



Eleganz und Kraft

Die HiAm CONA Produktfamilie

BBR HiAm CONA

Litzensystem für Schrägseile



A Global Network of Experts
www.bbrnetwork.com

BBR A Global Network of Experts

www.bbrnetwork.com

Das BBR Network ist eine führende Gruppe von Spezialbauunternehmen auf dem Gebiet der Vorspannung, Schrägseilen und damit verwandter Technologien. Innovationskraft und technische Kompetenz, wie sie 1944 durch die drei Schweizer Firmengründer Antonio Brandestini, Max Birkenmaier und Mirko Robin Ros zusammengeführt wurden, haben auch heute - nach über 70 Jahren - noch Bestand und sind auch künftig der Schlüssel zum Erfolg. Von seiner Technischen Zentrale und dem Geschäftszentrum in der Schweiz aus erstreckt sich das BBR Network über den gesamten Globus und verfügt sowohl über einige der talentiertesten Ingenieure und Techniker als auch über die modernste international zugelassene Technologie.

DAS WELT UMSPANNENDE BBR NETWORK

Im BBR Network vereinen sich bewährte Traditionen und starke lokale Wurzeln mit neuem Denken und internationaler Spitzentechnologie. BBR ermöglicht seinen Network-Mitgliedern den Zugang zum neuesten Stand der Technik und fördert den Informationsaustausch in großem Umfang und durch internationale Partnerschaften. Die globale Zusammenarbeit verschafft den Mitgliedern entscheidende lokale Wettbewerbsvorteile, z. B. bei der Ausarbeitung von wirtschaftlichen Angeboten, der Verfügbarkeit von Fachpersonal und Spezialausrüstung oder dem Austausch von technischem Knowhow.

AKTIVITÄTEN DES BBR NETWORK

Alle BBR Network-Mitglieder sind in ihren Heimatregionen verlässliche Partner mit starken Geschäftsverbindungen. Sie sind strukturell an ihre jeweiligen Märkte angepasst und bieten neben ihrem Kerngeschäft in Vorspanntechnik zahlreiche weitere Bauleistungen an.

BBR TECHNOLOGIEN & MARKEN

BBR Technologie kommt bei einer Vielzahl verschiedenster Baukonstruktionen zum Einsatz – bei Brücken, Gebäuden, Flüssiggasbehältern, Staudämmen, Meeresbauwerken, Kernkraftwerken, Stützmauern, Silos, Masten, Tunneln, Kläranlagen, Wasserreservoirs oder Windfarmen. Die BBR Marken CONA®, BBRV®, HiAm®, HiEx, DINA®, SWIF®, BBR E-Trace und CONNAECT® sind weltbekannt. Das BBR Network ist eine Erfolgsgeschichte aus Spitzenkompetenz und Innovationskraft, von der tausende mit BBR Technologie errichtete Bauwerke zeugen. Mit einer Geschichte von mehr als 75 Jahren im Rücken ist das BBR Network darauf fokussiert, die Zukunft zu bauen – mit Professionalität, Ideenreichtum und modernster Technik.

BBR VT International ist die Technische Zentrale und das Geschäftszentrum des globalen BBR-Netzwerks mit Sitz in der Schweiz. Anteilseigner der BBR VT International Ltd sind: BBR Holding Ltd (Schweiz), eine Tochterfirma der Tectus Group (Schweiz) und KB Spennteknik AS (Norwegen), eine Tochterfirma der KB Group (Norwegen).

Wir sind stets um die Richtigkeit der hier enthaltenen Angaben bemüht, der Herausgeber BBR VT International Ltd übernimmt jedoch keine Haftung für etwaige hieraus entstandene Schäden.
© BBR VT International Ltd 2021

Robuste Erfahrung

Die Erfahrung des BBR Network im Bereich der Schrägseilssystemen erstreckt sich über sechs Jahrzehnte und unser Portfolio umfasst mehr als 430 Schrägseilprojekte auf der ganzen Welt. Obwohl BBR in erster Linie für Drahtschrägseile berühmt ist, sind wir tatsächlich auch die Erfinder von Litzen- und Karbonschrägseilssystemen und haben die weltweit ersten Projekte mit Spanndrähten hoher Ermüdungsfestigkeit sowie Litzen- und Karbonschrägseilssystemen ausgeführt.

Die Weiterentwicklung der BBR-Technologie hat viele bahnbrechende Konstruktionen hervorgebracht, wie das schrägseilgestützte Dach des Olympiastadions von 1972 in München und den schrägseilverlegten Sydney Tower von 1981, die beide zu Kulturikonen geworden sind und dennoch ihren ursprünglichen Zweck erfüllen.

Die ständige Fokussierung auf F&E und Technologieentwicklung am BBR-Hauptsitz in der Schweiz bedeutet, dass das BBR Network auch heute noch führend ist, sowohl in der Schrägseiltechnik als auch in den Anwendungsmethoden.

Verwendung dieser Broschüre



Referenzen im Schrägseilbereich

Über 50 Jahre Erfahrung und mehr als 430 Projekte.



BBR VT CONA CMX

Das fortschrittlichste Spanntechniksystem mit Litzen.



CAD-Zeichnungen & 3D-Modelle

CAD-Dateien und 3D-Modelle von BBR-Systemen.

Unter www.bbrnetwork.com können Sie diese Broschüren herunterladen und die verfügbaren Informationen einsehen.

- 2 Schrägseilkonstruktionen
- 7 Der Maßstab für Testergebnisse
- 9 BBR HiAm CONA
- 16 BBR Pin Connector
- 18 BBR HiEx CONA Umlenksattel
- 21 BBR Dämpfungssysteme
- 23 Entwurf & Durchbildung

Schrägseilkonstruktionen



“Der beste Beweis ist Erfahrung.”

Sir Francis Bacon (1561 - 1626)
Englischer Staatsmann, Schriftsteller und Philosoph

Woran denken Sie zuerst, wenn Sie eine Schrägseilkonstruktion sehen? Ist es vielleicht die Kraft, mit der das Bauwerk gehalten wird – oder ist es die bloße Eleganz, mit der sich die Schrägseile in die Landschaft oder die Skyline einer Großstadt einpassen?

Einige der architektonisch beeindruckendsten und technisch brilliantesten Meisterwerke der Ingenieurbaukunst leisten tausenden Menschen auf der ganzen Welt täglich zuverlässige Dienste. Diese Meisterwerke wurden mit Hilfe von BBR Technologie verwirklicht.



Schrägseil Einführung

BBR Schrägseilsystem ist bisher bei über 400 großen Bauwerken auf der ganzen Welt zum Einsatz gekommen. Während zahlreiche Anbieter ihre ersten seilgestützten Konstruktionen in den späten 1970er und frühen 1980er Jahren errichteten, wurden BBR Schrägseile bereits in den 1950er Jahren eingesetzt, und seit dieser Zeit liefert BBR einen Meilenstein nach dem anderen und setzt bis heute die Standards bei Schrägseilen.

Schrägseilanwendungen

Das BBR Schrägseilsystem kann eingesetzt werden für:

Schrägseilbrücken – seit 1950 in wachsender Zahl gebaut und besonders bei mittleren bis großen Spannweiten von 100 – 1'000m geeignet bzw. dort wo technische und wirtschaftliche Faktoren diese Lösung vorgeben. Bei kleineren Brücken können es andere Parameter sein, die für eine Schrägseillösung sprechen, z.B. geringe Fahrbahnhöhe, Bauverfahren oder ästhetische Gesichtspunkte.

Bogenbrücken – wo Schrägseilsysteme die optimale Lösung für die Brückenhänger sind.

Dächer – von Tribünen, Stadien, Hangars und anderen weitgespannten Strukturen sind ein hervorragendes Anwendungsgebiet.

Türme – Sendemasten, Schornsteine oder Windkraftwerke können optimal mit dem BBR Schrägseilsystem abgestützt werden.

Temporäre Anwendungen

Auch wenn die BBR HiAm CONA Schrägseile für eine längere Lebensdauer ausgelegt sind, konnten sie aufgrund ihrer Flexibilität, Robustheit und hohen Ermüdungsbeständigkeit erfolgreich für viele temporäre Anwendungen eingesetzt werden.

Seit Jahrzehnten bietet BBR die beste und fortschrittlichste Technologie für Schrägseilkonstruktionen. Wir bauen auf über 75 Jahren Erfahrung auf.



Internationale Vorschriften

Seit jeher sind Schrägseile-Spezifikationen durch Richtlinien und Empfehlungen abgestützt. In der Vergangenheit waren das zumeist die **“PTI -Empfehlungen für Entwurf, Tests und Einbau von Schrägseilsystemen”**.

Es gibt noch weitere, weniger gebräuchliche Empfehlungen wie beispielsweise vom französischen CIP (Setra). Nationale Richtlinien decken zumeist nur landesübliche Werkstoffe, Bauverfahren und das Knowhow lokaler Anbieter ab, wodurch sie dem Schrägseilsystem als Ganzes nicht gerecht werden. Für internationale und juristisch einwandfreie Ausschreibungen sollten solche nationalen Richtlinien nicht verwendet

werden - als ergänzende Empfehlungen können sie zuweilen jedoch sehr hilfreich sein. Die derzeit fortschrittlichste und global anwendbare Richtlinie für Schrägseile ist **“fib Bulletin 30 - Empfehlungen für die Anwendung von Schrägseilsystemen aus Spannstahl”**.

Die Bedeutung hoher Ermüdungsfestigkeit

Schrägseile sind hohen Zugkräften ausgesetzt und unterliegen, da von Seilen gehaltene Tragwerke in der Regel sehr leicht sind, großen Spannungsschwankungen. Daher ist eine hohe Ermüdungsfestigkeit von enormer Bedeutung.





Typische Schrägeillasten

Neben den maximalen Axialbeanspruchungen von Schrägeilen im Gebrauchszustand, in den Grenzzuständen und bei Ermüdungsbeanspruchung müssen in der Entwurfsphase auch eine Reihe weiterer Belastungen ermittelt werden, wie z.B. Bauzustände, Aufpralllasten und Biegeauswirkungen. Ein weiterer Aspekt ist die Dauerhaftigkeit von Schrägeilen. Moderne Schrägeilensysteme sind für eine vorgesehene Lebensdauer von hundert und mehr Jahren entwickelt und getestet (*fib*).

Forschung & Entwicklung

Umfangreiche Forschungs-, Versuchs- und Entwicklungsanstrengungen machen BBR zum führenden Anbieter von Vorspann- und Schrägeilensystemen. Um höchsten Qualitätsansprüchen zu genügen, sind alle Systemkomponenten stets den strengsten, auf international anerkannten Vorschriften und Normen basierenden, Prüf- und Qualitätssicherungsprozeduren unterworfen.

Vorsicht vor Plagiaten

Es ist schon viel über gefälschte Komponenten gesprochen worden - Kopien von BBR Schrägeilensystemen, die eine Gefahr für Leib und Leben darstellen können und deren Leistungsfähigkeit nicht gewährleistet ist. Auf dem Markt existieren in der Tat zahlreiche Schrägeilensysteme, die - obwohl sie unseren Systemen sehr ähnlich sehen und mitunter gar unsere Logos tragen - in Wirklichkeit nichts mit dem Original und echter BBR Technologie zu tun haben. Bei Schrägeilen ist es nicht nur die Technologie selbst, die höchsten Ansprüchen genügen muss - auch der Einbau der Seile auf der Baustelle muss diesen Standards entsprechen und durch geschultes Fachpersonal erfolgen. Beim geringsten Zweifel an Produkten oder Dienstleistungen, die Ihnen offeriert werden, steht Ihnen BBR VT International Ltd. jederzeit gern beratend zur Seite.



Der Maßstab für Testergebnisse

Die BBR Schrägeilensysteme sind in Sachen Testleistungen das Maß aller Dinge. Unsere Technologie erfüllt beständig höhere Versuchs- und Leistungskriterien als gefordert - und das mitunter schon Jahre bevor die Versuchsbedingungen überhaupt Einzug in die Regelwerke und Empfehlungen finden. ›



BBR HiAm CONA Pin Connector



Umlenksattel - Tests mit BBR HiEx CONA

BBR HiAm CONA Schrägseile

Erfolgreiche Tests mit BBR HiAm CONA

Testversuche nach Norm

Ein beeindruckender Beleg für die Vorreiterrolle von BBR bei Eignungsprüfungen neuer Systeme sind die Testergebnisse des BBR HiAm CONA Litzen-Schrägseilsystems:

- Axialer Ermüdungstest mit abschließendem Zugversuch gemäß CIP (Setra) und *fib*, mit einer Schwingbreite von 200 MPa und einer Winkelrotation von 0,6° an den Verankerungen bei verschiedenen Verankerungsgrößen, auch an einem riesigen 127-litzigen BBR HiAm CONA-Seil.
- Dichtigkeitsversuch gemäß *fib* mit Längs-, Dreh- und Temperaturzyklen, wobei BBR HiAm CONA das einzige System ist, bei dem die Dichtungen einzeln ausgetauscht werden können.
- Axialer Ermüdungstest mit abschließendem Zugversuch gemäß CIP (Setra) für Extradosed-Anwendungen mit einer Spannungsschwingbreite von 140 MPa und einer Oberlast von 55% der charakteristischen Zugfestigkeit.
- Biegedauerprüfung nach *fib*, mit angewandten Rotationen an den Verankerungen von 2,8° und 1,2° für 2,0 Millionen bzw. 0,1 Millionen Zyklen.
- Sowohl statische- als auch Ermüdungsversuche inklusive abschließender Zugversuch gemäß *fib* am BBR HiAm CONA Pin Connector.

Einen Schritt weiter

BBR's führende Rolle wird nochmals durch die unlängst ausgeführten Tests unterstrichen, bei denen die Messparameter über die üblichen Anforderungen von *fib* und PTI hinausgingen. Nachfolgend sehen Sie eine Auswahl von Versuchen, die erfolgreich am BBR HiAm CONA System ausgeführt worden sind:

- Axialer Langzeit-Ermüdungstest für Schräg- und Extradosedseile. Für Schrägseile eine axiale Schwingbreite von 200 MPa mit einer Oberlast von 45% charakteristischer Zugfestigkeit und für Extradosedseile eine axiale Schwingbreite von 140 MPa mit einer Oberlast von 55% charakteristischer Zugfestigkeit.
- Dauerschwingversuch mit aufgebrauchten Verdrehungen an den Verankerungen von 1,2° und 2,8° bei 2,0 Millionen bzw. 0,25 Millionen Lastzyklen.
- Verschleiß- und Beständigkeitstest am BBR Square Damper mit mehreren Millionen Lastzyklen als Beleg für die Dauerhaftigkeit und den minimalen Wartungsbedarf dieses hochentwickelten Dämpfers.
- BBR Square Damper Belastungstest mit Schwingbreiten im Seil von 25% bis 45% der charakteristischen Zugfestigkeit im 1. bis 5. Schwingungsmodus, durchgeführt an einem HiAm CONA Schrägseilmodell, das ein 500 m langes Seil repräsentiert. Derart lange Seile mit solch geringer Spannung machen aufgrund des großen Durchhangs die meisten herkömmlichen Dämpfer – anders als den BBR Square Damper – ineffektiv.

