



MFPA Leipzig GmbH

Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für
Baustoffe, Bauprodukte und Bausysteme

Geschäftsbereich III - Baulicher Brandschutz

Dr.-Ing. Peter Nause

Arbeitsgruppe 3.2 - Brandverhalten von Bauarten und Sonderkonstruktionen

Dipl.-Ing. S. Hauswaldt

Telefon +49 (0) 341 - 6582-136

hauswaldt@mfpa-leipzig.de

Gutachterliche Stellungnahme GS 3.2/11-243-2

vom 13. November 2012

1. Ausfertigung

Gegenstand: Brandschutztechnisches Bemessungskonzept *fischer Superbond*

Auftraggeber: *fischerwerke GmbH & Co. KG*
Otto-Hahn-Straße 15
79211 Denzlingen
Deutschland

Auftragsdatum: 16. November 2011

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Sebastian Hauswaldt

Dieses Dokument besteht aus neun Seiten mit acht Seiten Anlage

Dieser Bericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung – auch auszugsweise – bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der MFPA Leipzig GmbH. Als rechtsverbindliche Form gilt die deutsche Schriftform mit Originalunterschriften und Originalstempel des/der Zeichnungsberechtigten.

Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der MFPA Leipzig GmbH.



DAKKS
Deutsche
Akreditierungsstelle
D-PL-11021-01-00

Durch die DAKKS GmbH nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren (in diesem Dokument mit * gekennzeichnet). Die Urkunde kann unter www.mfpa-leipzig.de eingesehen werden.
Nach Landesbauordnung (SAC 02) anerkannte und nach Bauproduktengesetz (NB 0800) notifizierte PUZ-Stelle

Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH (MFPA Leipzig GmbH)

Sitz: Hans-Weigel-Str. 2b - 04319 Leipzig/Germany
Geschäftsführer: Prof. Dr.-Ing. Frank Dehn
Handelsregister: Amtsgericht Leipzig HRB 17719
USt-Id Nr.: DE 813200649
Tel: +49 (0) 341 - 6582-0
Fax: +49 (0) 341 - 6582-135

1 Anlass und Auftrag

Die *fischerwerke GmbH & Co. KG* beauftragte am 16. November 2011 die *MFPA Leipzig GmbH* mit der Erstellung einer gutachterlichen Stellungnahme zum Tragverhalten des *fischer Superbond* bei einem Normbrand nach DIN EN 1363-1.

2 Grundlagen und Unterlagen der gutachterlichen Stellungnahme

Für die gutachterliche Stellungnahme werden folgende Unterlagen berücksichtigt:

- [1] Technischer Bericht *TR 020* vom (Mai 2004) der European Organisation for Technical Approvals (EOTA): *Evaluation of Anchorages in Concrete concerning Resistance to Fire*,
- [2] Technischer Bericht *TR 020, Abschnitt 4* (Entwurf Januar 2012) der European Organisation for Technical Approvals (EOTA): *Evaluation of Anchorages in Concrete concerning Resistance to Fire*,
- [3] Europäisch Technische Zulassung *ETA-12/0258* vom 08. August 2012 des *DIBt Berlin*: *Verbundübel in den Größen M8 bis M30 zur Verankerung im Beton*,
- [4] Prüfbericht *PB 3.2/11-242-1* vom 28. Juni 2012 der *MFPA Leipzig GmbH*: *fischer Superbond - Prüfung nach TR 020 (Mai 2004) zur Ermittlung der charakteristischen Stahlspannung unter Zugbeanspruchung*,
- [5] Prüfbericht *PB 3.2/12-293-1* vom 06. November 2012 der *MFPA Leipzig GmbH*: *fischer Superbond mit Stahl der Festigkeitsklasse 8.8 - Prüfung nach TR 020 (Mai 2004) zur Ermittlung der charakteristischen Stahlspannung unter Zugbeanspruchung*,
- [6] Prüfbericht *PB 3.2/11-243-1* vom 24. August 2012 der *MFPA Leipzig GmbH*: *Prüfung des charakteristischen Scherwiderstands der Verbundfläche unter Zugbeanspruchung bei erhöhten Temperaturen und*
- [7] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.: *Beton Brandschutz Handbuch*, Verlag Bau und Technik, 1999.

Neben diesen Unterlagen fließen umfangreiche Prüferfahrungen der *MFPA Leipzig GmbH* zum Brandverhalten von Befestigungsmitteln und Stahlbeton-Konstruktionen in die brandschutztechnische Beurteilung mit ein.

Gemäß [7] wurde für die gutachterliche Stellungnahme, insbesondere für das Erwärmungsverhalten von Stahlbetonbauteilen aus Normalbeton mit quarzitischen Zuschlägen, zugrundegelegt. In Bild 1 sind die Temperaturen für einseitig brandbeanspruchte Betonbauteile veranschaulicht.



