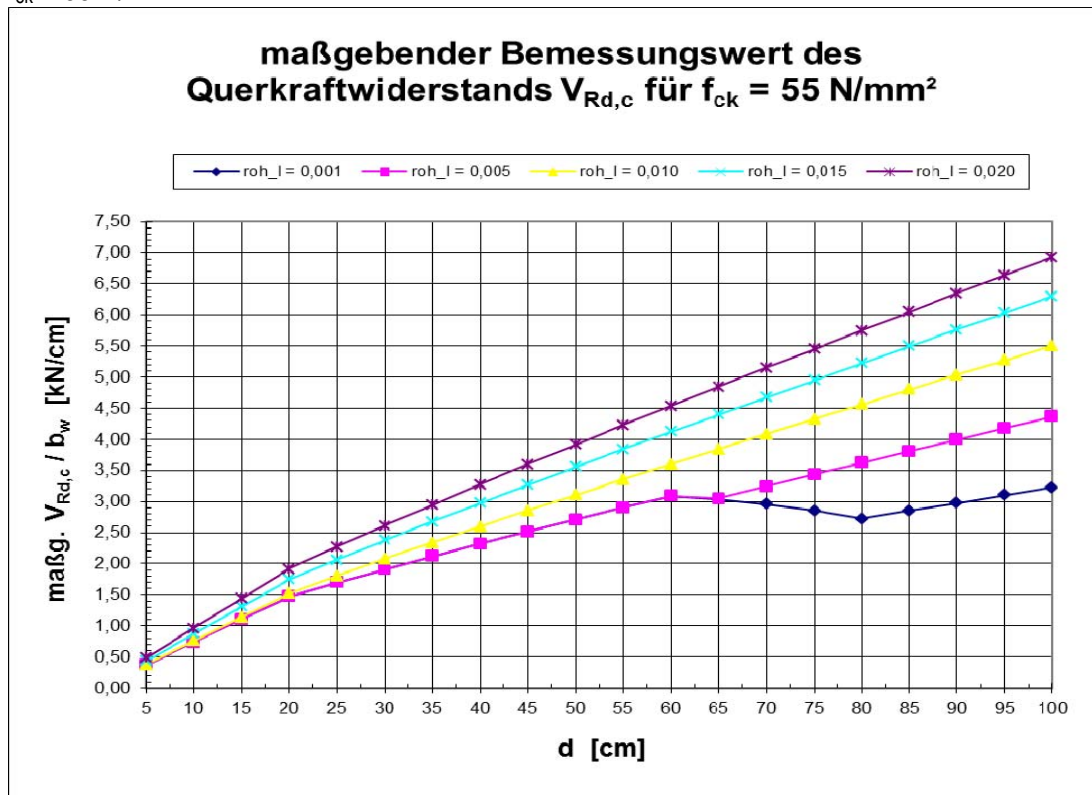
- $f_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$



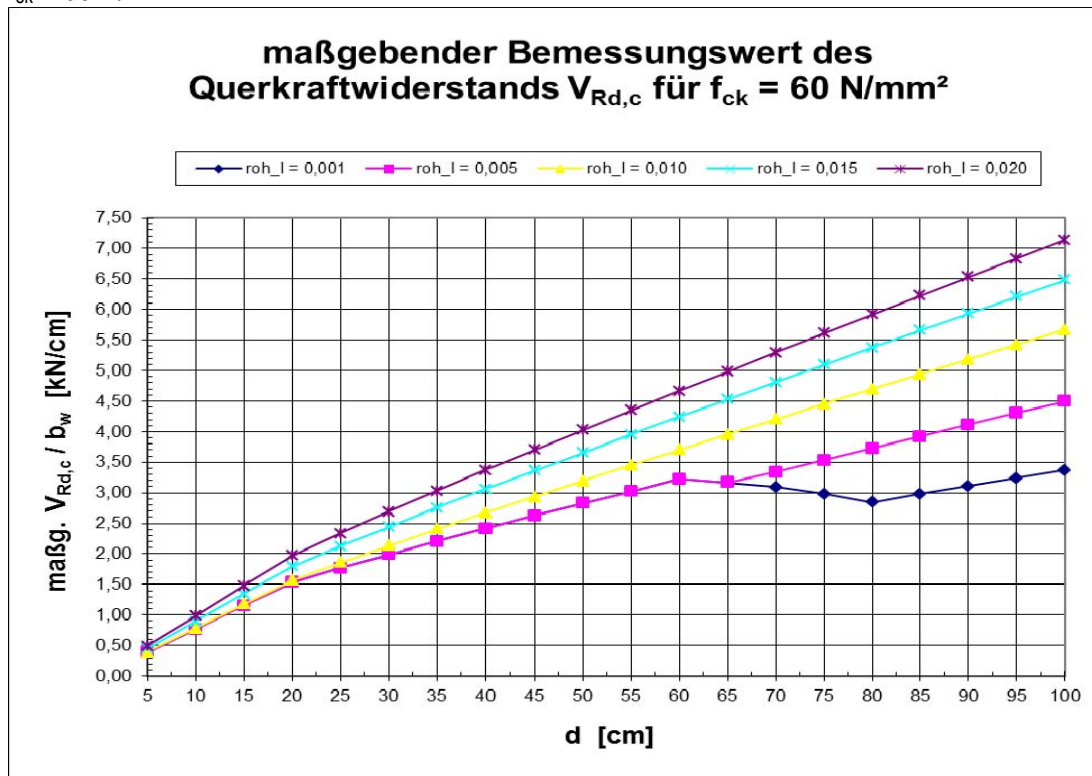
- $f_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$



