

Gutachten «Fortec»

**Gutachterliche Stellungnahme zum
Fortec-Schraubanschlusssystem**

*

Prof. Dr. Albin Kenel

Januar 2020

Impressum

Auftraggeber	FERROFLEX Bautechnik AG Wehntalerstrasse 7 CH-8154 Oberglatt
Auftragnehmer	Hochschule Luzern – Technik und Architektur Kompetenzzentrum Gebäudehülle und Ingenieurbau Technikumstrasse 21 CH-6048 Horw Email: albin.kenel@hslu.ch Tel: +41 (0)41 349 34 00
Verfasser	Prof. Dr. Albin Kenel
Verteiler	FERROFLEX Bautechnik AG
Umfang	15 Seiten (inkl. Deckblatt und Leerseiten)
Dateiname	Gutachten Fortec
Unterschrift	Horw, 13. Januar 2021  Prof. Dr. Albin Kenel

Inhaltsverzeichnis

Impressum	iii
1 Auftrag und Ziel	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Auftrag	1
1.3 Ziel	2
2 Gegenstand der Begutachtung	3
2.1 Produktbeschreibung	3
2.2 Stabendaufbereitung	4
2.3 Abgrenzung	4
3 Durchgeführte Prüfungen	5
4 Bewertung der Prüfungen	7
4.1 Bewertung der Prüfungen	7
4.2 Bewertung der Normkonformität	7
Literatur	9
Normen	9
Dokumentationen	9

1 Auftrag und Ziel

1.1 Einleitung

Das Fortec-Schraubanschlusssystem zur Vorbereitung der Bewehrungsstabenden ist ein patentiertes Verfahren zum Kaltstauchen und Gewindeschneiden. Es garantiert eine widerstandsfähige Querschnittsfläche, die grösser als die des Bewehrungsstabs ist.



Bild 1.1: Standardverbindung, Bild aus [8].

1.2 Auftrag

Die Auftraggeberin möchte das Fortec-Schraubanschlusssystem im Schweizer Baumarkt normkonform mit der SIA 262 Betonbau [7] einsetzen. Der Gutachter soll die vorhandenen Prüfungen am Fortec-Schraubanschlusssystem einordnen und entsprechend den Anforderungen der SIA 262 Betonbau [7] für den Einsatz im Schweizer Baumarkt begutachten.

In der SIA 262 Betonbau [7] sind an verschiedenen Stellen Hinweise und Anforderungen an mechanische Verbindungen festgehalten:

- Das Verformungsvermögen von Bauteilen und Verbindungsmitteln ist nebst den in Ziffer 2.1.3 Norm SIA 260 [6] aufgeführten Entwurfsrandbedingungen zu beachten.
- Stossverbindungen sind nach Möglichkeit in Zonen geringer Beanspruchung anzuordnen. Ziffer 5.2.6.2
- Für Stabdurchmesser > 12 mm sind Übergreifungsstösse nach Möglichkeit versetzt anzuordnen, damit in einem Querschnitt höchstens die Hälfte der Bewehrungskraft von einer Stossverbindung zu übertragen ist. Ziffer 5.2.6.3
- Stossverbindungen mit speziellen Hilfsmitteln, wie Verschraubungen, Muffen oder Spannschlössern, sollen eine einwandfreie Kraftübertragung gewährleisten. Die Wirksamkeit des Verbindungsmittels inklusive der Auswirkungen auf das Grundmaterial ist nachzuweisen. Ziffer 5.2.6.8

1 Auftrag und Ziel

- Ziffer 5.5.4.9
 - In Kraffteinleitungszonen, im Bereich von Stossverbindungen und bei Querschnittsänderungen der Druckglieder sind die Abstände der Bügel zur Aufnahme der Quersugkräfte zu halbieren. Der Stabdurchmesser der Umschnürungsbügel darf $\varnothing_{sl,max}/3$ nicht unterschreiten.
- Ziffer 5.5.5.2
 - Bei Betonfertigteilen und deren Verbindungen sind zur Festlegung der Masstoleranzen ausser den statischen auch die fabrikations- und montagetechnischen Erfordernisse zu berücksichtigen.
- Ziffer 5.5.5.5
 - Nicht vollständig einbetonierte Verbindungen aus Stahl, die nicht zugänglich und überprüfbar sind, sind korrosionsbeständig auszuführen.
- Ziffer 5.7.3
 - Mechanische Stabverbindungen dürfen nur eingesetzt werden, wenn mit entsprechenden Prüfungen eine ausreichende Duktilität nachgewiesen wird.

Für die Hersteller sind insbesondere die Ziffern 5.2.6.8 und 5.7.3 von Bedeutung. Entsprechend sind die Prüfnormen so konzipiert, dass diese Eigenschaften versuchstechnisch ermittelt und bewertet werden können.

