

BBR HiAm CONA

Litzen-Schrägakabelsystem



Eleganz und Kraft

Die HiAm CONA Großfamilie



A Global Network of Experts
www.bbrnetwork.com



BBR A Global Network of Experts www.bbrnetwork.com

Das BBR Network ist der führende Verbund von Spezialbauunternehmen auf dem Gebiet der Vorspannung, Schrägkabeltechnologie 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 Business Development Center in der Schweiz aus erstreckt sich das BBR Network über den gesamten Erdball 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 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 Erfolgsstory aus Spitzenkompetenz und Innovationskraft, von der tausende mit BBR Technologie errichtete Bauwerke zeugen. Mit einer Geschichte von mehr als 70 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 Business Development Center des globalen BBR Network und ist in der Schweiz ansässig. Anteilseigner der BBR VT International Ltd sind: BBR Holding Ltd (Schweiz), eine Tochterfirma der Tectus Group (Schweiz); KB Spenneteknikk AS (Norwegen), BBR Polska z. o.o. (Polen) und KB Vorspann-Technik GmbH (Deutschland) – alle drei gehören zur 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 2016

Innovation Kompetenz Erfahrung

Obwohl BBR in erster Linie für Draht-Kabelverfahren berühmt ist, sind wir auch die Erfinder von Litzen- und Kohlenstoff-Schräggabeln und haben weltweit als erster Anbieter Projekte mit Spanndrähten hoher Ermüdungsfestigkeit sowie Litzen- und Kohlenstoff-Schräggabeln ausgeführt. BBR hat den Stein ins Rollen gebracht!

Beim Lesen der folgenden Seiten werden Sie schnell feststellen, dass die BBR Schräggabeltechnologie führend ist - mit herausragender Leistung, einem flexiblen Sortiment und einfacher Handhabung.

Unsere Schweizer Wurzeln prägen die Entwicklung unserer Technologie, und unsere Ingenieure sind seit jeher darin bestrebt, nur die besten Produkte und Technologien zu entwickeln. Darüber hinaus verfügen wir mit dem BBR Netzwerk über ein starke internationale Gruppe von Experten, die ihren Kunden aufmerksam zuhören, sie fachkundig beraten und mit modernsten Lösungen versorgen.

In vielerlei Hinsicht ist unsere Geschichte erst im Anfang begriffen - wir weisen die grösste Erfahrung im 20. Jahrhundert auf und werden alles daran setzen, diese auch im 21. Jahrhundert zu haben.

- 2 Schräggabelkonstruktionen
- 7 Der Maßstab bei Testergebnissen
- 9 Überlegene Litzen-Schräggabeltechnologie
- 12 Maximale Flexibilität
- 14 Technische Daten
 - 14 BBR HiAm CONA
 - 17 BBR Gabelseilkopf
 - 18 BBR HiEx CONA Umlenksattel
- 21 Entwurf und Durchbildung

Schräggkabel



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

konstruktionen



“Der beste Beweis ist Erfahrung.”

Sir Francis Bacon (1561 - 1626)

Englischer Staatsmann, Schriftsteller und Philosoph

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.



Schräggkabel Einführung

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

Schräggkabelanwendungen

BBR Schräggkabeltechnologie kann eingesetzt werden für:

Schräggkabelbrücken – 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 Schräggkabellösung sprechen, z.B. geringe Fahrbahnhöhe, Bauverfahren oder ästhetische Gesichtspunkte.

Bogenbrücken – wo BBR Schräggkabeltechnologie die optimale Lösung für die Aufhängung ist.

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

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

Vorteile von Schräggkabeln

Durch den wachsenden Bedarf an weitgespannten Tragwerken spielen Schräggkabelkonstruktionen eine immer wichtigere Rolle. Ihre Vorzüge sind hauptsächlich die aerodynamische Stabilität, Einsparungen bei den Widerlagern, einfacheres Bauen und eine insgesamt leichtere Konstruktion. Entscheidend für die Lebensdauer und Leistungsfähigkeit einer Schräggkabelkonstruktion ist jedoch die Wahl des Schräggkabelsystems.

Schräggkabelkonstruktionen Fortsetzung

Seit Jahrzehnten bietet BBR die beste und fortschrittlichste Technologie für Schräggkabelkonstruktionen. Wir bauen auf über 70 Jahren Erfahrung auf.



Internationale Vorschriften

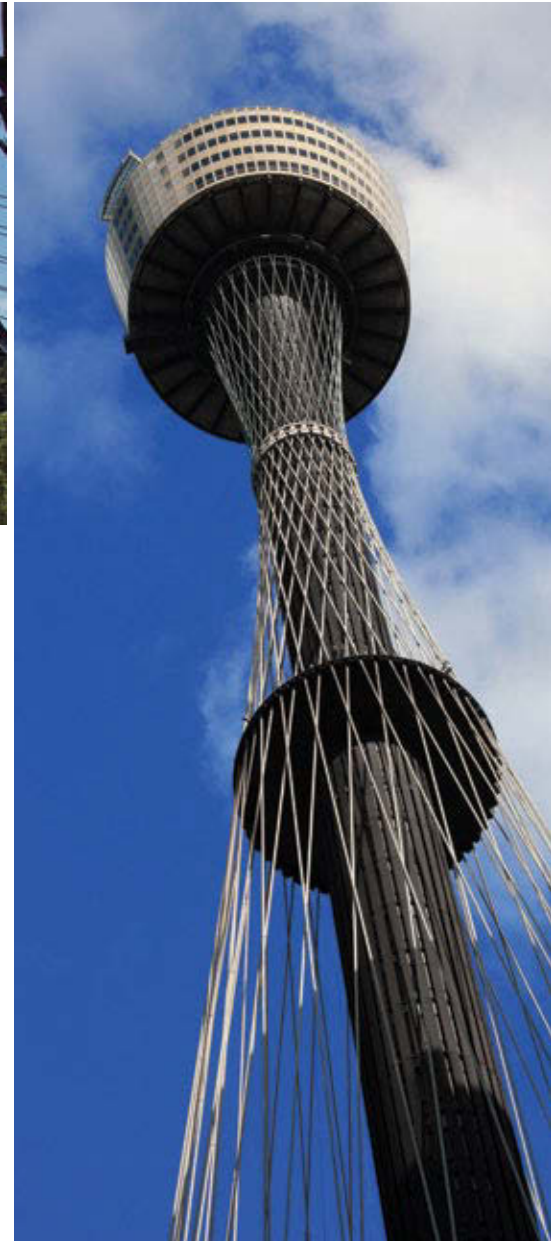
Seit jeher sind Schrägkabel-Spezifikationen durch Richtlinien und Empfehlungen abgestützt. In der Vergangenheit waren das zumeist die **“PTI -Empfehlungen für Entwurf, Tests und Einbau von Schrägkabelsystemen”**.

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 der Schrägkabeltechnologie 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 Schrägkabel ist **“fib Bulletin 30 - Empfehlungen für die Anwendung von Schrägseilsystemen aus Spannstahl”**.

Die Bedeutung hoher Ermüdungsfestigkeit

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





Typische Schrägkabelasten

Neben den maximalen Axialbeanspruchungen von Schrägkabeln 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 Schrägkabeln. Moderne Schrägkabelsysteme 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 Schrägkabelsystemen. 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 Schrägkabeltechnologie, die

eine Gefahr für Leib und Leben darstellen können und deren Leistungsfähigkeit nicht gewährleistet ist. Auf dem Markt existieren in der Tat zahlreiche Schrägkabelsysteme, 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 Schrägkabeln ist es nicht nur die Technologie selbst, die höchsten Ansprüchen genügen muss - auch der Einbau der Kabel 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 bei Testergebnissen

Die BBR Schrägkabelsysteme sind in Sachen Testperformance 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

Der Maßstab bei Testergebnissen Fortsetzung

Erfolgreiche Eignungstests 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-Schräggabelsystems:

- Axialer Ermüdungstest mit abschließendem Zugversuch gemäß *fib* mit einer Schwingbreite von 200 MPa und 0.6°-winkligen Unterlegscheiben an den Verankerungen, durchgeführt an verschiedenen kleinen, mittleren und großen Kabelgrößen.
- 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) mit einer Spannungsschwingbreite von 200 MPa und einer Verdrehung von 0.6° an den Verankerungen, durchgeführt an einem riesigen 127-Litzen BBR HiAm CONA Kabel.
- 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.
- 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:

- Axiale Ermüdungstests mit abschließenden Zugversuchen mit Oberlasten über den üblich verlangten 45% der charakteristischen Zugfestigkeit und Schwingbreiten über den üblichen 200 MPa. In solchen Ermüdungstests erzielten wir eine Ermüdungsfestigkeit von 300 MPa und eine Oberlast von 55% der charakteristischen Zugfestigkeit.
- Dauerschwingversuch mit aufgebrachtten 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 Kabel von 25% bis 45% der charakteristischen Zugfestigkeit im 1. bis 5. Schwingungsmodus, durchgeführt an einem HiAm CONA Schräggabelmodell, das ein 500 m langes Kabel repräsentiert. Derart lange Kabel 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 Schräggabelanbieter 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.



