

MFGPA Leipzig GmbH

Gesellschaft für Materialforschung
und Prüfungsanstalt für
das Bauwesen Leipzig mbH

Prüf-, Überwachungs- und Zerti-
fizierungsstelle für Baustoffe, Bau-
produkte und Bausysteme

Anerkannt nach Landesbauord-
nung (SAC02), notifiziert nach
Bauprodukten-
verordnung (NB 0800)

Geschäftsbereich VI: Zentrum für
Innovation und Berechnung

Geschäftsbereichsleiterin:
Dr.-Ing. Susanne Reichel
Tel.: +49 (0) 341-6582-106
Fax: +49 (0) 341-6582-135
s.reichel@mfgpa-leipzig.de

Arbeitsgruppe 6.1
FEM

Ansprechpartner*in
Dr.-Ing. Susanne Reichel
Tel.: +49 (0) 341-6582-106
s.reichel@mfgpa-leipzig.de

Gutachterliche Stellungnahme Nr. GS 6.1/21-060-3-r1

vom 22.02.2022

Ersatz für: Gutachterliche Stellungnahme Nr. GS 6.1/21-060-3 vom 22.11.2021

Gegenstand: Bewertung des Tragverhaltens von Bolzenankern BZ3 A4 und BZ3 HCR unter zentrischer Zugbeanspruchung sowie einseitiger thermischer Beanspruchung von 450°C in Kombination mit Betonkonstruktionen - Kurzfassung

Auftraggeber: **MKT Metall-Kunststoff-Technik GmbH & Co.KG**
Auf dem Immel 2
D-67685 Weilerbach

Bearbeiter: Dr.-Ing. Susanne Reichel

Dieses Dokument besteht aus 11 Seiten, inkl. 0 Anlagen.

Dieses Dokument darf nur ungekürzt vervielfältigt und veröffentlicht werden. Als rechtsverbindliche Form gilt die deutsche Schriftform mit Originalunterschriften und Originalstempel des/der Zeichnungsberechtigten. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der MFGPA Leipzig GmbH.

Inhaltsverzeichnis

1 Zielstellung und Vorgehensweise	3
2 Beschreibung der Konstruktion	4
3 Literatur	6
3.1 Verwendete Normen, Richtlinien und Regelwerke	6
3.2 Referenzdokumente	6
3.2.1 ETAs und Verwendbarkeitsnachweise	6
3.2.2 Gutachten, Ergebnisberichte und Prüfberichte	6
4 Beurteilung der Leistungsfähigkeit	7
4.1 Brandschutztechnisches Bemessungskonzept	7
4.2 Stahlversagen	7
4.3 Herausziehen	8
4.4 Betonausbruch	8
5 Besondere Hinweise/Anwendungsgrenzen	10
6 Unterschriften	11

1 Zielstellung und Vorgehensweise

Die MFPA Leipzig GmbH wurde von der MKT Metall-Kunststoff-Technik GmbH & Co.KG beauftragt, eine Bewertung des Tragverhaltens von Bolzenankern BZ3 A4 und BZ3 HCR unter zentrischer Zugbeanspruchung sowie einseitiger thermischer Beanspruchung von konstant 450°C vorzunehmen. Die für Anwendungen im Tunnelbau relevante konstante Temperatur soll für eine Dauer der thermischen Beanspruchung von bis zu 300min nachgewiesen werden. Die Bewertung basiert auf den Ergebnissen von Brandversuchen und Finite-Elemente-Berechnungen und umfasst die Versagensarten „Stahlversagen“, „Herausziehen“ und „Betonausbruch“.

Das vorliegende Dokument enthält eine Zusammenfassung des Bemessungskonzepts für die Nachweisführung sowie die zugehörigen charakteristischen Zugtragfähigkeiten. Für eine ausführliche Herleitung der Tragfähigkeitsgrößen sei auf [G1] verwiesen.

2 Beschreibung der Konstruktion

Die vorliegende gutachterliche Stellungnahme umfasst Bolzenanker BZ3 A4 und BZ3 HCR zur Verankerung in Betonkonstruktionen, die aus einem Bolzen, einer Sprezhülse sowie einer Sechskantmutter mit Unterlegscheibe bestehen.

Die Verankerung erfolgt durch kraftkontrollierte Aufweitung der Sprezhülse im Bohrloch. Mit [P1] liegt für die Bolzenanker BZ3 A4 und BZ3 HCR eine aktuelle Europäische Technische Bewertung vor, die den Einsatz unter statischer und quasi-statischer Beanspruchung in bewehrtem und unbewehrtem Normalbeton der Festigkeitsklasse von mindestens C20/25 und höchstens C50/60 gemäß [N1] zulässt. Die Geometrie der Bolzenanker ist in Abbildung 1 ausgewiesen. Bei der Montage der Bolzenanker sind die entsprechenden Herstellerangaben zu beachten.

