

Erfahrungen aus dem Projekt Rügenbrücke

Dr.-Ing. Karl Kleinhanß

DEGES Deutsche Einheit

Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH

Zusammenfassung

Mit der Erstanwendung von Litzenbündeln für die Schrägseile der Ziegelgrabenbrücke in Stralsund wurden nicht nur die projektspezifischen Anforderungen bei der Rügenbrücke erfüllt, sondern darüber hinaus Piloterfahrungen zur projektübergreifenden Anwendung im Großbrückenbau gesammelt.

1 Die Rügenbrücke im Zuge der 2. Strelasundquerung

Seit Oktober 2007 läuft der Verkehr über die Rügenbrücke, eine der längsten Hochbrücken in Europa. Aus ingenieurtechnischer und baukultureller Hinsicht bemerkenswert sind die Vielfalt der Bauweisen, ihre Ausformung in einem welterbeverträglich gestalteten Brückenzug und nicht zuletzt die Vielzahl der bautechnischen Innovationen bei ihrem Schlüsselbauwerk, der 570 m langen Schrägseilbrücke über den Ziegelgraben.



Bild 1: Die Rügenbrücke bei der Verkehrsfreigabe am 22. Oktober 2007

2. Baubegleitende Innovationen zur Verbesserung der technischen und funktionalen Qualität

Um die Gesamtheit der funktionalen, bautechnischen, gestalterischen und ökologischen Randbedingungen an diesem exponierten Standort optimal umzusetzen, wurde auf der Basis der beauftragten Entwurfes noch während der Bauphase eine ungewöhnliche Vielzahl bautechnischer Erstanwendungen entwickelt, deren Anwendung jeweils über eine Zustimmung im Einzelfall zu erwirken war.

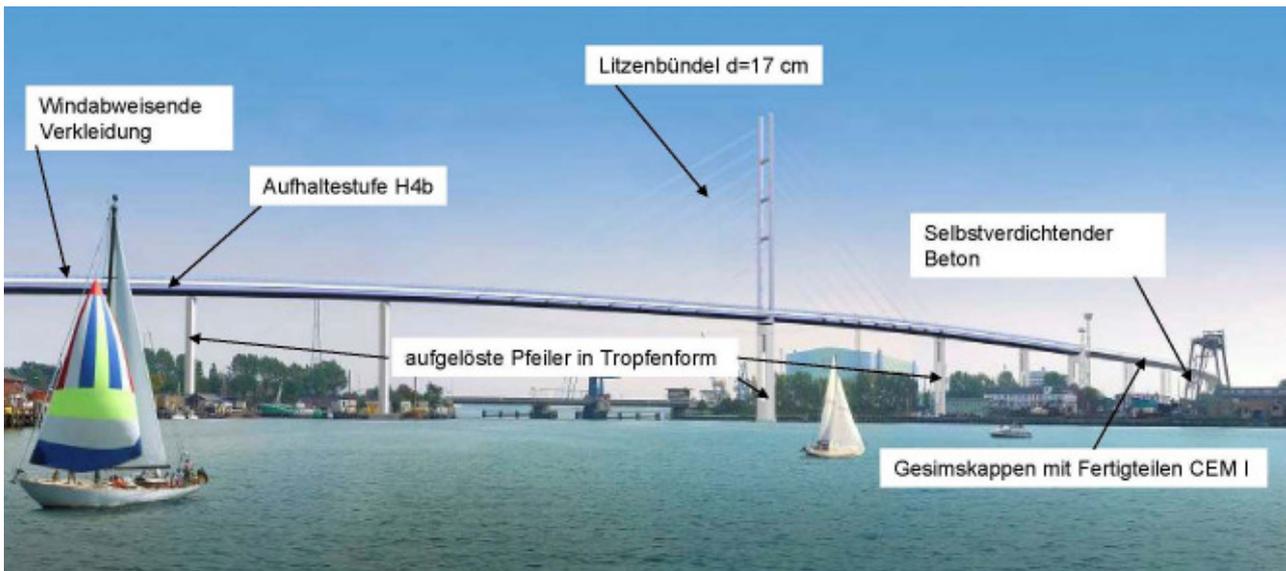


Bild 2: Baubegleitende Innovationen mit Zustimmung im Einzelfall für die Rügenbrücke

Dazu agierten Auftraggeber (BMVBS, vertreten durch das Land Mecklenburg-Vorpommern, vertreten durch die DEGES) und Auftragnehmer (Fa. Max Bögl, Neumarkt) gemeinsam als Entwicklungspartner und verfolgten im interaktiven Dialog diesen kontinuierlichen Verbesserungsprozess mit Konsequenz und Kompetenz. Dabei wurden sie unterstützt von zahlreichen Institutionen und Experten, u.a. der BAST und dem DIBt sowie den eingebundenen Ingenieurbüros.

Für das Gelingen des Projektes waren die Litzenbündel ausschlaggebend, weil die Schrägseile der Ziegelgrabenbrücke aus Gründen des Vogelschutzes einen Mindestdurchmesser von 12 cm haben mussten, was aus ingenieurtechnischen und wirtschaftlichen Gründen die verschlossenen Seile benachteiligte. Dennoch wurde dieses System als einzige, bislang in Deutschland allgemein bauaufsichtlich zugelassene Bauart ausgeschrieben, obwohl die Schrägseile wegen ihrer Teilvorspannung mit einem Durchhang bis 150 cm nicht nur optisch problematisch gewirkt, sondern zudem Verformungs- und Schwingungsprobleme generiert hätten.