Selbstverständlich wurden die Tests an Litzen mit der höchsten am Markt verfügbaren Zugfestigkeit ausgeführt: 1.860 MPa bei einer Litzenquerschnittsfläche von 150 mm² und einer Bruchlast von 279 kN. Viele Schrägseilanbieter arbeiten noch mit Litzen mit einer Festigkeit von 1.770 MPa oder Querschnittsflächen von 140 mm². Natürlich wurden Eignungstests mit solchen Litzen geringerer Belastbarkeit auch am BBR HiAm CONA System durchgeführt.

Wesentliche Vorteile

- Seilkapazitäten von 200 - 60'000 kN
- Überdurchschnittliche Ermüdungsfestigkeit
- Fortschrittliches Dichtigkeitssystem
- Hoher Korrosionsschutz
- Kompakte Verankerungen und Seile
- Problemloser Einbau
- Einfache und geringe Wartung

Das BBR® HiAm® CONA® Schrägseilsystem mit Parallellitzen ist das beste Produkt auf dem internationalen Markt. Es verfügt über die höchste Tragfähigkeit, die kompaktesten Komponenten und die umfangreichste Palette an Verankerungen. Von BBR Ingenieuren in der Schweiz entwickelt, getestet und kontinuierlich aufrechterhalten, wird das BBR HiAm CONA Schrägseilsystem mit Parallellitzen heute vom BBR Network rund um den Globus verwendet. In Verbindung mit der Erfahrung des BBR Network und unterstützt durch das Engineering und Special Projects Team des Schweizer Hauptbüros ist dieses System weltweit unschlagbar. ›



Hauptmerkmale

Stark & schlank

Seine überdurchschnittliche Ermüdungsfestigkeit macht es sowohl bei Ingenieuren als auch bei Kunden attraktiv für die anspruchsvollsten Projekte. Planer und Architekten begrüßen vor allem die Kompaktheit der Verankerung und des Seilsystems, da sie hierdurch größeren Spielraum beim Bau von schlanken und ästhetisch ansprechenden Konstruktionen haben.

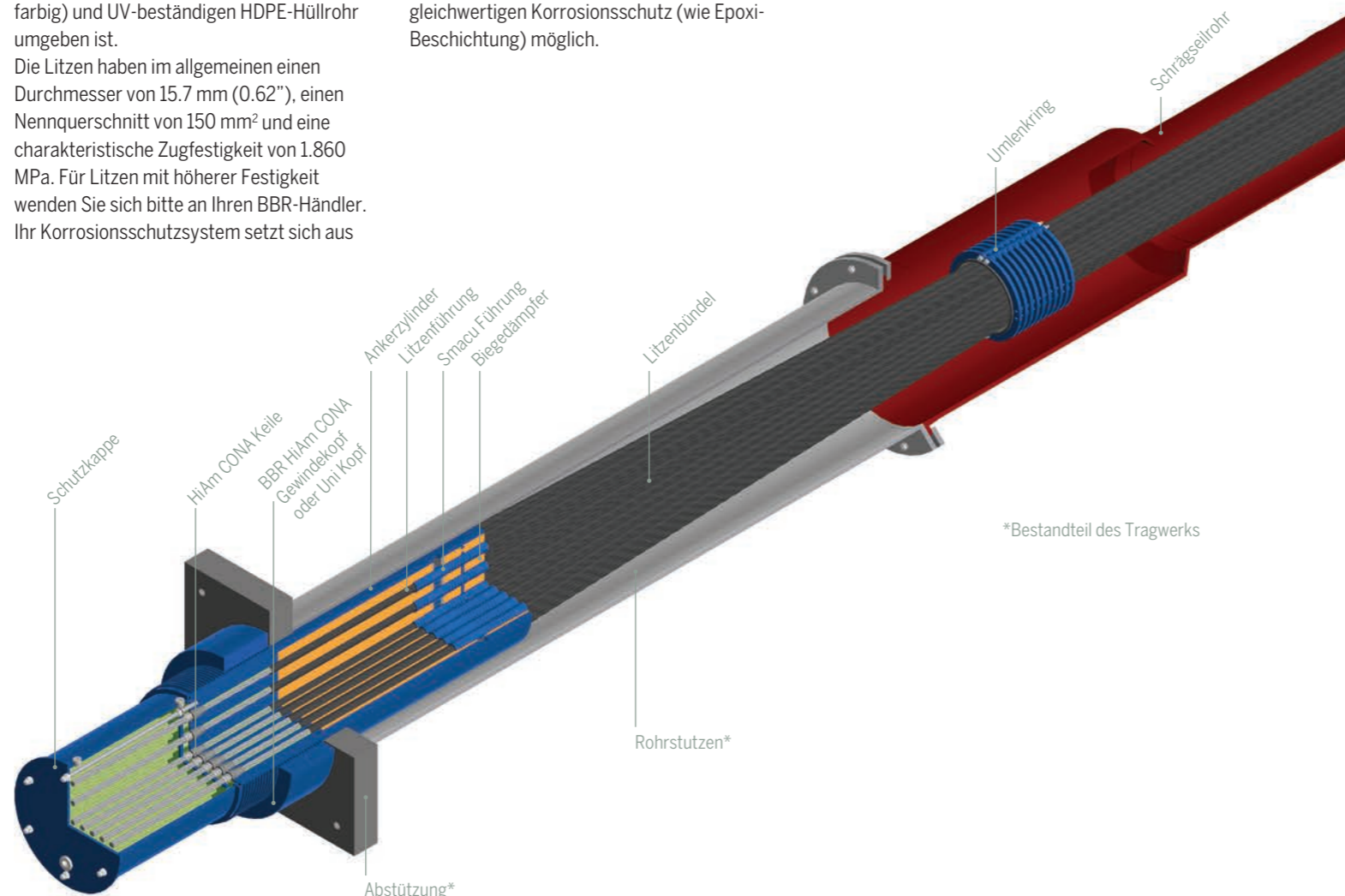
Lokales Wissen - internationale Expertise

Das BBR HiAm CONA Schrägseilsystem wird ausschließlich von geschulten Teams zertifizierter BBR Vorspannspezialisten eingebaut. Schrägseilbrücken sind hochkomplexe Ingenieurbauprojekte, die lokales Knowhow und spezifisches Ingenieurwissen erfordern. Das Projektmanagement vor Ort wird daher zumeist durch das regionale Vorspannunternehmen aus dem BBR Network durchgeführt, während die Spezifizierung der Schrägseile, die Herstellung und die Beschaffung der systemrelevanten Bauteile vom Special Projects Team am Schweizer Hauptsitz organisiert wird.

Aufbau der Schrägseile

BBR HiAm CONA Seile bestehen aus einem dichten Bündel parallel angeordneter 7-drähtiger Litzen, das von einem runden koextrudierten (innen Carbonschwarz, außen farbig) und UV-beständigen HDPE-Hüllrohr umgeben ist. Die Litzen haben im allgemeinen einen Durchmesser von 15,7 mm (0,62"), einen Nennquerschnitt von 150 mm² und eine charakteristische Zugfestigkeit von 1.860 MPa. Für Litzen mit höherer Festigkeit wenden Sie sich bitte an Ihren BBR-Händler. Ihr Korrosionsschutzsystem setzt sich aus

drei Komponenten zusammen: die einzelnen Litzen sind verzinkt, gefettet und mit einer durchgehenden, verschleissfesten PE-Hülle ummantelt. Alternativ dazu ist auch der Einsatz von beschichteten Litzen mit einem gleichwertigen Korrosionsschutz (wie Epoxi-Beschichtung) möglich.

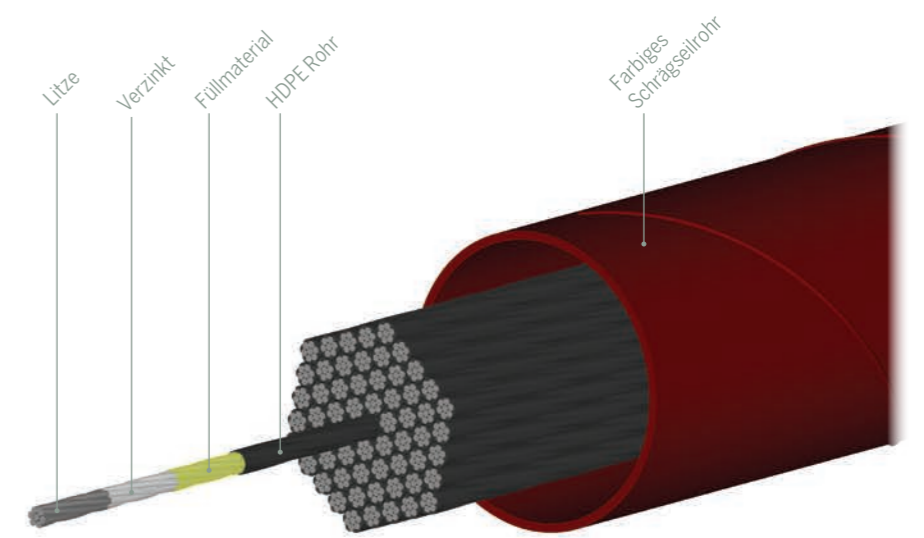


Zertifizierung

Das BBR HiAm CONA Schrägseilsystem gilt als zugelassen und in Übereinstimmung mit den Empfehlungen von fib, PTI und CIP (Setra).

Biegedämpfer & Maßnahmen gegen Seilschwingung

Im Ankerzylinder wird jede Litze durch einen eigenen Biegedämpfer geschützt. Biegeeffekte in Seilen können von zu großen Konstruktionstoleranzen, Bauwerksdurchbiegungen oder -verdrehungen und Seilschwingungen herrühren. Ergänzende innenliegende oder auch außenliegende Schwingungsdämpfer schützen das Seil vor Vibrationen. Ein weiteres effektives Mittel gegen wind- oder regeninduzierte Vibrationen sind spiralförmige Rippen an der Außenhaut des Hüllrohres.



Aufbau der Verankerung

In der Verankerungszone eines BBR HiAm CONA Seils durchläuft das Litzenbündel einen Umlenkring und spreizt sich zum BBR HiAm CONA Ankerzylinder hin auf, wo jede Litze einzeln durchgeführt, wasserdicht versiegelt und mit speziellen ermüdungsfesten HiAm CONA Keilen im Ankerkopf verkeilt wird. Auf den Ankerkopf aufgeschraubte Stützmuttern übertragen die Seilkräfte in das Tragwerk. Die Kräfte können jedoch auch von den Ankerköpfen direkt in die Konstruktion eingeleitet werden. Alle Komponenten des BBR HiAm CONA Systems sind für eine Schwingbreite von mehr als 300 MPa und auf die Bruchlast des gesamten Litzenbündels mit einem ausreichenden Sicherheitsfaktor bemessen.

Einbau

Die Installation des BBR HiAm CONA Systems wird üblicherweise auf der Baustelle mit der Litze-für-Litze-Methode ausgeführt, die aus vier Schritten besteht:

- Einbau der Verankerungen an Pylonkopf und Brückendeck.
- Das vorgefertigte Schrägseilhüllrohr wird mit Hilfe von zwei Lehlitzen zwischen den beiden Verankerungen aufgehängt. Es dient nun als Führungsrohr von Verankerung zu Verankerung.

- Die Litze wird auf dem Brückendeck ausgelegt, durch das Hüllrohr und die obere Verankerung hochgezogen und in der unteren Verankerung fixiert.
- Die einzelnen Litzen werden unmittelbar nach dem Einbau mit dem BBR ISOSTRESS Verfahren gespannt, wodurch eine gleichmäßige Spannungsverteilung zwischen den Litzen jedes Schrägseils sichergestellt wird.

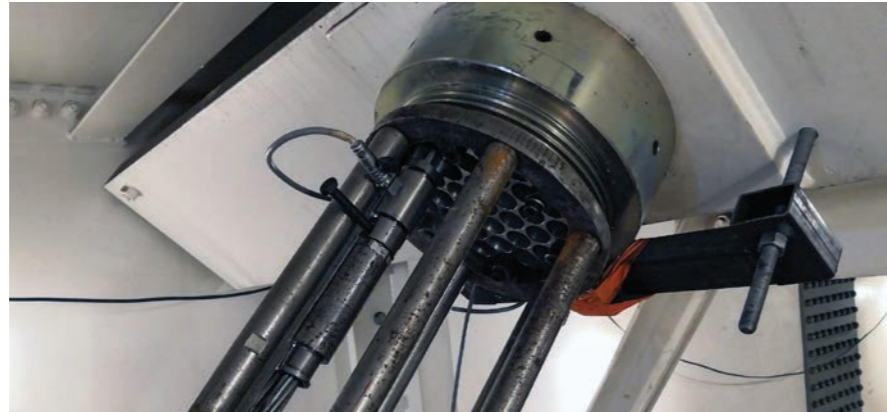
Alternativ zum litzenweisen Einbau können Schrägseile auch teilweise oder vollständig vorgefertigt montiert und gespannt werden.

Nachspannbarkeit und Austausch einzelner Litzen

Jedes Spannungsglied oder jede einzelne Litze im BBR HiAm CONA System kann während des Einbaus oder anschließend nachgespannt werden, wodurch nicht nur ein nachträgliches Aufbringen von Spannkraft möglich ist, sondern auch die wahlweise Entfernung, Inspektion oder der Austausch einzelner Litzen, ohne dabei die Unversehrtheit des gesamten Korrosionsschutzsystems zu beeinträchtigen.

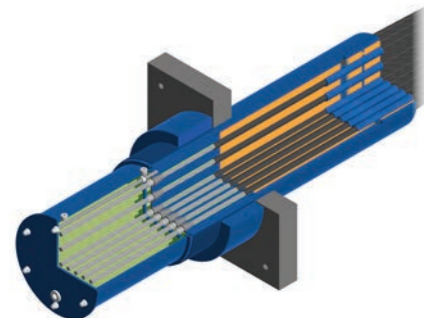
HiAm Verankerungen

Das Schrägseilende, von dem aus gespannt wird, ist mit justierbaren BBR HiAm CONA Gewindekopfverankerungen ausgestattet, das entgegengesetzte Festende typischerweise mit BBR HiAm CONA Uni Head Verankerungen oder BBR Pin Connector Bolzenverbindungen, siehe Seite 16 und 17.