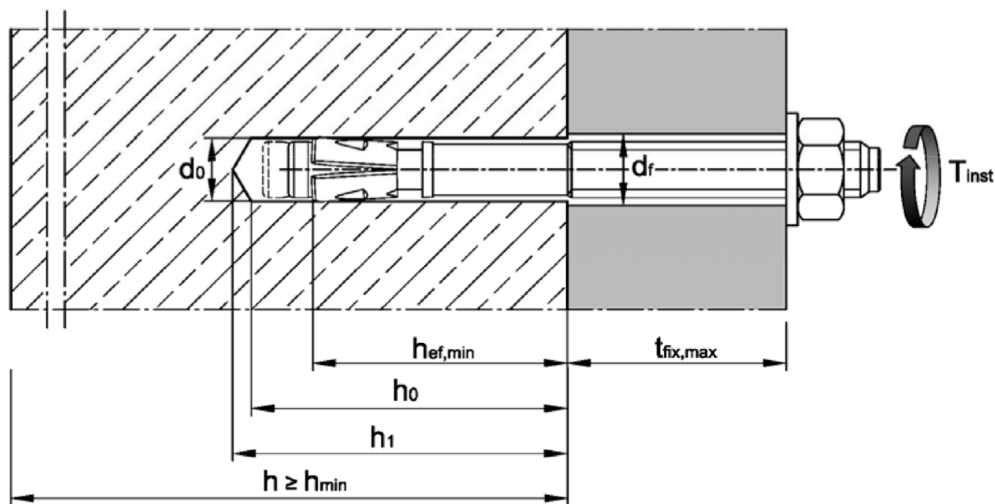


Abbildung 1: Bolzenanker BZ3 A4 und BZ3 HCR: Geometrieigenschaften im Einbauzustand, aus [P1]

In Abbildung 2 sind die Montagekennwerte der Bolzenanker spezifiziert.

Dübelgröße			BZ3 / BZ3 A4 / BZ3 HCR				
			M8	M10	M12	M16	
Bohrennenndurchmesser	d_0	[mm]	8	10	12	16	
Bohrerschneidendurchmesser	$d_{cut} \leq$	[mm]	8,45	10,45	12,5	16,5	
Minimale effektive Verankerungstiefe	$h_{ef,min}$	[mm]	35	40	50	65	
Maximale effektive Verankerungstiefe	$h_{ef,max}$	[mm]	90	100	125	160	
Bohrlochtiefe	$h_0 \geq$	[mm]	$h_{ef} + 8$	$h_{ef} + 9$	$h_{ef} + 10$	$h_{ef} + 14$	
	$h_1 \geq$	[mm]	$h_{ef} + 10$	$h_{ef} + 11$	$h_{ef} + 13$	$h_{ef} + 17$	
Durchgangsloch im anzuschließenden Bauteil ¹⁾	$d_f \leq$	[mm]	9	12	14	18	
Überstand nach Einschlagen des Ankers für Montage mit Hutmutter HM (siehe Anhang B5)	C	[mm]	10,5	12,5	16,0	19,5	
Montagedrehmoment	BZ3	T_{inst}	[Nm]	15	40	60	110
	BZ3 A4 / HCR	T_{inst}	[Nm]	15	40	55	100

¹⁾ Für größere Durchgangslöcher im Anbauteil, siehe EN 1992-4, Kapitel 6.2.2.2

Abbildung 2: Bolzenanker BZ3 A4 und BZ3 HCR: Montagekennwerte, aus [P1]

Bolzenanker BZ3 A4 und BZ3 HCR werden unter Nutzung der Werkstoffe

- BZ3 A4: nichtrostender Stahl A4,
- BZ3 HCR: hochkorrosionsbeständiger Stahl

jeweils in den Größen M8, M10, M12 und M16 hergestellt.

Für eine ausführliche Produktbeschreibung und weitere Informationen zum Anwendungsbereich sei an dieser Stelle auf [P1] verwiesen.

