

Untersuchungsbericht

Kurzbericht zum Untersuchungsbericht Nr. 1102/106/19 der MPA Braunschweig

Dokumentnummer: (1102/106/19 - kurz) – Bod vom 28.01.2020

Auftraggeber: Meesenburg Großhandel KG
Westerallee 162
24941 Flensburg

Auftrag vom: 23.03.2019

Auftragszeichen: -

Auftragseingang: 23.03.2019

Inhalt des Auftrags: Untersuchung der Tragfähigkeit des zusammengesetzten Systems, bestehend aus blaugelb Sockeldämmprofilen EPS und blaugelb Montagewinkeln, Serie 12, 13, 14, 15 und 17

Anlass: -

Prüfungsgrundlage: ETB-Richtlinie: 1985 und DIN 4103-1: 2015

Probeneingang:

Probennahme: Durch den Auftraggeber

Probenkennzeichnung: Durch MPA Braunschweig

Untersuchungstermin: 04.04.2019 und 09.04.2019

Untersuchungszeitraum: -



Dieser Untersuchungsbericht umfasst 6 Seiten inkl. Deckblatt und 5 Anlagen.

Dieser Untersuchungsbericht darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Kürzungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung der MPA Braunschweig. Von der MPA nicht veranlasste Übersetzungen dieses Dokuments müssen den Hinweis „Von der Materialprüfanstalt für das Bauwesen, Braunschweig, nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung“ enthalten. Das Deckblatt und die Unterschriftenseite dieses Dokuments sind mit dem Stempel der MPA Braunschweig versehen. Dokumente ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit. Das Probenmaterial ist verbraucht.

1 Vorgang

Die Firma Meesenburg Großhandel KG mit Sitz in Flensburg beauftragte die Materialprüfanstalt (MPA) Braunschweig am 23.03.2019 mit der Untersuchung der Tragfähigkeit des zusammengesetzten Systems, bestehend aus blaugelb Sockeldämmprofilen EPS und blaugelb Montagewinkeln.

Dazu wurden am 04.04.2019 und 09.04.2019 an den blaugelb Sockeldämmprofilen EPS und den blaugelb Montagewinkeln Belastungsversuche im Labor der MPA Braunschweig durchgeführt, vgl. dazu auch den Untersuchungsbericht Nr. 1102/106/19 der MPA Braunschweig.

2 Probenmaterial

Das Probenmaterial wurde durch den Auftraggeber in der 14. KW 2019 in die MPA Braunschweig geliefert. Vier stahlarmierte Kunststoffprofilrahmen (profine, System 88 und 76, Stahlarmierung $t_{\text{Stahl}} = 1,5 \text{ mm}$, $L_{\text{Profil}} = 1,10 \text{ m}$ und $1,05 \text{ m}$) waren zu einem Fenster zusammengesetzt.

3 Versuchsdurchführung und Ergebnisse

Tabelle 1 bis 3 zeigen in einer Übersicht die Abmessungen der untersuchten Probekörper (Kunststoffprofilrahmen profine, System 88 und 76, mit Stahlarmierung $t_{\text{Stahl}} = 1,5 \text{ mm}$, $L_{\text{Profil}} = 1,10 \text{ m}$ und $1,05 \text{ m}$). Zusätzlich wurde auch ein System (Serie 17) aus Alu-Profilrahmen (Schüco AWS, 75) und blaugelb Sockeldämmprofilen EPS untersucht (Tabelle 3).

Tabelle 1: Übersicht über die Abmessungen der Probekörper der Serien 12 und 13

Horizontale Belastung	Versuch Nr. 12 - 01 bis - 04	Versuch Nr. 13 - 01 bis - 04
	Sog $e_{\text{Last}} = 200 \text{ mm}$	Druck $e_{\text{Last}} = 200 \text{ mm}$
Abmessung SDP	blaugelb Sockeldämmprofil EPS 150 mm x 75 mm	
Abmessung Winkel	blaugelb Montagewinkel, $t_{\text{Winkel}} = 2 \text{ mm}$ 156 mm x 100 mm x 110 mm	
Abmessung Rahmensystem	profine, System 88, Stahlarmierung $t_{\text{Stahl}} = 1,5 \text{ mm}$	
Verschraubung Winkel an SDP	4 x $\text{Ø} 7,5 \text{ mm} \times 62 \text{ mm}$, $e_{\text{v,Schrauben}} = 95 \text{ mm}$ und 135 mm	
Verschraubung Winkel an Kalksandstein	2 x $\text{Ø} 7,5 \text{ mm} \times 42 \text{ mm}$, $e_{\text{h,Schrauben}} = 35 \text{ mm}$	
Steinformat, Festigkeit Kalksandstein	6 DF, SFK 12	6 DF, SFK 12