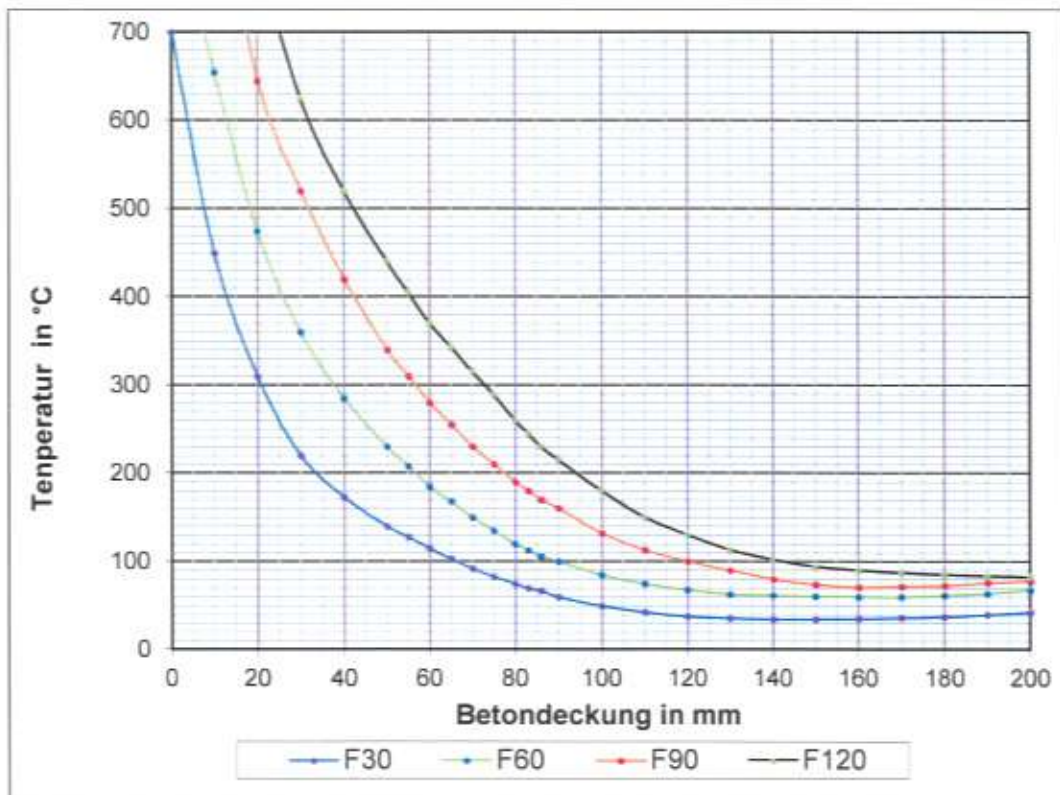


Bild 1: Temperaturen in Stahlbetonbauteilen nach 30, 60, 90 und 120 Minuten bei einseitiger Brandbeanspruchung nach EN 1363-1, Daten aus [7]

3 Beschreibung der zu beurteilenden Konstruktionen

In der europäischen technischen Zulassung [2] ist das System *fischer Superbond* detailliert beschrieben. Für Betonstahlabschnitte und Gewindestangen sind variable Verankerungstiefen zulässig. Das System kann sowohl mit *Injektionsmörtel FIS SB* oder mit *Mörtelpatrone RSB* montiert werden. Auf eine weitere Beschreibung des Injektionssystems wird an dieser Stelle verzichtet und auf [2] verwiesen.

4 Brandschutztechnische Bemessungskonzepte

Die Ermittlung der charakteristischen Werte des Widerstandes für den Brandfall erfolgte für die Versagensart Herausziehen aus dem Beton $N_{Rk,p,fi(t)}$ und Stahlversagen $N_{Rk,s,fi(t)}$. Basis hierfür sind die Prüfergebnisse bei erhöhten Temperaturen des Stahlversagens (siehe Prüfbericht PB 3.2/11-242-1 [4] und PB 3.2/12-293-1 [5]) und des Scherversagens der Verbundfläche (siehe Prüfbericht PB 3.2/11-243-1 [6]).

Die charakteristischen Kennwerte für das Stahlversagen bei zentrischem Zug sind in Tabelle 1 und 2 aufgeführt.



Tabelle 1: Charakteristische Zugtragfähigkeit $N_{Rk,s,fi(t)}$ in kN für das Stahlversagen *fischer Superbond* unter zentrischem Zug für Gewindestäbe d. Festigkeitsklasse 5,8, Daten aus [4]

| <i>fischer Superbond</i> | | M8 | M10 | M12 | M16 | M20 | M24 | M30 |
|--------------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 30 min | $N_{Rk,s,fi(30)}$ | 0,7 | 1,3 | 2,2 | 5,6 | 8,7 | 12,6 | 20,0 |
| 60 min | $N_{Rk,s,fi(60)}$ | 0,6 | 1,1 | 1,8 | 4,7 | 7,3 | 10,6 | 16,8 |
| 90 min | $N_{Rk,s,fi(90)}$ | 0,4 | 0,8 | 1,4 | 3,8 | 5,9 | 8,6 | 13,6 |
| 120 min | $N_{Rk,s,fi(120)}$ | 0,4 | 0,7 | 1,2 | 3,3 | 5,2 | 7,6 | 12,0 |

Tabelle 2: Charakteristische Zugtragfähigkeit $N_{Rk,s,fi(t)}$ in kN für das Stahlversagen des *fischer Superbond* unter zentrischem Zug für Gewindestäbe d. Festigkeitsklasse 8,8, Daten aus [5]

| <i>fischer Superbond</i> | | M8 | M10 | M12 | M16 | M20 | M24 | M30 |
|--------------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 30 min | $N_{Rk,s,fi(30)}$ | 1,3 | 2,3 | 3,9 | 9,8 | 15,4 | 22,2 | 35,3 |
| 60 min | $N_{Rk,s,fi(60)}$ | 1,0 | 1,8 | 3,0 | 7,7 | 12,0 | 17,3 | 27,6 |
| 90 min | $N_{Rk,s,fi(90)}$ | 0,7 | 1,3 | 2,2 | 5,5 | 8,6 | 12,5 | 19,8 |
| 120 min | $N_{Rk,s,fi(120)}$ | 0,6 | 1,0 | 1,7 | 4,4 | 6,9 | 10,0 | 16,0 |

Der charakteristische Widerstand der Verankerung gegen Herausziehen aus Beton ist durch Gleichung

$$N_{Rk,p,fi(t)} = h_{ef} \cdot d \cdot \pi \cdot \tau_{Rk,p,fi(t)} \quad (2)$$

mit der effektiven Verankerungstiefe mit h_{ef} , dem Gewindedurchmesser d und dem Scherwiderstand $\tau_{Rk,p,fi(t)}$ bestimmt. Der Scherwiderstand kann durch die Gleichung

$$\tau_{Rk,p,fi(\theta)} = 9083 \cdot \theta_{c,d}^{-1,587} \quad (3)$$

wie in [5] beschrieben als Funktion der Betontemperatur $\theta_{c,d}$ angegeben werden. Ist die Betontemperatur bekannt, so kann die charakteristische Zugbelastung mit

$$N_{Rk,p,fi(t)} = h_{ef} \cdot d \cdot \pi \cdot 9083 \cdot \theta_{c,d}^{-1,587} \quad (4)$$

bestimmt werden.

Die charakteristischen Werte der Versagensarten Stahlversagen bzw. Herausziehen aus dem Mörtel sind in Abhängigkeit der variablen Verankerungstiefe zu berechnen. Die Bemessung des Injektionssystems *fischer Superbond* erfolgte nach TR 020, Gleichung 2.1. Der Teilsicherheitsfaktor der Widerstände unter Brandbeanspruchung ist $\gamma_{M,fi} = 1,0$. Für die Bemessung ist der kleinere Widerstand

$$N_{Rd,fi(t)} = \min(N_{Rk,p,fi(t)}, N_{Rk,s,fi(t)}) \quad (3)$$

der beiden möglichen Versagensfälle Stahlzugversagen und Herausziehen aus dem Beton anzuwenden.

