

Tipp 23/10

Tragfähigkeit eines äquivalenten T-Stummels mit Druckbeanspruchung nach DIN EN 1993-1-8:2010-12 [1] in Verbindung mit DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12 [2]

Um die Tragfähigkeit der zwei Grundkomponenten Fußplatte mit Biegung infolge Lagerpressung und Beton- oder Mörtelfüllung unter Lagerpressung nachzuweisen, sind in [1], Abschnitt 6.2.5 entsprechende Vorgaben enthalten. So kann einerseits die Tragfähigkeit $F_{C,Rd}$ des T-Stummelflansches infolge Druckbeanspruchung und andererseits der Bemessungswert f_{jd} der Beton- oder Mörtelfestigkeit unter Lagerpressung nach den folgenden Gleichungen berechnet werden.

$$F_{C,Rd} = f_{jd} * b_{eff} * l_{eff}$$

$$f_{jd} = \frac{\beta_j * F_{Rdu}}{b_{eff} * l_{eff}}$$

In diesen Gleichungen werden die folgenden Kennwerte berücksichtigt.

| | |
|-----------|--|
| b_{eff} | wirksame Breite des T-Stummelflansches |
| l_{eff} | wirksame Länge des T-Stummelflansches |
| β_j | Anschlussbeiwert |
| F_{Rdu} | Tragfähigkeit unter Teilflächenbelastung nach DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 6.7 |

Um die wirksame Breite b_{eff} und wirksame Länge l_{eff} richtig zu ermitteln, sind die Vorgaben aus [1], Abschnitt 6.2.5(4) bis (6) zu beachten. Auf Grund der Vielzahl der verschiedenen Eingangswerte wird hier auf eine verallgemeinerte Betrachtung verzichtet.

Der Anschlussbeiwert β_j wird üblicherweise mit $\beta_j = \frac{2}{3} = 0,67$ angesetzt. Dies gilt, entsprechend [1], Abschnitt 6.2.5(7), insbesondere, wenn die drei folgenden Bedingungen eingehalten werden.

$$f_{jk} \geq 0,2 * f_{ck}$$

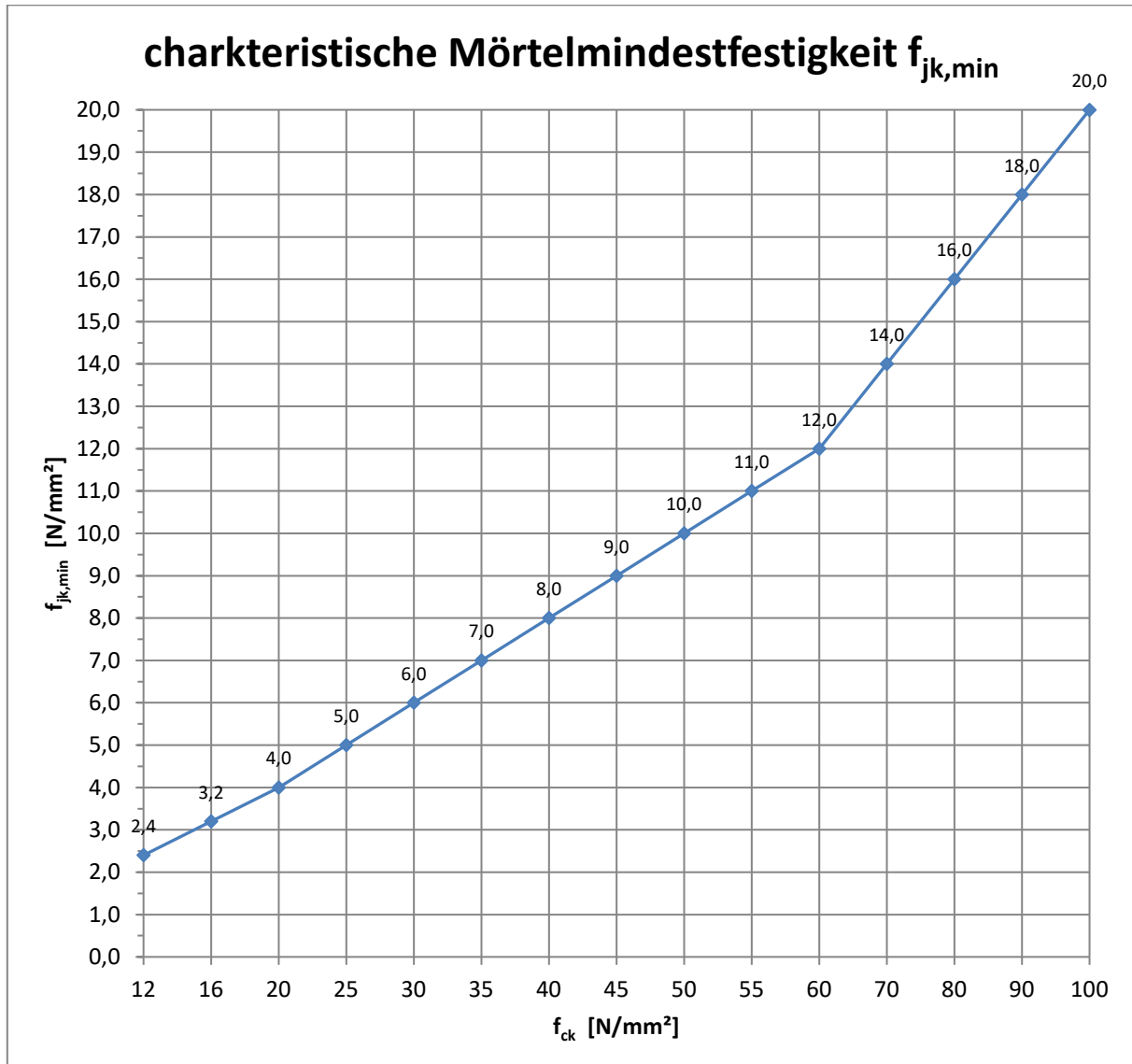
$$d_j \leq 0,2 * \text{MIN} \begin{cases} b \\ l \end{cases}$$

