

BEWETEC AG
Jägerweg 1
CH-3627 Heimberg

Prüf- und Bewertungsbericht Nr. 5'214'028'875

Prüfauftrag: Fremdüberwachung der Weiterverarbeiter von Ringmaterial gemäss Norm SIA 262:2013

Prüfobjekt: Gerichtetes Ringmaterial; Betonstahlklasse B500B

Kundenreferenz: Hr. F. Gomes, Hr. M. Schafroth

Überwachungsperiode: 2022

Ausführung der Prüfungen: 3. Mai 2022 bis 10. August 2022

Anzahl Seiten: 11

Beilagen: Merkblatt Messunsicherheiten von Versuchskennwerten

Versand: Elektronisch als digital signiertes PDF an Auftraggeber

Archivierung: Ohne Gegenbericht werden Prüfkörper nach einem Monat entsorgt!

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Fremdüberwachung zeigen, dass die Qualitätssicherung des Weiterverarbeiters von Ringmaterial die Anforderungen der Norm SIA 262:2013 – mit der unter Kapitel 6.2 aufgeführten Ausnahme – erfüllt.

Dübendorf, 8. September 2022 Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
Abt. Mechanical Systems Engineering

Sachbearbeiter Abteilungleiter Stv.

Ch. Meierhofer

Dipl. Ing. B. Weisse



STS 0053

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Prüfauftrag | 3 |
| 2 | Prüfobjekte | 3 |
| 3 | Probenvorbereitung und -bezeichnung..... | 4 |
| 4 | Durchführung der Prüfungen..... | 4 |
| | 4.1 Datum und Ort der Prüfungen | 4 |
| | 4.2 Umgebungsbedingungen | 4 |
| | 4.3 Prüfmittel und Verfahren..... | 5 |
| 5 | Prüfergebnisse | 5 |
| | 5.1 Zugversuche mit Dehnungsmessung | 6 |
| | 5.2 Ermittlung der bezogenen Rippenfläche | 8 |
| | 5.3 Alterungs-Rückbiegeversuche..... | 9 |
| | 5.4 Dauerschwingversuche | 9 |
| 6 | Bewertung..... | 10 |
| | 6.1 Anforderungen für gerichtetes Ringmaterial | 10 |
| | 6.2 Beurteilung der Prüfergebnisse..... | 10 |
| | 6.3 Auswertung der Dauerschwingversuche | 10 |
| | 6.4 Kontrolle der Eigenüberwachung..... | 10 |
| A | Messunsicherheiten von Versuchskennwerten..... | 11 |

1 PRÜFAUFTRAG

Zur Qualitätssicherung bezüglich Konformität der Eigenschaften von Betonstahl führt die Zertifizierungsstelle für Bauprodukte der Empa vertraglich geregelte, stichprobenartige Prüfungen (Fremdüberwachung) und eine Kontrolle der Eigenüberwachung bei den Weiterverarbeitenden von Betonstahl in Ringen durch. Grundlagen hierfür bilden die Normen SIA 262:2013 und EN 10080:2005 sowie der zwischen der Empa und dem Weiterverarbeiter abgeschlossene Überwachungsvertrag.

2 PRÜFOBJEKTE

Bei der Firma BEWETEC AG, CH-3627 Heimberg wurden am 3. Mai 2022 durch die Empa pro Richtanlage Stichproben unter Wahrung der Zufälligkeit aus der laufenden Produktion gemäss nachfolgender Tabelle entnommen.

