VSL Litzenvorspann-Systeme

DESIGNED BY VSL

VSL

A member of
Bouygues Construction

November 2019

TECHNISCHER KATALOG

Vorwort

Die Vorspannung ist, obwohl eine ausgereifte Technologie, immer noch für einen Ingenieur ein fantastisches Werkzeug, den Kraftfluss in Betonbauwerken durch Überlagerung eines günstigen Eigenspannungszustandes aktiv zu definieren. Dies trägt dazu bei, Verformungen zu minimieren, die Schlankheit der Elemente zu erhöhen, dichte schlaffe Bewehrungsgehalte zu vermeiden, Brückenträger mit vorfabrizierten Segmenten ohne Ortsbetonfugen zu bauen und den Einsatz von hochfestem Stahl zu ermöglichen.

Dieser technische Katalog gibt einen Überblick über die verfügbaren Vorspannsysteme und deren Einsatzmöglichkeiten. Er bietet praktizierenden Ingenieuren eine Orientierungshilfe bei der Projektierung von vorgespannten Konstruktionen und bei der Auswahl des für ein bestimmtes Projekt am besten geeigneten Vorspannsystems.

Man hört oft, dass die Vorspannung, weil es eine ausgereifte Technologie ist, sich zu einem Bauprodukt wie Bewehrungsstahl entwickelt habe. Das ist nicht ganz richtig, denn Vorspannung ist in erster Linie ein strukturelles Konzept und nicht nur ein Produkt. Zudem braucht es mehr als die Lieferung von qualitativ hoch stehenden Komponenten, um eine dauerhafte Vorspannung von Strukturen zu erreichen. Ebenso wichtig sind das richtige Detaillieren und qualitativ einwandfreie Arbeit auf der Baustelle beim Einbau. Es ist deshalb im Interesse des Bauherrn, dass die Vorspannfirmen auch für die Installation vor Ort verantwortlich sind.

Vor elf Jahren gründete VSL ihre firmeninterne Akademie in Bangkok und hat vor zwei Jahren einen Satelliten in Portugal eröffnet. An beiden Standorten führt VSL eine Berufsausbildung ihres Betriebspersonals durch. Die fachgerechte Ausführung der Arbeiten wird an realistischen masstäblichen Modellen praktisch geübt. Dieses Training vermittelt Bauleitern und Ingenieuren die notwendigen Fähigkeiten, um die Arbeiter auf den einzelnen Projekten vor Ort zu schulen. Die Akademie ist auch ein guter Ort, um Bauherrn und Kunden mit den Vorspannsystemen von VSL vertraut zu machen und mittels praktischer Demonstrationen zu zeigen wie wichtig qualitativ einwandfreie Baustellenarbeit für die Dauerhaftigkeit ist.

Dauerhaftigkeit bleibt eine Herausforderung, ist aber erreichbar, wenn auf modernsten Erkenntnissen beruhende konstruktive Details, Installationsmethoden und Injektionsprüfverfahren in den vom Bauherrn und Ingenieur erstellten technischen Spezifikationen verbindlich vorgeschrieben, von den Vorspannfirmen vor Ort konsequent umgesetzt und vom Ingenieur kontrolliert werden. Dies wurde bereits 2005 von internationalen Fachverbänden wie fib anerkannt, die nicht nur von einer Überprüfung der Dichtigkeit der Kabelhüllrohre mit Wasser abrieten, neue Prüfverfahren zur Bewertung der Wasserausscheidung von Injektionsmörtel im Vorhandensein von Litzen vorschlugen, sondern auch das Konzept der Schutzkategorien 1 bis 3 (oder A bis C) einführten. Die neuen Prüfverfahren wurden 2007 vom Eurocode übernommen (EN445 bis 447). Der SIA übernahm das Konzept der Schutzkategorien A bis C and die neuen Prüfverfahren im selben Jahr.

VSL steht gerne zur Verfügung, um die verschiedenen Akteure, die bei der Vorspannung von Strukturen involviert sind, zu unterstützen, vom Bauherrn und Ingenieur bis zum Bauunternehmer, in der Entwurfs- und Ausführungsphase, beim Bau und während des gesamten Lebenszyklus von Bauwerken.