Entsprechend der in Bild 1 grafisch ausgewerteten Temperaturverteilung bei einseitiger Brandbeanspruchung zu den Brandzeiten 30, 60, 90 und 120 Minuten wurden die charakteristischen Zugbelastungen $N_{Rk,p,\bar{f}_i(t)}$ für verschiedenen Verankerungstiefen berechnet und den charakteristischen Zugtragfähigkeiten $N_{Rk,s,\bar{f}_i(t)}$ des Stahlversagens gegenübergestellt. Die Werte für Stahlsorten A4-70 und C70 wurden durch Abmindern der ermittelten Stahlzugfestigkeiten der Festigkeitsklassen 8.8 ermittelt. In Tabelle 3 bzw. 4, 5 bzw. 6 und 7 bzw. 8 sind die resultierenden maximalen Zugtragfähigkeiten $N_{Rd,\bar{f}_i(t)}$ als Funktionen der Verankerungstiefe für Ankerstangen bzw. Innengewindeanker zusammengestellt.

Tabelle 3: Maximale Zugbelastung in Abhängigkeit von der Brandbeanspruchung des fischer Superbonds mit Ankerstangen der Festigkeitsklasse 5.8, aus nichtrostendem Stahl der Werkstoffgüte A4 - 50 oder hochkorrosionsbeständigen Stahl C50

| Gewinde | Bohrnendurchmesser in mm | Verankerungstiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsdauer | | | |
|---------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| | | | F30 | F60 | F90 | F120 |
| M8 | 10 | 60 | 0,70 | 0,60 | 0,40 | 0,40 |
| M10 | 12 | 60 | 1,30 | 1,10 | 0,80 | 0,66 |
| | | 65 | 1,30 | 1,10 | 0,80 | 0,70 |
| M12 | 14 | 70 | 1,12 | 1,12 | 1,40 | 1,12 |
| | | | 2,20 | 1,80 | 1,40 | 1,20 |
| M16 | 18 | 80 | 5,60 | 4,70 | 3,17 | 2,07 |
| | | 83 | 5,60 | 4,70 | 3,52 | 2,28 |
| | | 86 | 5,60 | 4,70 | 3,80 | 2,51 |
| | | 90 | 5,60 | 4,70 | 3,80 | 2,86 |
| | | 100 | 5,60 | 4,70 | 3,80 | 3,30 |
| M20 | 24 | 90 | 8,70 | 7,30 | 5,56 | 3,57 |
| | | 95 | 8,70 | 7,30 | 5,90 | 4,22 |
| | | 100 | 8,70 | 7,30 | 5,90 | 4,87 |
| | | 105 | 8,70 | 7,30 | 5,90 | 5,20 |
| M24 | 28 | 100 | 12,60 | 10,60 | 8,60 | 5,84 |
| | | 110 | 12,60 | 10,60 | 8,60 | 7,6 |
| M30 | 35 | 120 | 20,00 | 12,00 | 13,60 | 12,00 |

grau hinterlegt = Stahlversagen maßgebend



Tabelle 4: Maximale Zugbelastung in Abhängigkeit von der Brandbeanspruchung des fischer Superbonds mit Innengewindeanker RG MI der Festigkeitsklasse 5.8

| Gewinde | Bohrnendurchmesser in mm | Verankerungstiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsdauer | | | |
|---------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|
| | | | R30 | R60 | R90 | R120 |
| M8 | 14 | 90 | 0,70 | 0,60 | 0,40 | 0,40 |
| M10 | 18 | 90 | 1,30 | 1,10 | 0,80 | 0,70 |
| M12 | 20 | 125 | 2,20 | 1,80 | 1,40 | 1,20 |
| M16 | 24 | 160 | 5,60 | 4,70 | 3,80 | 3,30 |
| M20 | 32 | 200 | 8,70 | 7,30 | 5,90 | 5,20 |

Tabelle 5: Maximale Zugbelastung in Abhängigkeit von der Brandbeanspruchung des fischer Superbonds mit Ankerstangen aus nichtrostendem Edelstahl A4-70 oder hochkorrosionsbeständigem Stahl C-70

| Gewinde | Bohrnendurchmesser in mm | Verankerungstiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsdauer | | | |
|---------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| | | | R30 | R60 | R90 | R120 |
| M8 | 10 | 60 | 1,14 | 0,88 | 0,61 | 0,53 |
| M10 | 12 | 60 | 2,01 | 1,58 | 0,96 | 0,66 |
| | | 65 | 2,01 | 1,58 | 1,14 | 0,79 |
| | | 70 | 2,01 | 1,58 | 1,14 | 0,88 |
| M12 | 14 | 70 | 3,41 | 2,63 | 1,67 | 1,12 |
| | | 75 | 3,41 | 2,63 | 1,93 | 1,32 |
| | | 80 | 3,41 | 2,63 | 1,93 | 1,49 |
| M16 | 18 | 80 | 8,58 | 6,03 | 3,17 | 2,07 |
| | | 83 | 8,58 | 6,74 | 3,52 | 2,28 |
| | | 86 | 8,58 | 6,74 | 3,90 | 2,51 |
| | | 90 | 8,58 | 6,74 | 4,45 | 2,86 |
| | | 100 | 8,58 | 6,74 | 4,81 | 3,85 |
| M20 | 24 | 90 | 13,48 | 10,50 | 5,56 | 3,57 |
| | | 100 | 13,48 | 10,50 | 7,53 | 4,87 |
| | | 110 | 13,48 | 10,50 | 7,53 | 6,04 |
| M24 | 28 | 100 | 19,43 | 15,14 | 9,19 | 5,84 |
| | | 110 | 19,43 | 15,14 | 10,94 | 7,92 |
| | | 120 | 19,43 | 15,14 | 10,94 | 8,75 |
| M30 | 35 | 120 | 30,89 | 24,15 | 17,33 | 13,26 |
| | | 130 | 30,89 | 24,15 | 17,33 | 14,00 |

grau hinterlegt = Stahlversagen maßgebend

Tabelle 6: Maximale Zugbelastung in Abhängigkeit von der Brandbeanspruchung des fischer Superbonds mit Innengewindeanker aus nichtrostendem Edelstahl A4-70 oder aus hochkorrosionsbeständigem Stahl C-70

| Gewinde | Bohrnendurchmesser in mm | Verankerungstiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsdauer | | | |
|---------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------|------|------|
| | | | F30 | F60 | F90 | F120 |
| M8 | 14 | 90 | 1,14 | 0,88 | 0,61 | 0,53 |
| M10 | 18 | 90 | 2,01 | 1,58 | 1,14 | 0,88 |
| M12 | 20 | 125 | 3,41 | 2,63 | 1,93 | 1,49 |
| M16 | 24 | 160 | 8,58 | 6,74 | 4,81 | 3,85 |
| M20 | 32 | 200 | 13,48 | 10,50 | 7,53 | 6,04 |