Umlenksattel - Tests mit BBR HiEx CONA

Überlegene Litzen- Schräggabeltechnologie

Das BBR® HiAm® CONA® Parallellitzen-Schräggabelsystem ist das beste Produkt auf dem internationalen Markt. Es verfügt über die höchste Tragfähigkeit, die kompaktesten Komponenten und die umfangreichste Palette an Verankerungen.

BBR HiAm CONA

Wesentliche Vorteile

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

Überlegene Litzen-Schräggabeltechnologie Fortsetzung

Von BBR Ingenieuren in der Schweiz konzipiert, getestet und kontinuierlich weiterentwickelt, wird das BBR HiAm CONA Parallellitzen-Schräggabelsystem 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 Kabelsystems, da sie hierdurch größeren Spielraum beim Bau von schlanken und ästhetisch ansprechenden Konstruktionen haben.

Zertifizierung

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

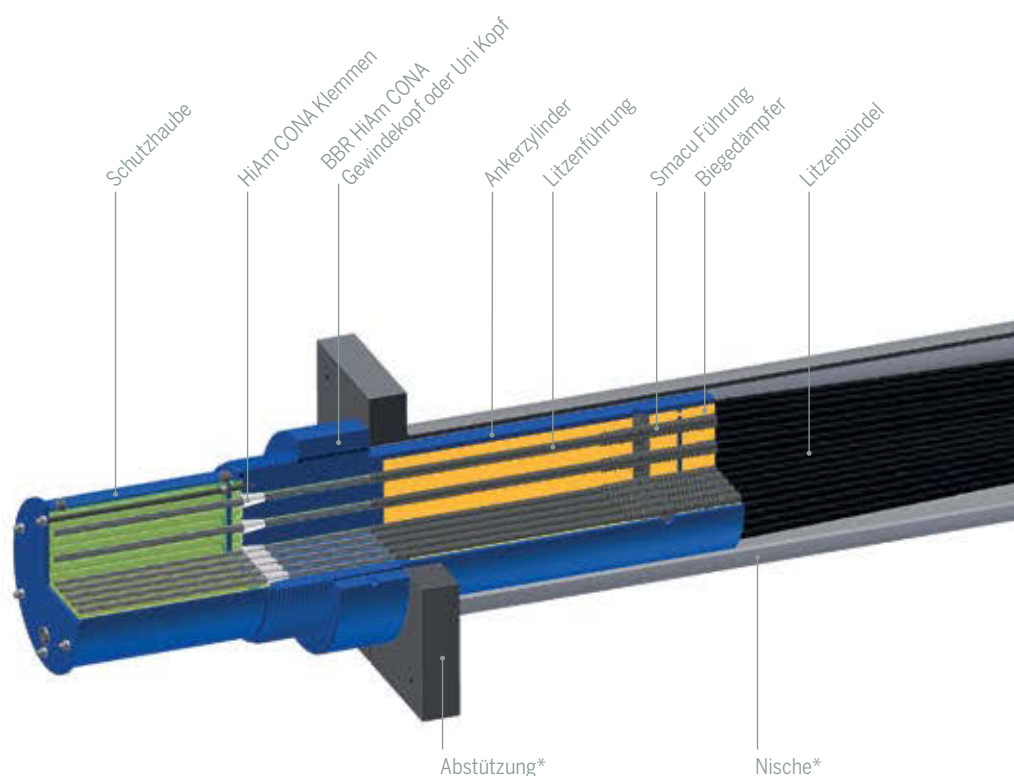
Lokales Wissen - internationale Expertise

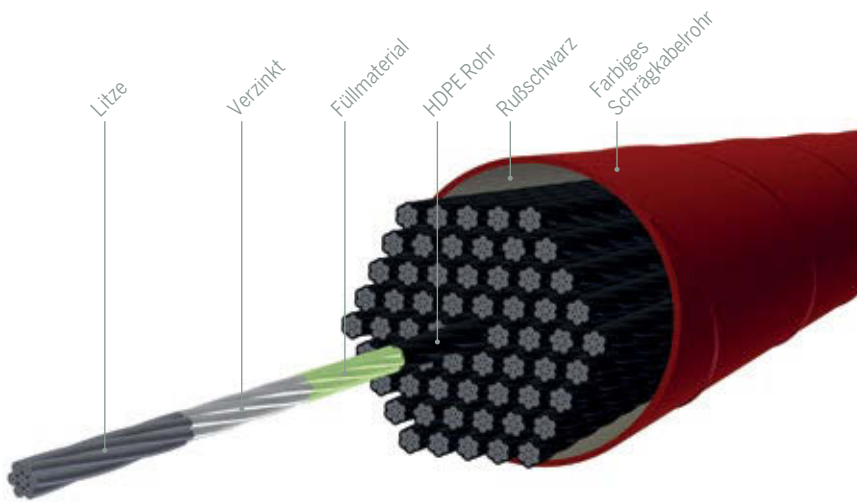
Das BBR HiAm CONA Schräggabelsystem wird ausschließlich von geschulten Teams zertifizierter BBR Vorspannspezialisten eingebaut. Schräggabelbrücken sind hochkomplexe Ingenieurbauprojekte, die lokales Knowhow und spezifisches Ingenieurwissen erfordern.

Das Projektmanagement vor Ort wird daher zumeist durch das regionale Vorspannunternehmen aus dem BBR Network durchgeführt, während die Spezifizierung der Schräggabel, die Herstellung und die Beschaffung der systemrelevanten Bauteile vom Special Projects Team am Schweizer Hauptsitz organisiert wird.

Aufbau der Schräggabel

BBR HiAm CONA Kabel bestehen aus einem dichten Bündel parallel angeordneter 7-drähtiger Litzen, das von einem runden koextrudierten (innen Russschwarz, 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. Ihr Korrosionsschutzsystem setzt sich aus drei Komponenten zusammen: die einzelnen Litzen sind verzinkt, gefettet und mit einer durchgehenden, verschleissfesten PE-Hülle ummantelt. Alternativ dazu, und mit einem gleichwertigen Korrosionsschutz, ist auch der Einsatz von Epoxi-beschichteten Litzen möglich.

Aufbau der Verankerung

In der Verankerungszone eines BBR HiAm CONA Kabels 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 Kabelkräfte 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.



Biegungsdämpfer & Maßnahmen gegen Kabelschwingung

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

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 Schrägkabelhüllrohr 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 Schrägkabels sichergestellt wird.

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

Austausch einzelner Litzen

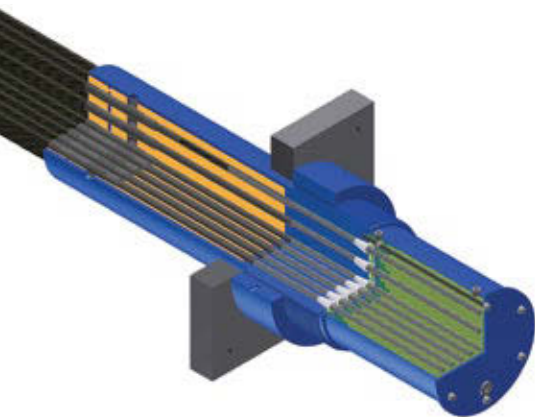
Jede einzelne Litze im BBR HiAm CONA System kann während des Einbaus oder anschließend nachgespannt werden, wodurch nicht nur ein nachträgliches Aufbringen von Spannkraft möglich ist, sondern auch die wahlweise Entfernung, Inspektion oder der Austausch einzelner Litzen.

*Bestandteil des Tragwerks

Überlegene Litzenschrägkabeltechnologie Fortsetzung

Verankerungen

Das Schrägkabelende, von dem aus gespannt wird, ist mit justierbaren BBR HiAm CONA Gewindekopfverankerungen ausgestattet, das entgegengesetzte Festende typischerweise mit BBR HiAm CONA Verankerungen oder einer Gabelkopfverankerung.



BBR HiAm CONA Gewindekopfverankerung
120 mm Justierbarkeit



BBR HiAm CONA Gewindekopfverankerung
0 mm Justierbarkeit



BBR HiAm CONA Uni Kopf
nichtregulierbare Verankerung

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.

BBR HiAm CONA Gewindekopfverankerung (A):

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 Kabels benötigt, kann aber auch am Festende erforderlich sein, wenn komplett vorgefertigte Kabel verwendet werden oder wenn die Konstruktion keinen Einbau der Verankerung von der Rückseite der Ankerplatte zulässt.

BBR HiAm CONA Uni Kopf

anchorage (F): 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.

Compact 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 Compact Ausführung eignet sich für kleinere Öffnungen in der Ankerplatte als bei der Standard Variante. Alle Compact BBR HiAm CONA Verankerungen müssen von der Rückseite des Lastübertragungselements eingebaut werden.

Compact BBR HiAm CONA Gewindekopfverankerung (CA):

Regulierbare Verankerung mit einer Justierbarkeit von normalerweise 0, 60 oder 120 mm. Die Verwendung der Compact Gewindekopfverankerung ist nur bei Spezialanwendungen empfohlen, wie z.B. dem Kabelaustausch mit vorgegebenen Öffnungen in der Konstruktion oder anderen Hemmnissen, die den Einsatz einer kompakten Verankerung erfordern.