Dr. sc. h.c. ETH Max Meyer,
Technischer Leiter der VSL-Gruppe

Inhaltsverzeichnis

A EIN ZUVERLÄSSIGER PARTNER SEIT 1956

1. 60 Jahre Erfahrung und Innovation 9
2. Hauptvorteile der Vorspannung 10
3. Internationale Zertifizierung 11
4. 'State-of-the-Art' – Vorspannsysteme 12

B VSL LITZENVORSPANNSYSTEME

1. Dauerhaftigkeit von Vorspannkabeln 17
2. Die VSL-Litzenvorspannsysteme - Lösungen für jede Anwendung 18
   - Deckenvorspannsystem 20
   - Internes Litzenvorspannsystem 22
   - Externes Litzenvorpannsystem 24
   - Externes Litzenvorspannsystem für die Seile von Extradosed Brücken 26
   - Elektrisch isolierte Litzenvorspannsysteme (EIT) 28
3. Einbau der Vorspannung 31
4. Bauwerksüberwachung 37
5. Konstruieren von vorgespannten Strukturen 38

C BEMESSUNGSHINWEISE UND KONSTRUKTIVE ÜBERLEGUNGEN

1. Bemessungshinweise 41
2. Konstruktive Überlegungen 47
3. Spannpressen und Platzverhältnisse zum Spannen 49

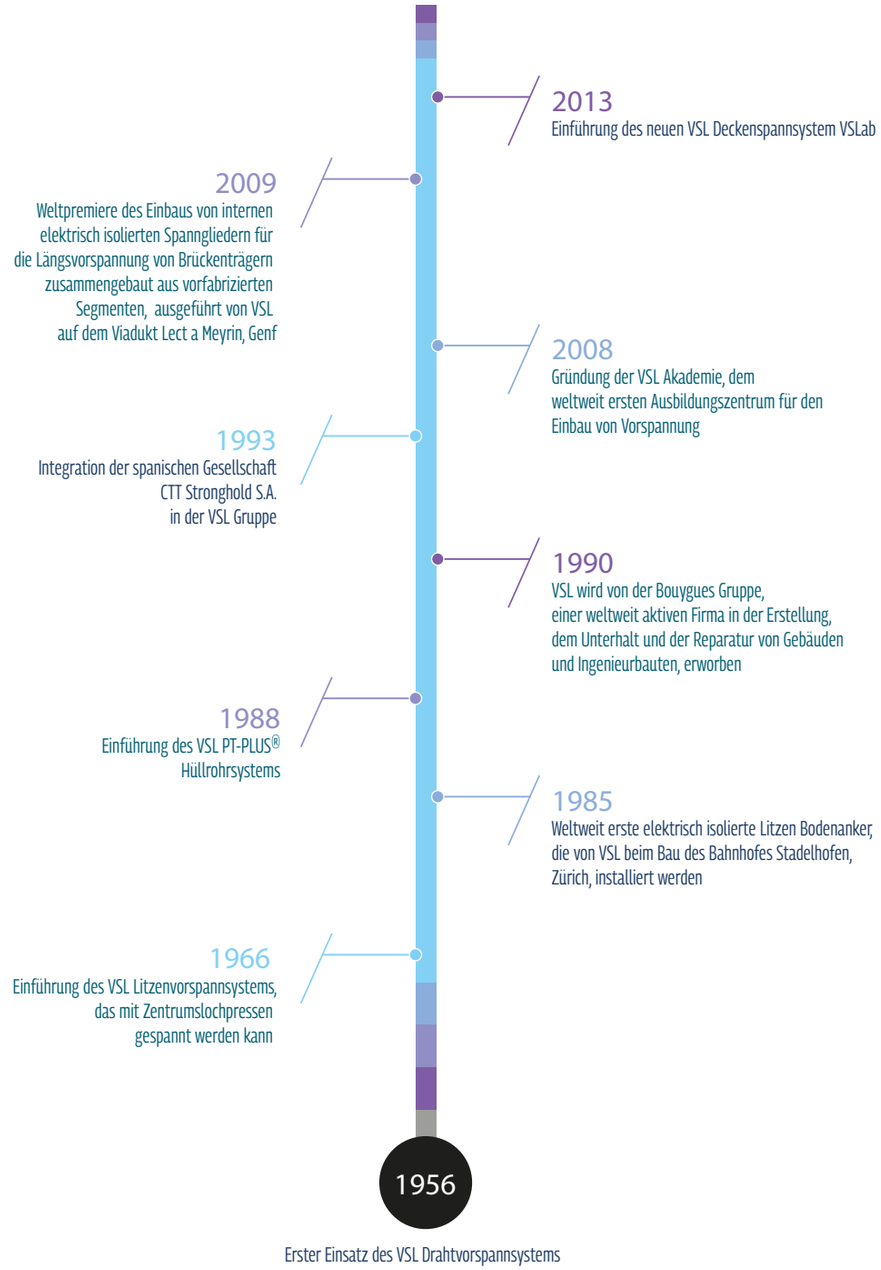
D TECHNISCHE DATEN FÜR DIE VSL LITZEN VORSPANNSYSTEME

1. Kabel 53
2. Hüllrohre 54
3. Verankerungen 56
   - Deckenspannglieder 57
   - Interne Litzenvorspannkabel 67
   - Externe Litzenvorspannkabel 85
   - Elektrisch isolierte Litzenvorspannkabel 89

A

Ein Zuverlässiger Partner Seit 1956

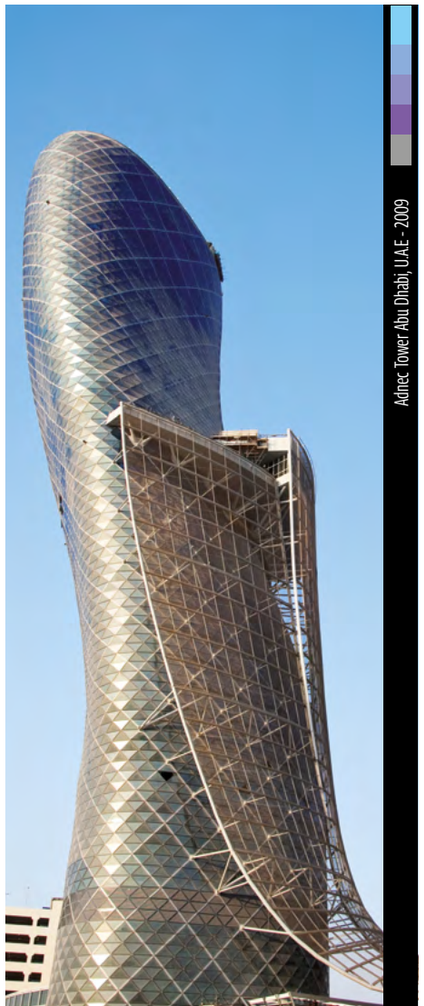
1 60 Jahre Erfahrung und Innovation



Müllmatt Sports Centre, Switzerland - 2009

2 Hauptvorteile der Vorspannung