$$d_j > 50 \text{ mm} \quad \text{dann} \quad f_{jk} \geq f_{ck}$$

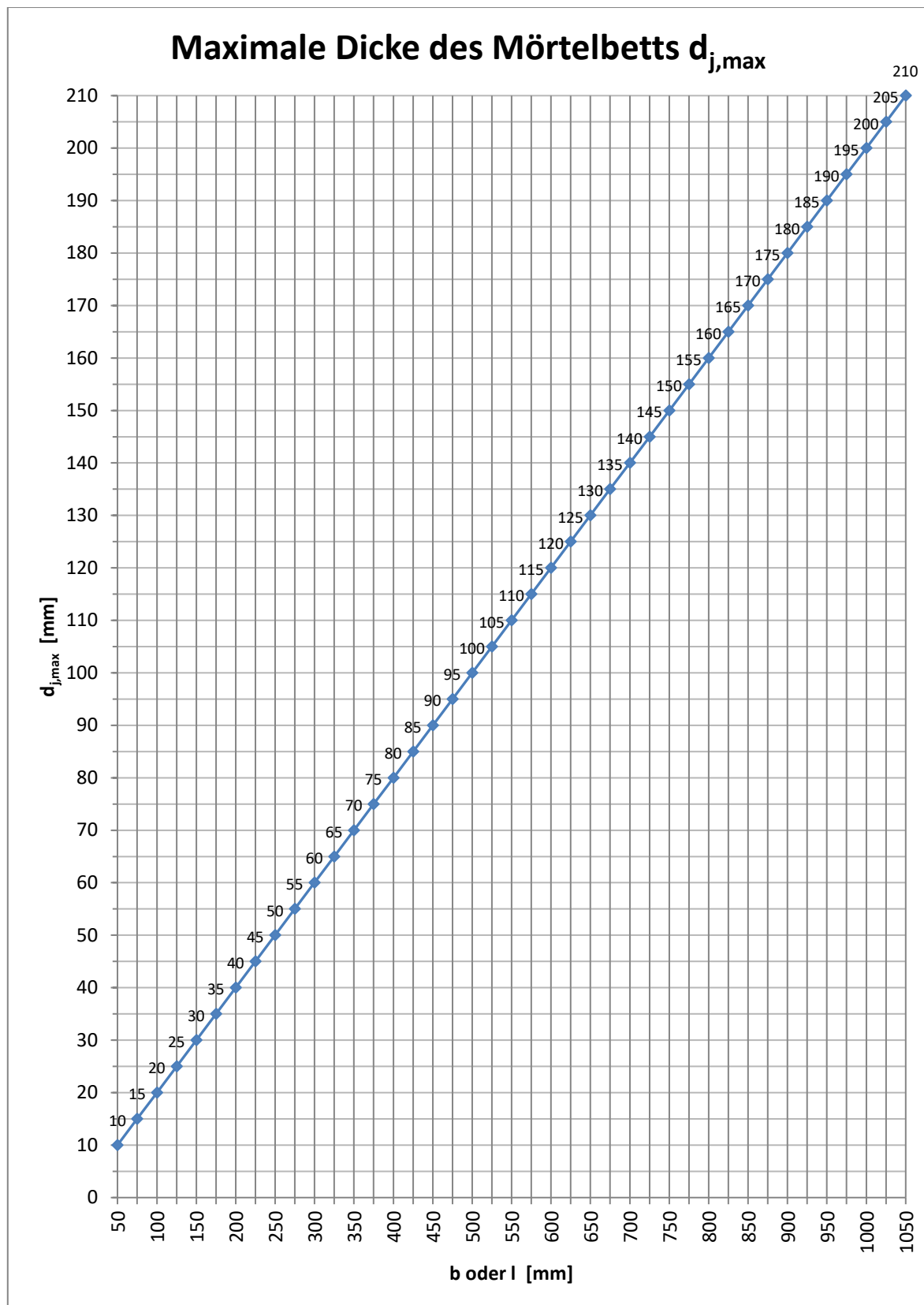
In diesen Bedingungen werden die folgenden Kennwerte berücksichtigt.

| | |
|----------|--|
| f_{jk} | charakteristische Festigkeit des Mörtels |
| f_{ck} | charakteristische Festigkeit des Fundamentbetons |
| d_j | Dicke des Mörtelbetts |
| b | Breite der Stahlfußplatte |
| l | Länge der Stahlfußplatte |

Auf Grund der ersten Bedingung und unter Berücksichtigung der Werte der charakteristischen Betonfestigkeit f_{ck} nach [3], Tabelle 3.1 in Verbindung mit [4] bis [6] kann die jeweilige charakteristische Mörtelmindestfestigkeit $f_{jk,min}$ berechnet werden. Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in dem folgenden Diagramm graphisch aufbereitet.



Ebenfalls kann durch die Vorgaben der zweiten Bedingung die maximale Dicke des Mörtelbetts $d_{j,max}$ in Abhängigkeit von der kleinsten Abmessung der Stahlfußplatte ermittelt werden. Die Ergebnisse dieser Berechnung für $50 \text{ mm} \leq b$ oder $l \leq 1050 \text{ mm}$ sind in dem folgenden Diagramm graphisch aufbereitet.



Die Tragfähigkeit unter Teilflächenbelastung F_{Rdu} ist entsprechend [1] nach den Vorgaben von [3], Abschnitt 6.7 in Verbindung mit [4] bis [6] zu bestimmen, wobei die Belastungsfläche A_{c0} mit $A_{c0} = b_{eff} * l_{eff}$ anzusetzen ist. Dies bedeutet, dass eine Lastausbreitung innerhalb des Mörtelbetts nicht berücksichtigt werden darf.

Für bewehrte Fundamente, bei denen die im Fundament entstehenden Querkzugkräfte durch die Bewehrung aufgenommen werden können, darf, entsprechend [3], Abschnitt 6.7(2), die Tragfähigkeit unter Teilflächenbelastung F_{Rdu} mit Hilfe der folgenden Bemessungsgleichung berechnet werden.

$$F_{Rdu} = A_{c0} * f_{cd} * \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 3,0 * f_{cd} * A_{c0}$$

In dieser Gleichung wird auch die maximale rechnerische Verteilungsfläche A_{c1} mit der geometrischen Ähnlichkeit zu A_{c0} berücksichtigt. Dabei ist u.a. zu beachten, dass die Flächenschwerpunkte der Flächen A_{c0} und A_{c1} in der Belastungsrichtung übereinstimmen müssen und bei Einwirkung von mehreren Druckkräften $F_{Ed,j}$ keine Überschneidung der rechnerischen Verteilungsflächen $A_{c1,j}$ auftreten darf.