Tabelle 7: Maximale Zugbelastung in Abhängigkeit von der Brandbeanspruchung des fischer Superbonds mit Ankerstangen aus Stahl der Festigkeitsklasse 8.8, aus nichtrostendem Stahl der Werkstoffgüte A4 - 80 oder hochkorrosionsbeständigen Stahl C80

| Gewinde | Bohrnendurchmesser in mm | Verankerungstiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsdauer | | | |
|---------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| | | | F30 | F60 | F90 | F120 |
| M8 | 10 | 60 | 1,30 | 1,00 | 0,70 | 0,53 |
| | | 65 | 1,30 | 1,00 | 0,70 | 0,60 |
| M10 | 12 | 60 | 2,30 | 1,73 | 0,96 | 0,66 |
| | | 65 | 2,30 | 1,80 | 1,16 | 0,79 |
| | | 70 | 2,30 | 1,80 | 1,30 | 0,94 |
| | | 75 | 2,30 | 1,80 | 1,30 | 1,00 |
| M12 | 14 | 70 | 3,90 | 3,00 | 1,67 | 1,12 |
| | | 75 | 3,90 | 3,00 | 2,00 | 1,32 |
| | | 80 | 3,90 | 3,00 | 2,20 | 1,55 |
| | | 83 | 3,90 | 3,00 | 2,20 | 1,70 |
| M16 | 18 | 80 | 9,80 | 6,03 | 3,17 | 2,07 |
| | | 83 | 9,80 | 6,75 | 3,52 | 2,28 |
| | | 86 | 9,80 | 7,54 | 3,90 | 2,51 |
| | | 90 | 9,80 | 7,70 | 4,45 | 2,86 |
| | | | 9,80 | 7,70 | 5,50 | 3,90 |
| | | 100 | 9,80 | 7,70 | 5,50 | 4,40 |
| M20 | 24 | 90 | 15,40 | 10,88 | 5,56 | 3,57 |
| | | 100 | 15,40 | 12,00 | 7,66 | 4,87 |
| | | 110 | 15,40 | 12,00 | 8,60 | 6,60 |
| | | 120 | 15,40 | 12,00 | 8,60 | 6,90 |
| M24 | 28 | 100 | 22,20 | 17,30 | 9,19 | 5,84 |
| | | 110 | 22,20 | 17,30 | 12,50 | 7,92 |
| | | 120 | 22,20 | 17,30 | 12,50 | 10,00 |
| M30 | 35 | 120 | 35,30 | 27,60 | 19,80 | 13,26 |
| | | 130 | 35,30 | 27,60 | 19,80 | 16,00 |

grau hinterlegt = Stahlversagen maßgebend

Tabelle 8: Maximale Zugbelastung in Abhängigkeit von der Brandbeanspruchung des fischer Superbonds mit Innengewindeanker RG MI aus Stahl der Festigkeitsklasse 8.8

| Gewinde | Bohrmessedurchmesser in mm | Verankerungstiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsdauer | | | |
|---------|----------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------|------|------|
| | | | R30 | R60 | R90 | R120 |
| M8 | 14 | 90 | 1,30 | 1,00 | 0,70 | 0,60 |
| M10 | 18 | 90 | 2,30 | 1,80 | 1,30 | 1,00 |
| M12 | 20 | 125 | 3,90 | 3,00 | 2,20 | 1,70 |
| M16 | 24 | 160 | 9,80 | 7,70 | 5,50 | 4,40 |
| M20 | 32 | 200 | 15,40 | 12,00 | 8,60 | 6,90 |

grau hinterlegt = Stahlversagen maßgebend

Die charakteristischen Werte der Versagensarten Betonausbruch sind in Abhängigkeit der variablen Verankerungstiefe mit Gleichung 2.11 und 2.12 nach TR 020 zu berechnen.

5 Besondere Hinweise

Die Beurteilung gilt für den *fischer Superbond* in gerissenem sowie ungerissenem Beton, der unter Einhaltung der Montagebestimmungen der oben genannten Europäischen Technischen Zulassung [3] eingebaut wird.

Die Beurteilung gilt allgemein für eine einseitige Brandbeanspruchung der Bauteile. Bei mehrseitiger Brandbeanspruchung kann das Nachweisverfahren nur dann verwendet werden, wenn der Randabstand des Dübels $c \geq 300$ mm und $\geq 2 h_{\text{eff}}$ beträgt.

Eine Übertragung der an Stahl der Mindestfestigkeitsklasse 5.8 ermittelten zulässigen Lasten auf das Injektionssystem *fischer Superbond* mit Betonstahl BSt 500 S und auf Innengewindeanker RG MI oder Ankerstangen aus Edelstahl rostfrei (1.4401, 1.4571 und 1.4404) ist wegen des günstigeren Hochtemperaturverhaltens dieser Stähle gegenüber Stahl der Festigkeitsklasse 5.8 zulässig (vgl. Anlage). Alle Angaben der charakteristischen Zugtragfähigkeitswerte sind sowohl für die Montage mit Mörtel FIS SB als auch mit Patrone RSB gültig.

Auf dieser Grundlage angegebenen Lasten gelten auch für Querkzug und/oder Schrägzug.

Die Beurteilung gilt nur in Verbindung mit Stahlbetondecken der Festigkeitsklasse $\geq C 20/25$ und $\leq C 50/60$ nach EN 206-1: 2000-12, die mindestens in die Feuerwiderstandsklasse eingestuft werden können, die der Feuerwiderstandsdauer der Dübel entspricht.

Diese gutachterliche Stellungnahme ersetzt nicht einen im deutschen bauaufsichtlichen Verfahren erforderlichen Verwendbarkeitsnachweis.

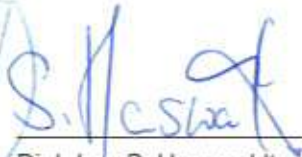


Die Ergebnisse der Prüfungen beziehen sich ausschließlich auf die beschriebenen Prüfgegenstände und nicht auf die Grundgesamtheit. Dieses Dokument ersetzt keinen Konformitäts- oder Verwendbarkeitsnachweis im Sinne der Bauordnungen (national/ europäisch).