Allerdings hat der Bauherr bereits in der Baubeschreibung über vollständige und detaillierte „Bedingungen für Nebenangebote mit Litzenbündeln“ den Bietern die Alternative der Litzenbündel deutlich aufgezeigt und damit die Weichen für ihre Erstanwendung mit dem System DYNA Grip der SUSPA DSI gestellt.

3. Die Schrägseilbrücke über den Ziegelgraben Ein Modernes Wahrzeichen im Welterbe Stralsund

Die 2. Strelasundquerung verläuft nur wenige hundert Meter entfernt von der zum Weltkulturerbe zählenden Altstadt Stralsunds. Vorrangiges Entwurfsziel für das Hauptbauwerk, die 200 m weite Querung des Ziegelgrabens mit einer lichten Höhe von mindestens 42 m, war deshalb eine Tragstruktur, die trotz ihrer Dimensionen nicht dominant, sondern elegant wirken sollte und die Formelemente des maritim geprägten Umfeldes widerspiegelt.

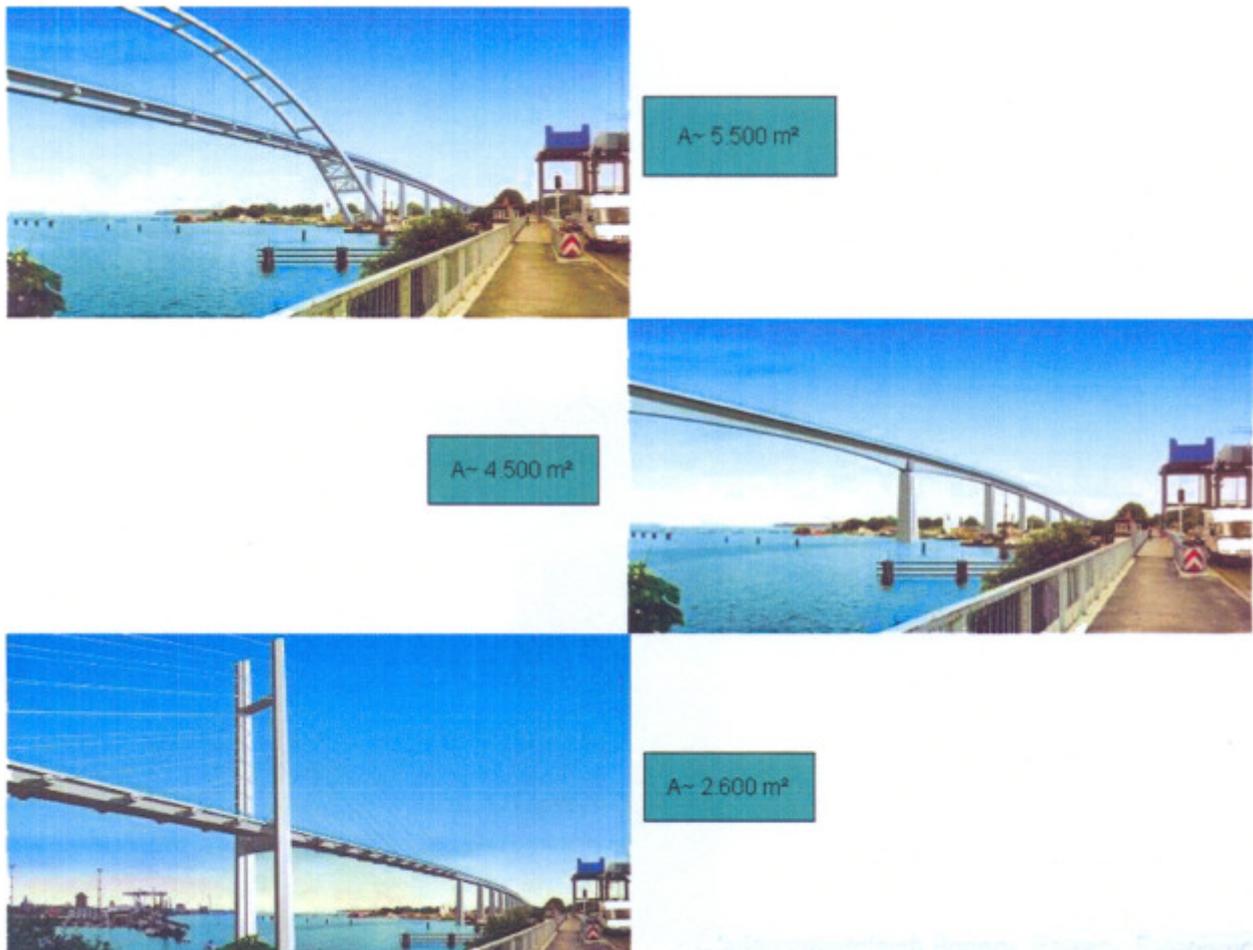


Bild 3: Vergleich Bogen-, Balken-, Pylonbrücke mit aufsalzierten Ansichtsflächen

Im Variantenvergleich stellte sich die einhüftige Schrägseilbrücke eindeutig als Vorzugslösung heraus, da sie gegenüber der Bogen- und Balkenstruktur die mit Abstand geringste Ansichts- bzw. Versperrungsfläche aufweist, ein Indiz für die systembedingte Leichtigkeit der Schrägseilbrücken im Strukturkanon weitgespannter Tragwerke. Zudem erinnert ihre Linienführung an ein Segelschiff und passt sich somit optimal in das maritim geprägte Umfeld ein. Auch korrespondiert der vertikale Pylon aus der Ferne gefällig mit den drei Kirchtürmen der Altstadt, in deren Silhouette eine Bogenform nicht zu finden ist.