Für unbewehrte Fundamente oder wenn die Aufnahme der im Fundament entstehenden Querkzugkräfte nicht vollständig sichergestellt ist, muss die Tragfähigkeit unter Teilflächenbelastung F_{Rdu} mit der folgenden Bedingung berechnet werden.

$$F_{Rdu} \leq 0,6 * f_{cd} * A_{c0}$$

Wesentlich für die Ermittlung der aufnehmbaren Teilflächenlast F_{Rdu} ist somit der Bemessungswert der einaxialen Betondruckfestigkeit f_{cd} . Dieser wird nach [3], Abschnitt 3.1.6(1) mit folgender Gleichung ermittelt.

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

In diese Gleichung geht der Beiwert α_{cc} zur Berücksichtigung von Langzeitauswirkungen auf die Betondruckfestigkeit und von ungünstigen Auswirkungen durch die Art der Beanspruchung mit ein. Entsprechend [5] ist grundsätzlich $\alpha_{cc} = 0,85$ anzusetzen. Nur in begründeten Fällen, z.B. bei Kurzzeitbelastungen, darf ein höherer Wert für α_{cc} angenommen werden, wobei jedoch 1,0 nicht überschritten werden darf.

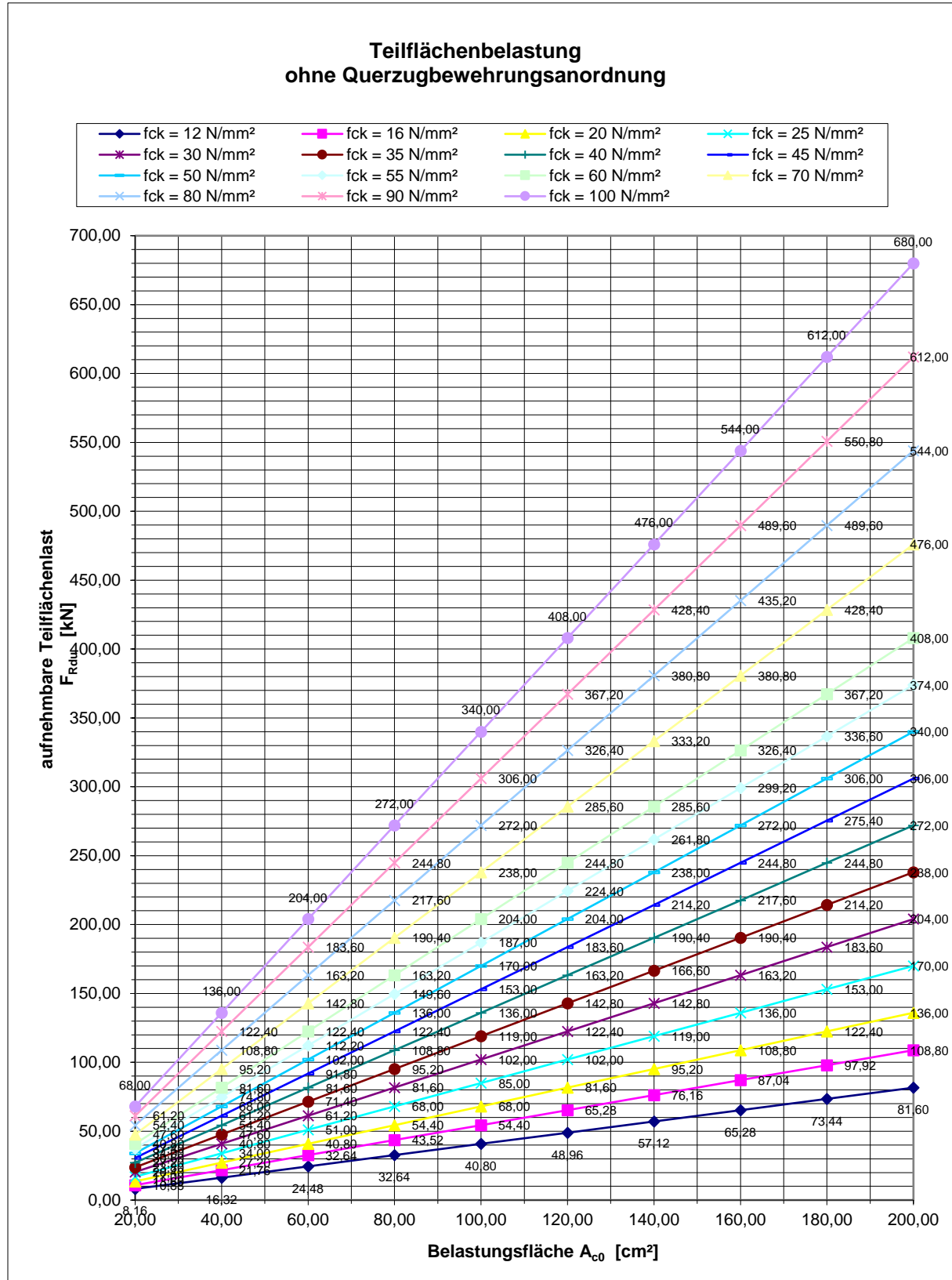
Der Bemessungswert der einaxialen Betondruckfestigkeit leitet sich auch von dem charakteristischen Wert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen f_{ck} und dem Teilsicherheitsbeiwert für den Beton γ_c ab. Dieser Teilsicherheitsbeiwert γ_c ist abhängig von der relevanten Bemessungssituation und ergibt sich für die entsprechende Bemessungssituation (ständig und vorübergehend oder außergewöhnlich bzw. Ermüdung) nach [3], Abschnitt 2.4.2.4 i.V.m. [5], Tabelle 2.1DE.

| Bemessungssituation | Teilsicherheitsbeiwert γ_c |
|---------------------------|-----------------------------------|
| ständig und vorübergehend | 1,5 |
| außergewöhnlich | 1,3 |
| Ermüdung | 1,5 |

Weiterhin hängt die aufnehmbare Teilflächenlast F_{Rdu} auch von der Belastungsfläche A_{c0} ab.