3 Literatur

3.1 Verwendete Normen, Richtlinien und Regelwerke

Den Berechnungen liegen die folgenden Normen, Richtlinien und Regelwerke zugrunde:

- [N1] DIN EN 206:2017-01: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206:2013+A1:2016
- [N2] EAD 330232-01-0601: Mechanical fasteners for use in concrete; 05/2021
- [N3] DIN EN 1992-4:2019-04: Eurocode 2 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 4: Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton; Deutsche Fassung EN 1992-4:2018
- [N4] 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; Deutsche Fassung EN 1992-1-2:2004 + AC:2008
- [N5] DIN EN 1993-1-2:2010-12: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1993-1-2:2005 + AC:2009
- [N6] TR 020: Beurteilung der Feuerwiderstandsfähigkeit von Verankerungen im Beton; 05/2004

3.2 Referenzdokumente

Den Berechnungen liegen die folgenden Referenzdokumente sowie zusätzlichen Informationen zugrunde:

3.2.1 ETAs und Verwendbarkeitsnachweise

- [P1] ETA-19/0619: Bolzenanker BZ3 / BZ3 A4 / BZ3 HCR, Mechanischer Dübel zur Verankerung im Beton – Deutsches Institut für Bautechnik, 10.12.2021

3.2.2 Gutachten, Ergebnisberichte und Prüfberichte

- [G1] Gutachterliche Stellungnahme Nr. GS 6.1/21-060-2: Bewertung des Tragverhaltens von Bolzenankern BZ3 A4 und BZ3 HCR unter zentrischer Zugbeanspruchung sowie einseitiger thermischer Beanspruchung von 450°C in Kombination mit Betonkonstruktionen. – MFPA Leipzig GmbH; 01.11.2021

4 Beurteilung der Leistungsfähigkeit

4.1 Brandschutztechnisches Bemessungskonzept

Die Tragfähigkeit mechanischer Anker in Betonkonstruktionen ist bei einer Brandbeanspruchung nach Einheitstemperaturzeitkurve experimentell gemäß [N2] oder, sofern durch den Anwendungsbereich der Norm abgedeckt und erwünscht, rechnerisch gemäß [N3], Anhang D zu ermitteln. Hierbei wird im Zusammenhang mit zentrischer Zugbeanspruchung zwischen den Versagensmechanismen „Stahlversagen“, „Herausziehen“ und „Betonausbruch“ unterschieden. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die grundsätzlichen Versagensmechanismen sowie physikalischen Zusammenhänge nicht von der Funktion der zeitabhängigen Temperaturbeanspruchung abhängen. Diese Annahme wird dadurch gestützt, dass die Bemessungsvorschriften für Stahl- und Stahlbetonkonstruktionen die Berücksichtigung anderer Temperatureinwirkungen als der Einheitstemperaturzeitkurve im Zusammenhang mit vereinfachten und allgemeinen Bemessungsmethoden explizit zulassen (vgl. [N4], Kapitel 2.4.1(4) sowie [N5], Anmerkung zu Kapitel 2.4.1(1)).

Die charakteristische Tragfähigkeit eines Bolzenankers unter zentrischer Zugbeanspruchung im Brandfall ist aus dem Mindestwert der Tragwiderstände für die Versagensarten Stahlversagen, Herausziehen und Betonausbruch zu bestimmen

$$N_{Rk,fi}(t) = \min [N_{Rk,s,fi}(t), N_{Rk,p,fi}(t), N_{Rk,c,fi}(t)] . \quad (1)$$

4.2 Stahlversagen

Die temperaturabhängige Tragfähigkeit der Bolzenanker selbst wird durch die Tragfähigkeit des Ankerquerschnitts und die Tragfähigkeit der Verbindung zwischen Dübel und Mutter begrenzt. Stahlversagen unter Brandbeanspruchung und zentrischer Zugbeanspruchung tritt folglich entweder in Form eines Abrisses des Bolzenankers oder in Form eines Abscherens der Mutter auf. Sowohl die Versagensart als auch die Größe der Tragfähigkeit unter Brandbeanspruchung sind signifikant vom Querschnitt des Dübels und von der temperaturabhängigen Reduktion der mechanischen Eigenschaften des eingesetzten Werkstoffs abhängig (vgl. [N5]).

In Tabelle 1 sind die charakteristischen Zugtragfähigkeiten $N_{Rk,s,fi}$ der Bolzenanker BZ3 A4 und BZ3 HCR für eine konstante Temperaturbeanspruchung von $T = 450^{\circ}\text{C}$ und eine Brandbeanspruchungsdauer $\leq 300\text{min}$ ausgewiesen.