Für die gestalterische Wirkung mit entscheidend war die Auflösung des üblicherweise realisierten Betonpylons in ein schlankes Stahloberteil als „Druckstab“ des insgesamt vom Betonunterbau abgehobenen und auf Lagern abgesetzten, als überspannter Balken wirkenden Stahlüberbaus.

Weiterhin hat die parallele Ausrichtung der jeweils acht Seilabspannungen in Harfenform gegenüber der sonst gebräuchlichen Fächerform nicht nur optische Vorteile infolge ihres als harmonisch empfundenen Erscheinungsbildes ohne Überschneidungen der Seile in den beiden Ebenen, wobei der Kraftfluss im Tragwerk offensichtlich zum Ausdruck kommt.

Konstruktiv und letztlich auch wirtschaftlich vorteilhaft ist die Harfenanordnung wegen der aufsalziert kurzen Wege bzw. kürzeren Seillängen, – bei einheitlichen Seildurchmessern also geringeren Massen – der auf gesamte Pylonhöhe wirksame elastische Bettung des dadurch schlank dimensionierten Stahlquerschnittes sowie der Vermeidung geometrisch komplizierter Anschlüsse in spitzen Winkel einlaufender Fächerseile im Pylonkopf.

Durch die elastische Bettung der Pylonstiele kann der tropfenförmige Querschnitt in der Seitenansicht besonders schlank gehalten werden und wird zudem von seiner Anfälligkeit gegenüber wind-erregten Schwingungen befreit, was das optische Erscheinungsbild weiter verbessert.



Bild 4: Die fertige Schrägseilbrücke über den Ziegelgraben

4. Qualitätssicherung vom Draht bis zum Schrägseil-Litzenbündel

Schrägseilbrücken stehen und fallen – im wahrsten Sinne des Wortes – mit den Brückenseilen als primären hochbeanspruchten Traggliedern. Vom reinen Stahlgewicht her machen sie mit 140 t nicht einmal zwei Prozent des Überbaus aus, unterliegen aber gerade deshalb einer durchgängig höchst anspruchsvollen Qualitätssicherung in allen Stufen der Planung, Fertigung, Montage und Bauwerksprüfung über die gesamte Lebensdauer. Dieses Prinzip war Maßstab für die Erstanwendung der in Deutschland noch nicht allgemein bauaufsichtlich zugelassenen Litzenseile.

DYNA Grip® Verankerung

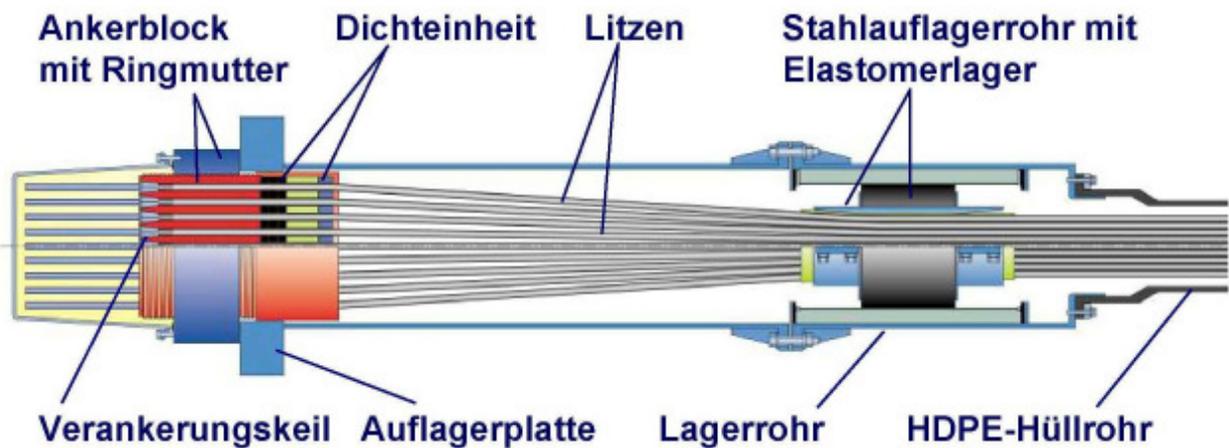


Bild 5: Litzenbündel System DYNA Grip®

Bereits mit den „Bedingungen für Nebenangebote“ in der Ausschreibung wurden auf der Grundlage des fib-Bulletins 30 „Recommendations for the acceptance of Stay Cable Systems“ sämtliche, zur Erlangung einer Zustimmung im Einzelfall notwendigen Prüfungen definiert, abgestimmt mit dem BMVBS und dem DIBt als der designierten Institution zur Begleitung dieser Erstanwendung am Projekt Rügenbrücke.