BBR HiAm CONA

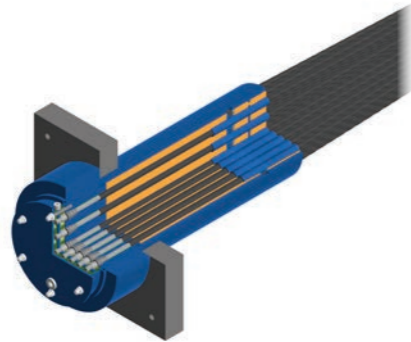
Gewindekopfverankerung: Regulierbare Verankerung mit einer Justierbarkeit von normalerweise 0, 60 oder 120 mm. Die Justierbarkeit kann jedoch zur Anpassung an die jeweiligen Normenwerke modifiziert werden. Diese Verankerung wird am Spannende des Seils benötigt, kann aber auch am Festende erforderlich sein, wenn komplett vorfabrizierte Seil verwendet werden oder wenn die Konstruktion keinen Einbau der Verankerung von der Rückseite der Ankerplatte zulässt.



BBR HiAm CONA Gewindekopfverankerung 120* mm Justierbarkeit

BBR HiAm CONA Uni Kopf

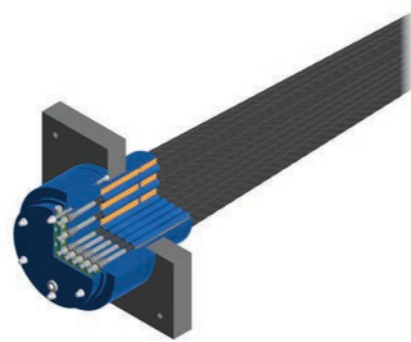
Verankerung: Nichtregulierbare Verankerung mit identischen Hauptabmessungen wie die BBR HiAm CONA Gewindekopfverankerung mit 0 mm Justierbarkeit. Diese Verankerung sollte verwendet werden, wenn am Pylon und an der Fahrbahnplatte dieselben Verankerungsdetails gewünscht sind und auch ein Einbau der Verankerungen von der Rückseite der Ankerplatte möglich sein soll.



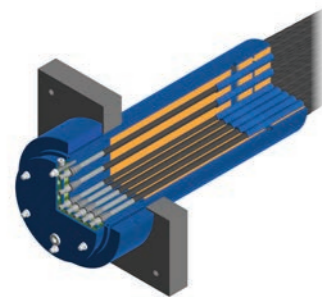
BBR HiAm CONA Ankerkopf Uni Head, nicht einstellbare Verankerung

BBR HiAm CONA Uni Head Short Socket

Verankerung: Nicht einstellbare Verankerung für das Ende des Schrägseils. Die Verankerung ist die perfekte Lösung, wenn die Zugänglichkeit eingeschränkt ist, und bietet eine noch kompaktere und kostengünstigere Lösung ohne Leistungseinbußen.



BBR HiAm CONA Ankerkopf mit kurzem Zylinder Uni Head Short Socket, nicht einstellbare Verankerung



BBR HiAm CONA Gewindekopfverankerung 0 mm Justierbarkeit

* Die Länge der Justierbarkeit lässt sich bei jedem Seil einzeln einstellen.

Standard Aufbau

Die Standardausführung der regulierbaren und der festen Verankerung erfordert identische Öffnungen in der Ankerplatte, so dass die Spann- bzw. Festenden - sofern die Entwurfsphilosophie dies zulässt - zu jedem Zeitpunkt während der Entwurfsphase getauscht werden können.

Kompakt Aufbau

Zusätzlich zur Standardausführung gibt es sowohl für die BBR HiAm CONA Gewindekopfverankerung, als auch für die BBR HiAm CONA Uni Kopf Verankerung eine kompakte Version. Die Kompakte Ausführung eignet sich für kleinere Öffnungen in der Ankerplatte als bei der Standard Variante. Alle Kompakt BBR HiAm CONA Verankerungen müssen von der Rückseite des Lastübertragungselements eingebaut werden.

Übergangslängen

In der Verankerungszone von BBR HiAm CONA Schrägseilen durchläuft das Litzenbündel einen Umlenkring und weitet sich innerhalb einer Übergangslänge zum BBR HiAm CONA Ankerzylinder hin auf. Je nach gewählter Konfiguration - geführter Umlenkring, freier Umlenkring, Schwingungsdämpfer - werden unterschiedliche Übergangslängen benötigt.

Geführter Umlenkring

Geführte Umlenkringe werden verwendet um die Schrägseile seitlich zu stützen und Querverschiebungen zu begrenzen. Dadurch schützen sie die Verankerungen vor Querkräften, die über den Umlenkring in die Konstruktion übertragen werden. Beim Einsatz eines geführten Umlenkrings ist die erforderliche Mindestübergangslänge **GDL** (siehe S. 14 & 15).

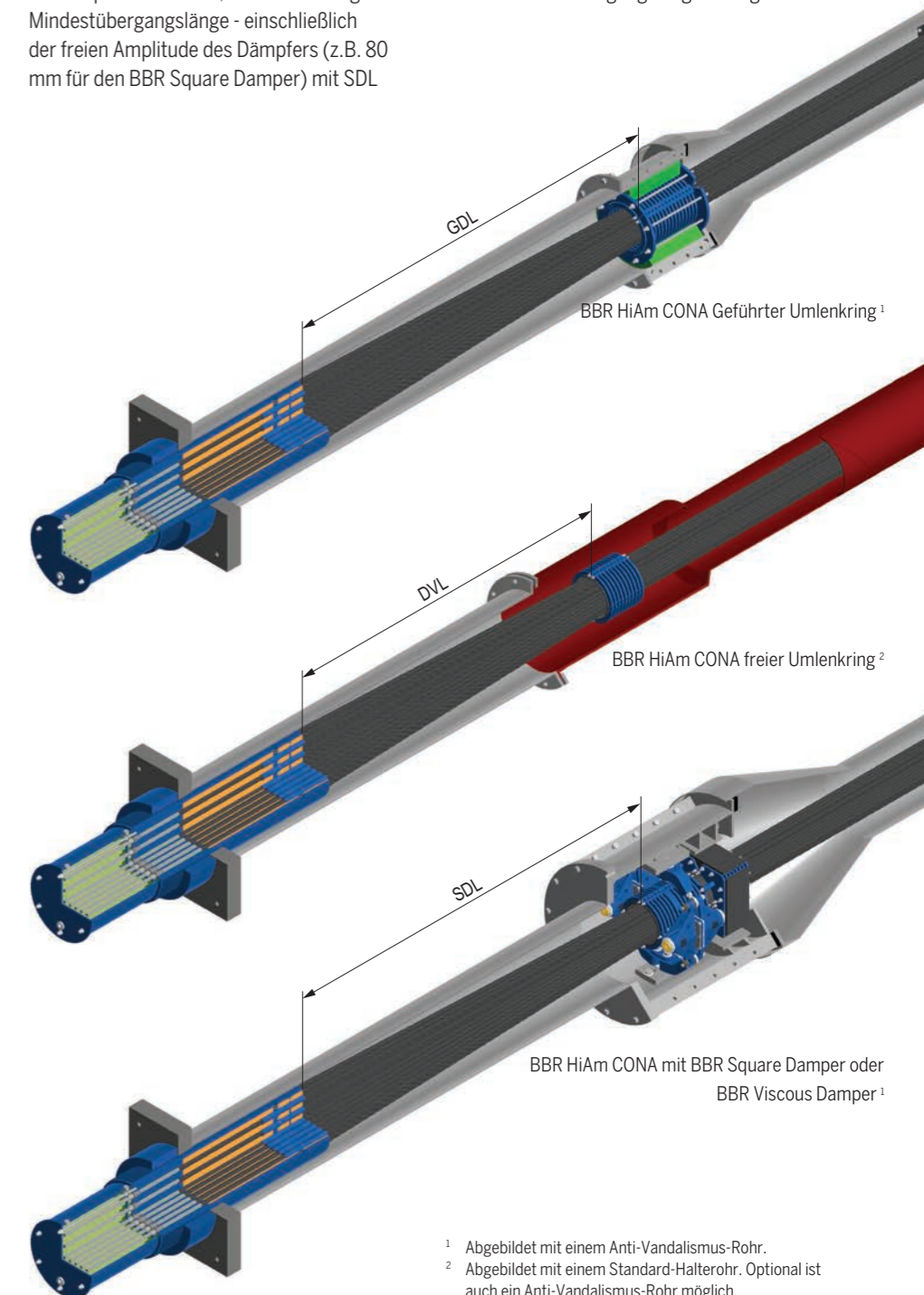
Freier Umlenkring

Der Einsatz eines geführten Umlenkrings ist nicht erforderlich, wenn die Konstruktionstoleranzen und Verankerungsrotationen unter den geltenden Gebrauchstauglichkeits- und Tragfähigkeitsgrenzzuständen moderat sind und unter den maßgeblichen Grenzwerten der nationalen Regelwerke *fib* oder *PTI* bleiben ($\pm 0.3^\circ$ bzw. $\pm 1.4^\circ$). In Fällen, wo ein freier Umlenkring verwendet wird, sollte man den Einsatz eines BBR Square Dampers in Betracht ziehen um mögliche durch Vibrationen verursachte große Verankerungsverdrehungen zu vermeiden. Beim Einsatz eines freien Umlenkrings ist die benötigte Mindestübergangslänge mit **DVL** angegeben - mit Anpassungsmöglichkeiten für unterschiedliche Ankerverdrehungen (siehe S. 14 & 15).

BBR Schwingungsdämpfer

Wird ein BBR Schwingungsdämpfer zur zusätzlichen Dämpfung des Schrägseils eingesetzt, muss die Übergangslänge so angepasst werden, dass die Querbewegung an der Dämpferposition - verursacht durch Gebrauchslasten, Wind, Temperatur oder Seilschwingungen - sicher in die Verankerung eingeleitet werden kann. Wird ein BBR Standarddämpfer verwendet, wird die benötigte Mindestübergangslänge - einschließlich der freien Amplitude des Dämpfers (z.B. 80 mm für den BBR Square Damper) mit **SDL**

bezeichnet, siehe S. 14 & 15. Dieser Abstand muss zuweilen jedoch aufgrund signifikanter Verdrehungen an der Verankerung oder um genügend zusätzliche Dämpfung zu gewährleisten, vergrößert werden. Bei Spezialanwendungen kann auch ein zusätzlicher BBR Biegedämpfer außerhalb des Ankerzylinders der BBR HiAm CONA Verankerung in Betracht gezogen werden, der höhere Rotationen und eine minimale Übergangslänge ermöglicht.



¹ Abgebildet mit einem Anti-Vandalismus-Rohr.

² Abgebildet mit einem Standard-Halterohr. Optional ist auch ein Anti-Vandalismus-Rohr möglich.