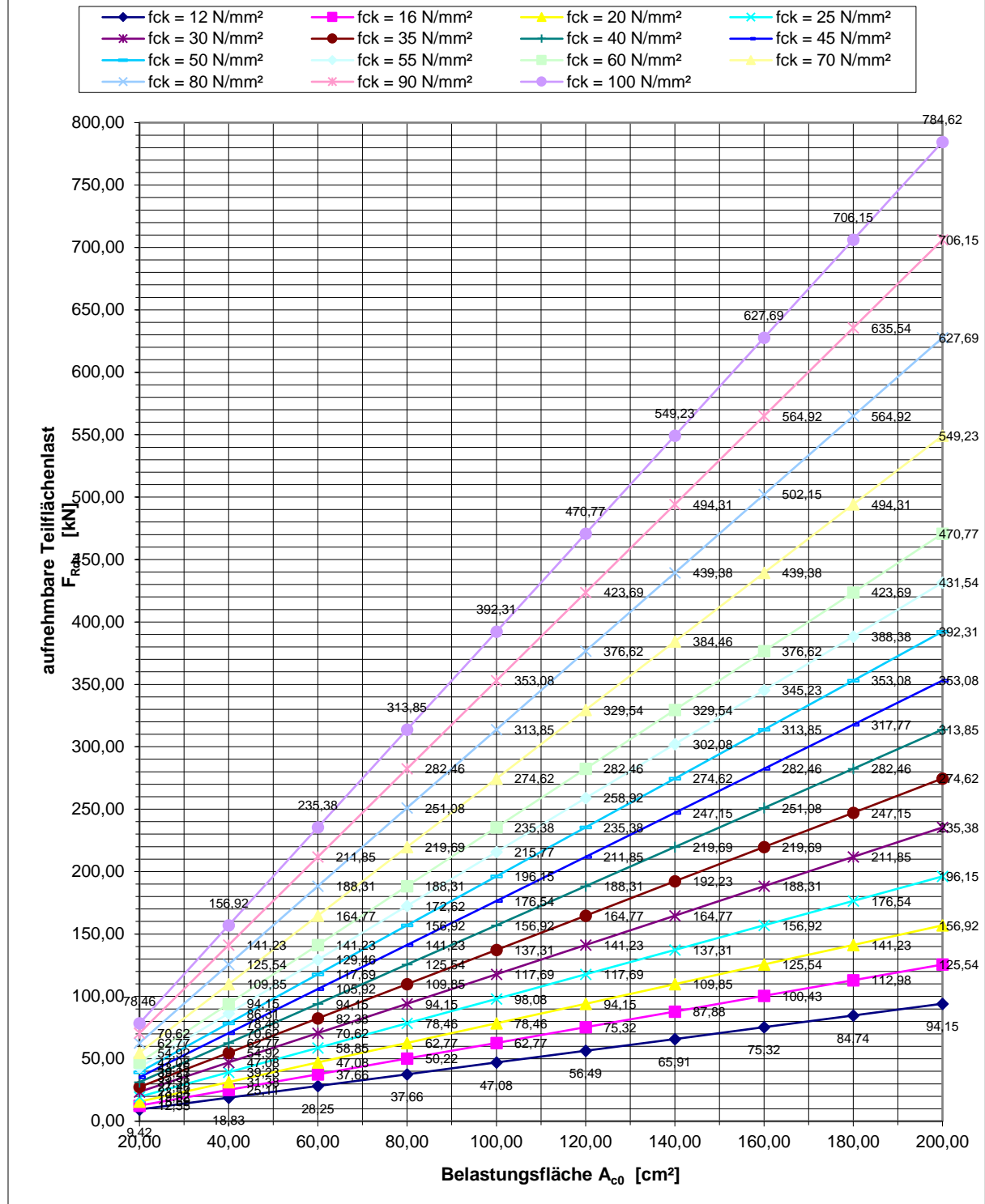
Eine Auswertung der Gleichung für die Ermittlung der aufnehmbaren Teilflächenlast F_{Rdu} ohne Anordnung einer Querkzugbewehrung für Belastungsflächen $20 \text{ cm}^2 \leq A_{c0} \leq 200 \text{ cm}^2$ und die Betonfestigkeitsklassen nach [3], Tabelle 3.1 i.V.m. [5] ergibt die folgenden graphischen Verläufe.

ständige und vorübergehende Bemessungssituation und Ermüdung



außergewöhnliche Bemessungssituation

**Teilflächenbelastung
ohne Querkzugbewehrungsanordnung**



Bei querzugbewehrten Fundamenten sind für die Ermittlung der maximalen rechnerischen Verteilungsfläche A_{c1} im Bild 6.29 von [3] entsprechende Bedingungen angegeben. Demnach ergibt sich die Belastungsfläche aus $A_{c0} = d_1 * b_1 = b_{eff} * l_{eff}$. Für die Seitenlängen der Verteilungsfläche $A_{c1} = d_2 * b_2$ werden die folgenden Bedingungen angegeben.

$$d_2 \leq 3 * d_1 = 3 * b_{eff}$$

$$b_2 \leq 3 * b_1 = 3 * l_{eff}$$

Außerdem muss der Abstand h zwischen der Belastungsfläche A_{c0} und der rechnerischen Verteilungsfläche A_{c1} die folgende Bedingung erfüllen.

$$h \geq \text{MIN} \left\{ \begin{array}{l} b_2 - l_{eff} \\ d_2 - b_{eff} \end{array} \right\}$$

An Hand dieser Vorgaben kann die minimale rechnerische Verteilungsfläche A_{c1} ermittelt werden. Durch Umformen der Bemessungsgleichung für die aufnehmbare Teilflächenlast F_{Rdu} ergibt sich die folgende Bemessungsgleichung.

$$\frac{F_{Rdu}}{A_{c0}} = \text{MIN} \left\{ \begin{array}{l} f_{cd} * \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \\ 3,0 * f_{cd} \end{array} \right\}$$