Nachdem das Nebenangebot des Erstbieters ARGE Max Bögl mit dem System DYNA Grip alle diese technischen Bedingungen erfüllte und zudem – nicht zuletzt wegen der Gewichtersparnisse gegenüber den verschlossenen Seilen – trotz sehr aufwendiger Versuche noch einen wirtschaftlichen Vorteil brachte, konnten im Rahmen der terminlichen und vertraglichen Zwangspunkte des Projektes noch baubegleitend alle Komponenten des gesamte detaillierte Qualitätsplanes positiv erfüllt wurden.

Gruppe	Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei der Herstellung und Montage der Litzenseile
A	Planung
1	Nebengebotsbedingungen / Ausschreibung
2	Schwingungsgutachten
3	Zulassungsverfahren für die Zustimmung im Einzelfall
4	Stabk und Dynamik des Seiltragwerks einschließlich der Ermüdungsnachweise für die Litzen unter windinduzierter Schwingungsbeanspruchung sowie ermüdungsrelevanten Verkehrslasten
5	Bausaufsichtliche Prüfung
6	Qualitätsplan Seilhersteller (incl. Zulieferer und Fertigungstermine)
7	Arbeitsanweisungen für Montage, Einbau und Spannen
8	Ausführungsplanung und -unterlagen für die Seile
B	Eignungstests / Grundlagenversuche
1	HDPE-Rohr: Abnahmeprüfzeugnis 3.1 B, Prüfung Wandstärke und Durchmesser durch Fremdüberwachung, UV-Beständigkeitstest gem. ASTM D3350 durch Eigenüberwachung, mechanische Eigenschaften, UV-Test
2	Elastomerlagerung an den Centralizern: Prüfung TGA-Masterkurven, Dichte, Shore-A-Härte, Reißfestigkeit, Wärme- und Ozonempfindlichkeit gem. DIN 4141-150:1991-01
3	Mechanische Eigenschaften Einzellitze: Durchmesser, Schlaglänge, Zugfestigkeit, E-Modul, Duktilität, Relaxation gem. pr. EN 10337:2003
4	Dauerschwingversuche Einzellitze mit Bruchkraftermittlung Schwingbreite 300 MPa bei 0,45 x Bruchspannung gem. ISO 15630-3 und pr. EN 10337:2003
5	Umlenkgangversuch nach ISO 15630-3 und pr. EN 10337:2003
6	Feuerverzinkung: Prüfung der Masse (> 220 g/m ²), Haftfestigkeit über Wickelproben (Diam d=25mm), Gleichmäßigkeit über Tauchprüfung nach EN 10244-2, Zinkschichtdicke
7	PE-Mantel: Dicke > 1,8 mm, Litzendurchmesser mit PE-Mantel < 19,5 mm, Zugfestigkeit unter Bedingungen gem. fib Rec. Kapitel 5.5, Reibungsversuche, Schocktests gem. fib Rec. Tabelle 5.5
8	Wachs: Eigenschaften gem. fib Rec. Tab. 5.7, Masse > 10 g/m
9	Wasserdichtigkeit Litze
10	Litzenaustauschversuch am Versuchsseil
11	Dichtigkeitsstest gem. fib Recommendations Kapitel 6.2.3 an der Verankerungskonstruktion des Versuchsseils
12	Dauerschwingversuch am Versuchsseil, Oberlast 0,45 Bruchlast, Schwingbreite 200 MPa, Schlierstellung Ankerplatten 0,6", gem. fib Rec. Kap. 6.2.1
C	Produktion und Fertigungsüberwachung
1	Dokumentation der Eigenüberwachung des Litzenherstellers (Details siehe Qualitätsplan)
2	Dokumentation der Fremdüberwachung beim Litzenhersteller (Details siehe Qualitätsplan)
3	Schlussbericht Eigenüberwachung & Fremdüberwachung Litzenhersteller (Punkte 2 und 3)
4	PE-Material Abnahmeprüfzeugnis 3.1 B, Eigenschaften gem. fib Rec. Tabelle 5.4
5	Dokumentation der Eigenüberwachung Seilhersteller und der Zulieferer gem. fib Qualitätsplan
6	Dokumentation der Fremdüberwachung beim Seilhersteller und den Zulieferern
7	Schlussbericht Eigenüberwachung & Fremdüberwachung Seilhersteller (Punkte 2 und 3)
8	Produktion Ankerblock, Ringmutter, Festanker (Abnahmeprüfzeugnis 3.2 bzw. früher 3.1C)
9	Optional auftraggeberseitige, stichprobenartige Überwachung
D	Montage und Einbau der Seile
1	AUDIT-Prüfung der korrosionsgeschützten Litze in freier Länge lt. DIBT. Rückstellproben aus jedem Coil, Zugversuche und Dickenmessung am PE-Mantel durch fremdüberwachende Prüfstelle
2	Ankergeometrie an Pylon und Überbau, Winkelgenauigkeit der Seilverankerungspunkte
3	Eichnachweise für Hydraulische Pressen u. Pumpen
4	Spannprotokolle (Kräfte, Wege, Spannstufen)
5	Montage, Einbau, Spannen der Seile, Endabnahme eines fertigen Seiles
6	Mögliche Maßnahmen zur Korrektur der Kabelkräfte: Seilkraftbestimmung über Litoff-Tests, Nachspannen mit Litzenpresse oder Gradientenpresse
7	Feinjustierung der Seilwinkel an den Centralizern falls erforderlich
8	Dokumentation der Spannarbeiten
9	Installation der Schwingungsdämpfer, sofern die Messung der Seilschwingungen (s. Gruppe E) eine Dämpfung erforderlich macht (s. Gruppe A)
E	Überwachung bis zur Abnahme / Wartung
1	Geometrische Konformitätsprüfung (Überbau, Pylon) mit Gradienten
2	Seilkraftüberprüfung und Soll-Ist-Vergleiche
3	Vorgezogene Bauwerksprüfung der unzugänglichen Seilkomponenten
4	Dynamische Konformitätsprüfung (Eigenfrequenzen Seile, Tragwerk)
5	Meßtechnische Überwachung der Seilschwingungen und klimatischen Bedingungen (Wind) durch den AN und den AG => Optionale Auslösung von Maßnahmen zur Dämpfung der Seile (siehe Gruppe C)
6	Magnetinduktive Prüfung der Litzen und Ultraschallprüfung der Drähte im Bereich der Keilverankerung zur VOB-Abnahme
7	Wartungshandbuch