Compact BBR HiAm CONA Uni Kopf Verankerung (CF):

Nichtregulierbare Verankerung mit kleineren Abmessungen als der Standard-Uni-Kopf.

Maximale Flexibilität - Standard und Compact

Alle BBR Verankerungen können miteinander kombiniert werden. So kann beispielsweise ein Standard BBR HiAm CONA Gewindekopf am Spannende und ein BBR HiAm CONA Uni Kopf am Festende des Kabel eingesetzt werden. Darüber hinaus sind alle Details der tragenden Elemente, Verankerung und Abdichtung für beide Varianten absolut identisch - und somit auch die Leistungsfähigkeit. Die Verwendung eines BBR Regulators unter der BBR HiAm CONA Uni Kopf Verankerung kann eine Festverankerung in eine regulierbare Verankerung mit jeder erwünschten Justierbarkeit umwandeln.

Übergangslängen

In der Verankerungszone von BBR HiAm CONA Schrägkabeln 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 Schrägkabel 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

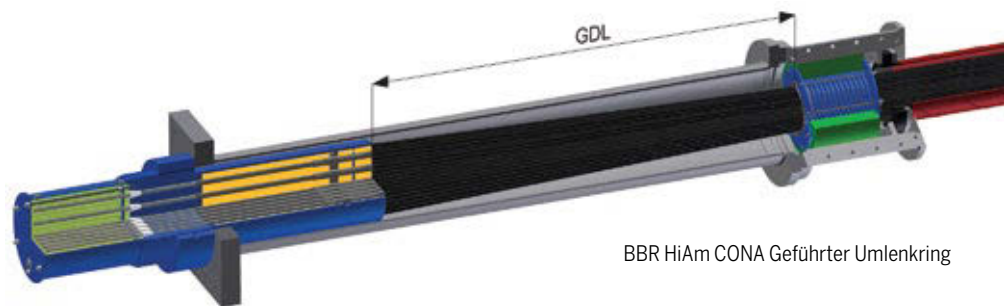
Der Einsatz eines geführten Umlenkrings ist nicht erforderlich, wenn die Konstruktionstoleranzen und Verankerungsrotationen unter den geltenden Gebrauchstauglichkeits- und Tragfähigkeitsgrenzzuständen moderat sind und unter den maßgeblichen Grenzwerten der nationalen Regelwerke *fib* oder *PTI* bleiben ($\pm 0.3^\circ$ 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 Square Damper

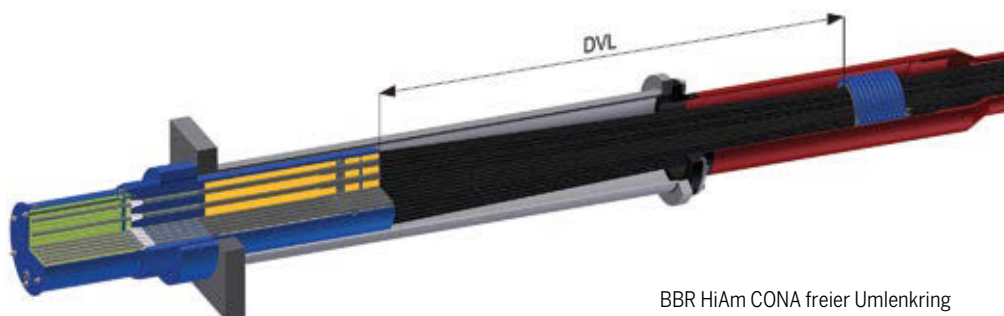
Wird ein BBR Square Damper zur zusätzlichen Dämpfung des Schrägkabels eingesetzt, muss die Übergangslänge so angepasst werden, dass die Querbewegung an der Dämpferposition - verursacht durch Gebrauchslasten, Wind, Temperatur oder Kabelschwingungen - sicher in die Verankerung eingeleitet werden kann. Wird ein Standard BBR Square Damper verwendet, wird die benötigte Mindestübergangslänge - einschließlich der freien

Amplitude des Dämpfers (80 mm) mit **SDL** bezeichnet (siehe S. 14 & 15). Dieser Abstand muss zuweilen jedoch aufgrund signifikanter Verdrehungen an der Verankerungen oder um genügend zusätzliche Dämpfung zu gewährleisten, vergrößert werden.

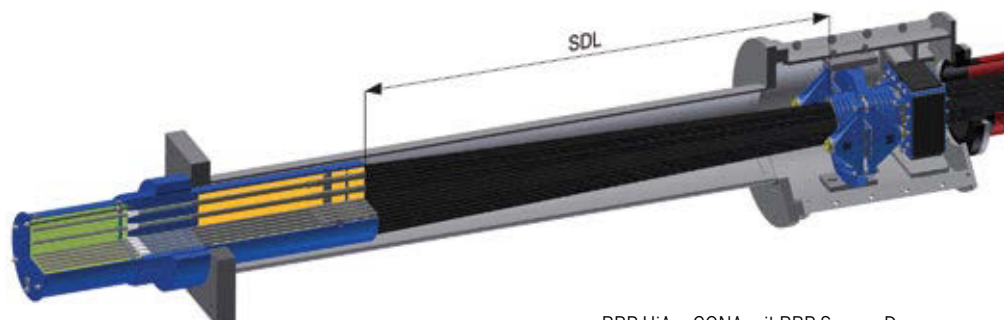
Bei Spezialanwendungen kann ein zusätzlicher BBR Biegedämpfer außerhalb des Ankerzylinders der BBR HiAm CONA Verankerung in Betracht gezogen werden, der höhere Rotationen und eine minimale Übergangslänge ermöglicht.