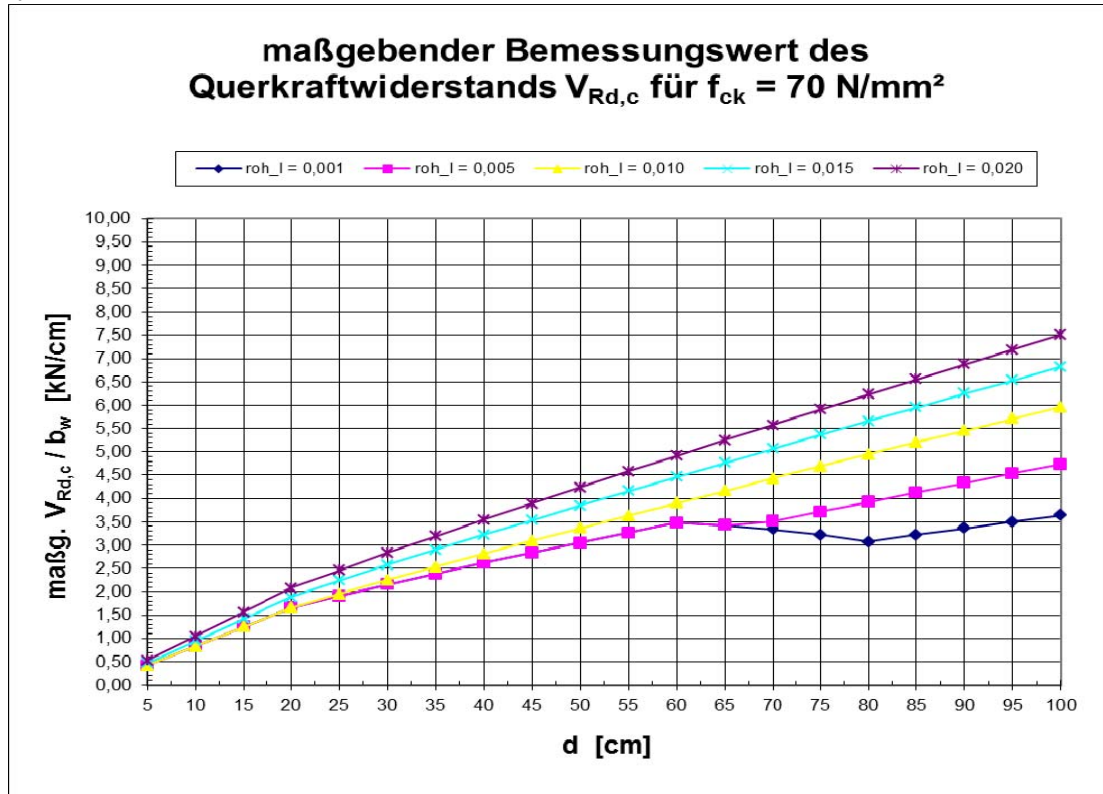
- $f_{ck} = 55 \text{ N/mm}^2$



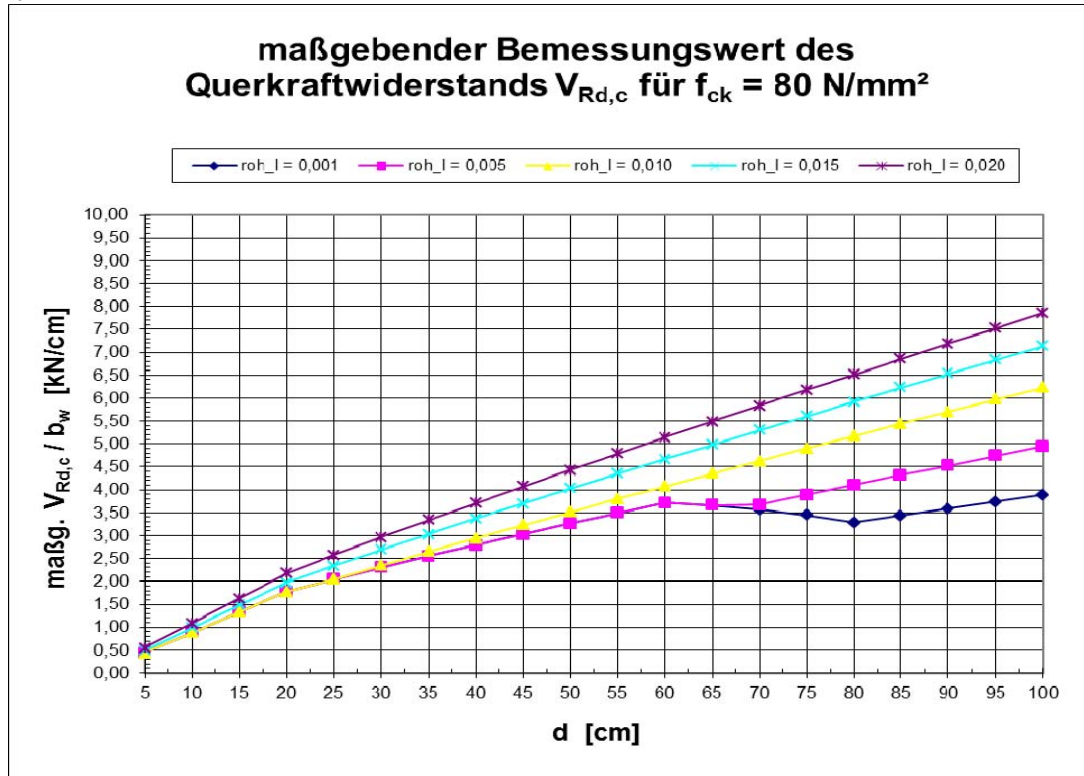
- $f_{ck} = 60 \text{ N/mm}^2$



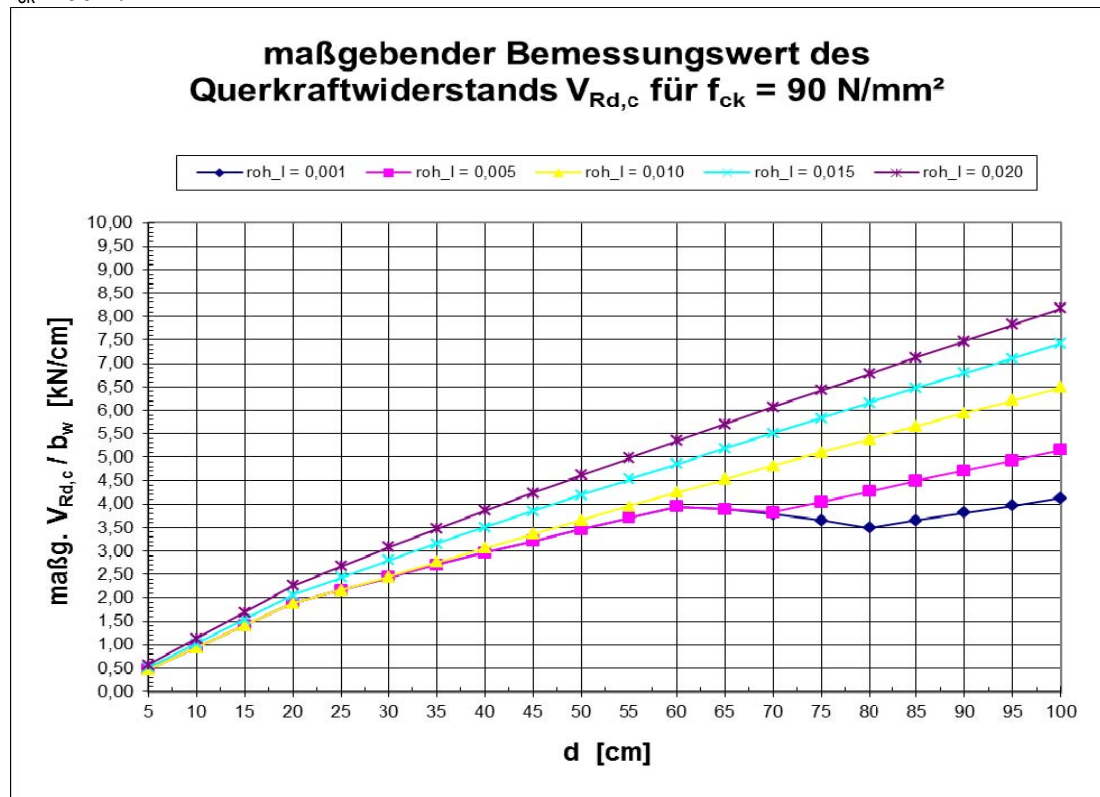
- $f_{ck} = 70 \text{ N/mm}^2$



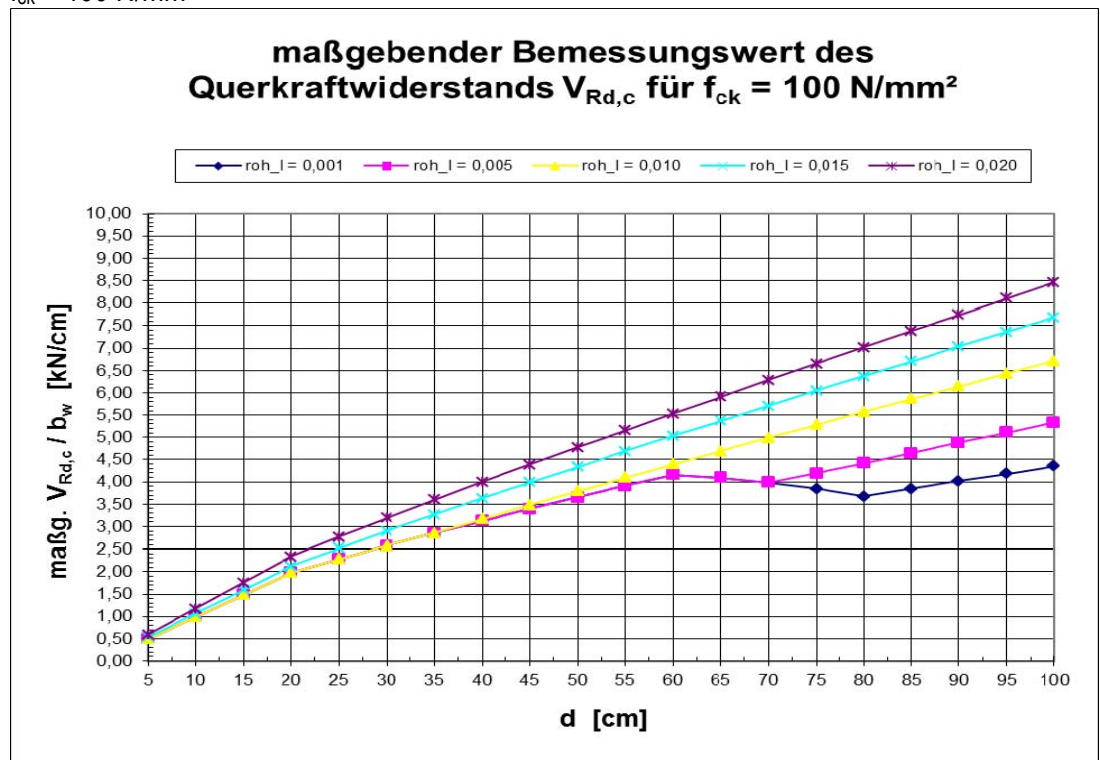
- $f_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$



- $f_{ck} = 90 \text{ N/mm}^2$



- $f_{ck} = 100 \text{ N/mm}^2$



Diese Auswertungen ermöglichen eine schnelle Ermittlung des Bemessungswerts des Querkraftwiderstands $V_{Rd,c}$ für die verschiedenen Betonfestigkeitsklassen in Abhängigkeit vom Längsbewehrungsgrad und der statischen Nutzhöhe der Bauteile. Außerdem geht aus diesen Auswertungen sehr anschaulich hervor, dass der Mindestwert des Bemessungswerts des Querkraftwiderstands $V_{Rd,c,min}$ mit steigender Betonfestigkeit auch für höhere Längsbewehrungsgrade bemessungsrelevanter wird.

Literatur:

- [1] DIN EN 1992-1-1:2011-01 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [2] DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

Impressum

Landesamt für Bauen und Verkehr
Bautechnisches Prüfamnt
T. Schellenberg
Gulbener Straße 24
03046 Cottbus
Telefon 03342 / 4266-3501
Telefax 03342 / 4266-7608
PoststelleCB@LBV.Brandenburg.de
www.lbv.brandenburg.de