- **Hochbau** – Mit der Verwendung von Vorspannung können in Gebäuden längere Spannweiten auch mit Flachdecken gebaut werden, was Räume mit weniger Innenstützen, die nicht einmal in einem regelmässigen Raster angeordnet werden müssen, ermöglicht. Weniger Innenstützen erhöhen den Wert eines Gebäudes, da sie potentielle Umnutzungen vereinfachen. Flachdecken sind einfacher zu bauen und ergeben minimale Stockwerkhöhen, was besonders bei Gebäuden mit unter den Decken geführten Werkleitungen interessant ist.
- **Kürzere Bauzeiten** - Das Vorspannen erlaubt früheres Ausschalen, da das Eigengewicht durch die Umlenkkräfte der Vorspannung teilweise oder voll kompensiert werden kann. In Kombination mit grossflächigen Schalungstischen sind deshalb zum Beispiel im Hochbau vier tägige Bauzeiten pro Stockwerk erreichbar.
- **Dauerhaftigkeit** - Die Überdrückung des Betons verbessert die Risskontrolle und damit die Dauerhaftigkeit von vorgespannten Strukturen.
- **CO^2-Belastung -** Vorgespannte Strukturen können schlanker dimensioniert werden als schlaff bewehrte, was zu Einsparungen beim Beton und zu reduzierten Fundationslasten führt. Somit kann die für den Bau erforderliche Zementmenge, deren Herstellung viel CO^2 produziert, reduziert werden.
- **Wirtschaftlichkeit** - Die kürzeren Bauzeiten zusammen mit kleineren Baustoffmengen reduzieren die Baukosten, während sich die verbesserte Dauerhaftigkeit positiv auf die Gesamtkosten auswirkt.