BBR HiAm CONA Geführter Umlenkring



BBR HiAm CONA freier Umlenkring



BBR HiAm CONA mit BBR Square Damper

Technische Daten

BBR HiAm CONA

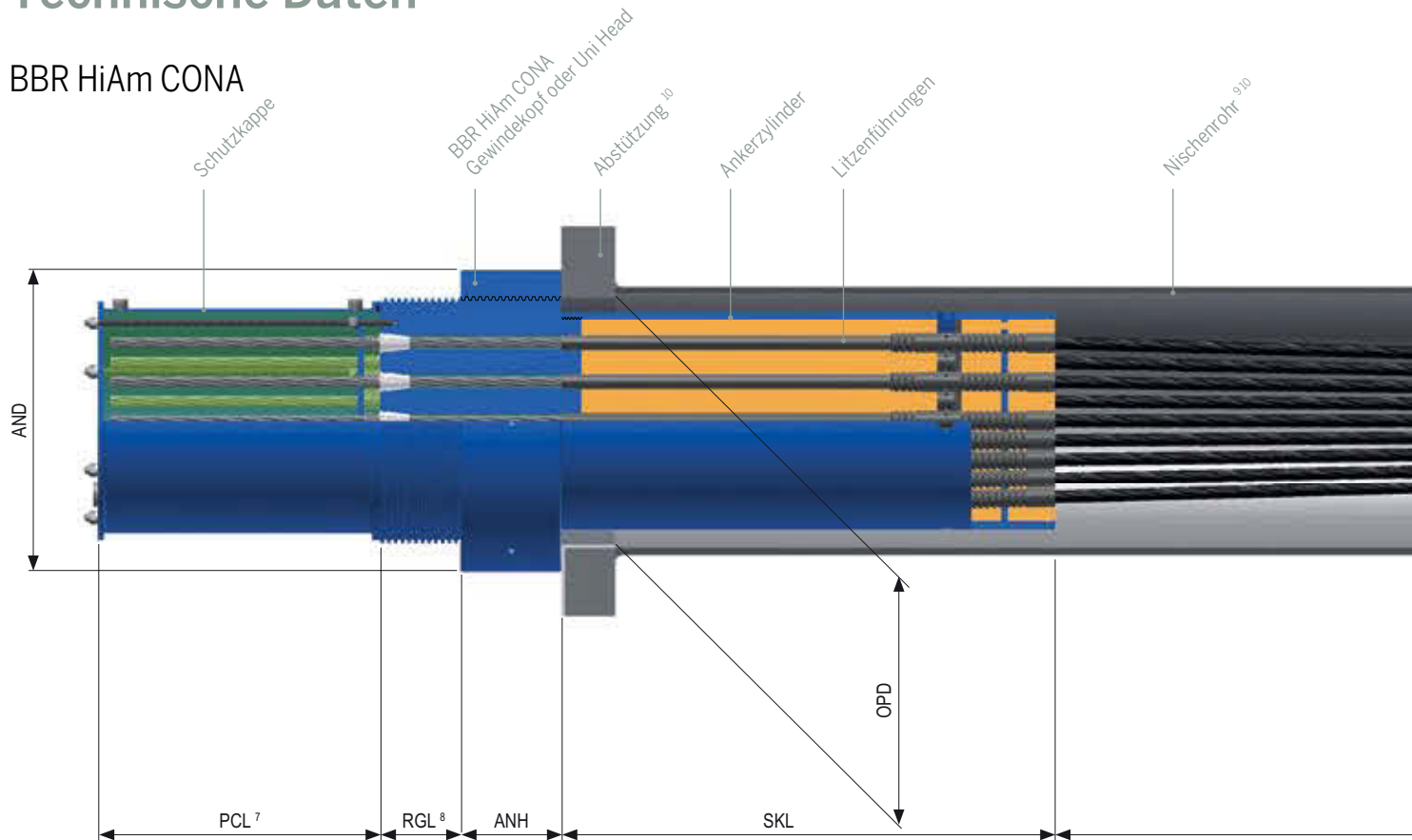


Tabelle 1. BBR HiAm CONA Technische Daten

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
	Litzen Anzahl ¹	n	1	2	3	4	7	12	13	19	22	24	27	31
	Bruchlast ²	[kN]	279	558	837	1.116	1.953	3.348	3.627	5.301	6.138	6.696	7.533	8.649
Schräggabelrohr ³	Durchmesser Standard	SPD [mm]	-	50	63	63	90	110	110	125	140	140	160	160
	Wandstärke	SPT [mm]	-	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9	4.4	4.4	5.0	5.0
Verankerung ⁴	Höhe	ANH [mm]	45	55	55	65	65	75	75	90	95	100	105	110
	Durchmesser	AND [mm]	80	115	140	155	180	215	230	265	285	295	310	325
	Länge	SKL [mm]	485	535	585	685	735	735	735	735	735	735	735	735
Geführter Umlenkring ⁵	Abstand vom Ankerzylinder	GDL [mm]	240	240	275	335	475	720	820	945	1.080	1.180	1.190	1.250
Freier Umlenkring ⁵	Abstand vom Ankerzylinder	DVL [mm]	-	270	310	380	535	820	930	1.070	1.230	1.340	1.350	1.415
Square Damper ⁵	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
Öffnung	Öffnung Standard	OPD [mm]	68	98	121	133	148	183	198	228	245	248	258	268
	Öffnung Compact ⁶	OPD [mm]	63	91	102	110	130	165	178	198	218	231	233	242
Gewicht	Schräggabel	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

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

² Die angegebene Bruchlast gilt für Spannstahl litze mit Nenndurchmesser 0.62", Nennquerschnitt 150 mm² und einer charakteristischen Zugfestigkeit von 1.780 N/mm².

³ Für Compact Schräggabelrohr siehe S. 16.

⁴ Außenabmessungen (AND) und (ANH) sind identisch für BBR HiAm CONA Gewindekopf (regulierbar/spannbar) und BBR HiAm CONA Uni Kopf (nichtregulierbar).

⁵ Details siehe S.13 bei Übergangslängen.

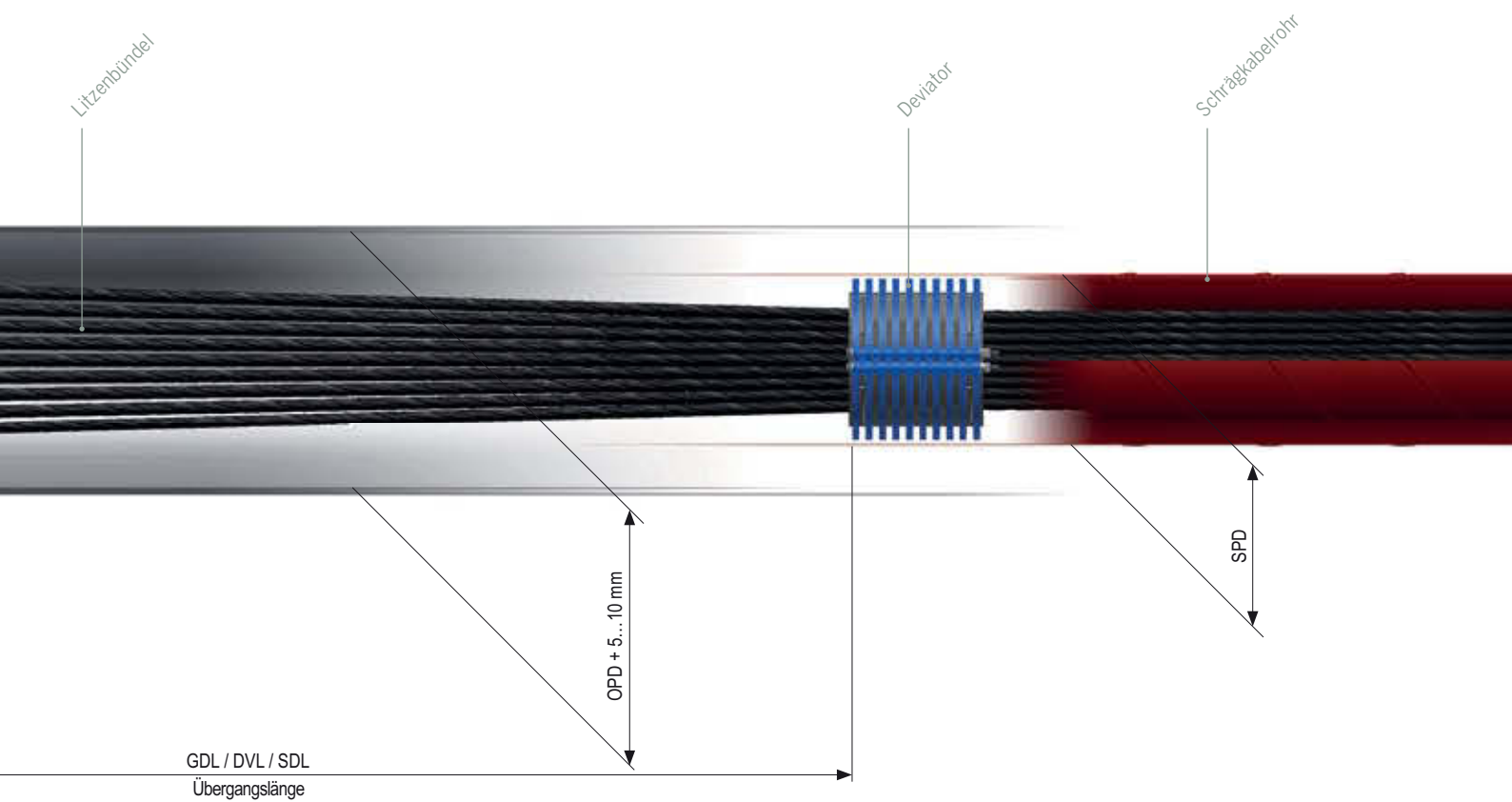
⁶ Informationen zu Compact Verankerungen siehe S.12

⁷ Länge der Schutzkappe (PCL) variiert entsprechend der Spann- bzw. Nachspannerfordernisse. Referenzwerte sind 60 mm beim Passivende und 420 mm beim Spannende.

⁸ Regulierlänge (RGL) der Verankerung kann auf jeden erforderlichen Wert angepasst werden. Referenzwerte sind 0, 60, 120 mm.

⁹ Bei einbetonierten Stahlrohren ist die empfohlene Wandstärke 2% ... 2.5% des Außendurchmessers des Nischenrohres.

¹⁰ Bestandteile des Bauwerks.



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
37	42	43	48	55	61	69	73	75	85	91	97	109	121	127	151	169	185	217
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
180	180	200	200	200	225	225	250	250	250	280	280	280	315	315	355	400	400	450
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
120	125	125	135	140	150	155	160	165	175	185	185	200	215	230	245	250	255	275
355	375	390	400	425	450	475	490	495	525	545	560	595	625	640	700	755	780	860
735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735
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
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
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
296	309	325	330	352	370	392	403	408	433	448	461	488	513	525	573	623	638	713
268	282	299	302	310	336	347	360	370	375	402	415	422	441	470	486	536	536	603
51.6	58.2	60.2	66.8	75.9	84.8	95.3	101.7	104.3	118.9	126.8	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.

,860 MPa. Spannstahlitzen mit geringeren Nennwerten können ebenfalls verwendet werden.

lierbar/passiv), siehe S.12.

beim Spannende des Schrägkabels.

Technische Daten Fortsetzung



Standard und Compact Schrägkabelrohre

Wind verursacht statische und dynamische Einwirkungen auf Schrägkabel und muss deshalb bei der Planung mit einberechnet werden. Die auf ein Schrägkabel wirkende statische Windlast erzeugt beträchtliche Querspannungen im Pylon, vor allem bei großen Schrägkabelbrücken. 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/m³] - Luftdichte, U [m/s] - Windgeschwindigkeit, D_s [m] - Außendurchmesser Kabel 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). Im klassischen Fall von runden Schrägkabelrohren 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 $2 \cdot 10^5$ and $8 \cdot 10^5$: Widerstandsbeiwert fällt signifikant
- Überkritischer Bereich bei hoher Windgeschwindigkeit mit R_e über $8 \cdot 10^5$: Kleiner Widerstandsbeiwert von 0.50-0.60.

Bei starkem Wind sind Schrägkabel meistens im Überkritischen Bereich. In Windkanaltests können Widerstandsbeiwerte von 0.50 für BBR Glattrohr und von 0.55-0.60 für BBR Schrägkabelrohre 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 Kabelaußendurchmessers erreicht werden.