1.3 Ziel

Die gutacherliche Stellungnahme soll die Normkonformität der mechanischen Eigenschaften des Fortec-Schraubanschlussystems zur SIA 262 Betonbau [7] feststellen.

2 Gegenstand der Begutachtung

2.1 Produktbeschreibung

Das Fortec-Schraubanschlussystem zur Vorbereitung der Bewehrungsstabenden ist ein patentiertes Verfahren zum Kaltstauchen und Gewindeschneiden. Es garantiert eine widerstandsfähige Querschnittsfläche, die grösser als die des Bewehrungsstabs ist.

Fortec verwendet isometrische Parallelgewinde, so dass das mechanische Verhalten unter Druck dem unter Zug entspricht. Das Gewinde kann auf das Stabende geschnitten (=Schraubanschluss «Fortec») oder gerollt (=Schraubanschluss «Fortec R») werden.

Beim Fortec Schraubanschluss werden die Enden der Bewehrungsstäbe vor dem Gewindeschnitt durch Kaltstauchen vergrössert. Extra lange Gewinde werden verwendet, um die Ausrichtung zu unterstützen oder um Stäbe zu verbinden, die nicht gedreht werden können.

Fortec Standardverbindungen werden mit einer Standard-Muffe hergestellt, deren Innengewinde der auf den Stäben hergestellten Gewindegrösse entspricht. Der Anschlussstab wird in die Muffe gedreht, um die Verbindung herzustellen..

Das System bietet die Alternative, zwei Stäbe zu verbinden, die nicht gedreht werden können. Diese Funktion wird als «Positionsverbindung» bezeichnet, siehe Bild 2.1.



Bild 2.1: Positionsverbindung, Bild aus [8].

2 *Gegenstand der Begutachtung*

Wenn das Drehen beider Stäbe beispielsweise aufgrund ihrer Grösse oder Länge hochproblematisch oder unmöglich ist, nutzt Fortec die Option eines verlängerten Gewindes und ermöglicht damit das vollständige Aufschrauben der Muffe auf einen Stab. Die Muffe wird dann von diesem Stab auf den Anschlussstab heruntergedreht, um die kraftschlüssige Verbindung herzustellen.

2.2 Stabendaufbereitung

Bewehrungsstäbe werden individuell aufbereitet, indem ein FORTEC®-Gewinde an einem oder beiden Stabenden von einer Dextra-Maschine hergestellt wird. Die Maschine wird vorzugsweise in einer Werkstatt des Herstellers installiert. Die von Dextra bereitgestellten Anweisungen zur Vorbereitung des Stabendes müssen befolgt werden, siehe [8].

2.3 Abgrenzung

Der Gutachter bewertet die Versuchsergebnisse der Zugprüfungen an mit Standard-Muffen gestossenen Stabverbindungen. Weitere Elemente wie Anschweissmuffen, Endverankerungen usw. sind nicht Gegenstand des Gutachtens.

3 Durchgeführte Prüfungen

Das Fortec-Schraubanschlusssystem ist durch verschiedene Prüfinstitute nach verschiedenen Prüfnormen – je nach länderspezifischen Anforderungen – geprüft worden. Die Versuche wurden vielfach gemäss ISO 15835-2 [5] (bzw. [3] bei älteren Prüfungen) durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Versuche wurden gemäss ISO 15835-1 [4] (bzw. [2] bei älteren Prüfungen) bewertet. Einige Versuche wurden gemäss IS 16172 [1] durchgeführt und bewertet. In der Tabelle 3.1 sind die relevanten Versuche zusammengestellt.

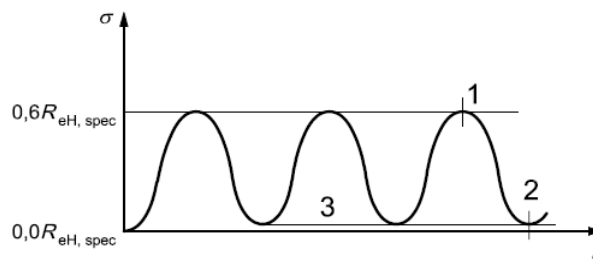


Bild 3.1: Statischer Zugversuch mit Schlupfmessung, Bild aus [3].

Vielfach wurden statische Zugversuche mit Schlupfmessung, «low cycle»-Versuche (Kategorie S2) und Ermüdungsversuche durchgeführt. Das Bild 3.1 zeigt schematisch die Versuchsdurchführung eines statischen Zugversuchs mit Schlupfmessung. Das Bild 3.2 zeigt schematisch die Versuchsdurchführung eines «low cycle»-Versuchs sowie die relevanten Messgrössen zur Bewertung.