Bild 6: Qualitätsplan für die Litzenbündel der Rügenbrücke

Wesentliche „schrägseilspezifische“ Maßnahmen aus dem projektspezifischen Qualitätsplan sind:

- die rechnerischen Ermüdungsnachweise unter Beachtung der elastischen Führung im Verankerungsbereich der Litzen
- die rechnerische Verfolgung der planmäßigen Bauzustände nach Schnittkräften und Verformungen, begünstigt durch den bei Spannstahlilitzen präzise zu definierenden E-Modul von 195 KN/mm²
- die großmaßstäblichen Dauerschwingungsversuche an der Einzellitze sowie am Bündel mit vorgegebenen Schwingbreiten und Drehwinkeln sowie anschließender Bruchbelastung gemäß fib bzw. Bauvertrag
- der Nachweis der Wasserdichtigkeit unter 3 m Wassersäule auf der Verankerung
- die Austauschbarkeit einer Einzellitze im voll gespannten Litzenbündel
- vollständige Dokumentationen der Eigen- und Fremdüberwachung beim Seilbesteller und seinen Zulieferern für sämtliche Komponenten vom Draht über die Verankerung bis zum fertigen Litzenbündel
- durchgängige Soll-Ist-Vergleiche für alle Phasen der Bauausführung zum Nachweis der geometrischen, statischen und dynamischen Konformität
- die stufenweise Anwendung vielfältiger zerstörungsfreier Prüfungen am fertig eingebauten Schrägseil im laufenden Betrieb

5. Seile können schwingen – Schwingungen kann man dämpfen

Um Schwingungen von Brückenseilen wird – im wahrsten Sinne des Wortes – reichlich viel Wirbel gemacht, was schon daraus hervorgeht, dass jährlich zur Frage Regen-Wind-induzierter Schwingungen diverse Fachveröffentlichungen erscheinen. Dabei ist gerade diese Einwirkung für Litzenbündel der Bauart DYNA Grip bedeutungslos, da sie durch die Scrutonwendeln. auf den Hüllrohren weitestgehend eliminiert wird.

Ähnliches gilt für die Einwirkungen aus Wind sowie aus dem Fahrverkehr, den für Schwingungen bzw. die Ermüdung wichtigsten Erregungsmechanismen. Diese lassen sich, wie bei der Schrägseilbrücke über den Ziegelgraben praktiziert, über einen mehrstufigen, kontinuierlich verdichteten Planungsprozess unter Heranziehung von Versuchsdaten und von Messungen am Bauwerk wirkungsvoll beherrschen. Dabei sollen aus konstruktiven und wartungstechnischen Gründen Dämpfungsmaßnahmen nur dort zur Ausführung kommen, wo sie aus statischen und funktionalen Gründen wirklich notwendig sind. Kopplungen bzw. Querverspannungen von Schrägseilsystemen sind, sowohl für Harfen- als auch für Fächerkonfigurationen, aus konstruktiven, gestalterischen und Wartungsgründen möglichst zu vermeiden, zumal sie eine Seilbefahrung zu Prüfzwecken erschweren.