Leipzig, den 13. November 2012



Dr.-Ing. P. Nause
Geschäftsbereichsleiter



Dipl.-Ing. S. Hauswaldt
Arbeitsgruppenleiter und Bearbeiter

Anlage (8 Seiten): Tabellen der Charakteristischen Zugbelastung von Ankern aus BSt 500

Tabelle 1: fischer Superbond mit 8er BSt 500 als Ankeranwendung (Betonstahl ist nicht dem Brand ausgesetzt)

| Stabdurch- messer in mm | Bohrmenndurch- messer in mm | Verankerungs- tiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsdauer in kN | | | |
|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|------|
| | | | R30 | R60 | R90 | R120 |
| 8 | 10 oder 12 | 60 | 2,92 | 1,38 | 0,77 | 0,53 |
| | | 65 | 3,59 | 1,69 | 0,93 | 0,63 |
| | | 70 | 4,38 | 2,06 | 1,11 | 0,75 |
| | | 75 | 5,33 | 2,49 | 1,33 | 0,88 |
| | | 80 | 6,44 | 3,01 | 1,59 | 1,04 |
| | | 85 | 7,20 | 3,37 | 1,76 | 1,14 |
| | | 90 | 9,30 | 4,35 | 1,95 | 1,26 |
| | | 100 | 13,25 | 6,08 | 2,22 | 1,43 |
| | | 110 | 18,40 | 8,26 | 3,06 | 1,95 |
| | | 120 | 24,82 | 10,87 | 4,17 | 2,64 |
| | | 130 | 25,13 | 13,86 | 5,56 | 3,54 |
| | | 140 | 25,13 | 17,08 | 7,21 | 4,66 |
| | | 150 | 25,13 | 20,39 | 9,19 | 6,02 |
| | | 160 | 25,13 | 23,76 | 11,51 | 7,60 |

grau hinterlegt = Stahlversagen maßgebend

Tabelle 2: fischer Superbond mit 10er BSt 500 als Ankeranwendung (Betonstahl ist nicht dem Brand ausgesetzt)

| Stabdurch- messer in mm | Bohrmenndurch- messer in mm | Verankerungs- tiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsdauer in kN | | | |
|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| | | | R30 | R60 | R90 | R120 |
| 10 | 12 oder 14 | 60 | 3,65 | 1,73 | 0,96 | 0,66 |
| | | 65 | 4,49 | 2,11 | 1,16 | 0,79 |
| | | 70 | 5,48 | 2,57 | 1,39 | 0,94 |
| | | 75 | 6,66 | 3,12 | 1,67 | 1,10 |
| | | 80 | 8,05 | 3,77 | 1,98 | 1,29 |
| | | 85 | 9,01 | 4,22 | 2,20 | 1,43 |
| | | 90 | 11,62 | 5,44 | 2,78 | 1,79 |
| | | 100 | 16,56 | 7,60 | 3,83 | 2,44 |
| | | 110 | 23,00 | 10,33 | 5,21 | 3,30 |
| | | 120 | 31,03 | 13,58 | 6,94 | 4,42 |
| | | 130 | 39,27 | 17,32 | 9,02 | 5,82 |
| | | 140 | 39,27 | 21,35 | 11,49 | 7,53 |
| | | 150 | 39,27 | 25,49 | 14,39 | 9,50 |
| | | 160 | 39,27 | 29,70 | 17,57 | 11,68 |
| | | 170 | 39,27 | 33,96 | 20,83 | 14,00 |
| | | 180 | 39,27 | 33,96 | 24,01 | 16,43 |
| | | 190 | 39,27 | 38,14 | 27,06 | 18,94 |
| | | 200 | 39,27 | 36,65 | 29,95 | 21,51 |

grau hinterlegt = Stahlversagen maßgebend



Tabelle 3: fischer Superbond mit 12er BSt 500 als Ankeranwendung (Betonstahl ist nicht dem Brand ausgesetzt)

| Stabdurch- messer in mm | Bohrnendurch- messer in mm | Verankerungs- tiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsdauer in kN | | | |
|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| | | | R30 | R60 | R90 | R120 |
| 12 | 14 oder 16 | 70 | 6,58 | 3,09 | 1,15 | 0,80 |
| | | 75 | 7,99 | 3,74 | 1,39 | 0,95 |
| | | 80 | 9,66 | 4,52 | 1,67 | 1,12 |
| | | 85 | 12,06 | 5,65 | 2,38 | 1,55 |
| | | 90 | 13,95 | 6,53 | 2,64 | 1,71 |
| | | 100 | 19,87 | 9,13 | 2,92 | 1,89 |
| | | 110 | 27,60 | 12,39 | 3,34 | 2,14 |
| | | 120 | 37,23 | 16,30 | 4,60 | 2,92 |
| | | 130 | 48,34 | 20,79 | 6,26 | 3,96 |
| | | 140 | 56,55 | 25,63 | 8,33 | 5,30 |
| | | 150 | 56,55 | 30,59 | 10,82 | 6,99 |
| | | 160 | 56,55 | 35,65 | 13,79 | 9,03 |
| | | 170 | 56,55 | 40,76 | 17,26 | 11,40 |
| | | 180 | 56,55 | 45,77 | 21,08 | 14,02 |
| | | 190 | 56,55 | 50,55 | 24,99 | 16,80 |
| | | 200 | 56,55 | 54,98 | 28,81 | 19,72 |
| | | 210 | 56,55 | 56,55 | 32,47 | 22,73 |
| | | 220 | 56,55 | 56,55 | 35,94 | 25,81 |
| | | 230 | 56,55 | 56,55 | 38,83 | 28,35 |
| | | 240 | 56,55 | 56,55 | 41,32 | 30,47 |

grau hinterlegt = Stahlversagen maßgebend



Tabelle 4: fischer Superbond mit 14er BSt 500 als Ankeranwendung (Betonstahl ist nicht dem Brand ausgesetzt)