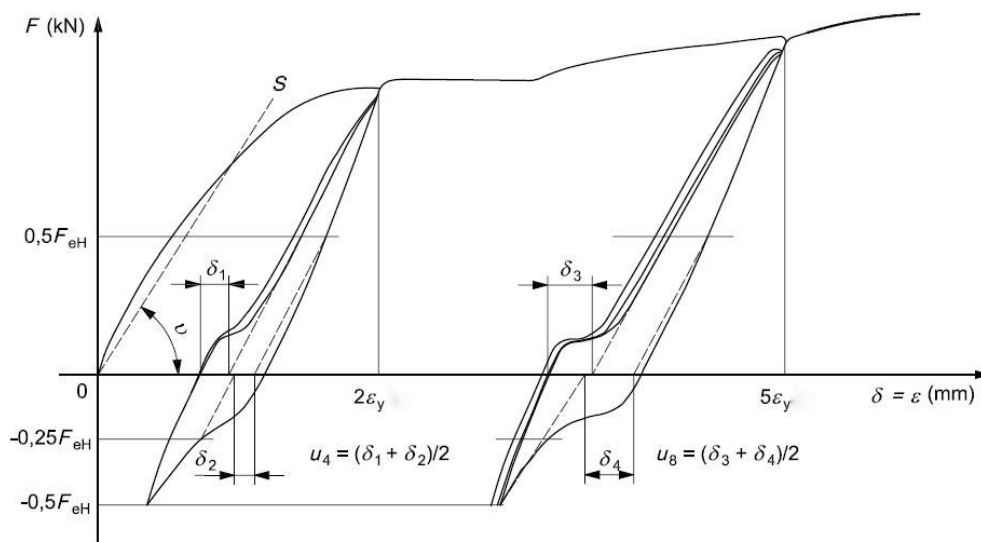


Bild 3.2: «low cycle»-Versuch, Bild aus [3].

3 Durchgeführte Prüfungen

Stab Ø [mm]	Anzahl #	Slip and tensile tests:		High cycle Fatigue tests:		S2 tests:		Norm ¹⁾	Typ	File Name
		Obersp. $\sigma_{sup} = 300 \text{ N/mm}^2$	Untersp. $\sigma_{inf} = 10 \text{ N/mm}^2$	Obersp. $\sigma_{sup} = 300 \text{ N/mm}^2$	Amplitude $\Delta\sigma_a = 60 \text{ N/mm}^2$	$2 \varepsilon_y / \sigma_{inf} = -250 \text{ N/mm}^2$	$5 \varepsilon_y / \sigma_{inf} = -250 \text{ N/mm}^2$			
12	3	OK		OK		OK ²⁾		ISO	Bartec Standard	Bartec BF12 - ISO 15835 test BAS 2017
16	3	-		OK		-		IS	Bartec BF	Fatigue - Bartec BF16 BAS 2018
16	3	-		-		OK		ISO	Fortec	2016-0122-007 Fortec BFC16 B500C S2 test
16	3	-		-		OK		ISO	Bartec	Bartec BF16 B500C - Cyclic S2 test BAS 2017
20	3	OK		OK		OK		ISO	Bartec Standard	Bartec BF20 - ISO 15835 test BAS 2017
20	3	-		-		OK		ISO	Bartec Standard	Bartec BF20 B500C - Cyclic S2 test BAS 2018
20	5	OK		-		OK		ISO	Bartec Standard	Bartec BF20 - ISO 15835 test Concrety 2019
25	3	OK		OK		OK		ISO	Fortec Standard	Fortec BFC25 - ISO15835 test BAS 2016
25	3	-		-		OK		ISO	Bartec	Bartec BF25 B500C - Cyclic S2 test BAS 2018
25	3	-		-		OK		ISO	Fortec	2016-0122-011 Fortec BFC25 B500C S2 test
25	5	OK		-		OK		ISO	BF25	Bartec BF25 - ISO 15835 test Concrety 2019
25	3	-		OK		-		IS	BF25	Fatigue - Bartec BF25 BAS 2018
28	3	-		OK		-		IS	BF28	Fatigue - Bartec BF28 BAS 2018
32	3	OK		OK		OK		ISO	Fortec Standard	Fortec BFC32 - ISO15835 test BAS 2016
32	3	-		-		OK		ISO	Bartec	Bartec BF32 - ISO15835 test BAS 2016
32	3	-		-		OK		ISO	Fortec	2016-0122-013 Fortec BFC32 B500C S2 test
32	3	-		OK		-		IS	BF32	Fatigue - Bartec BF32 BAS 2018
32	3	-		OK		-		ISO	Fortec	Fatigue Fortec BFC32 BAS 2016
32	3	-		OK		-		ISO	BFC32	Fatigue Fortec BFC32 BAS 2016
36	3	-		OK		-		IS	BF36	Fatigue - Bartec BF36 BAS 2018
40	3	-		OK		-		ISO	Bartec Standard	Fatigue - Bartec BF40 BAS 2017
40	3	-		OK		-		ISO	Bartec	Fatigue - Bartec-Fortec 40 B500C R-Tech 2019 rev 2
40	3	-		-		OK		ISO	Bartec Standard	Bartec BF40 - Cyclic S2 test BAS 2017