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

In der freien Länge der BBR Compact Schrägkabel und bei den Umlenkringen folgt das Litzenbündel einem symmetrischen runden Muster. Das Litzenführungssystem beim BBR HiAm CONA System lässt die Litzen von einer sechseckigen zu einer runden Struktur übergehen. Diese Anordnung gestattet den in der neutralen Kabelposition am stärksten umgelenkten Litzen einen größeren Arbeitsspielraum bei Kabelschwingungen und regelgerechte Umlenkungen, während die Gesamtlänge der Verankerungsvorrichtung aber kurz gehalten wird.



BBR HiAm CONA Standard Schrägkabelrohr

BBR HiAm CONA Compact Schrägkabelrohr

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 Schrägkabel 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 Kabelauslenkungen 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 Schrägkabeln durchlaufen die Litzenbündel in Schrägkabeln 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 Kabelschwingungen 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 Kabeln durchgeführt werden.
- Bei mittleren bis großen Kabeln 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.

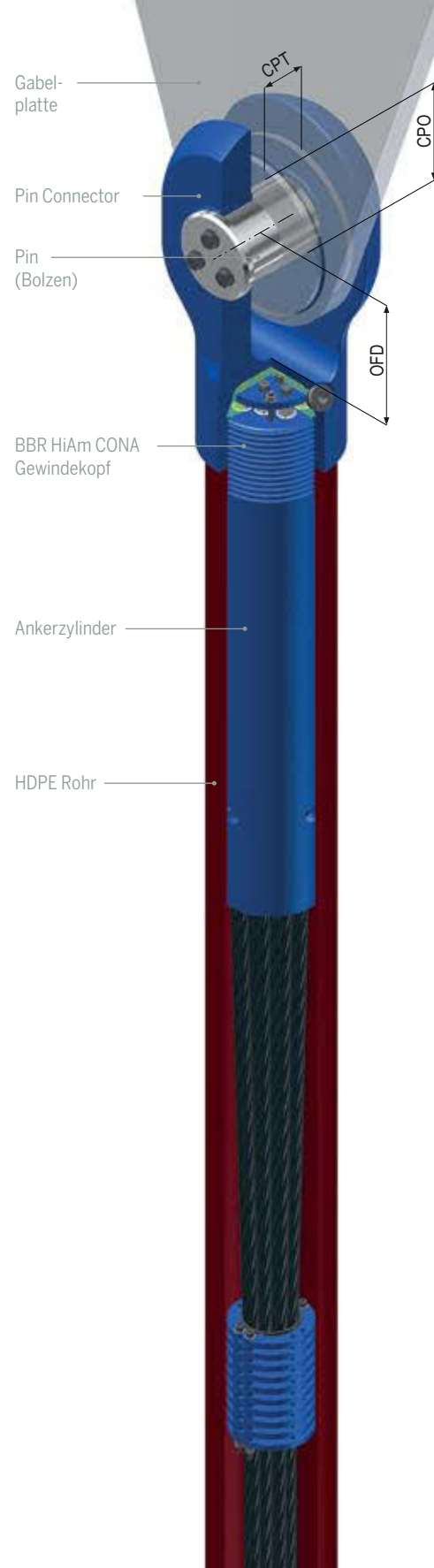


Tabelle 2. BBR HiAm CONA Gabelverankerung Technische Daten

BBR HiAm CONA	Type			002 06	004 06	007 06	012 06	019 06	024 06	031 06
Gabelverankerung	Anzahl Litzen	n		2	4	7	12	19	24	31
	Bruchlast		[kN]	558	1,116	1,953	3,348	5,301	6,696	8,649
Verankerung	Öffnung Durchmesser ¹	CPO	[mm]	58	78	97	121	149	165	185
	Dicke ¹	CPT	[mm]	30	43	57	74	93	104	118
	Abstand Vorderseite ¹	OFD	[mm]	115	154	191	238	292	323	362

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.

Technische Daten Fortsetzung

BBR HiEx CONA Umlenksattel

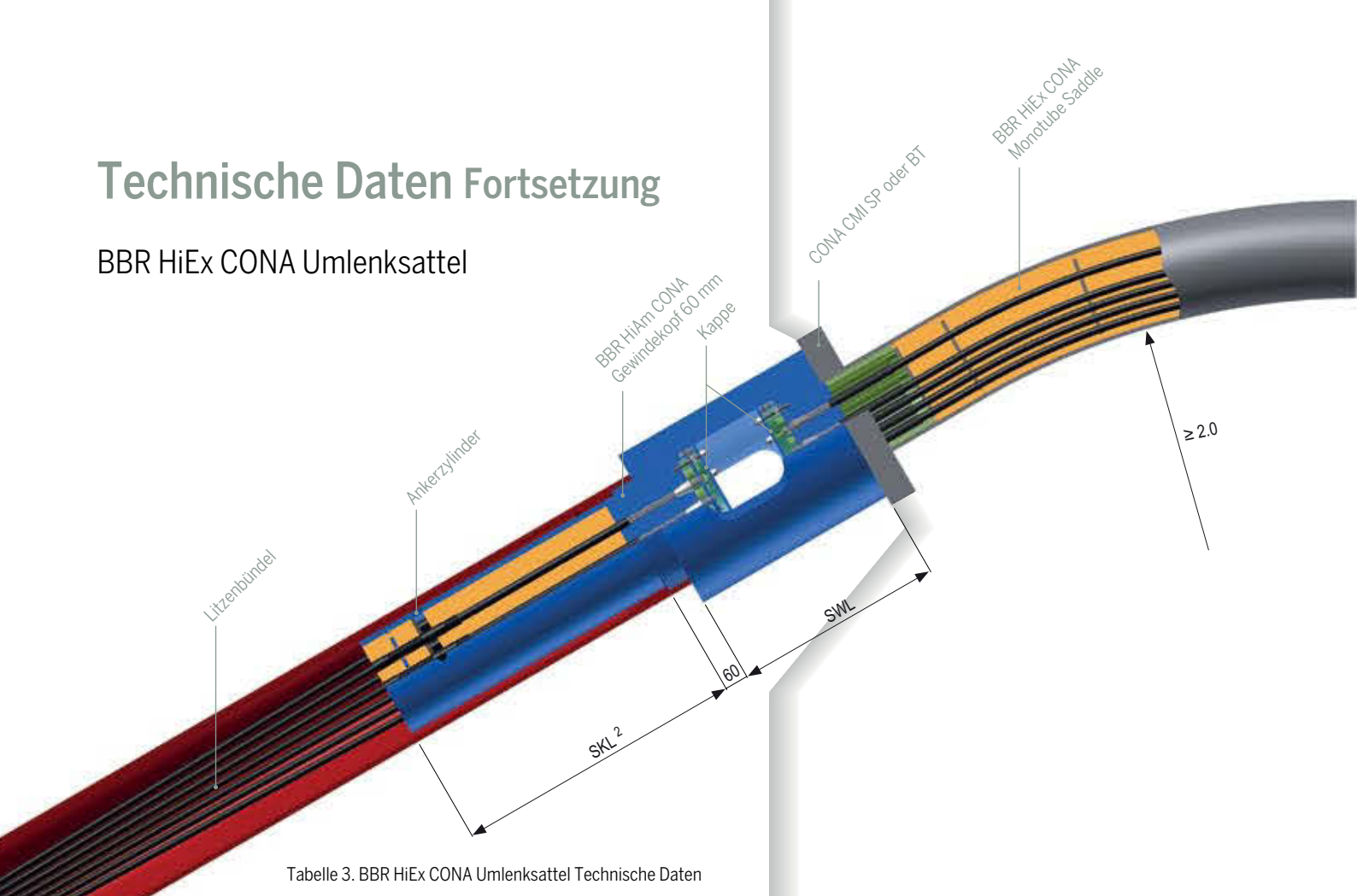


Tabelle 3. BBR HiEx CONA Umlenksattel Technische Daten

BBR HiEx CONA	Typ		012 06	013 06	019 06	022 06	024 06	027 06	031 06	037 06	042 06
	Litzenanzahl	n	12	13	19	22	24	27	31	37	42
	Bruchlast	[kN]	3,348	3,627	5,301	6,138	6,696	7,533	8,649	10,323	11,718
Hülse	Sleeve-W Länge	SWL [mm]	440	440	470	480	485	495	510	530	540
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
	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

¹ International geschütztes Design

² Länge Ankerzylinders für alle Größen siehe S.14 & 15.