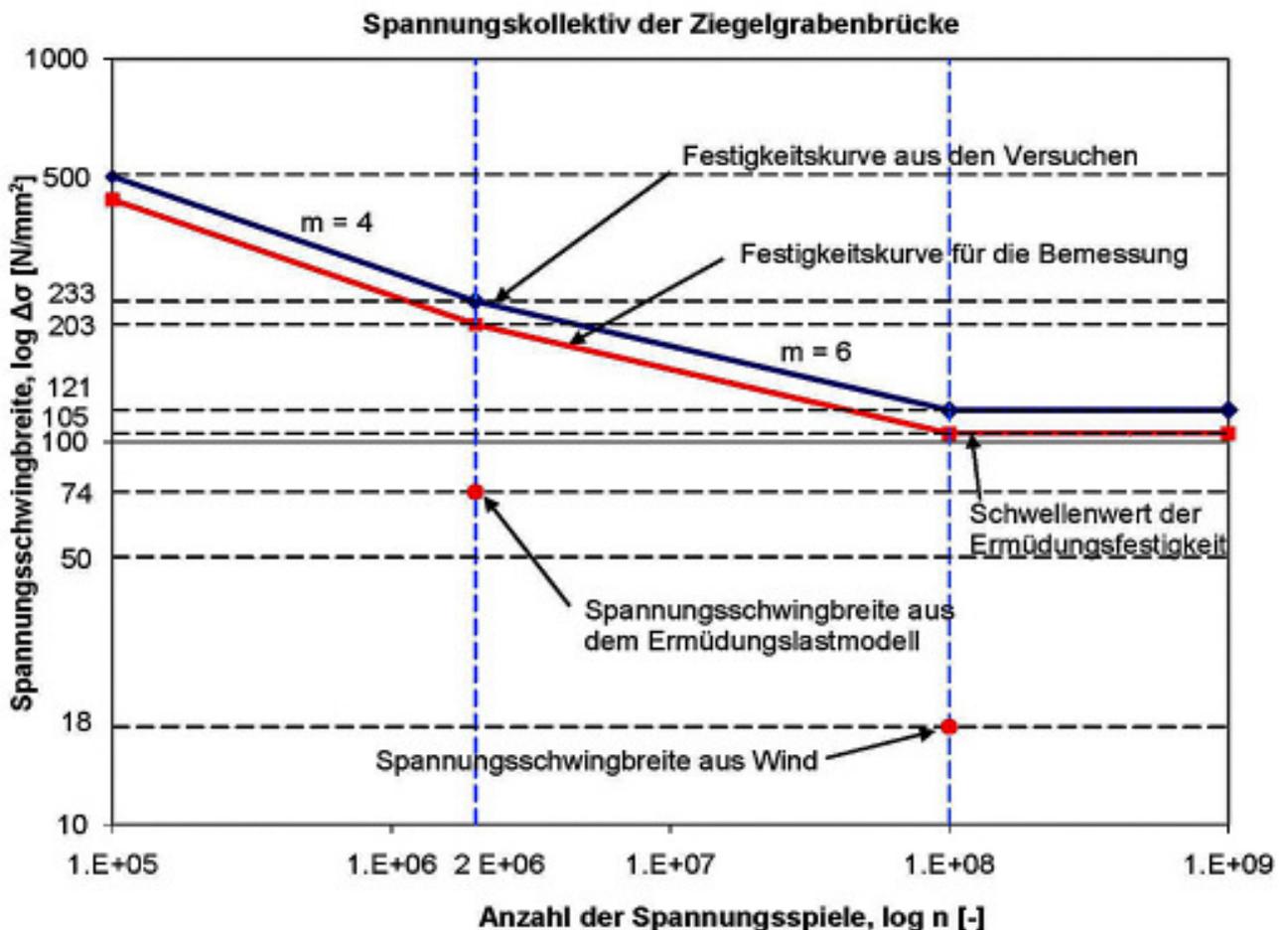


Bild 7: Wöhlerlinie und Betriebsfestigkeitsbeanspruchung der Litzenbündel nach [2]

- Schritt 1: Durchführung von drei Ermüdungsversuchen am Originalbündel gemäß fib bzw. Bauvertrag mit einer Schwingbreite von 200 MPa und einem Drehwinkel von 0,6 Grad.
- Schritt 2: Rechnerische Anwendung des Ermüdungslastmodells nach DIN FB 101 mit dem objektrelevanten Nachweis, dass wegen der elastischen Halterung der Seile keine Ermüdungsgefahr besteht (Bild 7).
- Schritt 3: Postulierung des „Wohlfühlkriteriums“ laut fib mit dem wesentlich geringeren Amplitudengrenzwert von $l/1700$, was in etwa dem Durchmesser des Hüllrohres entspricht und damit deutlich unter dem aus Sicht der Ermüdung noch zulässigen Grenzwert.
- Schritt 4: Baubegleitendes Monitoring der unter Berücksichtigung von theoretisch nicht exakt erfassbaren Kopplungs- und Dämpfungsmechanismen am Bauteil tatsächlich auftretenden Schwingungsamplituden mit qualifizierter Analyse des objektspezifischen, dynamisch agierenden Systems.
- Schritt 5: Installierung der zur Einhaltung des fib-Kriteriums erforderlichen Dämpfer für die beiden längsten Seilpaare (Bild 8).
- Schritt 6: Verifizierung ihrer Wirksamkeit über ein betriebsbegleitendes Meßprogramm mit Dokumentation der Erregungsmechanismen.