| Maschinen-Nr. | Richtanlage (Bezeichnung) | Beton- stahl- klasse | Hersteller Produkt (Register-Nr.) | Nenn- durch- messer [mm] | Charge-Nr. | Anzahl Stäbe | Länge [mm] |
|---------------|----------------------------------|----------------------------|---|-----------------------------------|------------|-----------------|---------------|
| M1 | EVG Polybend PBX 16 (4001) | B500B | Badische Stahlwerke Superring TWR (13.4) | 10 | 2202299 | 6 | 800 |
| M2 | EVG Polybend PBX 14 (4000) | B500B | Badische Stahlwerke Superring TWR (13.4) | 8 | 2200100 | 6 | 800 |
| M3 | EVG RA-XE 16/5 DBE (4011) | B500B | Feralpi Siderurgica FA500WR (6.4) | 14 | C012201234 | 6 | 800 |
| M4 | EVG RA-XE 16/6-2 DBE (4010) | B500B | Stahl Gerlafingen topar-Rc (4.5) | 12 | 297606 | 6 | 800 |
| M5 | EVG Polybend PBX 16 3D (4002) | B500B | Feralpi Siderurgica FA500WR (6.4) | 14 | C012200888 | 6 | 800 |
| M6 | EVG RA-XE 16/8-2 (4012) | B500B | Stahl Gerlafingen topar-Rc (4.5) | 16 | 294237 | 6 | 800 |
| M7 | EVG RA-XE 16/5 DBE (4013) | B500B | Stahl Gerlafingen topar-Rc (4.5) | 8 | 292963 | 9 | 800 |

3 PROBENVORBEREITUNG UND -BEZEICHNUNG

Die entnommenen Stichproben wurden an der Empa künstlich gealtert¹⁾, zugeschnitten und mit Maschinen-Nr. sowie folgenden Index für die jeweiligen Prüfungen bezeichnet:

| | |
|------------------|---------------------------------------|
| /ZV1 ... /ZV3 | Zugversuche mit Dehnungsmessung |
| /FR4 ... /FR6 | Ermittlung der bezogenen Rippenfläche |
| /RBV7 | Alterungs-Rückbiegeversuche |
| /DSV8 ... /DSV10 | Dauerschwingversuche |

¹⁾ nach Norm EN 10080:2005 unter folgenden Bedingungen:

Erwärmen der Probe auf 100 °C, halten bei dieser Temperatur ± 10 °C für 1 h $\frac{+15}{0}$ min und dann abkühlen in ruhender Luft auf Raumtemperatur.

4 DURCHFÜHRUNG DER PRÜFUNGEN

4.1 Datum und Ort der Prüfungen

Die Prüfungen erfolgten vom 3. Mai 2022 bis 10. August 2022 an der Empa in der Abteilung Mechanical Systems Engineering.

4.2 Umgebungsbedingungen

Die Prüfungen wurden bei Raumtemperatur und der momentan herrschenden Umgebungsluftfeuchtigkeit durchgeführt.

4.3 Prüfmittel und Verfahren

Die bei den Untersuchungen verwendeten Prüfmittel sind gemäss Empa-Qualitätssicherungssystem durch ihre LOG-Nr. charakterisiert. Die angegebenen Verfahren sind in den zugehörigen **Standard Operating Procedures (SOP)** beschrieben und können bei Bedarf eingesehen werden.

| Pos. | Prüfmittel | LOG-Nr. | Messgenauigkeit |
|------|--|--------------|----------------------------|
| 1 | 250 kN Universalprüfmaschine <i>Zwick Z250</i> | 304-10.542 | -- |
| 2 | 250 kN Kraftaufnehmer <i>Zwick</i> | 304-10.542/1 | ±0.5 % bei stat. Belastung |
| 3 | Extensometer <i>Zwick multiXtens</i> | 304-10.542/5 | Klasse 0.5 |
| 4 | Messschieber <i>Preisser DIGI-MET</i> | 304-21.044 | ±0.05 mm |
| 5 | Waage <i>Mettler PM4800</i> | 121-25.003 | ±0.5 g |
| 6 | Rippenmessgerät <i>ECM Datensysteme RM 301</i> | 121-60.101 | < 5 % |
| 7 | Rohrbiegemaschine <i>Gressel RB-56</i> | 121-12.004 | ±5 ° |
| 8 | Umluft-Trockenschrank <i>Heraeus UT 6420</i> | 121-41.002 | ±5 °C |
| 9 | 100 kN Hochfrequenzpulsator <i>AMSLER 422/32</i> | 125-10.513 | ±1 % |

Spezifikation der verwendeten Prüfmittel

| Pos. | Prüfverfahren | SOP-Nr. |
|------|---|---------|
| 1 | Masse je Meter für Betonstahl | 01'626 |
| 2 | Zugversuch an Betonstahl | 01'627 |
| 3 | Ermittlung der bezogenen Rippenfläche an Betonstahl | 00'807 |
| 4 | Alterungs-Rückbiegeversuch an Betonstahl | 01'629 |
| 5 | Dauerschwingversuch an Betonstahl | 01'729 |

Spezifikation der verwendeten Prüfverfahren

5 PRÜFERGEBNISSE

Nachfolgend sind die Prüfergebnisse der durchgeführten Versuche aufgelistet.