Tabelle 2: Übersicht über die Abmessungen der Probekörper der Serien 14 und 15

Horizontale Belastung	Versuch Nr. 14 - 01 bis - 04	Versuch Nr. 15 - 01 bis - 04
	Sog $e_{Last} = 200 \text{ mm}$	Druck $e_{Last} = 200 \text{ mm}$
Abmessung SDP	blaugelb Sockeldämmprofil EPS 150 mm x 75 mm	
Abmessung Winkel	blaugelb Montagewinkel, $t_{Winkel} = 2 \text{ mm}$ 156 mm x 100 mm x 110 mm	
Abmessung Rahmensystem	profine, System 76, Stahlarmierung $t_{Stahl} = 1,5 \text{ mm}$	
Verschraubung Winkel an SDP	4 x $\emptyset 7,5 \text{ mm} \times 62 \text{ mm}$, $e_{v,Schrauben} = 95 \text{ mm}$ und 135 mm	
Verschraubung Winkel an Kalksandstein	2 x $\emptyset 7,5 \text{ mm} \times 42 \text{ mm}$, $e_{h,Schrauben} = 35 \text{ mm}$	
Steinformat, Festigkeit Kalksandstein	6 DF, SFK 12	6 DF, SFK 12

Tabelle 3: Übersicht über die Abmessungen der Probekörper der serien 16 und 17

Horizontale Belastung	Versuch Nr. 16 - 01 und - 02	Versuch Nr. 17 - 01 bis - 04
	Sog $e_{Last} = 200 \text{ mm}$	Druck $e_{Last} = 200 \text{ mm}$
Abmessung SDP	blaugelb Sockeldämmprofil EPS 150 mm x 75 mm	
Abmessung Winkel	blaugelb Montagewinkel, $t_{Winkel} = 2 \text{ mm}$ 100 mm x 156 mm x 110 mm	blaugelb Montagewinkel, $t_{Winkel} = 2 \text{ mm}$ 156 mm x 100 mm x 110 mm
Abmessung Rahmensystem	profine, System 76, Stahlarmierung $t_{Stahl} = 1,5 \text{ mm}$	Schüco AWS
Verschraubung Winkel an SDP	4 x $\emptyset 7,5 \text{ mm} \times 62 \text{ mm}$, $e_{v,Schrauben} = 95 \text{ mm}$ und 135 mm	
Verschraubung Winkel an Kalksandstein	2 x $\emptyset 7,5 \text{ mm} \times 42 \text{ mm}$, $e_{h,Schrauben} = 35 \text{ mm}$	
Steinformat, Festigkeit Kalksandstein	6 DF, SFK 12	6 DF, SFK 12

Die blauegelb Sockeldämmprofile EPS waren jeweils mit nur einer blauegelb Rahmenfixschraube ($\varnothing 7,5$; $l = 182$ mm) am Rahmen befestigt. Der blauegelb Montagewinkel war mit vier blauegelb Rahmenfixschrauben ($\varnothing 7,5$; $l = 62$ mm, $e_{v,Schrauben} = 95$ mm und 135 mm) mit dem blauegelb Sockeldämmprofil EPS verschraubt. Der waagerechte Schenkel des blauegelb Montagewinkels war jeweils mit zwei blauegelb Rahmenfixschraube ($\varnothing 7,5$; $l = 42$ mm, $e_{h,Schrauben} = 35$ mm) am Kalksandstein fixiert.

Die Ergebnisse der durchgeführten Versuche sind in der Tabelle 4 und in den Anlagen 1 bis 5 dokumentiert.