| Stabdurch- messer in mm | Bohrnendurch- messer in mm | Verankerungs- tiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsdauer in kN | | | |
|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| | | | R30 | R60 | R90 | R120 |
| 14 | 18 | 75 | 9,33 | 4,36 | 2,33 | 1,54 |
| | | 80 | 11,27 | 5,27 | 2,78 | 1,81 |
| | | 85 | 14,07 | 6,60 | 3,41 | 2,20 |
| | | 90 | 16,27 | 7,62 | 3,89 | 2,50 |
| | | 100 | 23,18 | 10,65 | 5,36 | 3,41 |
| | | 110 | 32,20 | 14,46 | 7,30 | 4,62 |
| | | 120 | 43,44 | 19,02 | 9,72 | 6,19 |
| | | 130 | 56,40 | 24,25 | 12,63 | 8,15 |
| | | 140 | 70,24 | 29,90 | 16,09 | 10,54 |
| | | 150 | 76,97 | 35,68 | 20,14 | 13,30 |
| | | 160 | 76,97 | 41,59 | 24,60 | 16,36 |
| | | 170 | 76,97 | 47,55 | 29,16 | 19,60 |
| | | 180 | 76,97 | 53,40 | 33,61 | 23,00 |
| | | 190 | 76,97 | 58,97 | 37,88 | 26,52 |
| | | 200 | 76,97 | 64,15 | 41,93 | 30,11 |
| | | 210 | 76,97 | 69,58 | 45,30 | 33,08 |
| | | 220 | 76,97 | 75,60 | 48,21 | 35,55 |
| | | 230 | 76,97 | 76,97 | 51,11 | 38,03 |
| | | 240 | 76,97 | 76,97 | 54,01 | 40,51 |
| | | 250 | 76,97 | 76,97 | 56,91 | 42,98 |
| | | 260 | 76,97 | 76,97 | 59,82 | 45,46 |
| | | 270 | 76,97 | 76,97 | 62,72 | 47,94 |
| | | 280 | 76,97 | 76,97 | 65,62 | 50,41 |

grau hinterlegt = Stahlversagen maßgebend



Tabelle 5: fischer Superbond mit 16er BSt 500 als Ankeranwendung (Betonstahl ist nicht dem Brand ausgesetzt)

| Stabdurch- messer in mm | Bohrnenndurch- messer in mm | Verankerungs- tiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsdauer in kN | | | |
|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|-------|
| | | | R30 | R60 | R90 | R120 |
| 16 | 20 | 80 | 12,88 | 6,03 | 3,17 | 2,07 |
| | | 85 | 16,08 | 7,54 | 3,90 | 2,51 |
| | | 90 | 18,60 | 8,71 | 4,45 | 2,86 |
| | | 100 | 26,49 | 12,17 | 6,13 | 3,90 |
| | | 110 | 36,80 | 16,53 | 8,34 | 5,28 |
| | | 120 | 49,64 | 21,73 | 11,11 | 7,07 |
| | | 130 | 64,46 | 27,72 | 14,43 | 9,32 |
| | | 140 | 80,28 | 34,17 | 18,39 | 12,04 |
| | | 150 | 96,46 | 40,78 | 23,02 | 15,20 |
| | | 160 | 100,53 | 47,53 | 28,11 | 18,69 |
| | | 170 | 100,53 | 54,34 | 33,32 | 22,40 |
| | | 180 | 100,53 | 61,03 | 38,42 | 26,29 |
| | | 190 | 100,53 | 67,39 | 43,29 | 30,30 |
| | | 200 | 100,53 | 73,31 | 47,92 | 34,41 |
| | | 210 | 100,53 | 79,52 | 51,77 | 37,80 |
| | | 220 | 100,53 | 86,40 | 55,09 | 40,63 |
| | | 230 | 100,53 | 93,28 | 58,41 | 43,46 |
| | | 240 | 100,53 | 100,16 | 61,73 | 46,29 |
| | | 250 | 100,53 | 100,53 | 65,05 | 49,12 |
| | | 260 | 100,53 | 100,53 | 68,36 | 51,95 |
| | | 270 | 100,53 | 100,53 | 71,68 | 54,79 |
| | | 280 | 100,53 | 100,53 | 75,00 | 57,62 |
| | | 290 | 100,53 | 100,53 | 78,32 | 60,45 |
| | | 300 | 100,53 | 100,53 | 81,63 | 63,28 |
| | | 310 | 100,53 | 100,53 | 84,95 | 66,11 |
| | | 320 | 100,53 | 100,53 | 88,27 | 68,94 |
| | | 330 | 100,53 | 100,53 | 91,59 | 71,77 |
| | | 340 | 100,53 | 100,53 | 94,90 | 74,60 |

grau hinterlegt = Stahlversagen maßgebend



Tabelle 6: fischer Superbond mit 20er BSt 500 als Ankeranwendung (Betonstahl ist nicht dem Brand ausgesetzt)

| Stabdurch- messer in mm | Bohrnendurch- messer in mm | Verankerungs- tiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsdauer in kN | | | |
|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| | | | R30 | R60 | R90 | R120 |
| 20 | 25 | 90 | 23,25 | 10,88 | 5,56 | 3,57 |
| | | 100 | 33,12 | 15,21 | 7,66 | 4,87 |
| | | 110 | 46,01 | 20,66 | 10,43 | 6,60 |
| | | 120 | 62,05 | 27,17 | 13,89 | 8,84 |
| | | 130 | 80,57 | 34,65 | 18,04 | 11,65 |
| | | 140 | 100,35 | 42,71 | 22,98 | 15,05 |
| | | 150 | 120,58 | 50,98 | 28,77 | 19,00 |
| | | 160 | 140,58 | 59,41 | 35,14 | 23,36 |
| | | 170 | 157,08 | 67,93 | 41,65 | 28,01 |
| | | 180 | 157,08 | 76,28 | 48,02 | 32,86 |
| | | 190 | 157,08 | 84,24 | 54,12 | 37,88 |
| | | 200 | 157,08 | 91,64 | 59,91 | 43,02 |
| | | 210 | 157,08 | 99,40 | 64,72 | 47,25 |
| | | 220 | 157,08 | 108,00 | 68,87 | 50,79 |
| | | 230 | 157,08 | 116,60 | 73,01 | 54,33 |
| | | 240 | 157,08 | 125,20 | 77,16 | 57,87 |
| | | 250 | 157,08 | 133,80 | 81,31 | 61,41 |
| | | 260 | 157,08 | 142,39 | 85,45 | 64,94 |
| | | 270 | 157,08 | 150,99 | 89,60 | 68,48 |
| | | 280 | 157,08 | 157,08 | 93,75 | 72,02 |
| | | 290 | 157,08 | 157,08 | 97,89 | 75,56 |
| | | 300 | 157,08 | 157,08 | 102,04 | 79,10 |
| | | 310 | 157,08 | 157,08 | 106,19 | 82,63 |
| | | 320 | 157,08 | 157,08 | 110,34 | 86,17 |
| | | 330 | 157,08 | 157,08 | 114,48 | 89,71 |
| | | 340 | 157,08 | 157,08 | 118,63 | 93,25 |
| | | 350 | 157,08 | 157,08 | 122,78 | 96,79 |
| | | 360 | 157,08 | 157,08 | 126,92 | 100,32 |
| | | 370 | 157,08 | 157,08 | 131,07 | 103,86 |
| | | 380 | 157,08 | 157,08 | 135,22 | 107,40 |
| | | 390 | 157,08 | 157,08 | 139,37 | 110,94 |
| | | 400 | 157,08 | 157,08 | 143,51 | 114,48 |