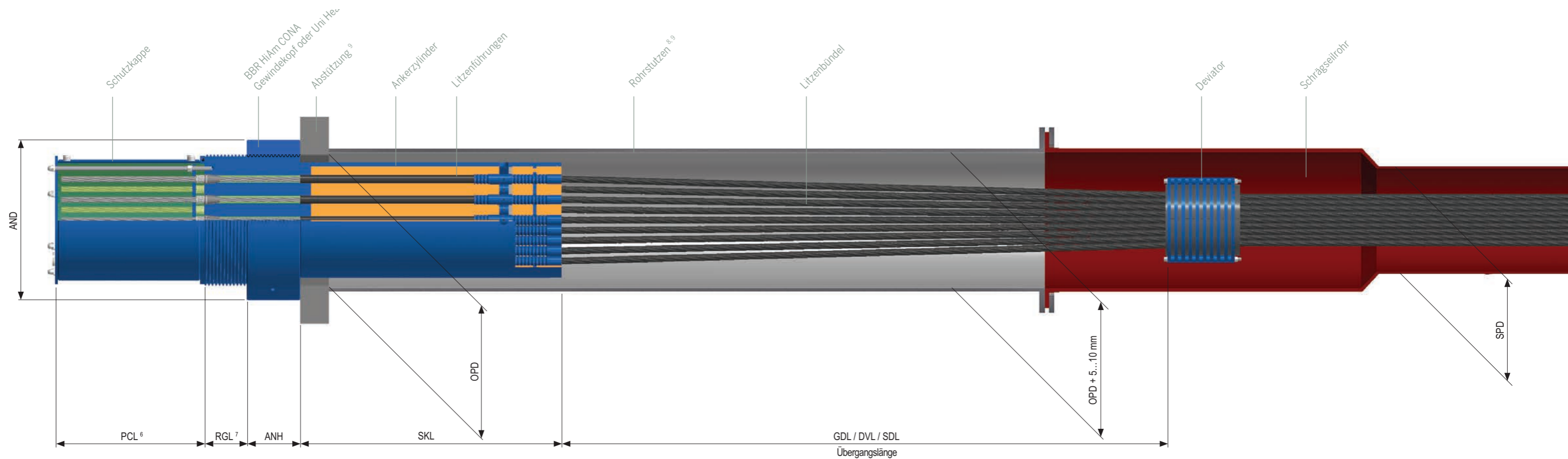


Tabelle 1. BBR HiAm CONA Technische Daten

BBR HiAm CONA	Typ		001 06	002 06	003 06	004 06	007 06	012 06	013 06	019 06	022 06	024 06	027 06	031 06	037 06	042 06	043 06	048 06	055 06	061 06	069 06	073 06	075 06	085 06	091 06	097 06	109 06	121 06	127 06	151 06	169 06	185 06	217 06
	Anzahl der Litzen ¹	n	1	2	3	4	7	12	13	19	22	24	27	31	37	42	43	48	55	61	69	73	75	85	91	97	109	121	127	151	169	185	217
	Bruchlast ²	[kN]	279	558	837	1.116	1.953	3.348	3.627	5.301	6.138	6.696	7.533	8.649	10.323	11.718	11.997	13.392	15.345	17.019	19.251	20.367	20.925	23.715	25.389	27.063	30.411	33.759	35.433	42.129	47.151	51.615	60.543
Standard-Schrägseilrohr	Standarddurchmesser	SPD [mm]	-	50	63	63	90	110	110	125	140	140	160	160	180	180	200	200	200	225	225	250	250	250	280	280	280	315	315	355	400	400	450
	Wandstärke	SPT [mm]	-	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.6	5.6	6.3	6.3	6.3	7.0	7.0	7.8	7.8	7.8	8.8	8.8	8.8	9.8	9.8	11.1	12.5	12.5	14.1
Kompaktes Schrägseilrohr	Standarddurchmesser	SPD [mm]	-	50.0	50.0	63.0	90.0	90.0	110.0	110.0	125.0	125.0	140	140	160	160	160	180	180	200	200	225	225	225	250	250	250	280	280	315	315	355	355
	Wandstärke	SPT [mm]	-	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.6	5.6	6.3	6.3	7.0	7.0	7.0	7.8	7.8	7.8	8.8	8.8	9.8	9.8	11.1	11.1
Gewindekopf- und Standard-Kopfverankerung Uni Head ³	Höhe	ANH [mm]	45	55	55	65	65	75	75	90	95	100	105	110	120	125	125	135	140	150	155	160	165	175	185	185	200	215	230	245	250	255	275
	Durchmesser	AND [mm]	80	115	140	155	180	215	230	265	285	295	310	325	355	375	390	400	425	450	475	490	495	525	545	560	595	625	640	700	755	780	860
	Länge	SKL [mm]	485	535	585	685	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735
Kopferankerung mit kurzem Ankerzylinder der Short Socket Uni Head	Höhe	ANH [mm]	100	100	100	100	105	105	105	110	115	120	125	130	140	145	145	155	160	180	185	190	195	205	215	215	230	245	260	280	295	310	330
	Durchmesser	AND [mm]	78	115	127	135	166	200	217	249	271	289	293	308	336	356	367	384	391	423	451	457	468	478	518	532	546	588	603	644	725	739	809
	Länge	SKL [mm]	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215
Geführter Deviator ⁴	Abstand vom Ankerzylinder	GDL [mm]	240	240	275	335	475	720	820	945	1.080	1.180	1.190	1.250	1.415	1.515	1.635	1.660	1.705	1.890	1.965	2.060	2.130	2.165	2.360	2.455	2.500	2.630	2.835	2.950	3.305	3.305	3.775
Freier Deviator ⁴	Abstand vom Ankerzylinder	DVL [mm]	-	270	310	380	535	820	930	1.070	1.230	1.340	1.350	1.415	1.605	1.720	1.855	1.880	1.930	2.140	2.230	2.335	2.415	2.455	2.675	2.780	2.830	2.980	3.210	3.340	3.745	3.745	4.280
Schwingungsdämpfer ^{4,10}	Abstand vom Ankerzylinder	SDL [mm]	1.285	1.465	1.495	1.555	1.685	1.890	1.930	2.085	2.185	2.185	2.290	2.320	2.485	2.540	2.600	2.690	2.715	2.885	2.935	2.985	3.090	3.115	3.285	3.285	3.375	3.510	3.685	3.765	4.090	4.090	4.490
Öffnung	Standard	OPD [mm]	68	98	121	133	148	183	198	228	245	248	258	268	296	309	325	330	352	370	392	403	408	433	448	461	488	513	525	573	623	638	713
	Kurzer Ankerzylinder	OPD [mm]	63	97	103	109	129	168	180	200	219	232	235	245	270	283	295	308	308	334	360	360	372	372	412	424	424	464	476	489	568	568	632
	Kompakt ⁵	OPD [mm]	63	91	102	110	130	165	178	198	218	231	233	242	268	282	299	302	310	336	347	360	370	375	402	415	422	441	470	486	536	536	603
Gewicht	Schrägseil	m _s [kg/m]	1.3	3.4	4.7	6.0	10.3	17.1	18.4	26.4	30.7	33.3	37.8	43.1	51.6	58.2	60.2	66.8	75.9	84.8	95.3	101.7	104.3	118.9	134.7	152.4	168.1	176.0	210.0	236.9	257.8	303.9	

BBR behält sich das Recht vor, die Systemspezifikationen ohne vorherige Ankündigung zu ändern.

¹ Zwischengrößen erhält man durch das Aussparen von Litzen in den Standardverankerungen.

² Die angegebene Bruchlast gilt für Spannstahlitzen mit Nenndurchmesser 0,62", Nennquerschnitt 150 mm² und einer charakteristischen Zugfestigkeit von 1.860 MPa. Spannstahlitzen mit geringeren Nennwerten können ebenfalls verwendet werden. Für Litzen mit höherer Festigkeit wenden Sie sich bitte an Ihren BBR-Händler.

³ Außenabmessungen (AND) und (ANH) sind identisch für BBR HiAm CONA Gewindekopf (justierbar/spannbar) und BBR HiAm CONA Uni Kopf (nicht justierbar/passiv), siehe S. 12.

⁴ Details zu Übergangslängen, siehe S. 13.

⁵ Informationen zu Kompakt Verankerungen siehe S. 12.

⁶ Die Länge der Schutzkappe (PCL) variiert entsprechend der Spann- bzw. Nachspannerfordernisse. Referenzwerte sind 60 mm beim Passivende und 420 mm beim Spannende des Schrägseils.

⁷ Die Regulierlänge (RGL) der Verankerung kann auf jeden erforderlichen Wert angepasst werden. Referenzwerte sind 0, 60, 120 mm.

⁸ Bei einbetonierten Stahlrohren ist die empfohlene Wandstärke 2% ... 2.5% des Außendurchmessers des Rohrstützes.

⁹ Bestandteile des Bauwerks.

¹⁰ Der BBR Viscous Damper ist projektabhängig. Sowohl interne als auch externe Viskositätsdämpfer benötigen eigene Dämpfungsanalysen.

BBR Pin Connector



In der BBR HiAm CONA Pin Connector Gabelverankerung vereinigen sich Kraft und Schönheit, und sie ein weiterer Beleg für die Überlegenheit der BBR HiAm CONA Familie. Der BBR HiAm CONA Pin Connector ist eine vorteilhafte Lösung für Schrägseilkonstruktionen, bei denen es notwendig ist, das Endanschlussdetail zu vereinfachen oder eine gewisse Drehbarkeit entlang einer bestimmten Achse zu erreichen.

Wesentliche Vorteile

- Ästhetisches Design
- Hervorragende Ermüdungsbeständigkeit
- Minimierte Biegeeffekte
- Verbesserte Bautoleranzen und reduzierte Fluchtungsfehler
- Flexibilität bei der Installation
- Kein interner Zugang zum Pylon erforderlich

BBR Pin Connector (BBR Gabelverankerung)

In der BBR HiAm CONA Pin Connector Gabelverankerung vereinigen sich Kraft und Schönheit, und sie ein weiterer Beleg für die Überlegenheit der BBR HiAm CONA Familie. Bei der Gabelverankerung sind zwei ohrförmige Verankerungsplatten am zylindrischen Hauptkörper angefügt, in den der HiAm CONA Gewindekopf eingeschraubt wird. Die beiden Verankerungsplatten haben jeweils ein Loch, durch welche das Bolzenelement durchgeführt und die Last vom Schrägseil über eine Gabelplatte in den Überbau transferiert wird.

Entwurf und Eignungsprüfung

Die BBR Gabelverankerung wurde entsprechend Europäischen Normen für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Ermüdung entwickelt. Die Entwurfsvorschriften in den Europäischen Normen wurden um die Einbeziehung von Durchbiegungen - z.B. aufgrund von Seilaußenlenkungen in horizontaler Richtung - erweitert. Die tatsächliche axiale Tragfähigkeit und axiale Ermüdungsfestigkeit der BBR Gabelverankerung sind in umfangreichen Tests gemäß fib und den noch strengeren BBR Prüfmaßstäben ermittelt worden.

Übergangslänge

Ähnlich wie bei Standard HiAm CONA Schrägseilen durchlaufen die Litzenbündel in Schrägseilen mit BBR Gabelverankerung einen freien Umlenkring und weiten sich innerhalb einer Übergangslänge zum Ankerzylinder hin auf. Am gegenüberliegenden Ende sind alle Optionen (freier Umlenkring, geführter Umlenkring oder BBR Square Damper) möglich, und die geeignetste Lösung sollte zu einem

möglichst frühen Planungszeitpunkt gewählt werden. Übergangslängen für alle Optionen und Größen sind auf den Seiten 14 & 15 aufgelistet.

Hauptvorteile

Neben ästhetischen Vorzügen bietet die BBR Gabelverankerung mehrere bedeutende technische Vorteile:

- Die Verbindungsstelle der Verankerung mit dem Pylon ist vereinfacht, so dass die Pylonabmessungen reduziert werden können.
- Durch Nutzlasten hervorgerufene Biegeauswirkungen und durch Wind verursachte Seilanschlägen werden größtenteils durch die Rotationsfähigkeit der Gabelverankerung abgeschwächt.
- Ebenso werden durch Konstruktionstoleranzen hervorgerufene vertikale Unebenheiten durch die Rotationsfähigkeit abgefangen.
- Der Einbau kann je nach Baustellenanforderungen Litze für Litze oder mit vormontierten Seilen durchgeführt werden.
- Bei mittleren bis großen Seilen können durch ein optionales Fenster in der Gabelverankerung die Klemmen inspiziert werden.
- Der BBR Pin Connector verwendet dasselbe Dichtungsdetail, das bei der BBR HiAm CONA Systemfamilie erfolgreich auf Dichtigkeit getestet wurde.

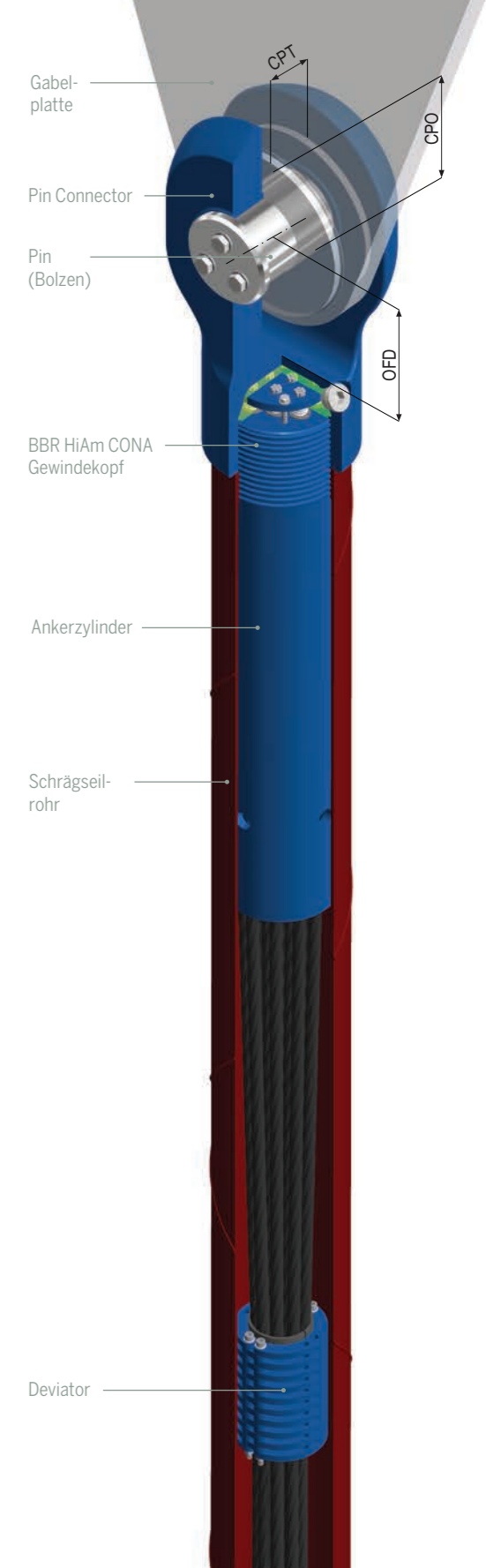


Tabelle 2. BBR HiAm CONA Gabelverankerung Technische Daten

BBR HiAm CONA	Typ		002 06	003 06	004 06	007 06	012 06	013 06	019 06	022 06	024 06	027 06	031 06	037 06	042 06	043 06	048 06	055 06	061 06	069 06	073 06
Gabelverankerung	Anzahl Litzen	n	2	3	4	7	12	13	19	22	24	27	31	37	42	43	48	55	61	69	73
	Bruchlast	[kN]	558	837	1,116	1,953	3,348	3,627	5,301	6,138	6,696	7,533	8,649	10,323	11,718	11,997	13,392	15,345	17,019	19,251	20,367
Verankerung ¹	Öffnung Durchmesser	CPO [mm]	55	66	74	94	121	124	148	157	165	173	185	200	212	215	226	241	253	268	275
	Dicke	CPT [mm]	30	37	43	57	74	77	93	100	104	111	118	129	138	139	147	158	166	176	182
	Abstand Vorderseite	OFD [mm]	112	131	147	186	238	244	291	308	340	340	362	392	415	421	442	472	495	524	538

BBR behält sich das Recht vor, die Systemspezifikationen ohne vorherige Ankündigung zu ändern.

¹ Abmessungen für Gabelplatte aus S355. Für andere Stahlsorten kontaktieren Sie bitte BBR VT International Ltd.

BBR HiEx CONA Umlenksattel



- Wesentliche Vorteile**
- Keinerlei Reibungsermüdung an jeder Stelle des Sattels
 - Sehr geringer Mindestkrümmungsradius von 2,0 m
 - Ermöglicht einen kompakten und schlanken Pylon
 - Jederzeit rutschfeste und volle Lastübertragung zwischen Schrägseil und Sattel.
 - Inspektion/Ersatz einzelner Litzen

Tabelle 3. BBR HiEx CONA Umlenksattel Technische Daten

BBR HiEx CONA	Typ		012 06	013 06	019 06	022 06	024 06	027 06	031 06	037 06	042 06	043 06	048 06	055 06	061 06	069 06	073 06	075 06	085 06	091 06	097 06	109 06	121 06	127 06	151 06	169 06	185 06	217 06
	Litzenanzahl	n	12	13	19	22	24	27	31	37	42	43	48	55	61	69	73	75	85	91	97	109	121	127	151	169	185	217
	Bruchlast	[kN]	3,348	3,627	5,301	6,138	6,696	7,533	8,649	10,323	11,718	11,997	13,392	15,345	17,019	19,251	20,367	20,925	23,715	25,389	27,063	30,411	33,759	35,433	42,129	47,151	51,615	60,543
Hülse	Sleeve-W Länge	SWL [mm]	440	440	470	480	485	495	510	530	540	540	555	575	585	605	615	625	645	665	675	695	725	755	795	825	855	895
	Bündel BBR Umlenksattel	Minimalradius Bündel, f = 0.25	SBR [m]	2.3	2.4	2.9	3.2	3.3	3.5	3.8	4.1	4.4	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6	5.7	5.8	6.1	6.3	6.5	6.9	7.2	7.4	8.0	8.5	8.9
Minimalradius Bündel, f = 0.35		SBR [m]	2.8	2.9	3.5	3.8	3.9	4.2	4.4	4.9	5.2	5.2	5.5	5.9	6.2	6.6	6.8	6.8	7.2	7.5	7.7	8.1	8.6	8.7	9.5	10.0	10.5	11.3

¹ International geschütztes Design
² Länge Ankerzylinders für alle Größen siehe S.14 & 15.

BBR behält sich das Recht vor, die Systemspezifikationen ohne vorherige Ankündigung zu ändern.

Der BBR HiEx CONA Sattel beseitigt vollständig die Probleme, die mit herkömmlichen Reibsätteln verbunden sind, und ermöglicht gleichzeitig einen kompakten und schlanken Pylon. Der BBR HiEx CONA Sattel ist der neueste und modernste Sattel für Schrägseil- und Extradosed-Brücken.