Tabelle 4: Übersicht über die Versuchsergebnisse

Versuch	maximale Kraft F_{max} [kN]	Mittelwert der maximalen Kraft F_{max} [kN]	Verformung bei F_{max} [mm]	Mittelwert der Verformung $w_{F_{max}}$ [mm]	Kraft bei $w = 3,0$ mm [kN]	Mittelwert der Kraft bei $w = 3,0$ mm [kN]
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 88, Serie 12 - 01	4,22	4,66	18,07	22,56	0,86	1,11
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 88, Serie 12 - 02	4,95		21,19		1,01	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 88, Serie 12 - 03	4,60		16,54		1,51	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 88, Serie 12 - 04	4,85		34,43		1,07	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 88, Serie 13 - 01	4,07	4,07	44,74	44,90	0,81	0,67
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 88, Serie 13 - 02	4,14		48,88		0,47	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 88, Serie 13 - 03	3,99		38,39		0,79	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 88, Serie 13 - 04	4,06		47,58		0,61	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 14 - 01	3,65	3,73	13,80	19,72	0,93	0,90
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 14 - 02	4,04		14,86		1,31	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 14 - 03	3,44		21,23		0,81	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 14 - 04	3,78		28,99		0,54	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 76, Serie 15 - 01	2,39	2,47	54,08	-	0,21	0,44
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 76, Serie 15 - 02	2,39		39,24		0,33	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 76, Serie 15 - 03	2,72		19,55		0,58	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 76, Serie 15 - 04	2,36		28,85		0,62	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 16 - 01	4,59	4,54	35,35	-	0,60	0,81
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 16 - 02	4,49		24,22		1,01	
1:1 Versuch, Sog, Schüco AWS, Serie 17 - 01	3,55	3,60	18,23	-	1,12	0,90
1:1 Versuch, Sog, Schüco AWS, Serie 17 - 02	3,52		21,67		0,89	
1:1 Versuch, Sog, Schüco AWS, Serie 17 - 03	3,62		21,52		0,93	
1:1 Versuch, Sog, Schüco AWS, Serie 17 - 04	3,69		32,63		0,65	

Die maximale Kraft ist je Befestigungspunkt, d.h. je blauegelb Montagewinkel (mit $2 \times \varnothing 7,5 \times 42$ mm verschraubt in Kalksandstein und $4 \times \varnothing 7,5 \times 62$ mm verschraubt in blauegelb Sockeldämmprofil EPS) angegeben.

4 Zusammenfassung

Die Firma Meesenburg Großhandel KG mit Sitz in Flensburg beauftragte die Materialprüfanstalt (MPA) Braunschweig mit der Prüfung der Tragfähigkeit des zusammengesetzten Systems, bestehend aus blaugelb Sockeldämmprofilen EPS und blaugelb Montagewinkeln.

Dazu wurden an den blaugelb Sockeldämmprofilen EPS und den blaugelb Montagewinkeln Belastungsversuche im Labor der MPA Braunschweig durchgeführt.

Die blaugelb Sockeldämmprofile EPS waren mit Kunststoffprofilrahmen profine, System 88 und 76, mit Stahlarmierung $t_{\text{stahl}} = 1,5 \text{ mm}$, Serie 12 bis 16 und mit Schüco Aluprofilrahmen AWS, Serie 17, verschraubt.

Die blaugelb Sockeldämmprofile EPS waren jeweils mit nur einer blaugelb Rahmenfixschraube ($\varnothing 7,5$; $l = 182 \text{ mm}$) am Profilrahmen befestigt.

Der senkrechte Schenkel des blaugelb Montagewinkels war mit vier blaugelb Rahmenfixschrauben ($\varnothing 7,5$; $l = 62 \text{ mm}$) mit dem blaugelb Sockeldämmprofil EPS verschraubt.

Der waagerechte Schenkel des blaugelb Montagewinkels war mit zwei blaugelb Rahmenfixschrauben ($\varnothing 7,5$; $l = 42 \text{ mm}$) am Kalksandstein fixiert.

Tabelle 4 und die Anlagen 1 und 2 zeigen die Versuchsergebnisse.

Zusätzlich sind in den Anlagen die Drucklast $F_{3\text{mm}}$ bei einer Verformung der Probekörper von $w = 3,0 \text{ mm}$ angegeben sowie die Verformung für eine Last von $F_{\text{ETB}} = 2,8 \text{ kN}$.

Zusätzlich sind in den Anlagen 3 bis 5 statistische Auswertungen der Versuchsergebnisse in Anlehnung an die ift-Richtlinie MO-02/1 vom Juni 2015 beigefügt.

Braunschweig, den 28.01.2020

Der Fachgruppenleiter
Konstruktionen und Baustoffe
i.A.


Dipl.-Ing. H. Alberts



Der Sachbearbeiter
i.A.