grau hinterlegt = Stahlversagen maßgebend



Tabelle 7: fischer Superbond mit 25er BSt 500 als Ankeranwendung (Betonstahl ist nicht dem Brand ausgesetzt)

| Stabdurch- messer in mm | Bohrerndurch- messer in mm | Verankerungs- tiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsdauer in kN | | | |
|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| | | | R30 | R60 | R90 | R120 |
| 25 | 30 | 100 | 41,40 | 19,01 | 9,57 | 6,09 |
| | | 110 | 57,51 | 25,82 | 13,04 | 8,25 |
| | | 120 | 77,56 | 33,96 | 17,36 | 11,05 |
| | | 130 | 100,71 | 43,31 | 22,54 | 14,56 |
| | | 140 | 125,44 | 53,39 | 28,73 | 18,82 |
| | | 150 | 150,72 | 63,72 | 35,96 | 23,75 |
| | | 160 | 175,72 | 74,26 | 43,92 | 29,21 |
| | | 170 | 199,90 | 84,91 | 52,06 | 35,01 |
| | | 180 | 223,05 | 95,36 | 60,02 | 41,08 |
| | | 190 | 244,57 | 105,30 | 67,65 | 47,35 |
| | | 200 | 245,43 | 114,54 | 74,88 | 53,77 |
| | | 210 | 245,43 | 124,25 | 80,90 | 59,07 |
| | | 220 | 245,43 | 135,00 | 86,08 | 63,49 |
| | | 230 | 245,43 | 145,75 | 91,27 | 67,91 |
| | | 240 | 245,43 | 156,49 | 96,45 | 72,33 |
| | | 250 | 245,43 | 167,24 | 101,63 | 76,76 |
| | | 260 | 245,43 | 177,99 | 106,82 | 81,18 |
| | | 270 | 245,43 | 188,74 | 112,00 | 85,60 |
| | | 280 | 245,43 | 199,49 | 117,18 | 90,02 |
| | | 290 | 245,43 | 210,24 | 122,37 | 94,45 |
| | | 300 | 245,43 | 220,99 | 127,55 | 98,87 |
| | | 310 | 245,43 | 231,74 | 132,74 | 103,29 |
| | | 320 | 245,43 | 242,49 | 137,92 | 107,71 |
| | | 330 | 245,43 | 245,43 | 143,10 | 112,14 |
| | | 340 | 245,43 | 245,43 | 148,29 | 116,56 |
| | | 350 | 245,43 | 245,43 | 153,47 | 120,98 |
| | | 360 | 245,43 | 245,43 | 158,66 | 125,41 |
| | | 370 | 245,43 | 245,43 | 163,84 | 129,83 |
| | | 380 | 245,43 | 245,43 | 169,02 | 134,25 |
| | | 390 | 245,43 | 245,43 | 174,21 | 138,67 |
| | | 400 | 245,43 | 245,43 | 179,39 | 143,10 |
| | | 410 | 245,43 | 245,43 | 184,57 | 147,52 |
| | | 420 | 245,43 | 245,43 | 189,76 | 151,94 |
| | | 430 | 245,43 | 245,43 | 194,94 | 156,36 |
| | | 440 | 245,43 | 245,43 | 200,13 | 160,79 |
| | | 450 | 245,43 | 245,43 | 205,31 | 165,21 |
| | | 460 | 245,43 | 245,43 | 210,49 | 169,63 |
| | | 470 | 245,43 | 245,43 | 215,68 | 174,05 |
| | | 480 | 245,43 | 245,43 | 220,86 | 178,48 |
| | | 490 | 245,43 | 245,43 | 226,05 | 182,90 |
| | | 500 | 245,43 | 245,43 | 231,23 | 187,32 |

grau hinterlegt = Stahlversagen maßgebend



Tabelle 8: fischer Superbond mit 28er BSt 500 als Ankeranwendung (Betonstahl ist nicht dem Brand ausgesetzt)

| Stabdurch- messer in mm | Bohrnerndurch- messer in mm | Verankerungs- tiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsdauer in kN | | | |
|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| | | | R30 | R60 | R90 | R120 |
| 28 | 35 | 110 | 64,41 | 28,92 | 14,60 | 9,24 |
| | | 120 | 86,87 | 38,03 | 19,44 | 12,37 |
| | | 130 | 112,80 | 48,51 | 25,25 | 16,30 |
| | | 140 | 140,49 | 59,79 | 32,18 | 21,08 |
| | | 150 | 168,81 | 71,37 | 40,28 | 26,60 |
| | | 160 | 196,81 | 83,17 | 49,20 | 32,71 |
| | | 170 | 223,89 | 95,10 | 58,31 | 39,21 |
| | | 180 | 249,82 | 106,80 | 67,23 | 46,01 |
| | | 190 | 273,91 | 117,94 | 75,77 | 53,03 |
| | | 200 | 295,53 | 128,29 | 83,87 | 60,23 |
| | | 210 | 307,87 | 139,16 | 90,61 | 66,15 |
| | | 220 | 307,87 | 151,20 | 96,41 | 71,11 |
| | | 230 | 307,87 | 163,24 | 102,22 | 76,06 |
| | | 240 | 307,87 | 175,27 | 108,02 | 81,01 |
| | | 250 | 307,87 | 187,31 | 113,83 | 85,97 |
| | | 260 | 307,87 | 199,35 | 119,64 | 90,92 |
| | | 270 | 307,87 | 211,39 | 125,44 | 95,87 |
| | | 280 | 307,87 | 223,43 | 131,25 | 100,83 |
| | | 290 | 307,87 | 235,47 | 137,05 | 105,78 |
| | | 300 | 307,87 | 247,51 | 142,86 | 110,73 |
| | | 310 | 307,87 | 259,55 | 148,66 | 115,69 |
| | | 320 | 307,87 | 271,59 | 154,47 | 120,64 |
| | | 330 | 307,87 | 283,63 | 160,28 | 125,59 |
| | | 340 | 307,87 | 295,66 | 166,08 | 130,55 |
| | | 350 | 307,87 | 307,70 | 171,89 | 135,50 |
| | | 360 | 307,87 | 307,87 | 177,69 | 140,45 |
| | | 370 | 307,87 | 307,87 | 183,50 | 145,41 |
| | | 380 | 307,87 | 307,87 | 189,31 | 150,36 |
| | | 390 | 307,87 | 307,87 | 195,11 | 155,31 |
| | | 400 | 307,87 | 307,87 | 200,92 | 160,27 |
| | | 410 | 307,87 | 307,87 | 206,72 | 165,22 |
| | | 420 | 307,87 | 307,87 | 212,53 | 170,17 |
| | | 430 | 307,87 | 307,87 | 218,34 | 175,13 |
| | | 440 | 307,87 | 307,87 | 224,14 | 180,08 |
| | | 450 | 307,87 | 307,87 | 229,95 | 185,03 |
| | | 460 | 307,87 | 307,87 | 235,75 | 189,99 |
| | | 470 | 307,87 | 307,87 | 241,56 | 194,94 |
| | | 480 | 307,87 | 307,87 | 247,37 | 199,89 |
| | | 490 | 307,87 | 307,87 | 253,17 | 204,85 |
| | | 500 | 307,87 | 307,87 | 258,98 | 209,80 |
| | | 510 | 307,87 | 307,87 | 264,78 | 214,75 |
| | | 520 | 307,87 | 307,87 | 270,59 | 219,71 |
| | | 530 | 307,87 | 307,87 | 276,40 | 224,66 |
| | | 540 | 307,87 | 307,87 | 282,20 | 229,61 |
| | | 550 | 307,87 | 307,87 | 288,01 | 234,57 |
| | | 560 | 307,87 | 307,87 | 293,81 | 239,52 |