Die Verbindung der Schrägseile mit dem Pylon kann durch Standardverankerungen oder durch Umlenksättel geschehen. In der Vergangenheit wurde die Pylonverbindung hauptsächlich mit Schrägseilverankerungen hergestellt, mit der Zeit sind Planer jedoch immer mehr dazu übergegangen, die Standardverankerungen durch Reibungssättel

oder mit Schubzähnen versehene Sättel zu ersetzen. Reibungssättel weisen allerdings bedeutende Nachteile auf, die von ihrem Gebrauch abraten. So ist beispielsweise die Inspektion und das Auswechseln der lasttragenden Elemente unmöglich, und es kann zu Reibermüdung kommen. Beim Auftreten unterschiedlicher Kräfte oder während des Einbaus oder Austauschs von Litzen ist auch ein Schlupf möglich. Der BBR HiEx CONA Sattel eliminiert sämtliche bei herkömmlichen Reibungssätteln auftretenden Probleme und ermöglicht gleichzeitig schlanke und kompakte Pylone.

Reibungssätteln überlegen
 Der BBR HiEx CONA Sattel repräsentiert das neueste und modernste Sattelsystem für Schrägseil- und Extradosed-Brücken. Die technische Lösung resultiert aus einer Kombination folgender geprüfter und zugelassener Systeme:

- BBR VT CONA CMI Internes Vorspannsystem.
- BBR HiAm CONA Litzen-Schrägseilssystem.

Der Einbau eines CONA CMI Spanngliedes, anstatt eines herkömmlichen Reibungssattels, erzeugt eine Druckumgebung und bietet dem Schrägseil einen Fixpunkt am Pylon. Die Verbindung von CONA CMI und BBR HiAm CONA erfolgt mit Hilfe der BBR HiEx CONA Sleeve-W Hülse, die zwei Zugangsöffnungen aufweist, wodurch die Klemmen inspiziert werden können und die Litze-für-Litze-Montage und ein Seilwechseln möglich sind.

BBR HiEx Ausführungen
 Die Standardausführung des HiEx CONA Sattels besteht aus parallel angeordneten Durchführungen, die in einen hochfesten Mörtel eingebettet sind und gemeinsam in einem gekrümmten Glattstahlrohr einliegen

- BBR HiEx CONA Monorohr Sattel. HDPE-ummantelte und werkseitig mit Korrosionsschutzmittel behandelte Litzen werden in die Durchführungen eingefädelt und verbinden die Koppelköpfe auf beiden Seiten des Pylons. Während der hochfeste Mörtel eine steife Umgebung bietet, sind die Litzen vollständig auswechselbar, da es keinen Verbund zwischen den Durchführungen und dem HDPE-Mantel der Litzen gibt. Der Minimalradius dieser Ausführung beträgt 2.0 m. Alternativ dazu kann – wenn am Einbauort zugelassen – auch der BBR HiEx CONA Bündelsattel verwendet werden, der aus einem Bündel blanker Litzen – mit oder ohne Verbund mit dem Pylon – besteht. Der Minimalradius dieser Ausführung hängt vom zulässigen Verfüllungsgrad und vom am Einbauort maximal zulässigen Anpressdruck ab. Die Minimalradien für übliche Verfüllungsgrade und Anpressdrücke sind oben für jede Größe angegeben.

BBR HiEx CONA Sleeve-W Hülse
 Die BBR HiEx CONA Sleeve-W Hülse wurde entsprechend Europäischen Normen entwickelt, die auf Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Ermüdung basieren. Diese Ermüdungskriterien vereinen die restriktivsten Bestimmungen für Schrägseil- und Extradosed-Brücken.

Ermüdungstests von Umlenksätteln
 Der BBR HiEx CONA Sattel ist sowohl auf Bruchlast, als auch auf Ermüdung mit anschließender Belastung getestet worden. Der Ermüdungsversuch wurde mit einer Schwingbreite von 200 MPa für 2'000'000 Lastzyklen mit einer Oberlast von 55% der charakteristischen Zugfestigkeit und Ankerverdrehungen von 0.6°, wie von den fib und CIP (Setra) Empfehlungen für Schrägseil- und Extradosed-Anwendungen vorgeschrieben, durchgeführt.

Verhinderung von Kraftunterschieden
 Die Aktivität von Verkehrslasten auf zwei aufeinander folgenden Feldern kann zu unterschiedlichen Kräften auf beiden Seiten des Sattels führen. Dieser Kraftunterschied sollte nicht den Schlupf des Seils gegenüber dem Sattel bewirken. Im Gegensatz zu herkömmlichen Reibungssätteln, die differentielle Seilkräfte mit Reibung und dem Material im Innern des Sattels auszugleichen versuchen, ist der BBR HiEx CONA Sattel ein starrer Punkt, bei dem jeglicher Schlupf ausgeschlossen und die volle Lastübertragung zwischen dem Schrägseil und dem Sattel gewährleistet ist - selbst bei Lastszenarien, die die maximal zulässigen Lasten übersteigen. Der BBR HiEx CONA Sattel überträgt erwiesenermaßen mehr als 95% der charakteristischen Zugfestigkeit.

BBR Dämpfungssysteme

Übergangslänge

Bei Schrägseilen mit BBR HiEx CONA Sattel spreizt sich das Litzenbündel am Deviator und innerhalb der Übergangslänge zum Ankerzylinder hin auf. An der Sattelseite sind freie oder geführte Deviatoren möglich. An der Deckseite sind alle Optionen möglich (freier oder geführter Deviator, BBR Square Damper), und die passendste Lösung sollte bereits in einem frühen Stadium entsprechend der Projekterfordernisse gewählt werden. Übergangslängen für alle Optionen und Größen sind auf den Seiten 14 & 15 angegeben.

Hauptvorteile

Der BBR HiEx CONA Sattel bietet den Hauptvorteil des Sattelkonzepts - Reduzierung des Platzbedarfs am Pylon - weist aber gegenüber Reibungssätteln unbestreitbare Vorteile auf:

- Das Schrägseilssystem, BBR HiEx CONA Verankerungen, bei linken und rechten Schrägseilen eingesetzt, ist erprobt und gemäß *fib* und anderen Empfehlungen getestet.
- Der Sattel ist mit geprüfter und erprobter BBR VT CONA CMI Vorspanntechnologie ausgestattet.
- Die BBR HiEx CONA Sleeve-W Hülse stellt sicher, dass sämtliche Kraftunterschiede, die auf beiden Seiten des Sattels auftreten, vollständig und ohne Schlupf am Sattel absorbiert werden.

Abbildung 2. Vergleich unterschiedlicher Ermüdungstestbedingungen

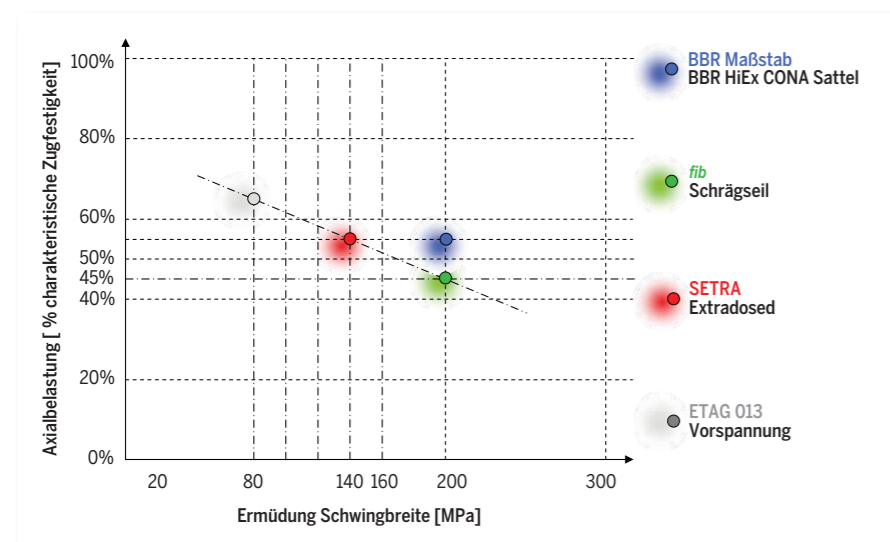
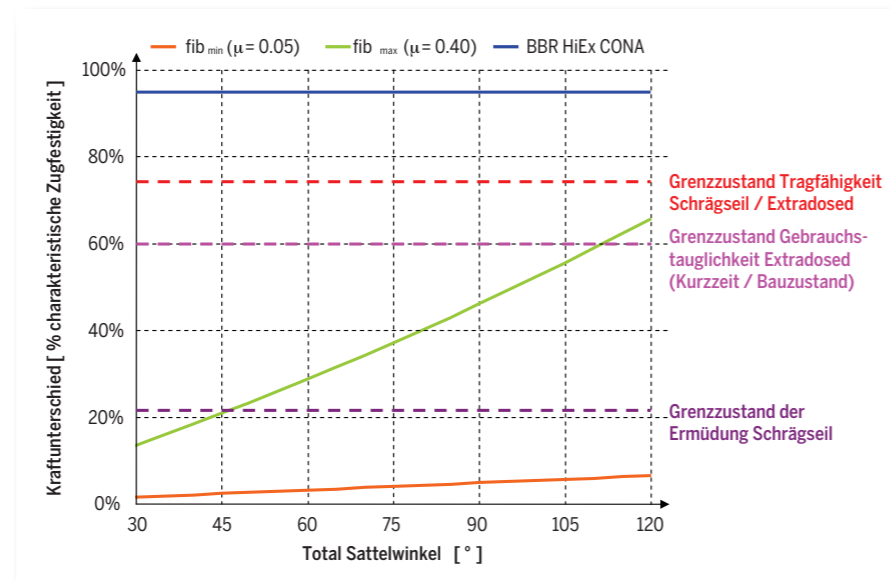


Abbildung 1. Maximale Kraftübertragung am Sattel



- Axiale Ermüdung und Reiberüdung am Sattel werden eliminiert. Zudem verhindert die Druckumgebung das Auftreten von Spannungsrissen.
- Der Korrosionsschutz beim BBR HiEx CONA Sattel ist besser als bei herkömmlichen Umlenksätteln und beinhaltet in der Standardausführung fünf Schutzbarrieren (Beton, Hüllrohr, Zementmörtel, Ummantelung und Wachs/Fett in der Litze).
- Der BBR HiEx CONA Sattel ermöglicht die vollständige Inspektion der lasttragenden Elemente, Litze-für-Litze-Einbau und Austausch von Seilen.
- Während der Einbau-, Wartungs- oder Austauscharbeiten muss beim BBR HiEx CONA Sattel das betroffene Seile nur an einer Seite des Pylons ausgewechselt werden und nicht auf ganzer Länge. Das Auswechseln wird noch einmal dadurch vereinfacht, dass die auszubauenden Zugelemente nicht durch den Pylon verlaufen.

BBR Dämpfungssysteme helfen, durch Verkehrslasten und Windeinflüsse verursachte übermäßige Vibrationen mit Hilfe modernster Konstruktionen und Materialien zu bewältigen, die mit einer einfachen Inspektion und einem geringen Wartungsaufwand einhergehen. BBR bietet die effizientesten Lösungen sowohl für Reibungs- als auch für Viskositätsdämpfer.

Wesentliche Vorteile

- Vereinfachte Wartungsarbeiten
- Lösungen für Viskosität und Reibung
- Überlegener Korrosionsschutz für Oberflächen
- Geeignet für ultralange Seile
- Freie Längs- und Rotationsbewegung



BBR Viscous Damper

Der BBR Viscous Damper, der speziell entwickelt wurde, um Vibrationen an Schrägseilen entgegenzuwirken, arbeitet auf der Grundlage des Widerstands, der durch den schnellen Durchgang einer viskosen Flüssigkeit durch eine enge Öffnung hervorgerufen wird. Durch den Widerstand wird eine große Energiemenge abgebaut, die zur Dämpfung des Seils führt. Dieses Prinzip der Energieableitung ermöglicht eine unabhängige und zeitnahe Reaktion der Dämpfungsvorrichtung auf die auftretenden Schwingungen.

Der BBR Viscous Damper besteht aus zwei hydraulischen Teleskopzylindern. Im Innenzylinder befinden sich die Kolbenarbeitskammern und der Außenzylinder fungiert als Gehäuse und Behälter. Der BBR Viscous Damper kann entweder in einer internen oder externen Dämpferkonfiguration installiert werden.

Externer Viskositätsdämpfer

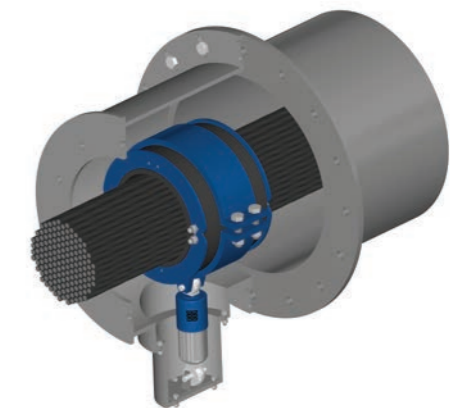
Der externe Viskositätsdämpfer verbindet das Schrägseil ohne Dämpfergehäuse direkt mit dem Deck. Der BBR Viscous Damper (extern) ist mit einer hochwertigen Oberflächenbeschichtung ausgestattet, die ihn vor Umwelteinflüssen schützt. Der serienmäßige externe Dämpfer funktioniert sowohl mit Dehnung als auch Druck und ist für eine maximale Dämpfungskraft von bis zu 70 kN verfügbar. Größere Dämpfungskraftwiderstände sind auf Anfrage erhältlich. >



Externer Viskositätsdämpfer

Interner Viskositätsdämpfer

Der innere Viskositätsdämpfer ist in einem Stahlgehäuse montiert, das unterstützt und vor Umwelteinflüssen schützt. Diese kompakte Lösung wird oft bevorzugt, weil sie aus ästhetischer Sicht ansprechender ist. Der serienmäßige BBR Viscous Damper (intern) ist eine doppelwirkende Vorrichtung und für eine maximale Dämpfungskraft von bis zu 50 kN verfügbar. Größere Dämpfungskraftwiderstände sind auf Anfrage erhältlich.



Interner Viskositätsdämpfer

Hinweis: Um die zusätzliche Dämpfung zu reduzieren, lesen Sie bitte die Abschnitte „Eigendämpfung“ und „Verbesserung des Seilschwingungsverhaltens“ auf den Seiten 27 und 28.