Die Verbindung der Schrägkabel mit dem Pylon kann durch Standardverankerungen oder durch Umlenksättel geschehen. In der Vergangenheit wurde die Pylonverbindung hauptsächlich mit Schrägkabelverankerungen 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 Reiber-müdung 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 Schrägkabel- und Extradosed-Brücken. Die technische Lösung resultiert aus einer Kombination folgender geprüfter und zugelassener Systeme:

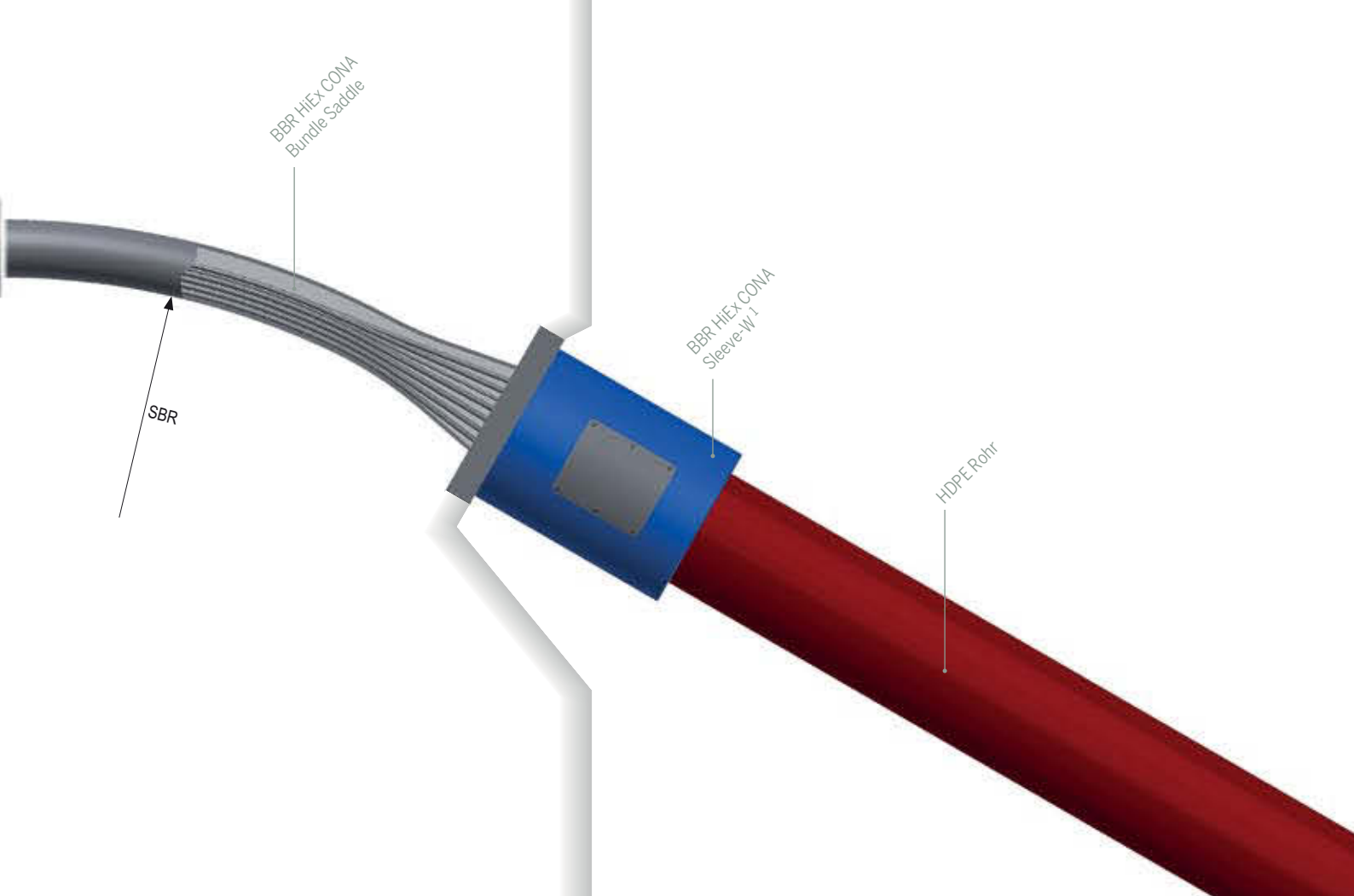
- BBR VT CONA CMI Internes Vorspannsystem.
- BBR HiAm CONA Litzen-Schrägkabelsystem.

Der Einbau eines CONA CMI Spanngliedes, anstatt eines herkömmlichen Reibungssattels, erzeugt eine Druckumgebung und bietet dem Schrägkabel 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 Kabelauswechseln 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 Monotube Sattel. HDPE-ummantelte und werksseitig 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.



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
43	48	55	61	69	73	75	85	91	97	109	121	127	151	169	185	217
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
540	555	575	585	605	615	625	645	665	675	695	725	755	795	825	855	895
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	9.5
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

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

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 Schrägkabel- 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 Schrägkabel- 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 Kabels gegenüber dem Sattel bewirken. Im Gegensatz zu herkömmlichen Reibungssatteln, die differentielle Kabelkräfte 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 Schrägkabel 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.

Technische Daten Fortsetzung

Übergangslänge

Bei Schrägkabeln 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:

- Die Schrägkabeltechnologie, BBR HiAm CONA Verankerungen, bei linken und rechten Schrägkabeln 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.
- 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 Umlenkensätteln 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 Kabeln.

Abbildung 2. Vergleich unterschiedlicher Ermüdungstestbedingungen

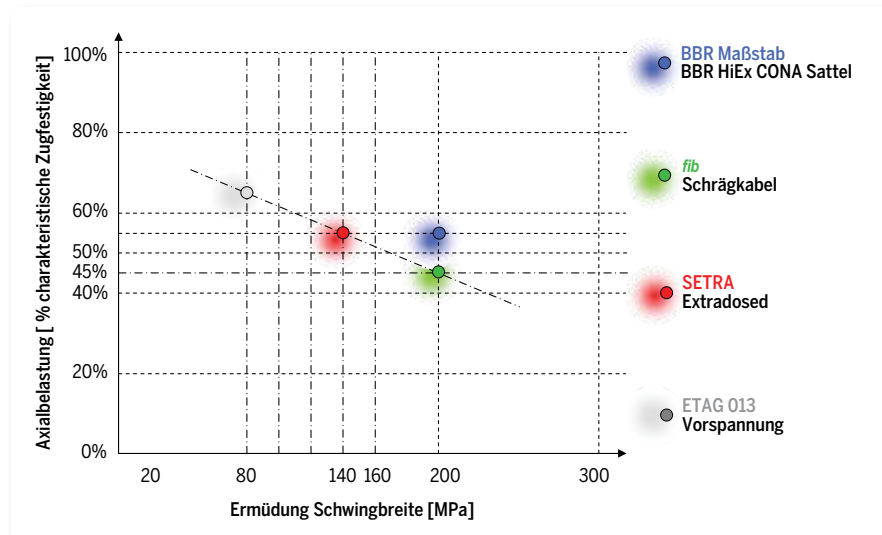
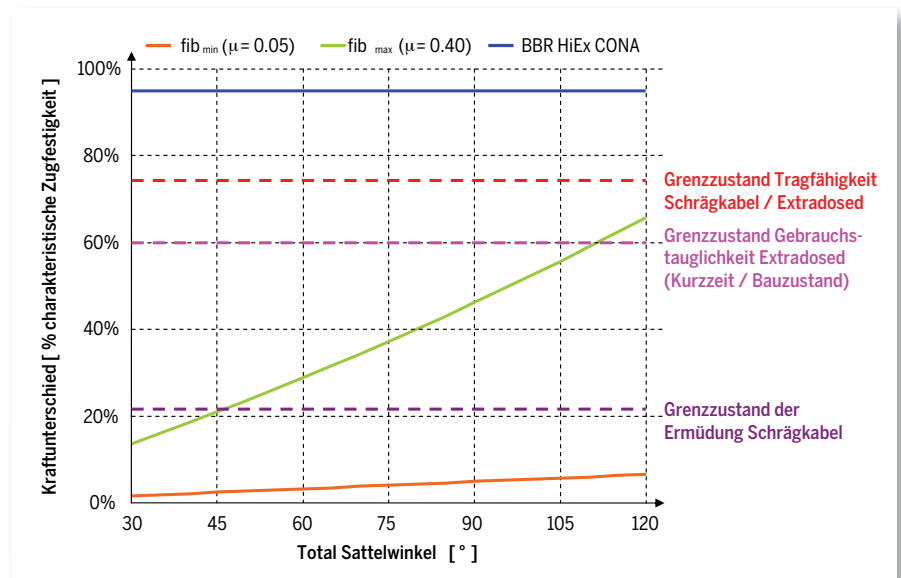


Abbildung 1. Maximale Kraftübertragung am Sattel



Entwurf & Durchbildung mit BBR HiAm CONA

Planer, Bauunternehmen und Bauherren von Schrägkabelkonstruktionen 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.