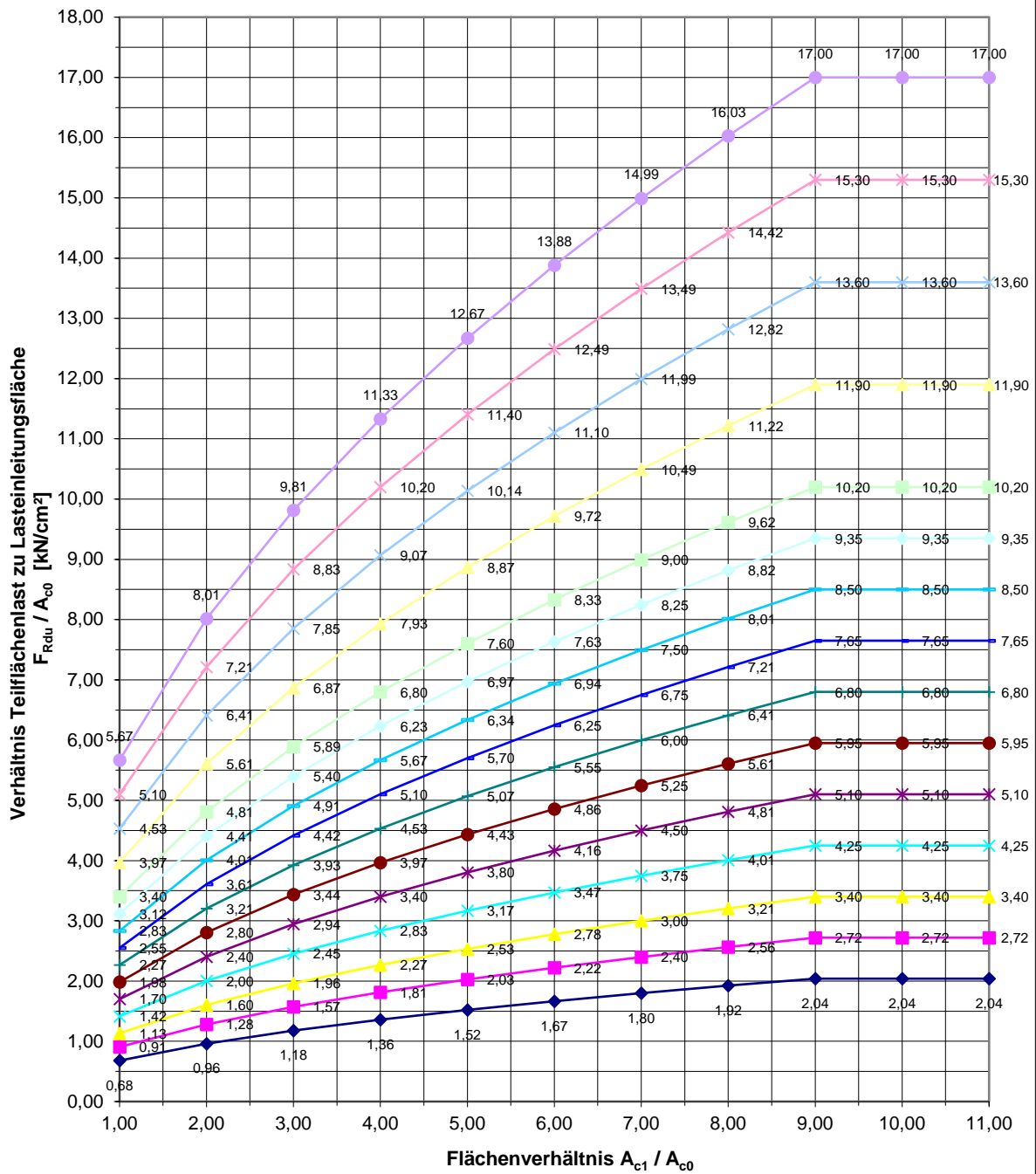
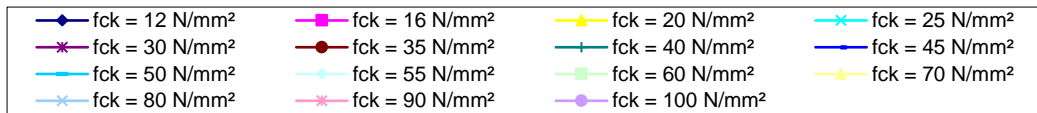
Diese Gleichungen können für verschiedene Flächenverhältnisse $1,00 \leq \frac{A_{c1}}{A_{c0}} \leq 11,00$ unter Berücksichtigung der Betonfestigkeitsklassen nach [3], Tabelle 3.1 i.V.m. [5] und der maßgebenden Bemessungssituation ausgewertet werden. Hieraus ergeben sich die folgenden graphischen Verläufe.

Aus diesen Diagrammen wird ersichtlich, dass ab einem Flächenverhältnis $\frac{A_{c1}}{A_{c0}} \geq 9$ keine weitere

Steigerung der Spannungswerte $\frac{F_{Rdu}}{A_{c0}}$ erzielt wird.

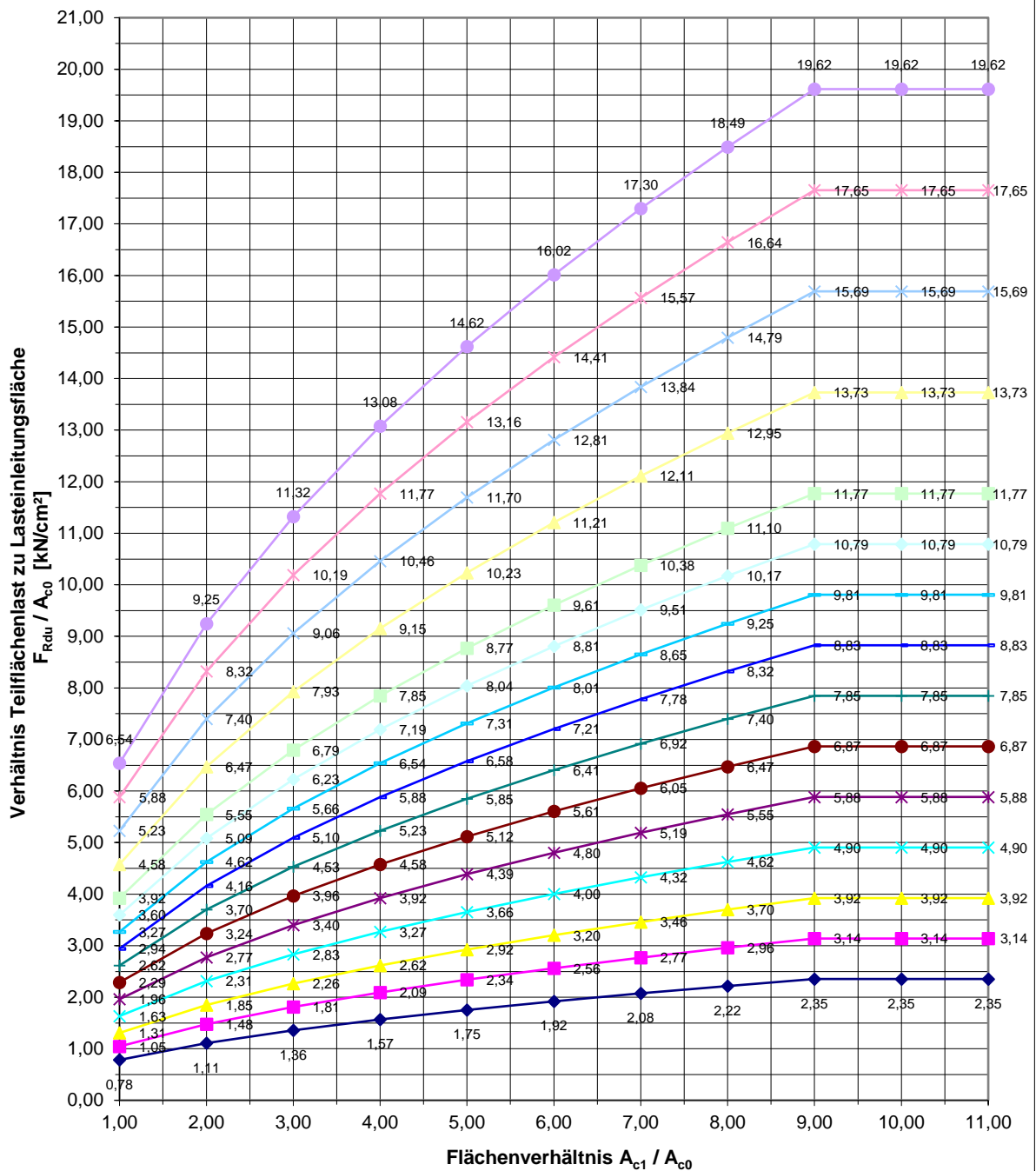
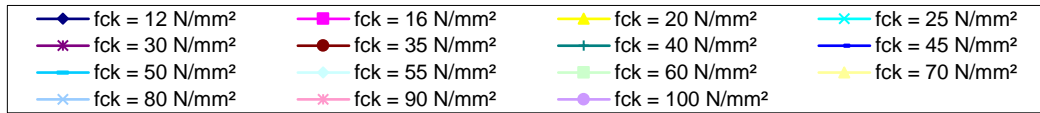
ständige und vorübergehende Bemessungssituation und Ermüdung