5.1 Zugversuche mit Dehnungsmessung

nach Norm EN ISO 15630-1:2019, ISO 6892-1:2019 und Empa-SOP-Nr. 01'627

| Proben- bezeichnung | Nenn- durch- messer | Nenn- quer- schnitt | Proben- länge | Masse je Meter | Abwei- chung von der Nenn- masse je Meter | Kraft für 0.2 %- Dehnung | 0.2 %- Dehn- grenze ¹⁾ | Höchst- kraft | Zug- festigkeit ¹⁾ | Verhältnis | Verhältnis ²⁾ | Gesamt- dehnung bei Höchst- kraft ³⁾ |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|------------------|-------------------|---|--------------------------------|---|------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---|--|
| | d [mm] | S _n [mm ²] | [mm] | [kg/m] | [%] | F _e [kN] | R _e [MPa] | F _m [kN] | R _m [MPa] | R _m /R _e [-] | R _{e,act} /R _{e,nom} [-] | A _{gt} [%] |
| M1/ZV1 | 10 | 78.54 | 499 | 0.618 | 0.2 | 41.52 | 529 | 48.39 | 616 | 1.17 | 1.06 | 9.4 |
| M1/ZV2 | 10 | 78.54 | 499 | 0.616 | -0.1 | 41.04 | 523 | 48.42 | 617 | 1.18 | 1.05 | 8.8 |
| M1/ZV3 | 10 | 78.54 | 500 | 0.618 | 0.2 | 41.37 | 527 | 48.48 | 617 | 1.17 | 1.05 | 9.4 |
| M2/ZV1 | 8 | 50.27 | 501 | 0.391 | -0.9 | 25.68 | 511 | 30.34 | 604 | 1.18 | 1.02 | 9.3 |
| M2/ZV2 | 8 | 50.27 | 500 | 0.389 | -1.4 | 25.83 | 514 | 30.35 | 604 | 1.17 | 1.03 | 9.6 |
| M2/ZV3 | 8 | 50.27 | 499 | 0.389 | -1.4 | 26.03 | 518 | 30.49 | 607 | 1.17 | 1.04 | 8.6 |
| M3/ZV1 | 14 | 153.94 | 498 | 1.211 | 0.2 | 79.21 | 515 | 94.71 | 615 | 1.20 | 1.03 | 7.3 |
| M3/ZV2 | 14 | 153.94 | 500 | 1.209 | 0.1 | 78.64 | 511 | 93.65 | 608 | 1.19 | 1.02 | 7.1 |
| M3/ZV3 | 14 | 153.94 | 498 | 1.208 | -0.1 | 78.32 | 509 | 93.82 | 609 | 1.20 | 1.02 | 7.3 |
| M4/ZV1 | 12 | 113.10 | 499 | 0.873 | -1.7 | 58.17 | 514 | 66.92 | 592 | 1.15 | 1.03 | 6.0 |
| M4/ZV2 | 12 | 113.10 | 499 | 0.876 | -1.4 | 58.49 | 517 | 67.27 | 595 | 1.15 | 1.03 | 6.7 |
| M4/ZV3 | 12 | 113.10 | 500 | 0.878 | -1.1 | 59.26 | 524 | 68.05 | 602 | 1.15 | 1.05 | 6.4 |
| M5/ZV1 | 14 | 153.94 | 499 | 1.212 | 0.3 | 80.82 | 525 | 94.58 | 614 | 1.17 | 1.05 | 7.0 |
| M5/ZV2 | 14 | 153.94 | 500 | 1.208 | 0.0 | 78.58 | 510 | 93.06 | 605 | 1.18 | 1.02 | 7.3 |
| M5/ZV3 | 14 | 153.94 | 498 | 1.207 | -0.1 | 81.36 | 529 | 93.86 | 610 | 1.15 | 1.06 | 6.3 |