Entwurf & Durchbildung Fortsetzung

Entwurfsüberlegungen

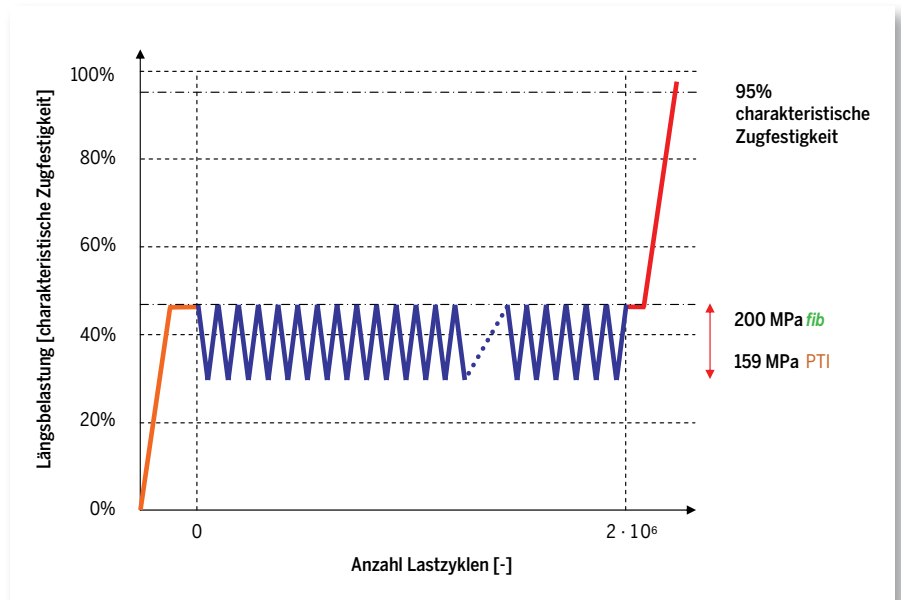
Eignungstests von Schrägkabelverankerungen

Das traditionelle PTI verlangt, dass Schrägkabel 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.

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Der Querschnitt von Schrägkabeln ist in der Regel so bemessen, dass die maximale Axialbeanspruchung im Kabel im Gebrauchszustand die vorgegebenen

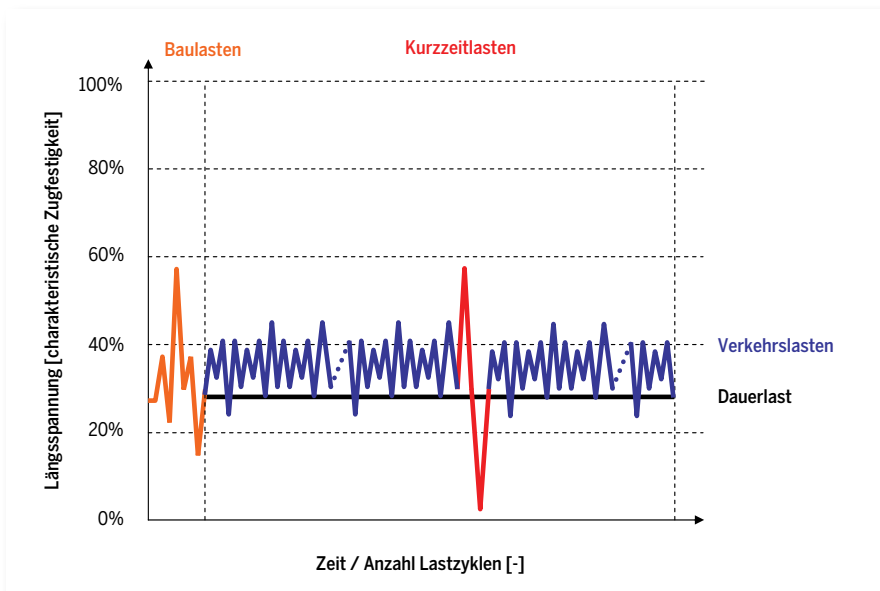
Abbildung 3. Ermüdung und abschließender Zugversuch



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 Schrägkabelanwendungen mit

hohem Ermüdungsanspruch, und ca. 60% bei Anwendungen mit geringem Ermüdungsanspruch (Extradosed-Brücken). Belastungen der Schrägkabel während des Bauens oder beim Austausch von Kabeln sollten keine unelastischen Verformungen im Kabelsystem bewirken, wobei oft ein Nachweis der Axialspannungen mit den zulässigen Spannungen genügt. Die zulässigen Axialspannungen im Bauzustand oder beim Kabelaustausch werden üblicherweise auf 60% - 70% der Zugfestigkeit begrenzt.

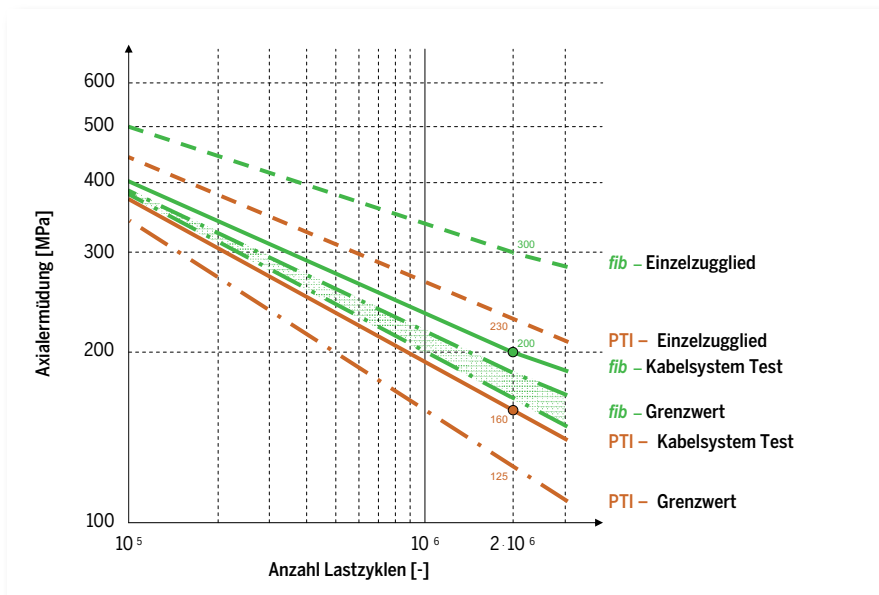
Abbildung 4. Typische Schrägkabelasten



Grenzzustand der Tragfähigkeit

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

Abbildung 5. S-N-Kurven



Grenzzustand der Ermüdung

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

Im einfachsten Fall ist die Ermüdungsbelastung ein bestimmter LKW (Achslast), und die durch ihn verursachten Spannungsschwankungen im Schrägkabel werden mit der Schrägkabel-Ermüdungsfestigkeit verglichen - wobei die Ermüdungsfestigkeit um einen jeweils national festgelegten Faktor reduziert wird. In der Realität muss unter Umständen die Ermüdungsfestigkeit an einer von $2 \cdot 10^6$ 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 Schrägkabelbrücke Feuer fangen, wären durch die Flammen in den seltensten Fällen mehrere Schrägkabel 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 Schrägkabel 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 Schrägkabels nicht zum Versagen der gesamten Schrägkabelkonstruktion führen darf. Der Planer sollte zudem die dynamischen Auswirkungen beachten, die das Versagen eines Schrägkabels hätte. Für gruppenweise angeordnete Kabel müssen unter Umständen zusätzliche Schutzvorkehrungen getroffen werden. Unter Umständen bieten dort bauliche Vorkehrungen angemessenen Schutz.



Auswechselbarkeit von Schrägkabeln

Schrägkabel sollten auswechselbar sein - das ist besonders bei Brücken sehr wichtig. Bereits in einer frühen Planungsphase sollte die Entscheidung getroffen werden, ob die Schrägkabel 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 Schrägkabel bei verringerter Verkehrslast in die Bemessung einbezogen werden, d. h. die Sperrung der angrenzenden Fahrspur.

Lebensdauer

Moderne Schrägkabel haben ein Mehr-Komponenten-Korrosionsschutzsystem und werden umfangreichen Korrosions- und Dichtigkeitstests unterzogen. Moderne Schrägkabel, 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 Schrägkabelachse zulassen.

Querkräfte

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

Entwurf & Durchbildung Fortsetzung

Hauptursachen für Querkräfte sind:

- Einbautoleranzen und Dezentrierung
- durch Verkehr oder Bauarbeiten verursachte Veränderung des Kabeldurchhangs
- durch Tragwerkslasten veränderte Drehung der Verankerungspunkte
- Windlasten an den Kabeln
- Temperaturänderungen

Maßnahmen gegen Querkräfte

In vielen Fällen werden Zentrierungen zum Schutz der Schrägkabel vor den Auswirkungen von Querkräften eingesetzt. Die Queraussteifung der Zentrierung verursacht einen Knick in der Schrägkabelgeometrie. Folglich übt das Kabel eine Querkraft auf die Zentrierung aus, und diese wiederum auf das Tragwerk. Als Richtwert für die Vorbemessung der die Zentrierung tragende Konstruktion wird ein Winkelknick von 1.4° (25 mrad) als vernünftige Annahme empfohlen, welcher zu einer Querkraft um 2.5% der Kabelkraft 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 Kabelschwingungen hervorgerufene Verankerungsrotationen zu verhindern.

Biegung

Im Vergleich zu anderen Bauteilen weisen Schrägkabel 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 Kabeln 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 Schrägkabeln an der Verankerungsposition kann wie folgt ermittelt werden:

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

mit α [rad] - Winkelabweichung des Schrägkabels 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.



Kabelvibrationen und Schwingungsdämpfung

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

Eigendämpfung

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

Daten

Die erforderliche Zusatzdämpfung sollten Planer für die jeweilige Schrägkabelanordnung, Hüllrohrkonfiguration (Durchmesser, mit oder ohne Oberflächenbehandlung) und Schrägkabelmasse definieren. Die Eigendämpfung der jeweiligen Konfiguration muss dann abgezogen werden.