**Teilflächenbelastung
bei Bewehrungsanordnung für Querzug**



außergewöhnliche Bemessungssituation

**Teilflächenbelastung
bei Bewehrungsanordnung für Querzug**



Unter Berücksichtigung der Vorgaben aus [3] bis [6] kann der Mindestwert des Bemessungswertes der Mörtelbettfestigkeit f_{jd} für unbewehrte oder nicht ausreichend querzugbewehrte Fundamente bei einer vollen Auslastung der ertragbaren Teilflächenbelastung $F_{Ed} = F_{Rdu}$ nach der folgenden Gleichung bestimmt werden.

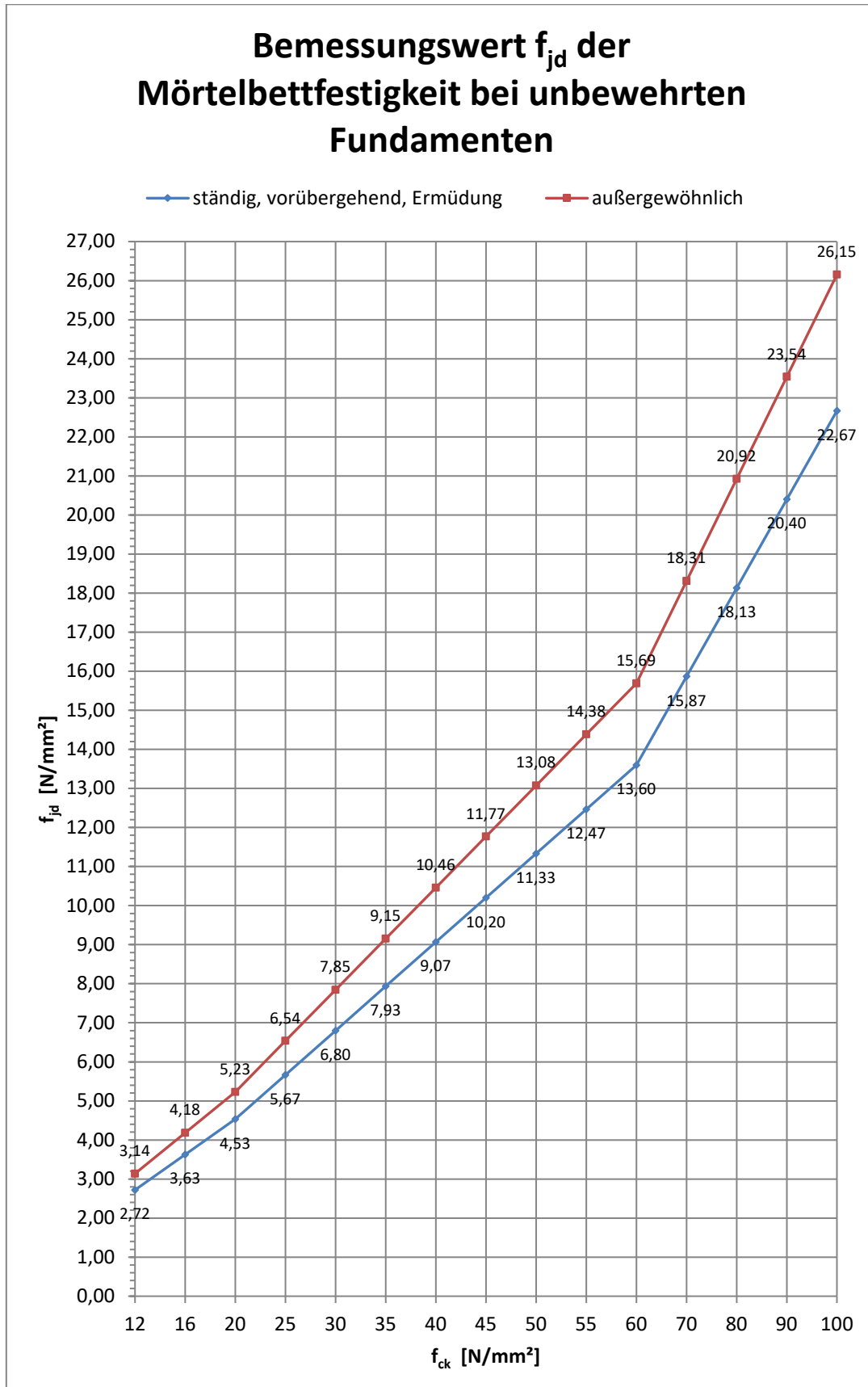
$$f_{jd} = \frac{\beta_j * F_{Rdu}}{b_{eff} * l_{eff}} = \frac{\beta_j * 0,6 * f_{cd} * A_{c0}}{A_{c0}} = \frac{2}{3} * 0,6 * \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,4 * 0,85 * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,34 * \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

Für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation sowie Ermüdung und für die außergewöhnliche Bemessungssituation wurden die Werte für f_{jd} ermittelt und in dem folgenden Diagramm graphisch aufbereitet.