Größe	$N_{Rk,s,fi}$ [kN]
M8	13,2
M10	20,9
M12	30,4
M16	49,9

Tabelle 1: Bolzenanker BZ3 A4 und BZ3 HCR: Charakteristische Tragfähigkeiten $N_{Rk,s,fi}$ [kN] für Stahlversagen unter zentrischer Zugbeanspruchung und konstanter Temperatur von $T = 450^{\circ}\text{C}$

4.3 Herausziehen

Sind die einwirkenden Zugbeanspruchungen auf einen Bolzenanker größer als der Widerstand gegen Herausziehen, tritt ein Versagen durch Herausziehen auf. Für die charakteristische Zugtragfähigkeit $N_{RK,p,fi}(t)$ für Herausziehen bei einer konstanten Temperaturbeanspruchung von $T = 450^\circ\text{C}$ gilt

$$N_{RK,p,fi}(t) = k_c(t) \cdot N_{RK,p} \quad (2)$$

mit $N_{RK,p}$: charakteristischer Widerstand für Herausziehen im gerissenen Beton C20/25 unter Normaltemperatur gemäß [P1], Tabelle C2. Mit den von der Dauer der thermischen Beanspruchung und der Einbindetiefe abhängigen Abminderungsfaktoren $k_c(t)$ aus Tabelle 3 erhält man die in Tabelle 2 spezifizierten Werte $N_{RK,p,fi}(t)$. Zwischenwerte der Einbindetiefen dürfen linear interpoliert werden.

Größe	h_{ef} [mm]	Brandbeanspruchungsdauer [min]						
		30	60	90	120	180	240	300
M8	35	9,17	8,67	8,31	8,07	7,62	7,58	7,56
	60	9,50	9,32	9,12	8,93	8,26	8,19	8,15
	90	9,50	9,50	9,50	9,39	9,06	8,98	8,88
M10	40	16,50	15,70	15,03	14,58	13,74	13,68	13,64
	70	17,00	16,85	16,53	16,28	15,18	15,00	14,86
	100	17,00	17,00	17,00	16,91	16,35	16,25	16,16
M12	50	21,69	21,00	20,22	19,61	18,33	18,15	18,02
	90	22,00	22,00	21,86	21,58	20,73	20,48	20,25
	125	22,00	22,00	22,00	22,00	21,62	21,50	21,38
M16	65,0	35,00	34,05	33,37	32,49	30,27	29,94	29,65
	110	35,00	35,00	35,00	34,80	33,69	33,48	33,30
	160	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	34,88	34,73

Tabelle 2: Bolzenanker BZ3 A4 und BZ3 HCR: Charakteristische Tragfähigkeiten $N_{RK,p,fi}$ [kN] für Herausziehen im gerissenen Beton unter zentrischer Zugbeanspruchung und konstanter Temperatur von $T = 450^\circ\text{C}$

4.4 Betonausbruch

Ein Versagen durch kegelförmigen Betonausbruch bei zentrisch zugbeanspruchten Bolzenankern tritt auf, wenn die lokal aufnehmbaren Zugspannungen des Betons überschritten werden. Für die charakteristische Zugtragfähigkeit $N_{RK,c,fi}^0(t)$ für Betonausbruch bei einer konstanten Temperaturbeanspruchung von $T = 450^\circ\text{C}$ gilt

$$N_{RK,c,fi}^0(t) = k_c(t) \cdot N_{RK,c}^0 \quad (3)$$

mit $N_{RK,c}^0$: charakteristischer Widerstand eines Einzelankers gegen Betonausbruch im gerissenen Beton C20/25 unter Normaltemperatur. Hinsichtlich des charakteristischen Widerstands $N_{RK,c}^0$ im Kaltfall wird in [P1], Tabelle C2 auf [N3] verwiesen. Gemäß [N3], Kapitel 7.2.1.4 gilt für gerissenen Beton

$$N_{RK,c}^0 = k_{cr,N} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} \quad (4)$$

Unter Berücksichtigung von [P1], Tabelle C2 und [N3], Anhang D.4.2.2 erhält man

$$N_{Rk,c}^0 = 7,7 \cdot \sqrt{20 \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot h_{ef}^{1,5}} \quad (5)$$

Die von der Dauer der thermischen Beanspruchung und der Einbindetiefe abhängigen Abminderungsfaktoren $k_c(t)$ sind in Tabelle 3 ausgewiesen. Zwischenwerte der Einbindetiefen dürfen linear interpoliert werden.