Adnec Tower Abu Dhabi, U.A.E - 2009

3 Internationale Zertifizierung

Um Vorspannsysteme für Bauten in der Europäischen Gemeinschaft einzusetzen, haben sie technische Auflagen, die durch eine EAD (European Assessment Document) definiert sind, zu erfüllen. Für diesen Nachweis muss das Verhalten der Verankerungen im Gebrauchs- und Bruchzustand mit Prüfungen verifiziert werden. Nachdem dieser Beweis erbracht worden ist, wird dies in einem sogenannten ETA (Euopean Technical Assessment) zertifiziert. Die Qualität der Vorspannsystemkomponenten muss während der Fabrikation ständig durch interne Produktionskontrollen sowie von einer qualifizierten unabhängigen Drittperson (Notified Body) periodisch überprüft werden. Zudem müssen Vorspannsysteme von Spezialfirmen mit geschultem Personal eingebaut werden, um eine fachgerechte und den Anforderungen des Systems entsprechende Installation zu gewährleisten.

TYPISCHE PRÜFVORSCHRIFTEN

Die EDA 160004-00-0301 (früher ETAG 013 genannt) beschreibt die Prüfungen, mit denen Vorspannsysteme getestet werden müssen. Für jeden Verankerungstyp müssen die folgenden Versuche durchgeführt werden:

- Statischer Zugversuch
- Ermüdungsversuch
- Krafteinleitungversuch pro deklarierter Betonfestigkeit

In EADs sind zusätzlich weitere Prüfungen definiert, wie Montage- und Injektionsprüfungen, sowie eine ganze Reihe von Prüfungen für spezielle Anwendungen, darunter für die Umlenkung externer Vorspannkabel und das Verhalten von Verankerungen unter kryogenischen Bedingungen.

Cerema

Member of EOTA www.eota.eu

Cerema ITM
110 rue de Paris
77 171 Sourdun
FRANCE

Mail: [illegible]
Tel: +33 160 623 191
web: www.cerema.fr

European Technical Assessment	ETA 06/0006 of 12/09/2017
Technical Assessment Body issuing the ETA:	Cerema Direction technique infrastructures de transport et matériaux
Trade name of the construction product	VSL Post-Tensioning System
Product family to which the construction product belongs	16. Reinforcing and prestressing steel for concrete (and ancillaries). Post tensioning kits.
Manufacturer	VSL INTERNATIONAL Ltd. Wankdorffallee, 5 CH-3014 Bern SWITZERLAND http://www.vsl.com/
Manufacturing plant(s)	VSL Systems Manufacturer S.L. Ribera del Congost, s/n - P. I. El Congost 08520 Les Franqueses del Vallès Barcelona SPAIN
This European Technical Assessment contains	141 pages including 4 Annexes (126 pages) which form an integral part of this assessment.
This European Technical Assessment is issued in accordance with regulation (EU) No 305/2011, on the basis of	ETAG 013, edition June 2002, used as European Assessment Document (EAD)
This ETA replaces	ETA 06/0006 version 2 of 26/05/2015

ETA ZERTIFIKAT - QUALITÄTSKONTROLLE WÄHREND DER FABRIKATION

Die EAD 160004-00-0301 legt die minimalen Frequenzen für die Qualitätskontrolle während der Komponentenfabrikation fest. Der gesamte Fabrikationssprozess der Vorspannsystemkomponenten einschliesslich der Einhaltung der Qualitätskontrollen muss vom Notified Body vollständig überprüft und alle Nichtkonformitäten müssen behoben werden, bevor der Notified Body die Vorspannfirma zertifizieren kann. Nach der Zertifizierung muss die Fabrikation periodisch wie folgt vom Notified Body überprüft werden:

- Der Hersteller des Vorspannsystems (Kit) und seine Fabrikationsanlage werden jedes Jahr kontrolliert.
- Jeder Komponentenhersteller wird alle fünf Jahre kontrolliert.
- Einige Komponenten des Vorspannsystems werden jährlich vor Ort ausgewählt, um sie unabhängig zu testen und auf ihre Eigenschaften zu überprüfen.

Diese Bestimmungen garantieren eine einwandfreie Qualität und Konformität der auf die Einbaustellen gelieferten Systemkomponenten.

Mit einem ETA Zertifikat ist es möglich, ein Bauprodukt mit einer CE-Markierung zu versehen. Dies ist ein europäisches Konformitätszeichen und eine Herstellererklärung, die bestätigt, dass das Produkt die Anforderungen der geltenden Richtlinien erfüllt.

EIN INTERNATIONALER REISEPASS, DER DIE HÖCHSTEN STANDARDS GEWÄHRLEISTET.

Die CE-Markierung und das ETA sind ein internationaler Pass für Vorspannsysteme. CE-markierte Vorspannsysteme, die von zertifizierten, professionellen Spezialfirmen installiert werden, erfüllen höchste Qualitätsanspruche. Dies gibt den Bauherren die Gewissheit, dass qualitativ hochwertige Produkte installiert werden und dass das erforderliche Sicherheitsniveau erreicht wird.

Um Vorspannsysteme in der Schweiz einsetzen zu können, ist es erforderlich die Konformität des Vorspannsystems mit den EAD ergänzenden Schweizer Vorschriften (CWA, Zertifikat zum Injektionsgut, Konformität mit den aktuellen SIA Bemessungsnormen u.s.w) durch die EGS bewerten zu lassen und mittels Eintrag im SIA Register zu publizieren.

4 State-of-the-art Vorspannsysteme

Zertifizierungen von VSL's Management System

VSL ist nach den folgenden QSE-Standards zertifiziert:
- ISO 9001: Qualitätsmanagement
- ISO 14001: Umweltsmanagement
- OHSAS 18001: Gesundheits- und Sicherheitsmanagement

Training: Grundlage für fachgerechten Einbau von Vorspannkabeln

VSL Academie im Bangkok, Thailand

Die VSL AKADEMIE - DAS WELTWEIT ERSTE AUSBILDUNGSZENTRUM FÜR DIE INSTALLATION VON VORSPANNUNG
Im Jahr 2008 eröffnete VSL die VSL Akademie in Bangkok und in 2017 einen Ableger in Portugal. Ziel der VSL Akademie ist es, die Bauführer und Poliere mit den standardisierten Installationsmethoden der VSL Vorspannsysteme vertraut zu machen und sie in deren Anwendung zu schulen.
Die VSL Akademie ist eine einzigartige interne Institution, wo an realistischen Baukörpern die Installationsschritte praktisch geübt werden können.

DAS ZERTIFIZIERUNGSPROGRAMM DER VSL AKADEMIE
- Stufe 1 (zwei einwöchige Kurse): Ausbildung zum Polier, der vor Ort für den fachgerechten Einbaus der Vorspannung verantwortlich ist.
- Stufe 2 (ein einwöchiger Kurs): Ausbildung zum Bauführer, der für die Plannung von Vorspannarbeiten und deren Umsetzung auf der Baustelle verantwortlich ist.

SCHULUNG AUF DER BAUSTELLE
Die Akademie zertifizierten Bauführer und Poliere sind für die Ausbildung der Arbeiter auf der Baustelle verantwortlich. Gut ausgebildete und zertifizierte Mitarbeiter sind das wertvollste Kapital von VSL, um den Kunden den bestmöglichen Service zu bieten.