grau hinterlegt = Stahlversagen maßgebend



Tabelle 9: fischer Superbond mit 32er BSt 500 als Ankeranwendung (Betonstahl ist nicht dem Brand ausgesetzt)

| Stabdurch- messer in mm | Bohrnendurch- messer in mm | Verankerungs- tiefe in mm | Charakteristische Zugbelastung in Abhängig- keit von der Feuerwiderstandsdauer in kN | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| | | | R30 | R60 | R90 | R120 |
| 32 | 40 | 130 | 128,91 | 55,44 | 28,86 | 18,63 |
| | | 140 | 160,56 | 68,33 | 36,77 | 24,09 |
| | | 150 | 192,92 | 81,57 | 46,03 | 30,40 |
| | | 160 | 224,93 | 95,06 | 56,22 | 37,38 |
| | | 170 | 255,88 | 108,69 | 66,64 | 44,81 |
| | | 180 | 285,51 | 122,06 | 76,83 | 52,58 |
| | | 190 | 313,05 | 134,79 | 86,59 | 60,61 |
| | | 200 | 337,74 | 146,62 | 95,85 | 68,83 |
| | | 210 | 362,44 | 159,04 | 103,55 | 75,61 |
| | | 220 | 388,63 | 172,80 | 110,18 | 81,27 |
| | | 230 | 402,11 | 186,55 | 116,82 | 86,93 |
| | | 240 | 402,11 | 200,31 | 123,46 | 92,59 |
| | | 250 | 402,11 | 214,07 | 130,09 | 98,25 |
| | | 260 | 402,11 | 227,83 | 136,73 | 103,91 |
| | | 270 | 402,11 | 241,59 | 143,36 | 109,57 |
| | | 280 | 402,11 | 255,35 | 150,00 | 115,23 |
| | | 290 | 402,11 | 269,11 | 156,63 | 120,89 |
| | | 300 | 402,11 | 282,87 | 163,27 | 126,55 |
| | | 310 | 402,11 | 296,63 | 169,90 | 132,21 |
| | | 320 | 402,11 | 310,38 | 176,54 | 137,88 |
| | | 330 | 402,11 | 324,14 | 183,17 | 143,54 |
| | | 340 | 402,11 | 337,90 | 189,81 | 149,20 |
| | | 350 | 402,11 | 351,66 | 196,44 | 154,86 |
| | | 360 | 402,11 | 365,42 | 203,08 | 160,52 |
| | | 370 | 402,11 | 379,18 | 209,71 | 166,18 |
| | | 380 | 402,11 | 392,94 | 216,35 | 171,84 |
| | | 390 | 402,11 | 402,11 | 222,99 | 177,50 |
| | | 400 | 402,11 | 402,11 | 229,62 | 183,16 |
| | | 410 | 402,11 | 402,11 | 236,26 | 188,82 |
| | | 420 | 402,11 | 402,11 | 242,89 | 194,48 |
| | | 430 | 402,11 | 402,11 | 249,53 | 200,14 |
| | | 440 | 402,11 | 402,11 | 256,16 | 205,81 |
| | | 450 | 402,11 | 402,11 | 262,80 | 211,47 |
| | | 460 | 402,11 | 402,11 | 269,43 | 217,13 |
| | | 470 | 402,11 | 402,11 | 276,07 | 222,79 |
| | | 480 | 402,11 | 402,11 | 282,70 | 228,45 |
| | | 490 | 402,11 | 402,11 | 289,34 | 234,11 |
| | | 500 | 402,11 | 402,11 | 295,97 | 239,77 |
| | | 510 | 402,11 | 402,11 | 302,61 | 245,43 |
| | | 520 | 402,11 | 402,11 | 309,24 | 251,09 |
| | | 530 | 402,11 | 402,11 | 315,88 | 256,75 |
| | | 540 | 402,11 | 402,11 | 322,52 | 262,41 |
| | | 550 | 402,11 | 402,11 | 329,15 | 268,07 |
| | | 560 | 402,11 | 402,11 | 335,79 | 273,74 |
| | | 570 | 402,11 | 402,11 | 342,42 | 279,40 |
| | | 580 | 402,11 | 402,11 | 349,06 | 285,06 |
| | | 590 | 402,11 | 402,11 | 355,69 | 290,72 |
| | | 600 | 402,11 | 402,11 | 362,33 | 296,38 |
| | | 610 | 402,11 | 402,11 | 368,96 | 302,04 |
| | | 620 | 402,11 | 402,11 | 375,60 | 307,70 |
| | | 630 | 402,11 | 402,11 | 382,23 | 313,36 |
| | | 640 | 402,11 | 402,11 | 388,87 | 319,02 |

grau hinterlegt = Stahlversagen maßgebend