Größe	h_{ef} [mm]	Brandbeanspruchungsdauer [min]						
		30	60	90	120	180	240	300
M8	35	0,97	0,91	0,87	0,85	0,80	0,80	0,80
	60	1,00	0,98	0,96	0,94	0,87	0,86	0,86
	90	1,00	1,00	1,00	0,99	0,95	0,95	0,93
M10	40	0,97	0,92	0,88	0,86	0,81	0,80	0,80
	70	1,00	0,99	0,97	0,96	0,89	0,88	0,87
	100	1,00	1,00	1,00	0,99	0,96	0,96	0,95
M12	50	0,99	0,95	0,92	0,89	0,83	0,82	0,82
	90	1,00	1,00	0,99	0,98	0,94	0,93	0,92
	125	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,98	0,97
M16	65,0	1,00	0,97	0,95	0,93	0,87	0,86	0,85
	110	1,00	1,00	1,00	0,99	0,96	0,96	0,95
	160	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99

Tabelle 3: Bolzenanker BZ3 A4 und BZ3 HCR: Abminderungsfaktoren $k_c(t)$ zur Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeiten $N_{Rk,c,fi}^0$ eines Einzelankers gegen Betonausbruch unter zentrischer Zugbeanspruchung und konstanter Temperatur von $T = 450^\circ\text{C}$

Die im Rahmen der Bemessung zu berücksichtigende charakteristische Tragfähigkeit $N_{Rk,c,fi}$ ist für die konkrete Konstruktion unter Beachtung des Einflusses benachbarter Befestigungselemente und Bauteilränder zu bestimmen. In diesem Zusammenhang sei an dieser Stelle auf [N3], Kapitel 7.2.1.4 und Anhang D.4.2.2 verwiesen.

Für die charakteristischen Achsabstände $s_{cr,fi}$ und Randabstände $c_{cr,fi}$ im Brandfall gilt gemäß [N3], Anhang D.4.2.2(3)

$$s_{cr,fi} = 4 \cdot h_{ef} \quad (6)$$

$$c_{cr,fi} = 2 \cdot h_{ef} \quad (7)$$

5 Besondere Hinweise/Anwendungsgrenzen

Die vorliegende gutachterliche Bewertung gilt für stählerne Bolzenanker BZ3 A4 und BZ3 HCR gemäß der Spezifikation in [P1] zur Verankerung in Beton, die unter Einhaltung der vom Hersteller beschriebenen Montagebestimmungen eingebaut werden. Die mechanische Beanspruchung darf die in [P1] spezifizierten Tragfähigkeiten unter Umgebungsbedingungen nicht überschreiten. Die Größe des befestigten Bauteils darf $t_{fix,max}$ nicht überschreiten.

Die im vorliegenden Dokument ausgewiesenen Tragfähigkeitswerte wurden für eine einseitige thermische Beanspruchung von $T = 450^{\circ}C$ bestimmt. In Anlehnung an [N6] dürfen die Werte auch bei mehrseitiger thermischer Beanspruchung angesetzt werden, sofern für den Randabstand der Befestigungsmittel gilt $c \geq 300mm$ und $c \geq 2 \cdot h_{ef}$.

Die im vorliegenden Dokument ausgewiesenen Tragfähigkeitswerte wurden für zentrische Zugbeanspruchung in Ankerlängsrichtung ermittelt. In Anlehnung an [N2] ist auf der sicheren Seite liegend eine Übertragung auf Stahlversagen bei Zugbeanspruchungen senkrecht und schräg zur Dübelachse möglich. Den Untergrund betreffende Versagensarten bei Quer- und Schrägzug wie z.B. Betonkantenbruch sind separat nachzuweisen (vgl. [N3]).

Die vorliegende gutachterliche Bewertung ist nur in Verbindung mit Konstruktionen aus bewehrtem und unbewehrtem Normalbeton der Festigkeitsklassen $\geq C20/25$ und $\leq C50/60$ gemäß [N1] gültig, die mindestens die gleiche Feuerwiderstandsklasse aufweisen wie die eingesetzten Bolzenanker. Die Bemessung der Stahlbetonkonstruktion muss gemäß [N4] erfolgen.

Die im vorliegenden Dokument ausgewiesenen Tragfähigkeitswerte wurden unter der Voraussetzung bestimmt, dass keine explosiven Betonabplatzungen auftreten und sind nur unter dieser Bedingung gültig. Hinweise zur Vermeidung von explosiven Betonabplatzungen werden in [N4], Kapitel 4.5 gegeben.

6 Unterschriften

Die Ergebnisse der Prüfungen beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. Dieses Dokument ersetzt keinen Konformitäts- oder Verwendbarkeitsnachweis im Sinne der Bauordnungen (national/ europäisch).

Leipzig, den 22.02.2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'S. Reichel'.

Dr.-Ing. S. Reichel

Geschäftsbereichsleiterin & Bearbeiterin