¹⁾ bezogen auf Nennquerschnitt, ermittelt gemäss Norm EN 10080:2005, Abs. 7.2.3.3

²⁾ bezogen auf Nennstreckgrenze R_{e,nom} = 500 MPa nach Norm EN 10080:2005

³⁾ A_{gt} ermittelt mit Extensometer nach Norm EN ISO 15630-1:2019, L_e = 200 mm

| Proben- bezeichnung | Nenn- durch- messer | Nenn- quer- schnitt | Proben- länge | Masse je Meter | Abwei- chung von der Nenn- masse je Meter | Kraft für 0.2 %- Dehnung | 0.2 %- Dehn- grenze ¹⁾ | Höchst- kraft | Zug- festigkeit ¹⁾ | Verhältnis | Verhältnis ²⁾ | Gesamt- dehnung bei Höchst- kraft ³⁾ |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|-------------------|---|--------------------------------|---|------------------|----------------------------------|--------------------------------|--|--|
| | d | S _n | | | | F _e | R _e | F _m | R _m | R _m /R _e | R _{e,act} /R _{e,nom} | A _{gt} |
| | [mm] | [mm ²] | [mm] | [kg/m] | [%] | [kN] | [MPa] | [kN] | [MPa] | [-] | [-] | [%] |
| M6/ZV1 | 16 | 201.06 | 499 | 1.556 | -1.4 | 112.01 | 557 | 125.91 | 626 | 1.12 | 1.11 | 5.2 |
| M6/ZV2 | 16 | 201.06 | 498 | 1.557 | -1.4 | 112.06 | 557 | 125.97 | 627 | 1.12 | 1.11 | 5.4 |
| M6/ZV3 | 16 | 201.06 | 499 | 1.553 | -1.6 | 111.66 | 555 | 124.77 | 621 | 1.12 | 1.11 | 4.9 |
| M7/ZV1 | 8 | 50.27 | 500 | 0.393 | -0.3 | 27.99 | 557 | 32.04 | 637 | 1.14 | 1.11 | 6.8 |
| M7/ZV2 | 8 | 50.27 | 499 | 0.392 | -0.6 | 27.55 | 548 | 31.31 | 623 | 1.14 | 1.10 | 5.5 |
| M7/ZV3 | 8 | 50.27 | 501 | 0.393 | -0.4 | 27.80 | 553 | 31.89 | 634 | 1.15 | 1.11 | 7.1 |

¹⁾ bezogen auf Nennquerschnitt, ermittelt gemäss Norm EN 10080:2005, Abs. 7.2.3.3