¹⁾ Norm ISO: ISO 15835; Norm IS: IS 16172

²⁾ Stab Nr. 2 ist ausgeknickt

Tabelle 3.1: Zusammenstellung der Versuche.

4 Bewertung der Prüfungen

4.1 Bewertung der Prüfungen

Die Tabelle 3.1 sind die relevanten Versuchsergebnisse dargestellt. In dieser Zusammenstellung sind:

- 22 statische Zugversuche mit Schlupfmessung im Durchmesserbereich von $\varnothing = 12$ mm bis $\varnothing = 32$ mm,
- 46 «low cycle»-Versuche (Kategorie S2) im Durchmesserbereich von $\varnothing = 12$ mm bis $\varnothing = 40$ mm und
- 39 Ermüdungsversuche im Durchmesserbereich von $\varnothing = 12$ mm bis $\varnothing = 40$ mm

ausgewiesen. Die detaillierte Auswertung der 22 statischen Zugversuche mit Schlupfmessung zeigt, dass die verwendeten Betonstähle der Duktilitätsklasse C bzw. einem B500C entsprachen. Der Bruch fand bei allen Versuchen in der freien Stablänge statt.

4.2 Bewertung der Normkonformität

Bei mit FORTEC®-Schraubverbindungen gestossenen Stabverbindungen bleibt die Festigkeit und die Verformungsfähigkeit inkl. der Verfestigung der verwendeten Bewehrung erhalten. Die FORTEC®-Schraubverbindungen sind sowohl für statische wie auch für zyklische Beanspruchungen ausreichend bemessen und stellen keine Schwächung der Festigkeit dar.

Im Bereich der FORTEC®-Schraubverbindungen ist die Verformungsfähigkeit des Stahlbetonbauteiles lokal verringert, da sich die Verbindung nicht plastisch verformen darf. Der Einfluss der Verbindung auf die Verformungsfähigkeit des Stahlbetonbauteiles ist gering und nimmt mit abnehmendem Muffenabstand ab.

Alle Versuche haben die Anforderungen der jeweiligen Prüfnorm erfüllt. Damit wird die Wirksamkeit des Verbindungsmittels inklusive der Auswirkungen auf das Grundmaterial nachgewiesen. Zudem darf davon ausgegangen werden, dass der Bemessungswert der Ermüdungsfestigkeit $\Delta\sigma_{sd,fat} = 55 \text{ N/mm}^2$ verwendet werden darf.

SIA 262 [7] Ziffer 5.2.6.8

SIA 262 [7] Tabelle 13

Literatur

Normen

- [1] IS. *Prüfnorm IS 16172:2014 Reinforcement Couplers for Mechanical Splices of Bars in Concrete – Specification*. Bureau of Indian Standards, 2014, 14 S.
- [2] ISO. *Prüfnorm ISO 15835-1:2009 Steels for the reinforcement of concrete – Reinforcement couplers for mechanical splices of bars – Part 1: Requirements*. International Organization for Standardization, 2009, 14 S.
- [3] ISO. *Prüfnorm ISO 15835-1:2009 Steels for the reinforcement of concrete – Reinforcement couplers for mechanical splices of bars – Part 1: Test methods*. International Organization for Standardization, 2009, 11 S.
- [4] ISO. *Prüfnorm ISO 15835-1:2018 Steels for the reinforcement of concrete – Reinforcement couplers for mechanical splices of bars – Part 1: Requirements*. International Organization for Standardization, 2018, 9 S.
- [5] ISO. *Prüfnorm ISO 15835-1:2018 Steels for the reinforcement of concrete – Reinforcement couplers for mechanical splices of bars – Part 1: Test methods*. International Organization for Standardization, 2018, 9 S.
- [6] SIA. *Norm SIA 260:2013 Grundlagen der Projektierung von Tragwerken*. Zürich. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2013, 44 S.
- [7] SIA. *Norm SIA 262:2013 Betonbau*. Zürich. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2013, 102 S.

Dokumentationen

- [8] Ferroflex Bautechnik AG. *Bewehrungstechnik – Produktdaten*. Ferroflex Bautechnik AG, 20 S.