BBR Schwingungsdämpfer

Der BBR Square Damper ist ein auf Reibung basierender, hochwertiger zusätzlicher Passivdämpfer. Er kann entweder als interner Dämpfer innerhalb des Stahlführungsrohres installiert werden oder als außenliegender Dämpfer, wo er mit einem Gehäuse und einer Klemmvorrichtung an der freien Seillänge befestigt wird. Übersteigt die Querkraft des Seils an der Position des Dämpfers dessen statische Reibungskraft, bewegt sich der Dämpfer mit dem Seil und baut Energie ab, wodurch die Schwingungen des Seils gedämpft werden. Die Hauptmerkmale des BBR Square Dampers sind:

- Bei niedrigen und nichtkritischen Seilschwingungsamplituden ruht der Dämpfer und ist nicht aktiviert. Dadurch wird das ständige Arbeiten des Dämpfers verhindert und der Wartungsbedarf verringert.
- Die Dämpfleistung ist unabhängig von Beschleunigung und Art der Seilvibration.
- Der Dämpfer erreicht nachweislich die maximale passive Zusatzdämpfung eines 'perfekten Dämpfers', und daher können die Sicherheitsfaktoren für erforderliche Zusatzdämpfung reduziert werden.
- Die Beweglichkeit in Längsrichtung und die Rotationsfreiheit des Schrägseils sind an der Dämpferposition gegeben, und Temperaturexpansionen und Kraftschwankungen des Schrägseils werden nicht behindert.
- Die Dämpfcharakteristik kann jederzeit problemlos angepasst werden.
- Die Reibungskomponenten sorgen für einheitliche Reibungseigenschaften und einen sehr niedrigen Wartungsbedarf

Aufgrund seines schlichten Designs, der hohen Wirksamkeit, einfachen Handhabung und des geringen Wartungsbedarfs ist der BBR Square Damper anderen Schwingungsdämpfern überlegen. BBR bietet bei Bedarf auch weitere projektspezifische Maßnahmen gegen Seilschwingungen an.

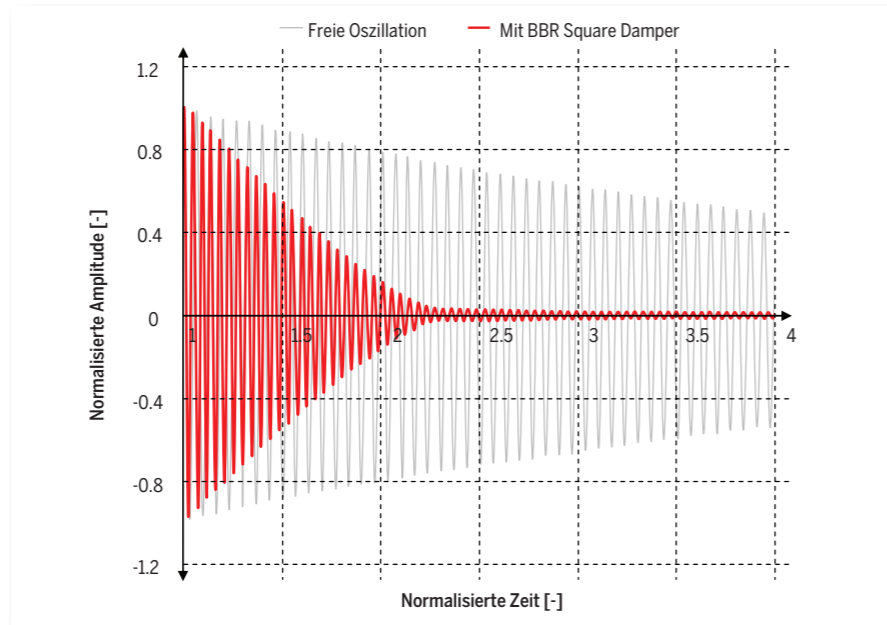


Abbildung 3. Zeit-Dislokation in Seilmitte

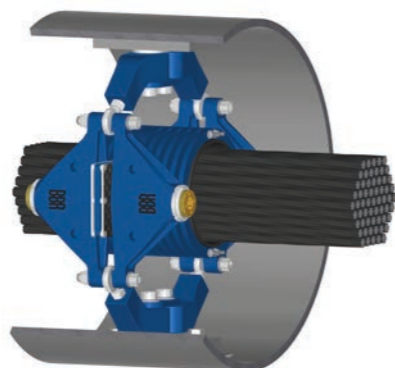
Neuartige Werkstoffe

Die Entwicklung des BBR Square Dampers beinhaltet u.a. mehrere Multimillionen Zyklen vollumfänglicher Verschleissuntersuchungen um die tatsächliche Beanspruchbarkeit der Reibungskomponenten zu ermitteln. Zur Begünstigung der Reibung und des Verschleisses wurde während der Versuche die Temperatur absichtlich konstant hoch gehalten ($T > 300 \text{ }^\circ\text{C}$). Die Tests belegten, dass nur eine neue Generation von Werkstoffen, die speziell für solch hohe Reibebeanspruchungen entwickelt wurden, verwendet werden können.

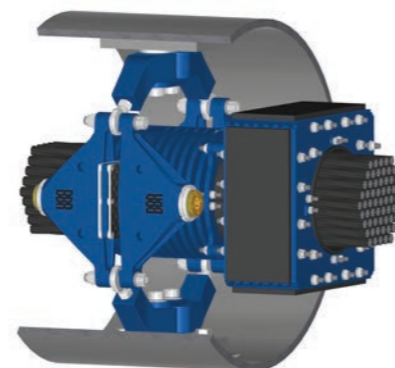
Im BBR Square Damper werden diese Werkstoffe zusammen mit einem Ventilations- und Isolationssystem eingesetzt, das die Dauerhaftigkeit der Komponenten erhöht und die Wartungsintervalle vergrößert.

Forschung & Entwicklung an sehr langen Seilen

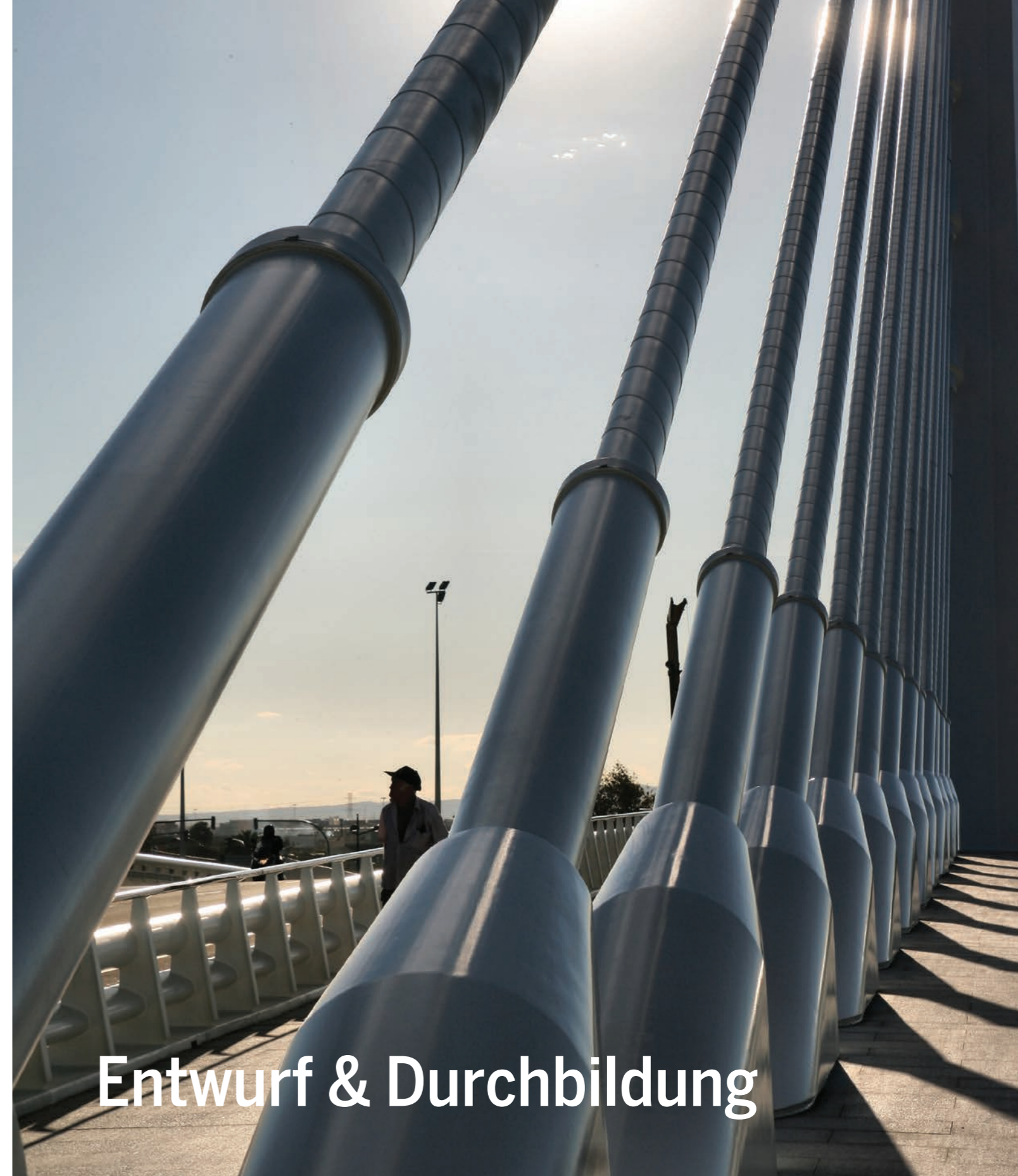
Der BBR Square Damper wurde für die verschiedensten Seilfigurationen umfassend getestet. Die maximale passive Zusatzdämpfung 1. bis 4. Grades wurde in jeder Ausführung erreicht, sogar in Versuchen an gebogenen Seilen mit Längen äquivalent zu 500 m.



BBR Schwingungsdämpfer



BBR Schwingungsdämpfer mit mechanischer Bremse



Entwurf & Durchbildung

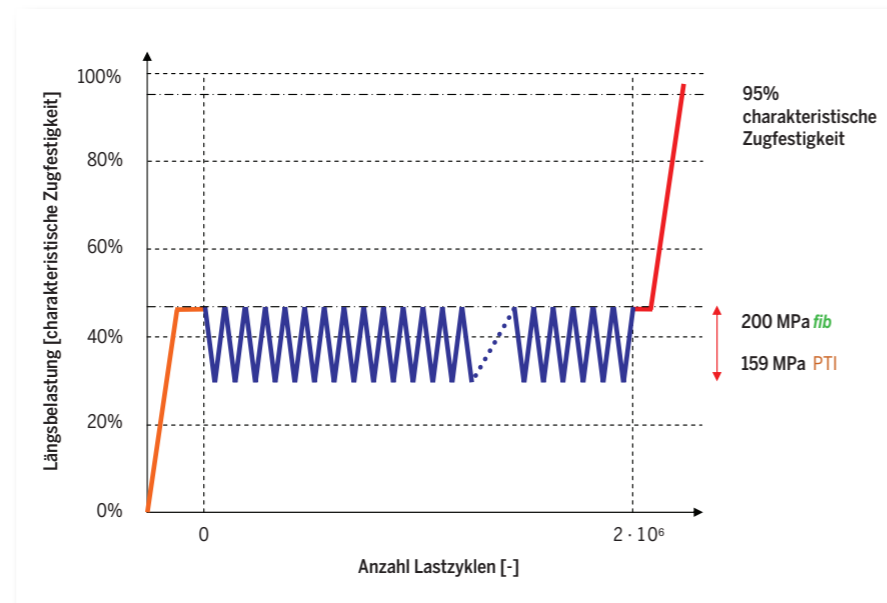
Planer, Bauunternehmen und Bauherren von Schrägseilkonstruktionen verlassen sich darauf, dass zugelassene Bauteile zum Einsatz kommen, die die gewünschte Leistung erbringen. Folglich müssen zahlreiche technische Details bezüglich der Eignung, Bemessung und Durchbildung betrachtet werden. ›

Entwurfsüberlegungen

Tests von Schrägseilverankerungen

Das traditionelle PTI verlangt, dass Schrägseile bei Zulassungsversuchen 2·10⁶ Lastzyklen mit einer Schwingbreite von 159 MPa und 45% der charakteristischen Zugfestigkeit der Zugglieder als Oberlast überstehen müssen. Die neueren internationalen *fib*-Empfehlungen schreiben eine Spannungsschwingbreite von 200 MPa vor. Zusätzlich werden während des Versuchs Verankerungsdrehungen von 0,6° herbeigeführt, um Konstruktionstoleranzen zu simulieren. Für Extradosed-Bauwerke können die Versuchsvorschriften 55% bis 60% der charakteristischen Zugfestigkeit mit einer Spannungsschwingbreite von 120 MPa bis 140 MPa beinhalten. Schlussendlich wird das Spannglied bis zum Bruch gespannt, und der Zugwiderstand muss nach dem Ermüdungstest mindestens 95% der charakteristischen Zugfestigkeit betragen.

Abbildung 4. Ermüdung und abschließender Zugversuch



Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Der Querschnitt von Schrägseilen ist in der Regel so bemessen, dass die maximale Axialbeanspruchung im Seil im Gebrauchszustand die vorgegebenen Grenzwerte nicht überschreitet. In der Vergangenheit wurde die Axialspannung üblicherweise auf 45% der charakteristischen Zugfestigkeit begrenzt. Aufgrund der strengeren Testanforderungen des *fib* werden heutzutage höhere Axialspannungen

als zulässig erachtet: bis zu 50% Zugfestigkeit bei Schrägseilanwendungen mit hohem Ermüdungsanspruch, und ca. 60% bei Anwendungen mit geringem Ermüdungsanspruch (Extradosed-Brücken). Belastungen der Schrägseile während des Bauens oder beim Austausch von Seilen sollten keine unelastischen Verformungen im Seilsystem bewirken, wobei oft ein Nachweis der Axialspannungen mit den zulässigen Spannungen genügt. Die zulässigen Axialspannungen im Bauzustand oder beim Seilaustausch werden üblicherweise auf 60% - 70% der Zugfestigkeit begrenzt.

Grenzzustand der Tragfähigkeit

Beim Nachweis der Tragfähigkeit kann die charakteristische Zugfestigkeit der Zugglieder als maßgebliche Zugfestigkeit des Schrägseilsystems angenommen werden. Zur Ermittlung der Festigkeit sollten dann jeweils die national geltenden Sicherheitsfaktoren eingesetzt werden. Sollten die nationalen Normen keine Sicherheitsfaktoren vorgeben, kann für Schrägseile, die mit Winkeldrehung getestet wurden, der Widerstandsfaktor 1.35 angesetzt werden und für Schrägseile ohne Winkeldrehung der Widerstandsfaktor 1.50.

Grenzzustand der Ermüdung

Schrägseilbauwerke sind in der Regel leichte Konstruktionen, wodurch die Schrägseile hohen Spannungsschwankungen ausgesetzt sind. Daher ist eine hohe Ermüdungsfestigkeit der Seile von entscheidender Bedeutung. Für die Ermüdungsbemessung eines bestimmten Bauwerks muss man anhand der maßgeblichen Ermüdungsbelastungen die Schwingbreite der Ermüdungsbeanspruchung in den Schrägseilen ermitteln und diese dann mit der Ermüdungsfestigkeit des Schrägseilsystems vergleichen.