Bei unbewehrten oder nicht ausreichend querzugbewehrten Fundamenten entspricht der Mindestwert des Bemessungswertes der Mörtelbettdruckfestigkeit f_{jd} auch den Verhältniswert aus der Tragfähigkeit des T-Stummelflansches $F_{C,Rd}$ auf Druck und der Fläche des äquivalenten T-Stummels $A_{c0} = b_{eff} * l_{eff}$. Dies kann mathematisch durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden.

$$f_{jd} = \frac{F_{C,Rd}}{A_{c0}} = 0,34 * \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

Somit kann sehr schnell mit Hilfe des im Diagramm abgelesenen Wert für f_{jd} der Widerstand der Tragfähigkeit des T-Stummelflansches auf Druck mit $F_{C,Rd} = f_{jd} * A_{c0}$ ermittelt werden.



Für quersugbewehrte Fundamente ist die Berechnung des Mindestwertes des Bemessungswertes der Mörtelbettfestigkeit f_{jd} nach den Vorgaben aus [3] bis [6] bei einer vollen Auslastung der ertragbaren Teilflächenbelastung $F_{Ed} = F_{Rdu}$ ebenfalls möglich. Dies kann nach der folgenden Bedingung geschehen.

$$f_{jd} = \text{MIN} \left\{ \begin{array}{l} \frac{\beta_j * A_{c0} * f_{cd} * \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}}}{A_{c0}} = \beta_j * \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} * \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \\ \frac{\beta_j * 3 * f_{cd} * A_{c0}}{A_{c0}} = \beta_j * 3 * \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \end{array} \right.$$

Für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation sowie Ermüdung und für die außergewöhnliche Bemessungssituation wurden jeweils unter Berücksichtigung des Flächenverhältnisses $1 \leq \frac{A_{c1}}{A_{c0}} \leq 10$ die Werte für f_{jd} ermittelt und in den folgenden Diagrammen graphisch aufgebracht. Aus

diesen Diagrammen wird ersichtlich, dass bei einem Flächenverhältnis $\frac{A_{c1}}{A_{c0}} \geq 9$ die Mörtelfestigkeit f_{jd}

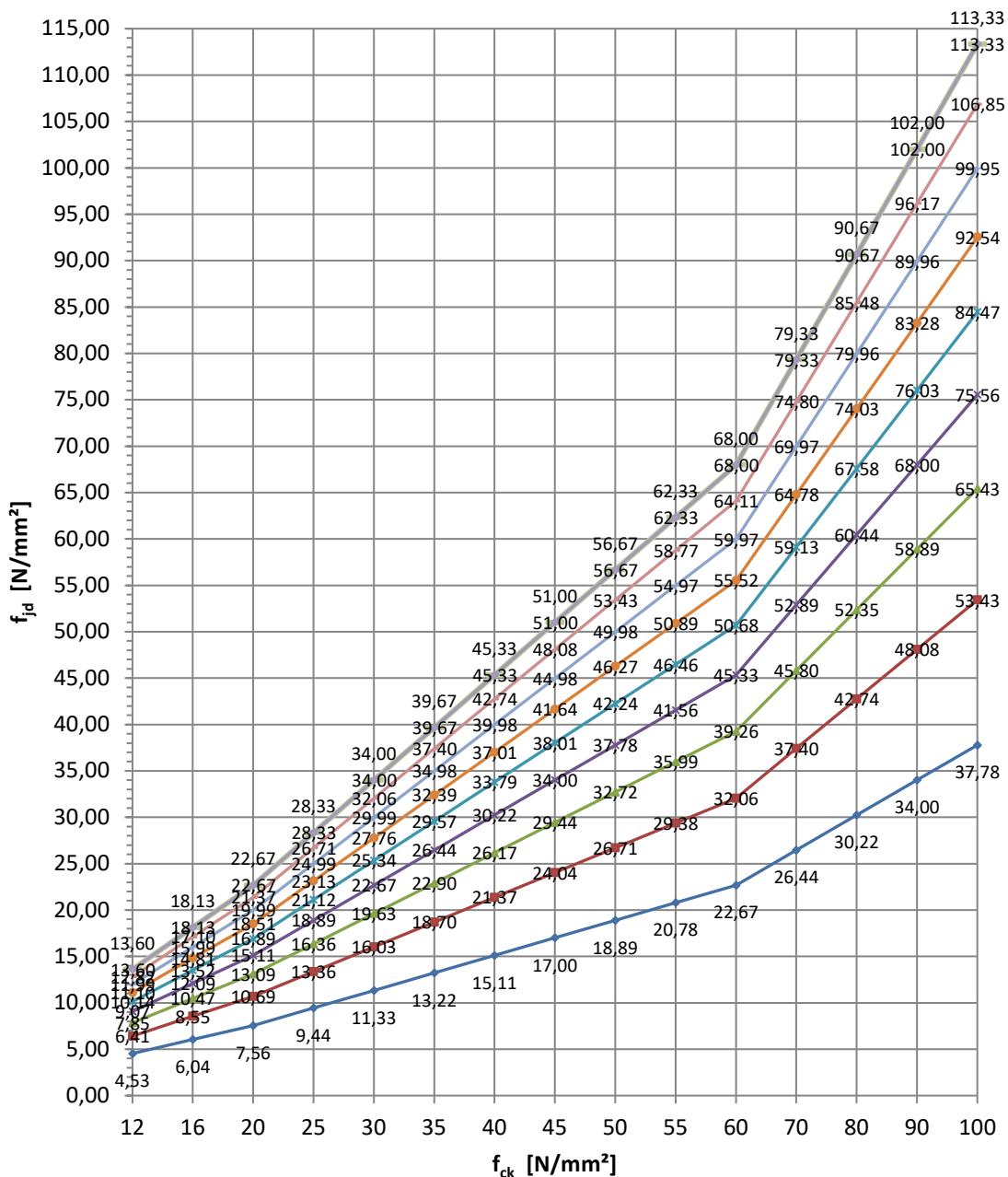
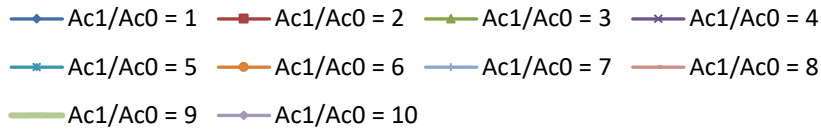
nicht weiter erhöht werden muss, um die volle Tragfähigkeitsausnutzung zu gewährleisten.