R&D: Der Schlüssel zu Qualität und Dauerhaftigkeit

R&D Aktivitäten sind die treibende Kraft in VSL. Die Themen QSE, Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit haben seit langem Priorität, ebenso wie effiziente Baumethoden und Bauverfahren. Bei Produkten und Dienstleistungen im Bereich der Vorspannung ist es wichtig, firmeninterne Kompetenz in der Projektierung und Ausführung von vorgespannten Strukturen sowie in Lösungen zur Überwachung & Inspektionen zu haben.

Das zentrale Thema der Dauerhaftigkeit spiegelt sich in den Konzepten, den Arbeitsabläufen bei der Installation und dem Design der VSL Vorspannsystemen wider. Die Hauptfaktoren für Dauerhaftigkeit sind:

HOHE QUALITÄTSSTANDARDS
Einbau von international zertifizierten, modernsten Vorspannsystemen durch qualifiziertes Montagepersonal ermöglicht den hohen Qualitätsstandard der VSL-Vorspannsysteme.

BEWÄHRTE SYSTEMKOMPONENTEN
Die VSL-Vorspannsysteme verfügen über das Hüllrohrsystem VSL PT-PLUS®, bei dem die Litzen in einem flüssigkeitsdichten- und gasdichten gerippten Kunststoffrohr verlaufen. Das erhöht nicht nur den Korrosionsschutz der Litzen, sondern auch die Ermüdungsfestigkeit des Kabels.
Die Verwendung der von VSL entwickelten elektrisch isolierten Vorspannkabeln (EIT) ermöglicht es, die Integrität des Hüllrohrsystems nach dem Betonieren zu überprüfen und, falls erwünscht, auch während der ganzen Lebenszeit der Struktur zu überwachen. VSL verwendete das gleiche Prinzip bereits in 1985 für die elektrische Isolation von Bodenankern.

NACHHALTIGES BAUEN
Die gute Dauerhaftigkeit der VSL-Vorspannsysteme trägt zur Verlängerung der Lebensdauer von vorgespannten Gebäuden und Brücken bei, was zur Verbesserung derer Nachhaltigkeit beiträgt.
Die Optimierung der Strukturen durch den Einsatz von Vorspannung reduziert den Materialaufwand - sowohl Beton als auch passive Bewehrung - und führt somit zu einer Reduktion des CO^2-Fussabdrucks.

Technischer Support

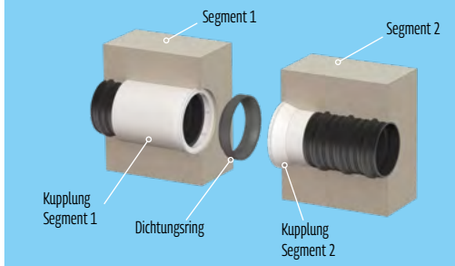
Mit Niederlassungen auf der ganzen Welt bietet VSL ein umfassendes Angebot von qualitativ hochwertigen technischen Dienstleistungen für verschiedene Strukturen, von Machbarkeitsstudien und Vorentwürfen bis hin zu Alternativvorschlägen, Ausführungsprojektierung und Projektierung der permanenenten Strukturen. VSL ist bestrebt, die bestmöglichsten Lösungen mit dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis zu finden. VSL ist immer bemüht, Lösungen zu finden, die für die Bedürfnisse des jeweiligen Kunden massgeschneidert sind.

Die globale Präsenz gibt VSL ein hohes Mass an Expertise und Flexibilität und erlaubt es VSL durch weltweite Zusammenarbeit die am besten geeigneten Lösungen zu finden. Ziel von VSL ist es, der Partner erster Wahl für Bauherren, Ingenieure und Bauunternehmer zu sein.

R&D PROJEKTE

VSL PT-PLUS® Segment-Kupplung
Die VSL PT-PLUS® Segment-Kupplung wird eingesetzt, wenn interne Vorspannkabel Fugen von ‚match-cast' Segmenten queren. Sie besteht aus einem Dichtungsring, der beim Zusammenbau von Segmenten gegen in die Segmente einbetonierte Kunstoffauflageflächen gepresst wird.