Im einfachsten Fall ist die Ermüdungsbelastung ein bestimmter LKW (Achslast), und die durch ihn verursachten Spannungsschwankungen im Schrägseil werden mit der Schrägseil-Ermüdungsfestigkeit verglichen - wobei die

Abbildung 5. Typische Schrägseillasten

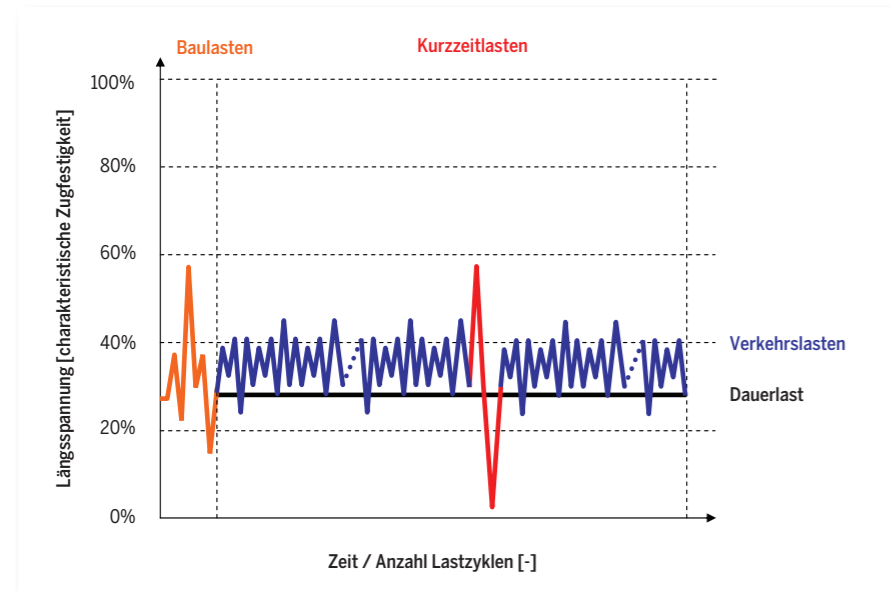
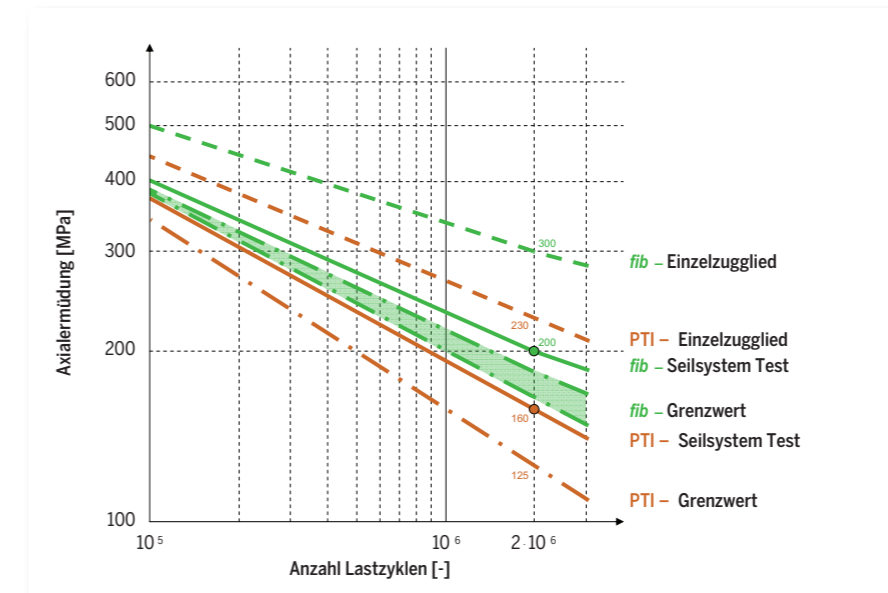


Abbildung 6. S-N-Kurven



Ermüdungsfestigkeit um einen jeweils national festgelegten Faktor reduziert wird. In der Realität muss unter Umständen die Ermüdungsfestigkeit an einer von 2·10⁶ abweichenden Anzahl Lastzyklen nachgewiesen werden, bei der nicht die 'Wöhler-Kurve' (S-N-Kurve) verwendet werden kann.

Brand und Aufprall

Brücken sind im Brandfall aufgrund ihrer Ventilierung selten sehr hohen Temperaturen ausgesetzt. Sollte ein Lastwagen auf einer Schrägseilbrücke Feuer fangen, wären durch die Flammen in den seltensten Fällen mehrere Schrägseile gleichzeitig betroffen. Die Standsicherheit ist daher generell kein Problem. Es gibt jedoch auch Brücken, die sich in speziellen Umgebungen befinden wie z. B. Raffinerien oder Treibstoffdepots und häufig von Tankfahrzeugen frequentiert werden. In solchen Fällen sollte ein erhöhter Feuerwiderstand der Schrägseile in Betracht gezogen werden um im Brandfall den Verlust an Zuggliedern zu vermeiden. Die üblichen Brand- und Aufprallbemessungen sehen vor, dass der Ausfall eines einzelnen Schrägseils nicht zum Versagen der gesamten Schrägseilkonstruktion führen darf. Der Planer sollte zudem die dynamischen Auswirkungen beachten, die das Versagen eines Schrägseils hätte. Für gruppenweise angeordnete Seile müssen unter Umständen zusätzliche Schutzvorkehrungen getroffen werden. Unter Umständen bieten dort bauliche Vorkehrungen angemessenen

Schutz. Alternativ kann das Schrägseil auch mit einem speziellen Brandschutzsystem brandgerecht ausgeführt werden. Kontaktieren Sie BBR für weitere Informationen.

Auswechselbarkeit von Schrägseilen

Schrägseile sollten auswechselbar sein - das ist besonders bei Brücken sehr wichtig. Bereits in einer frühen Planungsphase sollte die Entscheidung getroffen werden, ob die Schrägseile einer Konstruktion - einzeln oder mehrere gleichzeitig - austauschbar sein sollen. Darüber hinaus sollte festgelegt werden, ob ein Austausch unter voller, reduzierter oder nicht vorhandener Verkehrslast durchzuführen ist. Bei Autobahnbrücken sollte in der Regel der Austausch einzelner Schrägseile bei

verringert Verkehrslast in die Bemessung einbezogen werden, d. h. die Sperrung der angrenzenden Fahrspur.

Lebensdauer

Moderne Schrägseile haben ein Mehr-Komponenten-Korrosionsschutzsystem und werden umfangreichen Korrosions- und Dichtigkeitstests unterzogen. Moderne Schrägseile, die nach den aktuell gültigen Vorschriften getestet worden sind, haben eine geplante Lebensdauer von 100 Jahren.

Einbautoleranzen

Um den Annahmen von PTI und *fib* für Biegeauswirkungen bei den Verankerungen zu entsprechen, ist bei den Ankerplatten und Führungsrohren eine Einbautoleranz von 0,3° (5 mrad) um die theoretische Schrägseilachse zulassen.

Querkräfte

Schrägseile tragen hauptsächlich Zuglasten. Es können jedoch auch Querkräfte auf die Seile wirken - wenn auch minimal im Vergleich zu den Axiallasten.

Hauptursachen für Querkräfte sind:

- Einbautoleranzen und Dezentrierung
- durch Verkehr oder Bauarbeiten verursachte Veränderung des Seildurchhangs
- durch Tragwerkslasten veränderte Drehung der Verankerungspunkte
- Windlasten an den Seilen
- Temperaturänderungen.)



Maßnahmen gegen Querkräfte

In vielen Fällen werden Zentrierungen zum Schutz der Schrägseile vor den Auswirkungen von Querkräften eingesetzt. Die Queraussteifung der Zentrierung verursacht einen Knick in der Schrägseilgeometrie. Folglich übt das Seil eine Querkraft auf die Zentrierung aus, und diese wiederum auf das Tragwerk. Als Richtwert für die Vorbemessung der die Zentrierung tragende Konstruktion wird ein Winkelknicke von 1.4° (25 mrad) als vernünftige Annahme empfohlen, welcher zu einer Querkraft um 2.5% der Seilkraft führt. Beim BBR HiAm CONA System ist eine geführte Umlenkung nicht erforderlich, und es kann die so genannte freie BBR Umlenkung verwendet werden, was die Ausgestaltung an Pylon und Deck beträchtlich vereinfacht. Wird bei der Pylonverankerung eine freie BBR Umlenkung verwendet, sollte bei der Fahrbahnplatte der Einbau eines BBR Square Dampers in Betracht gezogen werden, um zu große durch Seilschwingungen hervorgerufene Verankerungsrotationen zu verhindern.

Biegung

Im Vergleich zu anderen Bauteilen weisen Schrägseile eine große Schlankheit auf. Diese Eigenschaft macht sie sehr dehnbar und schließt das Auftreten von Biegespannungen in ihrer freien Länge beinahe aus. Jedoch können bei den Verankerungen oder beim Passieren der Umlenksättel stellenweise Biegespannungen in den Seilen auftreten. In beiden Fällen können die Biegebeanspruchungen in derselben Größenordnung wie die Axialspannungen liegen und einer besonderen Analyse bedürfen. Der maximale Biegespannungs-Index σ_B [MPa] in Schrägseilen an der Verankerungsposition kann wie folgt ermittelt werden:

$$\sigma_B = 2 \cdot \alpha \cdot \sqrt{E_p \cdot \sigma_A}$$

mit α [rad] - Winkelabweichung des Schrägseils gegenüber der permanenten Position, E_p [MPa] und σ_A [MPa] - E-Modul bzw. Längsspannung im Stahl. Aus der Formel wird ersichtlich, dass bei relativ kleinen Winkelabweichungen die Gesamtspannung (Längs- und Biegespannung) die zulässige Grenze

überschreiten kann. Demzufolge ist es immer ratsam, passende und geprüfte Vorkehrungen gegen die Biegespannungen an den Verankerungen zu treffen.

Beim BBR HiAm CONA System wird jede Litze einzeln und unabhängig voneinander mit einem hyperelastischen Führungsschlauch (SmaCu Führung) gestützt. Die SmaCu Führung dient dazu, jede Litze für alle maßgeblichen Winkelabweichungen über die gesamte Länge zu stützen und dadurch die auf die Litze einwirkende Krümmung zu minimieren. Unabhängig von der maßgeblichen Winkelabweichung übersteigt die Maximalkrümmung der Litzen nicht $1/3500$, welches auf einen Biegespannungsindex in der Litze von lediglich 145MPa zurückzuführen ist.

Standard- und Kompaktschrägseilrohre

Im klassischen Fall von runden Schrägseilrohren hängt der Widerstandsbeiwert von der Windgeschwindigkeit (oder genauer: der Reynolds-Zahl R_e) und der Rauheit der äußeren Verrohrung ab.

Es können drei grundsätzliche Bereiche von C_D unterschieden werden:

- Nichtkritischer Bereich bei geringer Windgeschwindigkeit mit R_e unter $2 \cdot 10^5$: Hoher Widerstandsbeiwert von 1.20
- Kritischer Bereich mit R_e zwischen $2 \cdot 10^5$ und $8 \cdot 10^5$: Widerstandsbeiwert fällt signifikant
- Überkritischer Bereich bei hoher Windgeschwindigkeit mit R_e über $8 \cdot 10^5$: Kleiner Widerstandsbeiwert von 0.50-0.60.

Wind verursacht statische und dynamische Einwirkungen auf Schrägseil und muss deshalb bei der Planung mit einberechnet werden. Die auf ein Schrägseil wirkende statische Windlast erzeugt beträchtliche Querspannungen im Pylon, vor allem bei großen Schrägseilbrücken. Die Windlast F_d [N/m] ergibt sich aus:

$$F_d = \frac{1}{2} \rho_A \cdot U^2 \cdot D_s \cdot C_D$$

Mit ρ_A [1.25 kg/m^3] - Luftdichte, U [m/s] - Windgeschwindigkeit, D_s [m] - Außendurchmesser Seil und C_D - Widerstandsbeiwert.

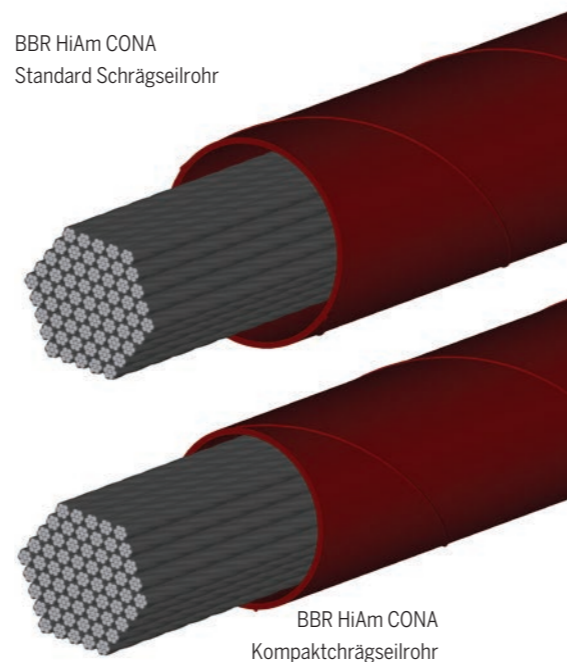
Wie aus obiger Formel ersichtlich, ist die

Windgeschwindigkeit der maßgebliche Faktor, da sie quadriert wird. So erhöht sich beispielsweise die Windlast um 78%, wenn U von 30 m/s auf 40 m/s ansteigt (und die anderen Faktoren unverändert bleiben).

Bei starkem Wind sind Schrägseile meistens im Überkritischen Bereich. In Windkanaltests können Widerstandsbeiwerte von 0.50 für BBR Glattröhre und von 0.55-0.60 für BBR Schrägseileröhre mit Spiralrippe erzielt werden. Trotzdem werden die Auswirkungen extremen Winds oft mit C_D Werten von 0.70-0.80 kalkuliert um auf der sicheren Seite zu sein und mögliche Veränderungen der Oberflächenrauheit (z.B. durch Schmutzansammlung) zu berücksichtigen. Geringere Windlasten können durch eine Verringerung des Seilaußendurchmessers erreicht werden.

Bei Brücken mit großen Spannweiten, wo der Seildurchhang ein maßgeblicher Faktor ist, sollte die Verwendung von BBR Kompaktschrägseilrohren geprüft werden. Das Kompaktsystem erlaubt die Verminderung der Windlast um 20% gegenüber dem Standardsystem, erfordert allerdings spezielle Material- und Installationsverfahren auf der Baustelle. Zum ersten Mal kamen BBR Kompaktschrägseilrohre im Jahr 2000 beim Bau der 475 m langen Rama VIII Brücke in Bangkok, Thailand zur Anwendung.