Bei quersugbewehrten Fundamenten entspricht der Mindestwert des Bemessungswertes der Mörtelbettdruckfestigkeit f_{jd} auch den Verhältniswert aus der Tragfähigkeit des T-Stummelflansches $F_{C,Rd}$ auf Druck und der Fläche des äquivalenten T-Stummels $A_{c0} = b_{eff} * l_{eff}$. Dies kann mathematisch durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden.

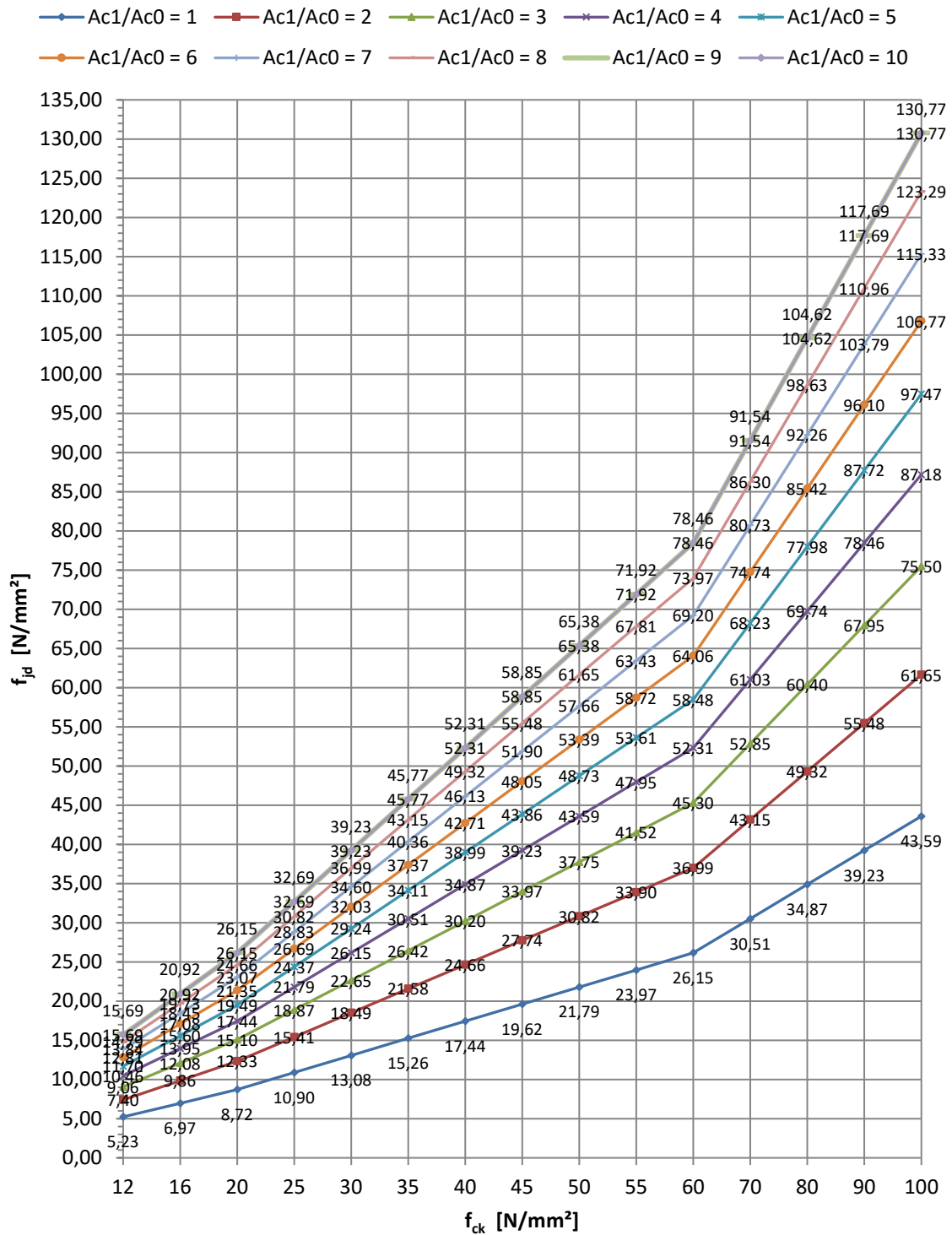
$$f_{jd} = \frac{F_{C,Rd}}{A_{c0}} = \text{MIN} \left\{ \begin{array}{l} \beta_j * \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} * \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \\ \beta_j * 3 * \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \end{array} \right.$$

Somit kann sehr schnell mit Hilfe des aus dem relevanten Diagramm abgelesenen Wert für f_{jd} der Widerstand der Tragfähigkeit des T-Stummelflansches auf Druck mit $F_{C,Rd} = f_{jd} * A_{c0}$ ermittelt werden.

Bemessungswert f_{jd} der Mörtelbettfestigkeit bei bewehrtem Fundament und ständiger und vorübergehender Belastung sowie Ermüdung



Bemessungswert f_{jd} der Mörtelbettfestigkeit bei bewehrtem Fundament und außergewöhnlicher Belastung



Mit Hilfe dieser Diagramme können sehr schnell die charakteristische Mindestmörtelfestigkeit $f_{jk,min}$ des Mörtelbettes und die maximale Dicke dieses Mörtelbetts d_j bestimmt werden. Weiterhin können der Bemessungswert der Mörtelbettdruckfestigkeit f_{jd} bei einer vollen Auslastung der aufnehmbaren Teilflächenbelastung $F_{Ed} = F_{Rdu}$ des Fundamentbetons für unbewehrte und bewehrte Bauteile und damit auch sehr einfach die Tragfähigkeit eines T-Stummenflansches $F_{C,Rd}$ unter Druckbelastung ermittelt werden.

Literatur:

- | | | |
|-----|-------------------------------|---|
| [1] | DIN EN 1993-1-8:2010-12 | Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen |
| [2] | DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12 | Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen |
| [3] | DIN EN 1992-1-1:2011-01 | Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungs- regeln und Regeln für den Hochbau |
| [4] | DIN EN 1992-1-1/A1:2015-03 | Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungs- regeln und Regeln für den Hochbau |
| [5] | DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 | Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spann- betontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau |
| [6] | DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 | Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spann- betontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, 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
BPA@LBV.Brandenburg.de
<https://lbv.brandenburg.de>