Dr.-Ing. P. Bodendiek

Tabelle A.1: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse. Zusätzlich sind die gemessenen Kräfte für eine Verformung von $w = 3,0$ mm angegeben

Versuch	maximale Kraft F_{max} [kN]	Mittelwert der maximalen Kraft F_{max} [kN]	Verformung bei F_{max} [mm]	Mittelwert der Verformung w_{Fmax} [mm]	Kraft bei $w = 3,0$ mm [kN]	Mittelwert der Kraft bei $w = 3,0$ mm [kN]
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 88, Serie 12 - 01	4,22	4,66	18,07	22,56	0,86	1,11
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 88, Serie 12 - 02	4,95		21,19		1,01	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 88, Serie 12 - 03	4,60		16,54		1,51	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 88, Serie 12 - 04	4,85		34,43		1,07	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 88, Serie 13 - 01	4,07	4,07	44,74	44,90	0,81	0,67
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 88, Serie 13 - 02	4,14		48,88		0,47	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 88, Serie 13 - 03	3,99		38,39		0,79	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 88, Serie 13 - 04	4,06		47,58		0,61	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 14 - 01	3,65	3,73	13,80	19,72	0,93	0,90
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 14 - 02	4,04		14,86		1,31	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 14 - 03	3,44		21,23		0,81	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 14 - 04	3,78		28,99		0,54	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 76, Serie 15 - 01	2,39	2,47	54,08	-	0,21	0,44
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 76, Serie 15 - 02	2,39		39,24		0,33	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 76, Serie 15 - 03	2,72		19,55		0,58	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 76, Serie 15 - 04	2,36		28,85		0,62	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 16 - 01	4,59	4,54	35,35	-	0,60	0,81
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 16 - 02	4,49		24,22		1,01	
1:1 Versuch, Sog, Schüco AWS, Serie 17 - 01	3,55	3,60	18,23	-	1,12	0,90
1:1 Versuch, Sog, Schüco AWS, Serie 17 - 02	3,52		21,67		0,89	
1:1 Versuch, Sog, Schüco AWS, Serie 17 - 03	3,62		21,52		0,93	
1:1 Versuch, Sog, Schüco AWS, Serie 17 - 04	3,69		32,63		0,65	

Tabelle A.2: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse. Zusätzlich sind die gemessenen Verformungen für eine Kraft von $F_{ETB} = 2,8 \text{ kN}$ angegeben

Versuch	maximale Kraft F_{max} [kN]	Mittelwert der maximalen Kraft F_{max} [kN]	Verformung bei F_{max} [mm]	Mittelwert der Verformung $w_{F_{max}}$ [mm]	Weg bei $F = 2,8 \text{ kN}$ [mm]	Mittelwert des Weges bei $F = 2,8 \text{ kN}$ [mm]
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 88, Serie 12 - 01	4,22	4,66	18,07	22,56	8,22	8,02
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 88, Serie 12 - 02	4,95		21,19		7,45	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 88, Serie 12 - 03	4,60		16,54		6,52	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 88, Serie 12 - 04	4,85		34,43		9,88	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 88, Serie 13 - 01	4,07	4,07	44,74	44,90	21,52	-
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 88, Serie 13 - 02	4,14		48,88		22,87	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 88, Serie 13 - 03	3,99		38,39		19,11	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 88, Serie 13 - 04	4,06		47,58		23,24	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 14 - 01	3,65	3,73	13,80	19,72	8,68	-
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 14 - 02	4,04		14,86		7,59	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 14 - 03	3,44		21,23		11,70	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 14 - 04	3,78		28,99		12,63	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 76, Serie 15 - 01	2,39	2,47	54,08	-	-	-
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 76, Serie 15 - 02	2,39		39,24		-	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 76, Serie 15 - 03	2,72		19,55		-	
1:1 Versuch, Druck, Bautiefe 76, Serie 15 - 04	2,36		28,85		-	
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 16 - 01	4,59	4,54	35,35	-	12,07	-
1:1 Versuch, Sog, Bautiefe 76, Serie 16 - 02	4,49		24,22		10,62	
1:1 Versuch, Sog, Schüco AWS, Serie 17 - 01	3,55	3,60	18,23	-	10,22	-
1:1 Versuch, Sog, Schüco AWS, Serie 17 - 02	3,52		21,67		12,76	
1:1 Versuch, Sog, Schüco AWS, Serie 17 - 03	3,62		21,52		12,03	
1:1 Versuch, Sog, Schüco AWS, Serie 17 - 04	3,69		32,63		17,84	

Tabelle A.3.1: Auswertung für die charakteristische Traglast F_{RK} für die gemessenen Kräfte der Versuche zu Serie 12 gemäß MO-02/1

Auswertung gemäß MO-02/1

Anzahl der Proben Stck.