²⁾ bezogen auf Nennstreckgrenze R_{e,nom} = 500 MPa nach Norm EN 10080:2005

³⁾ A_{gt} ermittelt mit Extensometer nach Norm EN ISO 15630-1:2019, L_e = 200 mm

5.2 Ermittlung der bezogenen Rippenfläche

nach Norm EN ISO 15630-1:2019 und Empa-SOP-Nr. 00'807

| Proben- bezeichnung | Nenn- durch- messer d [mm] | Proben- länge [mm] | Anzahl Rippen- reihen [-] | Bezogene Rippen- fläche ¹⁾ f _R [-] | Abweichung vom Anforde- rungswert ²⁾ [%] |
|------------------------|--|--------------------------|------------------------------------|--|--|
| M1/FR4 | 10 | 300 | 4 | 0.081 | 102.5 |
| M1/FR5 | 10 | 300 | 4 | 0.081 | 102.5 |
| M1/FR6 | 10 | 300 | 4 | 0.083 | 107.5 |
| M2/FR4 | 8 | 300 | 4 | 0.084 | 110.0 |
| M2/FR5 | 8 | 300 | 4 | 0.072 | 80.0 |
| M2/FR6 | 8 | 300 | 4 | 0.088 | 120.0 |
| M3/FR4 | 14 | 300 | 4 | 0.064 | 14.3 |
| M3/FR5 | 14 | 300 | 4 | 0.070 | 25.0 |
| M3/FR6 | 14 | 300 | 4 | 0.066 | 17.9 |
| M4/FR4 | 12 | 300 | 4 | 0.081 | 102.5 |
| M4/FR5 | 12 | 300 | 4 | 0.074 | 85.0 |
| M4/FR6 | 12 | 300 | 4 | 0.077 | 92.5 |
| M5/FR4 | 14 | 300 | 4 | 0.076 | 35.7 |
| M5/FR5 | 14 | 300 | 4 | 0.077 | 37.5 |
| M5/FR6 | 14 | 300 | 4 | 0.080 | 42.9 |
| M6/FR4 | 16 | 300 | 4 | 0.078 | 39.3 |
| M6/FR5 | 16 | 300 | 4 | 0.080 | 42.9 |
| M6/FR6 | 16 | 300 | 4 | 0.077 | 37.5 |
| M7/FR4 | 8 | 300 | 4 | 0.067 | 67.5 |
| M7/FR5 | 8 | 300 | 4 | 0.067 | 67.5 |
| M7/FR6 | 8 | 300 | 4 | 0.067 | 67.5 |

¹⁾ berechnet nach der Simpson'sche Formel: $f_R = (2 \cdot a_{1/4} + a_m + 2 \cdot a_{3/4}) \cdot (\pi \cdot d - \sum e) \cdot \frac{1}{6 \cdot \pi \cdot d \cdot c}$

²⁾ nach Norm SIA 262:2013

5.3 Alterungs-Rückbiegeversuche

nach Norm EN ISO 15630-1:2019 und Empa-SOP-Nr. 01'629

| Proben- bezeichnung | Nenn- durch- messer d [mm] | Dorn- durchmesser | | Biege- winkel γ [°] | Rück- biege- winkel δ [°] | Bemerkung |
|------------------------|--|----------------------|------|------------------------------|---------------------------------------|-----------|
| | | D = x · d | [mm] | | | |
| M1/RBV7 | 10 | 5 · d | 50 | 150 | 120 | rissfrei |
| M2/RBV7 | 8 | 5 · d | 40 | 150 | 120 | rissfrei |
| M3/RBV7 | 14 | 5 · d | 70 | 150 | 120 | rissfrei |
| M4/RBV7 | 12 | 5 · d | 60 | 150 | 120 | rissfrei |
| M5/RBV7 | 14 | 5 · d | 70 | 150 | 120 | rissfrei |
| M6/RBV7 | 16 | 5 · d | 80 | 150 | 120 | rissfrei |
| M7/RBV7 | 8 | 5 · d | 40 | 150 | 120 | rissfrei |

5.4 Dauerschwingversuche

nach Norm EN ISO 15630-1:2019, SIA 262:2013 und Empa-SOP-Nr. 01'729

| Proben- bezeichnung | Nenn- durch- messer d [mm] | Nenn- quer- schnitt S _n [mm ²] | Ober- last ¹⁾ F _{up} [kN] | Last- bereich ²⁾ F _r [kN] | Freie Länge [mm] | Frequenz f [Hz] | Last- wechsel ³⁾ N _{fat} [· 10 ⁶] | Bemerkung |
|------------------------|--|---|--|--|------------------------|-----------------------|--|----------------|
| | | | | | | | | |
| M7/DSV9 | 8 | 50.27 | 15.08 | 7.54 | 232 | 69 | 2.000 | visuell intakt |
| M7/DSV10 | 8 | 50.27 | 15.08 | 7.54 | 232 | 69 | 2.000 | visuell intakt |