Bild 8: Dämpfer am Fußpunkt der beiden längsten Seilpaare

6. Modernste Messtechnik ergänzt die „Handnahe“ Prüfung

Aus Sicht der Wartung und Brückenprüfung bestanden anfänglich noch Bedenken wegen der erschweren Erreichbarkeit der bis in 80 m Höhe über das Brückendeck gespannten Schrägseile und der nicht direkt zugänglichen Litzen innerhalb des Hüllrohres sowie der Verankerungen (Bild 5). Die nach DIN 1076 geforderte „handnahe“ Prüfung ist dort auch mithilfe der bei den Rheinbrücken eingesetzten Befahreinrichtung nicht gewährleistet, abgesehen von den aufwendigen und zeitraubenden Prozeduren. Deshalb wurden baubegleitend in Abstimmung mit dem BMVBS sowie der BAST alle verfügbaren Prüfverfahren für Schrägseile sondiert und am Pilotprojekt Rügenbrücke getestet, unter anderem High-Tech-Verfahren wie die Kamerabefahrung des Hüllrohres, magnetinduktive Prüfung auf der freien Strecke sowie Ultraschalltests für den Verankerungsbereich, ergänzt durch Endoskopie sowie die einfache und aussagefähige Frequenzmessung zur Kontrolle der Seilkräfte sowie der Steifigkeit des Schrägseiles.

Mit der Prüfmatrix nach Bild 9 werden im Wartungshandbuch dezidierte Vorgaben für die gesamte Lebensdauer gegeben, mit denen die zuverlässige Erkennung von Fehlstellen möglich und damit die rechtzeitige Einleitung baulicher Erhaltungsmaßnahmen ermöglicht wird.

Anlage 9 zu ÜBE-60-068
Stand: 13.03.2008

Anlage 9 zum Wartungshandbuch: Prüfmatrix für die Schrägseile der Ziegelgrabenbrücke							
Itd. Nr.	Personal	Prüfkategorie / Prüfzeitraum gemäß Wartungshandbuch Kapitel 4.2, 4.3, 4.4 und 4.5	Itd. Beobachtung, Besichtigung	Einfache Prüfung 3 Jahre	Hauptprüfung 6 Jahre	Erweiterte Hauptprüf. einmal nach 24 Jahren	Fall-spezifische OSA ¹⁾
1	B	Visuelle Beobachtung der Schrägseile (freie Länge)	optische Überwachung im laufenden Betrieb (Fernglas)	alle Seile	alle Seile	alle Seile	✓
2	B	Visuelle Beobachtung von Seilschwingungen	optische Überwachung im laufenden Betrieb (Fernglas)	alle Seile ²⁾	-	-	✓
3	B	Besichtigung der Anker und HDPE-Rohre am Überbau und Pylon gem. 4.3.1, 4.3.2, 4.3.4	optische Prüfung, Besichtigungsgerät, Werkzeug	-	8 Seilköpfe, nur bei 1. EP	alle Seilköpfe	✓
4	B	Visuelle Überprüfung Dämpfer auf Dichtigkeit gem. 4.3.5 und 4.3.6	optische Prüfung, Werkzeug	-	alle Dämpfer	alle Dämpfer	✓
5	B	Kondenswasserprüfung durch Entwässerungsrohr	Besichtigungsgerät, Endoskop	-	-	alle Seilköpfe	✓
6	F	Dämpferanschluss (PE-Einlage) gem. 4.4	Besichtigungsgerät, Werkzeug	-	-	1 Seil Ost 1 Seil West	✓
7	F	Gradientenmessung des Überbaus und Pylons gemäß Messprogramm Anlage 13	geodätische Meßgeräte	-	-	Überbau ³⁾	✓
8	BP	Handnahe Prüfung HDPE-Hüllrohr / alternativ Kamerabefahrung	Besichtigungsgerät, Befahreinheit mit Kamera	-	-	4 Seile ⁴⁾	✓
9	F	Seilkraftbestimmung mit Frequenzmessung	Frequenzmeßgerät	-	-	alle Seile ⁵⁾	✓
10	F	Magnetinduktive Seilprüfung (selbstfahrend)	Messkopf mit Erregerspule, Besichtigungsgerät	-	-	Seil X	✓
11	F	Ultraschalltest Seilverankerung am Überbau	Ultraschallprüfkopf für Messung an Einzelstrahlen	-	-	Seil X	✓
12	F	Litoff-Tests: alle Litzen der unteren Seilverankerung	Hebebühne, Monopresse, Hydraulikpumpe, Werkzeug, Korrosionsschutzmasse	-	-	Seil X	✓
13	B	Endoskopische Überprüfung der Bauteile im Bündelungselement durch HDPE-Übergangsrohr gem. 4.3.3	Hebebühne, Endoskop	-	-	1 Bündelungselement	✓
14	B	Litzenaustausch nach Ausbau der Bündelungselemente, Elastomere	Hebebühne, Monopresse, Hydraulikpumpe, Werkzeug, Korrosionsschutzmasse, Zementverpressung	-	-	1 ausgewählte Litze im Seil X	✓

¹⁾ Prüfung von 4 Seilen umlaufend, so dass nach 6 Hauptprüfungen alle Seile geprüft wurden
²⁾ Bei Seilkräfteabweichungen > 10% von BRINOS-Messung gem. Anlage 10 sind weitere Untersuchungen in der Reihenfolge Zeile 10, 11, 12, 14 (im Rahmen einer OSA) erforderlich.
³⁾ Bei Gradientendifferenzen > 50 mm sind weitere Untersuchungen in der Reihenfolge Zeile 10, 11, 12, 14 (im Rahmen einer OSA) erforderlich.
⁴⁾ Bei länger anhaltenden Schwingungen mit Doppellamplituden > 1,5-fachem Seildurchmesser sind Dämpfungsmaßnahmen zu ergreifen.
⁵⁾ F = Fremdpersonal erforderlich; B = Brückenprüfer der Straßenbauverwaltung.
⁶⁾ Bei einer fallspezifisch ausgeführten OSA sind die geeigneten Prüfverfahren (✓) nach Art und Umfang durch die Straßenbauverwaltung festzulegen und in Verbindung mit statischen Berechnungen und Planungen zur Festlegung eventuell erforderlicher Maßnahmen auszuwerten.