Probe	Versuchswert
Eingabe	
Serie 12-1	4,22 kN
Serie 12-2	4,95 kN
Serie 12-3	4,60 kN
Serie 12-4	4,85 kN
Probe 5	
Probe 6	
Probe 7	
Probe 8	
Probe 9	
Probe 10	

Auswertung

Mittelwert	<input type="text" value="4,66"/>
5% Fraktilwert mit 75% Aussagewahrscheinlichkeit	<input type="text" value="2,68"/> aus Tabelle
Streugrenze	
Standardabweichung	<input type="text" value="0,33"/>

Auflagerkraft (5 % Fraktilwert mit 75% Aussagewahrscheinlichkeit)

charakteristische Tragfähigkeit F_{RK} kN

Tabelle A.3.2: Auswertung für die charakteristische Traglast F_{RK} für die gemessenen Kräfte der Versuche zu Serie 13 gemäß MO-02/1

Auswertung gemäß MO-02/1

Anzahl der Proben Stck.

Probe	Versuchswert
Eingabe	
Serie 13-1	4,07 kN
Serie 13-2	4,14 kN
Serie 13-3	3,99 kN
Serie 13-4	4,06 kN
Probe 5	
Probe 6	
Probe 7	
Probe 8	
Probe 9	
Probe 10	

Auswertung

Mittelwert	<input type="text" value="4,07"/>
5% Fraktilwert mit 75% Aussagewahrscheinlichkeit	<input type="text" value="2,68"/> aus Tabelle
Streugrenze	
Standardabweichung	<input type="text" value="0,06"/>

Auflagerkraft (5 % Fraktilwert mit 75% Aussagewahrscheinlichkeit)

charakteristische Tragfähigkeit F_{RK} kN

Tabelle A.4.1: Auswertung für die charakteristische Traglast F_{RK} für die gemessenen Kräfte der Versuche zu Serie 14 gemäß MO-02/1

Auswertung gemäß MO-02/1

Anzahl der Proben Stck.

Probe	Versuchswert	
Eingabe	Serie 14-1	3,65 kN
	Serie 14-2	4,04 kN
	Serie 14-3	3,44 kN
	Serie 14-4	3,78 kN
	Probe 5	kN
	Probe 6	kN
	Probe 7	kN
	Probe 8	kN
	Probe 9	kN
	Probe 10	kN

Auswertung

Mittelwert	<input type="text" value="3,73"/>
5% Fraktilwert mit	
Streugrenze 75% Aussagewahrscheinlichkeit	<input type="text" value="2,68"/> aus Tabelle
Standardabweichung	<input type="text" value="0,25"/>

Auflagerkraft (5 % Fraktilwert mit 75% Aussagewahrscheinlichkeit)

charakteristische Tragfähigkeit F_{RK} kN

Tabelle A.4.2: Auswertung für die charakteristische Traglast F_{RK} für die gemessenen Kräfte der Versuche zu Serie 15 gemäß MO-02/1

Auswertung gemäß MO-02/1

Anzahl der Proben Stck.

Probe	Versuchswert	
Eingabe	Serie 15-1	2,39 kN
	Serie 15-2	2,39 kN
	Serie 15-3	2,72 kN
	Serie 15-4	2,36 kN
	Probe 5	kN
	Probe 6	kN
	Probe 7	kN
	Probe 8	kN
	Probe 9	kN
	Probe 10	kN

Auswertung

Mittelwert	<input type="text" value="2,47"/>
5% Fraktilwert mit	
Streugrenze 75% Aussagewahrscheinlichkeit	<input type="text" value="2,68"/> aus Tabelle
Standardabweichung	<input type="text" value="0,17"/>

Auflagerkraft (5 % Fraktilwert mit 75% Aussagewahrscheinlichkeit)

charakteristische Tragfähigkeit F_{RK} kN

Tabelle A.5.1: Auswertung für die charakteristische Traglast F_{RK} für die gemessenen Kräfte der Versuche zu Serie 17 gemäß MO-02/1

Auswertung gemäß MO-02/1

Anzahl der Proben Stck.

	Probe	Versuchswert	
Eingabe	Serie 17-1	3,55	kN
	Serie 17-2	3,52	kN
	Serie 17-3	3,62	kN
	Serie 17-4	3,69	kN
	Probe 5		kN
	Probe 6		kN
	Probe 7		kN
	Probe 8		kN
	Probe 9		kN
	Probe 10		kN

Auswertung

Mittelwert	<input type="text" value="3,60"/>
5% Fraktilwert mit	
Streugrenze 75% Aussagewahrscheinlichkeit	<input type="text" value="2,68"/> aus Tabelle
Standardabweichung	<input type="text" value="0,08"/>

Auflagerkraft (5 % Fraktilwert mit 75% Aussagewahrscheinlichkeit)

charakteristische Tragfähigkeit F_{RK} kN