¹⁾ nach Norm SIA 262:2013: $\sigma_{max} = 300$ MPa

²⁾ nach Norm SIA 262:2013: $2\sigma_a = 150$ MPa

³⁾ Mindestanzahl Lastwechsel: $N_{fat} = 2 \cdot 10^6$

6 BEWERTUNG

6.1 Anforderungen für gerichtetes Ringmaterial

nach Norm SIA 262:2013

| Betonstahl Duktilitätsklasse | | B500A A | B500B B | B500C C |
|---|----------------------|--|-------------|-----------------------------|
| Streckgrenze $R_e^{1)}$ | [N/mm ²] | 500 | 500 | 500 |
| Verhältnis R_m/R_e | [-] | $\geq 1.05^{2)}$ | ≥ 1.08 | $\geq 1.15 \dots \leq 1.35$ |
| Gesamtdehnung bei Höchst- kraft A_{gt} | [%] | $\geq 2.5^{2)}$ | ≥ 5.0 | ≥ 7.5 |
| Abweichung von der Nenn- masse je Meter | [%] | ± 4.5 für $\varnothing > 8$ mm ± 6.0 für $\varnothing \leq 8$ mm | | |
| Bezogene Rippenfläche f_R | [-] | $5 \text{ mm} < \varnothing \leq 6 \text{ mm} = 0.035$ $6.5 \text{ mm} < \varnothing \leq 12 \text{ mm} = 0.040$ $\varnothing > 12 \text{ mm} = 0.056$ | | |
| Ermüdungsfestigkeit N_{fat} | [-] | $2 \cdot 10^6$ Lastwechsel ohne Versagen | | |

¹⁾ Maximalwert darf $1.3 \cdot R_e$ nicht überschreiten

²⁾ für Stäbe mit $\varnothing < 6$ mm gelten: $R_m/R_e \geq 1.03$ und $A_{gt} \geq 2.0$ %

6.2 Beurteilung der Prüfergebnisse

Die an der Empa durchgeführten Prüfungen der stichprobenweise pro Richtanlage entnommenen Proben erfüllen grösstenteils die Anforderungen gemäss Norm SIA 262:2013.

Der erforderliche Wert für die Gesamtdehnung bei Höchstkraft A_{gt} wurde von einer Stichprobe der Maschinen-Nr. M6 nicht erreicht. Der erforderliche Wert für die Gesamtdehnung bei Höchstkraft A_{gt} konnte jedoch für diese Charge durch den Handmesswert nachgewiesen werden.

6.3 Auswertung der Dauerschwingversuche

Alle Versuche an den drei Stichproben haben die erforderliche Anzahl von zwei Millionen Lastwechseln ohne Versagen erreicht.

6.4 Kontrolle der Eigenüberwachung

Die Eigenüberwachung wurde kontrolliert. Art, Umfang und Ergebnisse entsprechen denn in der Arbeitsgruppe SIA 262-Betonstahl getroffenen Festlegungen.

A MESSUNSICHERHEITEN VON VERSUCHSKENNWERTEN

Die nachfolgend aufgeführten Prüfverfahren und deren Kennwerte sind Bestandteil des Qualitätswesens der Empa Abteilung 304 - Betonstahlprüfung. Unter Berücksichtigung der Fehlerfortpflanzung ist die erweiterte Messunsicherheit für die einzelnen Kennwerte dargestellt.

| Prüfverfahren | Kennwerte | SOP-Nr. | Erweiterte Messunsicherheit U <small>Das Intervall $\pm U$ definiert einen Bereich mit einem geschätzten Vertrauensgrad von 95 %</small> |
|---------------------------------------|--|---------|--|
| Nennwert der Masse | Masse je Meter | 01'626 | < 1 % des Kennwerts |
| Zugversuch | Spannung | 01'627 | < 1 % des Kennwerts |
| | Verhältnis R_m/R_e | 01'627 | < 0.015 |
| | Gesamtdehnung bei Höchstkraft A_{gt} | 01'627 | < 1 % |
| Abscherversuch | Scherkraftverhältnis $F_s/(S_n \cdot R_{e,nom})$ | 01'632 | < 1 % des Kennwerts |
| Ermittlung der bezogenen Rippenfläche | Bezogene Rippenfläche f_R | 00'807 | < 5 % des Kennwerts |

Brucheinschnürung Z, Bruchdehnung A_5 und A_{10} bzw. Gleichmassdehnung A_g sind keine Anforderungskriterien, die nach Norm SIA 262 erfüllt werden müssen. Soweit diese Kenngrössen im Untersuchungsbericht trotzdem aufgeführt sind, haben sie nur informativen Charakter.