BBR HiAm CONA Standard Schrägseilrohr



Seilvibrationen und Schwingungsdämpfung

Trotz der Vielzahl an gebauten Schrägseilbrücken gibt es noch immer kritische Bereiche, allen voran die Auswirkungen und das Unterbinden von Seilschwingungserscheinungen. Einige Schwingungsursachen sind erkannt und charakterisiert, die vier häufigsten davon sind Wirbelablösung, Flattern, parametrische Erregung (Interaktion von Deck/Pylon und Schrägseil) und Regen-Wind-induzierte Vibrationen. Die kurzfristige Konsequenz aus Seilvibrationen sind Beschwerden von Brückennutzern, die langfristigen Konsequenzen sind eine verminderte Sicherheit oder gar das Versagen kompletter Seile.

Eigendämpfung

Bauteile haben ein bestimmtes Maß an Eigendämpfung, welches bei Litzenschrägseilen mit 0.8% logarithmisches Dekrement angesetzt werden kann. Die Eigendämpfung eines Schrägseils ist die maximale Rate, bei der das Seil die Energie zerstreuen kann, die es zum Schwingen bringt. Oftmals reicht die Eigendämpfung aber nicht aus um das Schrägseil zu dämpfen, und passive zusätzliche Dämpfungsmaßnahmen werden erforderlich. Weitere spezielle Maßnahmen, wie z.B. die Oberflächenbehandlung der Seile und Querstreben können die erforderliche Zusatzdämpfung reduzieren und so das Widerstandsverhalten der Seile gegen Schwingungen verbessern.

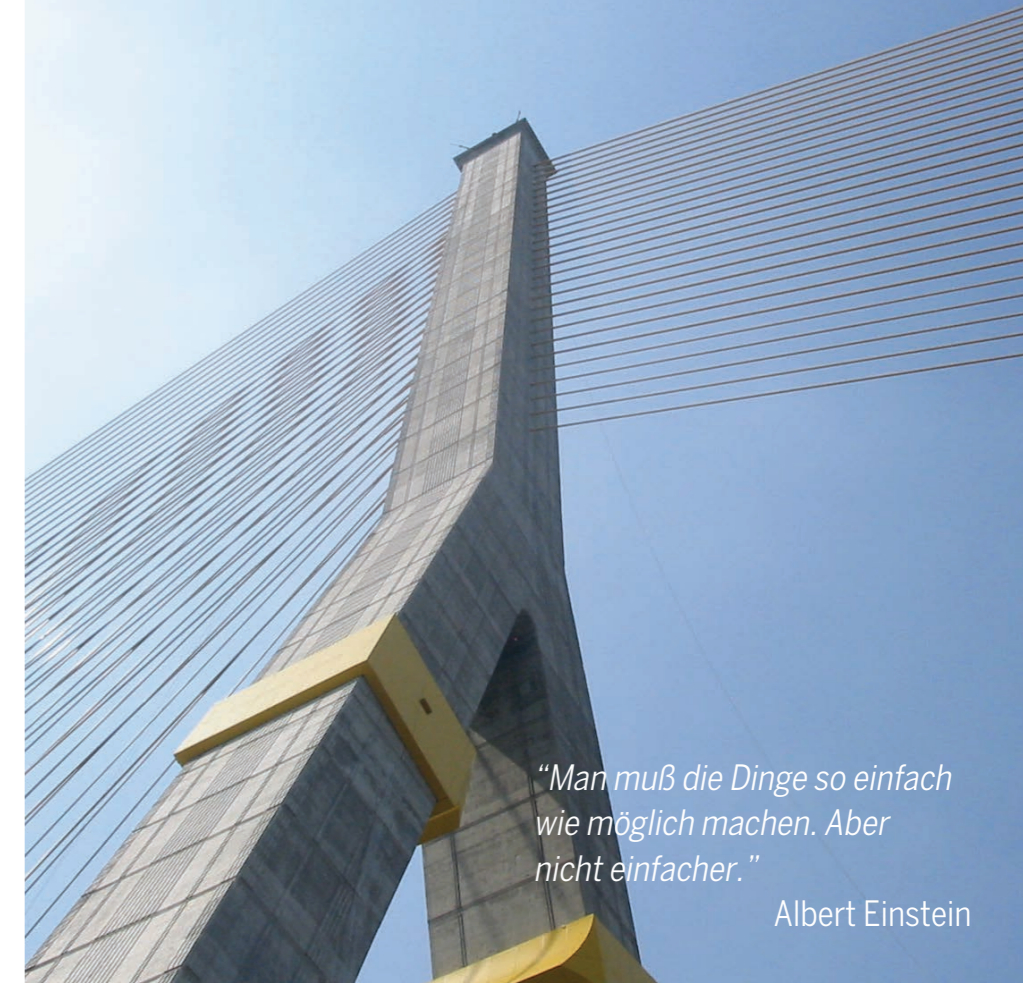
Daten

Die erforderliche Zusatzdämpfung sollten Planer für die jeweilige Schrägseilanordnung, Hüllrohrkonfiguration (Durchmesser, mit oder ohne Oberflächenbehandlung) und Schrägseilmasse definieren. Die Eigendämpfung der jeweiligen Konfiguration muss dann abgezogen werden. Ein ausreichender Sicherheitsfaktor SF in der Größenordnung der gängigen Lastfaktoren muss zwischen der erforderlichen theoretischen Zusatzdämpfung erreicht werden:

$$\delta_{\text{Req.Sup}} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{S_c \cdot \rho_A \cdot D_s^2}{m_s} - \delta_i \leq S_F \cdot \delta_{\text{Max.Sup}}$$

wo

$$\delta_{\text{Max.Sup}} = \pi \cdot \frac{L_D}{L_S}$$



mit S_C - Scruton-Zahl, ρ_A [1.25 kg/m^3] - Luftdichte, D_S [m] - Außendurchmesser Schrägseil, m_S [kg/m] - lineare Masse Schrägseil, L_D [m] - Abstand Verankerung zum Dämpfer und L_S [m] - Länge Schrägseil.

Zusatzdämpfung

Bei jeder Schwingung geht ein kleiner Teil der entlang der Schrägseillänge gespeicherten Energie durch Reibungserscheinungen an den Verankerungen verloren. Gelegentlich ist das Maß, mit dem diese Energie verloren geht, sehr klein (d.h. geringe Eigendämpfung), was zu großen Auslenkungen und einer hohen Zahl von Schwingungen führt. Bei solchen Szenarien erhöhen zusätzliche Dämpfapparaturen die während jedes Zyklus verlorene Energie und reduzieren die freie Schwingungszeit.

Die maximale Zusatzdämpfung, die ein perfekter Dämpfer einem Seil bieten kann (ohne die generelle Wirksamkeit des Dämpfers zu betrachten), hängt einzig von der relativen Position des Dämpfers am Seil ab, L_D/L_S , und ist unabhängig von der Art des Dämpfers (Reibung, Viskose, Gas etc.). Generell werden Dämpfer bei mittleren bis langen Seilen ($L_S > 150$) in einer Entfernung von ~2.5% der Seillänge angebracht, daher sollte der Planer in einer frühen Phase entsprechende Vorkehrungen treffen.

Es gibt auch aktive Dämpfer, allerdings

benötigen sie externe Energiequellen und hohen Wartungsbedarf und sollten daher nur bei Reparaturen oder Verstärkungen vorgesehen werden.

Einbau des Schwingungsdämpfers

Schwingungsdämpfer werden meistens erst installiert, wenn die Schrägseile in Gebrauch sind und die Eigen- und Auflasten des Bauwerks tragen. Nach dem Einbau verändern Faktoren wie Verkehrslasten, Wind und Temperatur die Geometrie der gesamten Konstruktion und erzeugen folglich relative Verdrehungen zwischen dem Bauwerk und dem Schrägseil, was zu Längs- und Querbewegungen an der Dämpferposition führt. Diese Bewegungen sind oftmals größer als jene, die durch mögliche Seilschwingungen auf den Dämpfer und die Verankerungen einwirken. Um gute Dämpfleistung, Dauerhaftigkeit und Sicherheit zu gewährleisten, müssen der Dämpfer, die Schrägseile und die Verankerungen als miteinander verbundenes System betrachtet werden, das als Ganzes analysiert, konzipiert und bemessen werden muss. Folglich sollten sowohl die Schrägseile als auch die Dämpfer vom selben Lieferanten kommen.

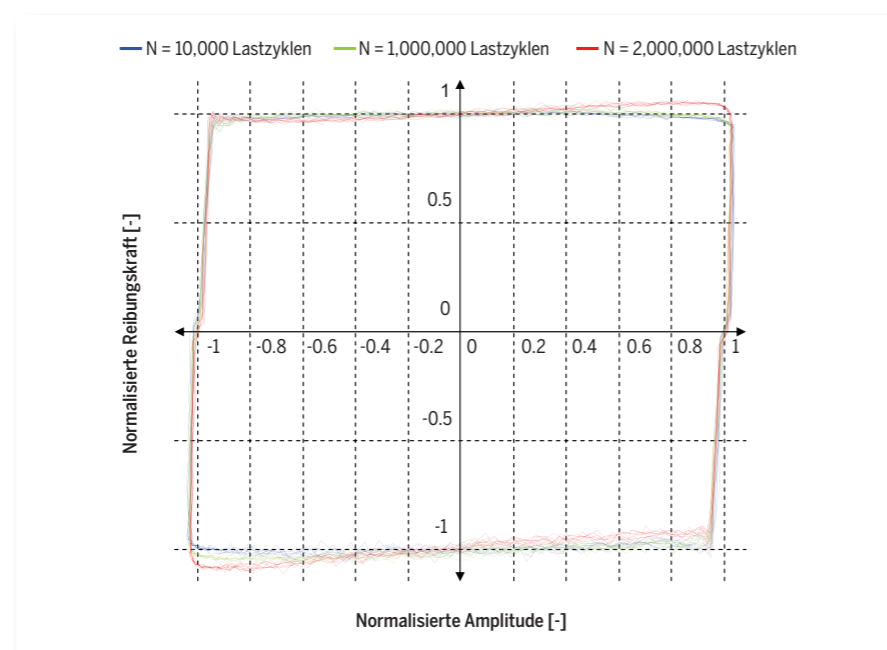
Maßnahmen gegen Seilvibrationen

Eine Vorabschätzung der Schwingungsanfälligkeit eines Schrägseils kann mithilfe der Scruton-Zahl vorgenommen werden, einer Maßzahl der aerodynamischen Stabilität von Seilen. Grundsätzlich sollte die Scruton-Zahl so hoch wie möglich gehalten werden, in vielen Fällen sind Werte von über 10 empfohlen.

Über die Jahre hat das BBR Hauptbüro umfangreiches Wissen über all diese speziellen Schrägseilphänomene gesammelt und eine umfassende Dokumentation sowie zuverlässige Rechenprogramme erstellt, mit denen sichere, detaillierte und exakte Analysen vorgenommen werden können. BBR bietet unter anderem folgende technische Unterstützung bei Schrägseilprojekten an:

- Eine frühzeitige und präzise Beurteilung der tatsächlichen Eigendämpfung für bestimmte Schrägseilkonfigurationen kann unter Umständen den Einbau von Dämpfapparaturen verhindern und zu beträchtlichen Kosteneinsparungen führen.
- Einige komplexe Schwingungserscheinungen wie Eisflattern, Trockenflattern oder den Hartog-Flattern von temporären Schrägseilen sind nicht durch die Berücksichtigung üblicher S_c -Werte abgedeckt und sollten für jedes Projekt spezifisch analysiert werden.

Abbildung 7. Hystereseverhalten und Wirksamkeit - Beanspruchbarkeit des Dämpfers



- Unter symmetrischen Schwingungsmodi (1., 3. etc.) oszillierende lange Seile weisen bei den Verankerungen erwiesenermaßen Regionen mit reduzierter Bewegung auf, wodurch sich die tatsächlich vom Dämpfer bereitgestellte Zusatzdämpfung reduziert. In einem solchen Szenario werden längere L_D Abstände benötigt. BBR bietet eine akkurate Analyse der exakten Dämpferposition, ohne L_D zu überproportionieren und die damit verbundenen Mehrkosten und Beeinträchtigungen der Brückenästhetik.
- Dämpfer müssen korrekt feineingestellt werden um die maximale Wirksamkeit unter den gängigsten Schwingungsmodi (1. und 2. Modus) sicherzustellen.



Verbesserung des Schwingungsverhaltens von Seilen

BBR bietet eine effektive Gegenmaßnahme gegen Regen-Wind-induzierte Schwingungen, indem die Außenoberfläche der Seile mit einer spiralförmigen Rippe versehen ist. Diese umlaufende Naht behindert die Bildung von Seilvibrationen, verursacht durch Oberflächenwasserrinnale und mildert so die Schwingungserzeugung an der Quelle ab. Durch die Verwendung von BBR Schrägseilhüllrohr mit Spirallippe kann die zur Verhinderung von Regen-Wind-induzierten Schwingungen benötigte Scruton-Zahl auf 5 reduziert werden. Die Zusatzdämpfung kann bei der Verwendung von Kompakt BBR Strand Stay Pipe noch weiter verringert werden (siehe S.13).

Zu guter Letzt ...



An dieser Stelle können Sie keinen Zweifel mehr an unserem Bekenntnis zu herausragender Technologie und absoluter Kundenzufriedenheit haben.

Unsere Erfahrung von sieben Jahrzehnten manifestiert sich in derzeit über 400 mit BBR Technologie errichteten Bauwerken, und unser Sortiment wird stetig erweitert und verfeinert. Das Ergebnis ist die schlichtweg beste verfügbare Technologie: das BBR HiAm CONA System.

Technologie entwickelt sich allerdings nicht von alleine weiter - über all die Jahre hinweg sind wir stets in der glücklichen Lage gewesen, einige der besten Ingenieure der Branche in unseren Reihen zu haben. Es ist ihr Einsatz, der den guten Ruf von BBR - bis zum heutigen Tage - begründet.

Unser weltumspannendes Netzwerk wird bei der Entwicklung von Schrägseilprojekten durch unser Special Projects Team bezüglich der Ausarbeitung und der Beschaffung des benötigten Systems unterstützt. Auf diese Weise werden lokales und internationales Knowhow für die Realisierung von Bauwerken aufeinander abgestimmt, die mal größer, mal kleiner, aber jedesmal technisch außergewöhnlich und atemberaubend schön sind.





BBR VT International Ltd
Ringstrasse 2
8603 Schwerzenbach (ZH)
Switzerland

Tel +41 44 806 80 60
Fax +41 44 806 80 50

www.bbrnetwork.com
info@bbrnetwork.com

BBR VT International Ltd
Technical Headquarters and Business Development Centre
Switzerland