“Ziel des Ingenieurbaus ist es, gesunde Bauwerke zur Welt zu bringen ohne die Anwendung von Schrittmachern zu planen, bevor die Konstruktion überhaupt geboren sind.”

Ein ausreichender Sicherheitsfaktor SF in der Größenordnung der gängigen Lastfaktoren muss zwischen der erforderlichen Zusatzdämpfung und der maximalen theoretischen Zusatzdämpfung erreicht werden:

$$\delta_{\text{Req, sup}} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{S_C \cdot \rho_A \cdot D_S^2}{m_S} - \delta_i \leq S_F \cdot \delta_{\text{Max, Sup}}$$

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

mit SC - Scruton-Zahl, ρ_A [1.25 kg/m³] - Luftdichte, DS [m] - Außendurchmesser Schrägkabel, mS [kg/m] - lineare Masse Schrägkabel, LD [m] - Abstand Verankerung zum Dämpfer und LS [m] - Länge Schrägkabel.

Zusatzdämpfung

Bei jeder Schwingung geht ein kleiner Teil der entlang der Schrägkabelänge 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 Kabel bieten kann (ohne die generelle Wirksamkeit des Dämpfers zu betrachten), hängt einzig von der relativen Position des Dämpfers am Kabel ab, L_D/L_S , und ist unabhängig von der Art des Dämpfers (Reibung, Viskose, Gas etc.). Generell werden Dämpfer bei mittleren bis langen Kabeln ($L_S > 150$) in einer Entfernung von ~2.5% der Kabellänge 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 Schrägkabel 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 Schrägkabel, was zu Längs- und Querbewegungen an der Dämpferposition führt. Diese Bewegungen sind oftmals größer als jene, die durch mögliche Kabelschwingungen auf den Dämpfer und die Verankerungen einwirken.

Um gute Dämpfleistung, Dauerhaftigkeit und Sicherheit zu gewährleisten, müssen der Dämpfer, die Schrägkabel und die Verankerungen als miteinander verbundenes System betrachtet werden, das als Ganzes analysiert, konzipiert und bemessen werden muss. Folglich sollten sowohl die Schrägkabel als auch die Dämpfer vom selben Lieferanten kommen.



BBR Square Damper

Entwurf & Durchbildung Fortsetzung

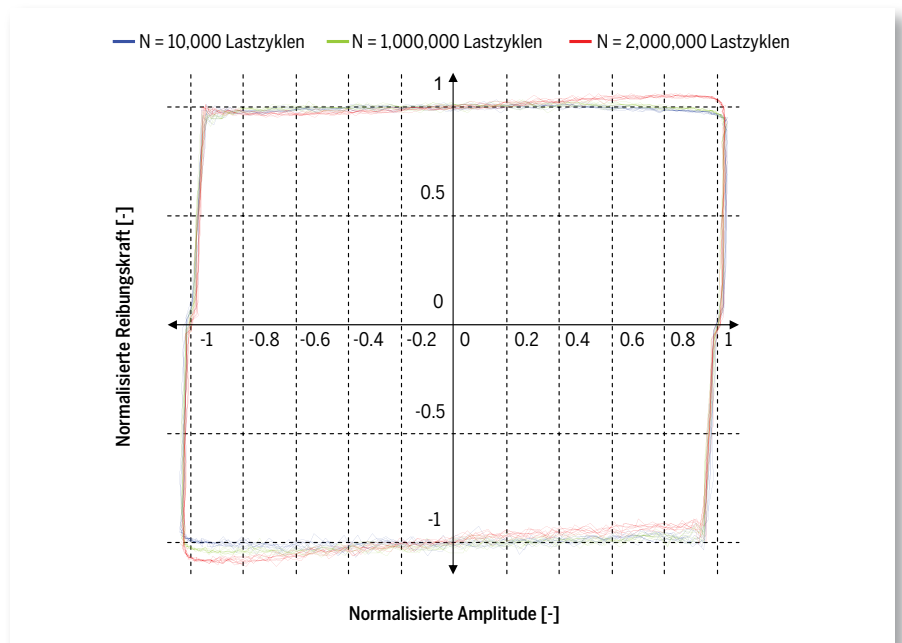
Maßnahmen gegen Kabelvibrationen

Eine Vorabschätzung der Schwingungsanfälligkeit eines Schrägkabels kann mithilfe der Scruton-Zahl vorgenommen werden, einer Maßzahl der aerodynamischen Stabilität von Kabeln. 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 Schrägkabelphänomene 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 Schrägkabelprojekten an:

- Eine frühzeitige und präzise Beurteilung der tatsächlichen Eigendämpfung für bestimmte Schrägkabelkonfigurationen 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 Schrägkabeln sind nicht durch die Berücksichtigung üblicher S_c -Werte abgedeckt und sollten für jedes Projekt spezifisch analysiert werden.

Abbildung 6. Hystereseverhalten und Wirksamkeit - Beanspruchbarkeit des Dämpfers



- Unter symmetrischen Schwingungsmodi (1., 3. etc.) oszillierende lange Kabel 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.

Reduzierung zusätzlicher Dämpfung

BBR bietet eine effektive Gegenmaßnahme gegen Regen-Wind-induzierte Schwingungen, indem die Außenoberfläche der Kabel mit einer spiralförmigen Rippe versehen ist. Diese umlaufende Naht behindert die Bildung Kabelvibrationen verursachender Oberflächen-wasserrinnsale und mildert so die Schwingungserzeugung an der Quelle ab. Durch die Verwendung von BBR Schrägkabelhüllrohr mit Spiralrippe kann die zur Verhinderung von Regen-Wind-induzierten Schwingungen benötigte Scruton-Zahl auf 5 reduziert werden. Die Zusatzdämpfung kann bei der Verwendung von Compact BBR Strand Stay Pipe noch weiter verringert werden (siehe S.13).





“Man muß die Dinge so einfach wie möglich machen. Aber nicht einfacher.”

Albert Einstein

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 Kabellänge befestigt wird. Übersteigt die Querkraft des Kabels an der Position des Dämpfers dessen statische Reibungskraft, bewegt sich der Dämpfer mit dem Kabel und baut Energie ab, wodurch die Schwingungen des Kabels gedämpft werden. Die Hauptmerkmale des BBR Square Dampers sind:

- Bei niedrigen und nichtkritischen Kabelschwingungsamplituden 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 Kabelvibration.
- 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 Schrägkabels sind an der Dämpferposition gegeben, und Temperaturexpansionen und Kraftschwankungen des Schrägkabels werden nicht behindert.
- Die Dämpfercharakteristik 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 Kabelschwingungen an.

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 ($T > 300\text{ °C}$). Die Tests belegten, dass nur eine neue Generation

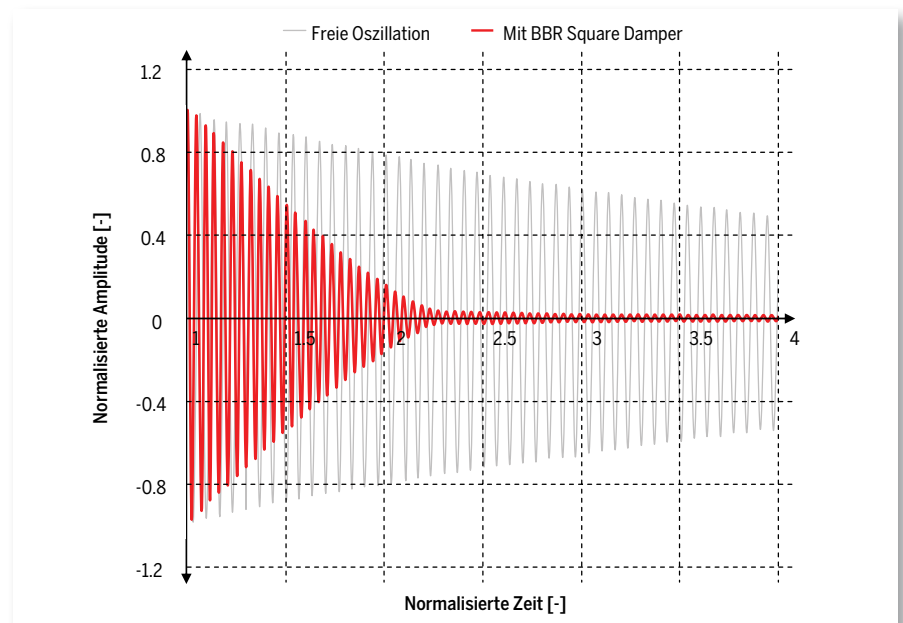
von Werkstoffen, die speziell für solch hohe Reibebeanspruchungen entwickelt wurden, verwendet werden können.

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 Kabeln

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

Abbildung 7. Zeit-Dislokation in Kabelmitte



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 Schrägkabelprojekten 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.





*“Ohne kontinuierliches Wachstum und
Fortschritt sind Wörter wie Errungenschaft,
Verbesserung und Erfolg bedeutungslos.”*

Benjamin Franklin,
Amerikanischer Staatsmann, Wissenschaftler, Philosoph, Schriftsteller & Erfinder
1706-1790

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@bbnetwork.com

BBR VT International Ltd
Technical Headquarters and Business Development Centre
Switzerland



A Global Network of Experts
www.bbrnetwork.com