Aufgestellt: Dr.-Ing. Schmidt-Hurferne, BDU/BÜ
 Gelesen: Dr.-Ing. Kleinhanß, DEGES

Bild 9: Prüfmatrix zur Wartung und Prüfung der Schrägseile in der Rügenbrücke

7. Schrägseile aus Litzenbündeln.- Eine echte Alternative für Großbrücken

Mit dem Pilotprojekt „Schrägseilbrücke über den Ziegelgraben“ wurde sowohl der Anlass als auch die Chance gegeben, die im Ausland überwiegend eingesetzten Litzenbündel auf dem aktuellen Standard des Deutschen Großbrückenbaus zu bewerten und, soweit möglich und nötig, weiter zu entwickeln. Dabei standen neben den Schlüsselkriterien Vogelschlag und wetterbeverträgliche Gestaltung die ingenieurtechnischen Fragen der Dauerhaftigkeit, der Ermüdungssicherheit in Verbindung mit der Schwingungsanfälligkeit sowie der Prüfbarkeit und der baulichen Wartung und Erhaltung im Vordergrund.

Diese Gelegenheit wurde im Verbund aller beteiligten Ingenieure im „Schrägseilteam Ziegelgrabenbrücke“, wie nunmehr auch im Schlussbericht des DIBt zur Einzelfallzustimmung festgestellt, mit uneingeschränkt positivem Ergebnis zum Abschluss gebracht.

Für Schrägseile ist mit dem System DYNA Grip in der Gesamtlösung der Ziegelgrabenbrücke eine den verschlossenen Seilen durchaus ebenbürtige Bauart verfügbar, wobei als Vorteile der Litzenbündel gelten können:

- die relativ hohe Ermüdungssicherheit bzw. Dauerfestigkeit
- die bessere Erkennbarkeit für Vögel wegen des Hüllrohres
- die schnelle und präzise Montierbarkeit mit eindeutigem E-Modul
- die Möglichkeit zum Austausch bzw. der Runderneuerung gesamter Bündel
- die systemintegrierte bzw. bedarfsgesteuerte Dämpfung von Schwingungen
- die Entkopplung bzw. Unabhängigkeit der Litzen im Versagensfall



Bild 10: Beleuchtete Schrägseilbrücke beim Brückenfest zur Verkehrsfreigabe

Damit stehen dem Bau und Betrieb von Großbrücken mit Schrägseilen keine technischen, funktionalen und wirtschaftlichen Gründe entgegen, sieht man einmal von den weitgehend irrationalen Zweifeln der erst noch zu überzeugenden Vogelschützer ab. Zumindest für die Rügenbrücke kann nach zwei Jahren Beobachtung festgehalten werden, dass die behauptete Vogelschlagsgefahr nicht besteht: bis heute kam kein einziger Vogel an den Seilen zu Schaden.

Mit dem Pilotprojekt Rügenbrücke wurden zudem projektübergreifende Impulse ausgelöst, welche unter anderem bei der Rheinbrücke Wesel, im Forschungsbericht „Prüfung von externen Spannungsgliedern und Schrägseilen“ sowie nicht zuletzt in dem von der BASt-Arbeitsgruppe Brückenseile bearbeiteten Entwurf der ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 4 ihren Niederschlag finden.

Literatur

- [1] Kleinhanß, K.; Schmidt-Hurtienne, B.; Steinkühler, M.: Die 2. Strelasundquerung mit der Rügenbrücke – interaktive Entwicklungen in der Bauphase; VDI Bautechnik-Jahrbuch 2006/2007
- [2] Kleinhanß, K.; Romberg, M.; Saul, R.; Schmidt-Hurtienne, B.: Die zweite Strelasundquerung mit der Schrägseilbrücke über den Ziegelgraben; Bauingenieur 4/2007, S. 159-169
- [3] Otto, S.; Thiele, K.; Casper, H.-J.; Karpa, M.; Sachse, F.: Die zweite Strelasundquerung – Statik, Konstruktion und Montage der Verbund- und Schrägseilbrücke; Stahlbau, Februar 2006
- [4] Gläser, Ch.; Scheibe, M.; Zilch, K.: Die zweite Strelasundquerung – Erste deutsche Anwendung von Parallellitzenseilen; Bauingenieur, April 2007
- [5] Gawlas, U.; Osteroth, H.-H.; Steinkühler, M.: Die zweite Strelasundquerung – Planung, Überwachung und Management der Bauausführung; Bauingenieur, Juni 2007