Die VSL PT-PLUS® Segment-Kupplung weist folgende Merkmale auf:
- Vollständige Umhüllung der Kabel bei Segmentfugen (erforderlich für Kategorie B und C)
- ermöglicht den Einsatz von elektrisch isolierten Kabeln in ‚match-cast' Segmentbauweise
- kompakt
- kann verwendet werden, wenn Kabel die Segmentfugen schräg überqueren (bis zu einem Winkel von 6 Grad)



Testing für kryogenische Anwendungen
Der Bau von vorgespannten Behältern für die Lagerung von LNG und LPG ('Liquified Natural Gas' und 'Petroleum Gas') erfordert, dass die Verankerungen, die durch EAD oder andere internationale Standards definierten Zugfestigkeitsprüfungen bei Tiefsttemperaturen von bis zu -196 Grad Celcius erfüllen.

Dank der langen Erfahrung und der nachgewiesenen Eignung der VSL Systeme für die Verwendung unter Tiefsttemperaturen kann VSL Vorspannsysteme weltweit für die Vorspannung solcher Behälter liefern.

Jedes Projekt stellt eine besondere Herausforderung dar, und in diesem Sinne arbeiten die Mitarbeiter der technischen Abteilungen von VSL mit Bauherrn, Ingenieuren und Bauunternehmern zusammen, um optimale Lösungen zu finden. VSL's Technisches Zentrum gibt in Zusammenarbeit mit den lokalen Ingenieurteams in den VSL-Niederlassungen technischen Support für Projekte rund um die Welt. Die Kunden profitieren in hohem Masse von VSL's Weiterentwicklung von Bauverfahren und dem Informationsaustausch zwischen den Niederlassungen.

VSL-Experten unterstützen und arbeiten intensiv in professionellen Organisationen und Fachverbänden wie fib (fédération internationale du béton) und PTI (Post-Tensioning Institute). Darüber hinaus ist VSL an der Erstellung neuer Normen, Richtlinien und Empfehlungen beteiligt.

B

VSL Litzen Vorspannsysteme

1 Dauerhaftigkeit von Vorspannkabeln

Die Bedeutung des Designkonzeptes

Die Dauerhaftigkeit von Vorspannkabeln hängt von der Dauerhaftigkeit der verwendeten Materialien ab, wie dem Spannstahl, den Verankerungen, den Hüllrohren und dem Injektionsgut (z.B. Zementmörtel), und deren Einbau. Da Vorspannkabel in Betonstrukturen eingebettet sind, gibt es auch konstruktive strukturelle Aspekte, die einen grossen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit haben: Kabelführung, Betonüberdeckung, Betonqualität. Vorhandensein und/oder die Ausbildung von Abdichtungen, Entwässerungen etc. sind weitere Aspekte.

Die Wahl eines guten Designs, dessen Grundzüge während der Konzeptphase definiert werden, hat den grössten Einfluss auf die Dauerhaftigkeit von Vorspannkabeln. VSL kann Ingenieure bei der Bewertung und Auswahl von Schutzstrategien und -massnahmen unterstützen.

Schutzkategorien der Kabel

Das fib (Fédération Internationale du Béton / International Federation for Structural Concrete) Bulletin 33 definiert drei verschiedene Schutzkategorien (PL) für Vorspannkabel:

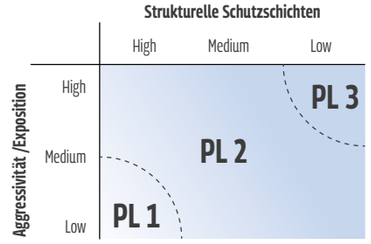
SCHUTZKATEGORIE A (PL1 oder Kat A):
"Ein Hüllrohr mit einem Injektionsgut, das einen dauerhaften Korrosionsschutz bietet".
Kat A, bei denen die Litzen in einem gewellten Stahlhüllrohr platziert und mit VSL-HPI-Mörtel gegen Korrosion geschützt werden, war die standardmässige Schutzkategorie für interne Vorspannung. Sie wird nur eingesetzt, falls Agressivität tief ist und der Beton, der das Kabel umhüllt, das Kabel genügend überdeckt, rissefrei und von guter Qualität ist. Diese Kategorie wird in der Schweiz heute praktisch nicht mehr verwendet.

SCHUTZKATEGORIE B (PL2 oder Kat B):
"Kat A mit einer Umhüllung, die das Litzenbündel über seine gesamte Länge von Anker zu Anker umschliesst und dauerhaft gegen das Eindringen von Flüssigkeiten und Gasen abdichtet".
Für interne Vorspannung wird mit der Verwendung von VSL PT- PLUS® Hüllrohren, die eine dichte Umhüllung der Litzen ermöglicht, permanenten Schutzkappen und VSL-HPI-Mörtel eine Kat B erreicht. Für externe Vorspannung, bei der glatte HDPE-Hüllrohre verwendet werden, ist Kat B die Standardkonfiguration, da externen Spanngliedern die zusätzliche Korrosionsbarriere des umhüllenden Betons fehlt, die interne Spannglieder haben.
Die VSL verbundlosen Monolitzen Kabel haben Kat B, da die Litze eine HDPE Ummantelung hat, gefettet ist, und die Verankerungen mit Schutzkappen versehen werden.

SCHUTZKATEGORIE C (PL3 oder Kat C):
"Kat B mit einer elektrischen Isolation zwischen Litzen, Klemmen und Ankerbüchsen und der Struktur, die das Überprüfen der Integrität der Kabelumhüllung jederzeit durch elektrische Widerstandsmessung ermöglicht".
Für das VSL Elektrisch Isolierte Kabel System (EIT System) werden VSL PT-PLUS®-Hüllrohre, permanente Verankerungskappen aus Plastik und VSL-HPI-Mörtel verwendet. Zudem hat die Verankerung eine interne Trompete aus Plastik, die sicherstellt, dass die Litzen auch im Verankerungskörper von der Struktur elektrisch isoliert sind. Schutzkategoire C schützt das Kabel auch gegen Streustromkorrosion.
Weil für die Dauerhaftigkeit von Vorspannkabeln nicht nur die Umhuellung dicht, sondern auch das Injektionsgut stabil sein muss, ist es sehr sinnvoll für den Bauherrn die Verankerungen von Kategorie C Kabeln mit VCsensoren auszurüsten. Mehr Information über VCsensoren auf Seite 37.

Auswahl der geeigneten Schutzkategorie

Die Dauerhaftigkeit gegen die Aggressivität der Umgebung unter der Berücksichtigung der Exposition des Bauteiles ergibt sich aus einer Kombination der Schutzkategorie (PL) für ein Kabel und der strukturellen Schutzschichten des Bauteiles. Folglich muss der PL eines Kabels basierend auf der Bewertung dieser Faktoren ausgewählt werden.



Die Bewertung der Agressivität der Umgebung und der Exposition kann anhand der Tabelle 1.3 des fib-Merkblattes 33 und der EN 206-1 "Beton - Teil 1: Spezifikation, Anforderung, Produktion und Konformität" durchgeführt werden. Diese definiert die Klassifizierung der allgemeinen Umgebung, der ein Betonbauteil ausgesetzt ist und wie korrosiv die Umgebung ist.
Das Niveau der strukturellen Schutzschicht wird unter anderem in Abhängigkeit von der Betonqualität und -abdeckung, dem Vorhandensein von Abdichtungs- und Entwässerungssystemen, der Spanngliedanordnung und dem Zugang für Inspektion und Wartung bewertet. Siehe fib-Merkblatt 33.

		Hüllrohr typ		Schutzkappe		Injektionsgut (VSL HPI Mörtel)	Dichte Umhüllung	Überwachung – elektrisch isoliert
		PT-PLUS® Hüllrohr	PE-Rohr[2]	Temporär	Permanent			
Schutzkategorien[1]	Kat B	✓[3]	✓	N/A	✓	✓	✓	N/A
	Kat C	✓[3]	✓	N/A	✓	✓	✓	✓

Anmerkungen:
1. Neben einem angemessenen äusseren Schutz der Kabel (Kat A bis Kat C) ist die Integrität des Injektionsgutes der Schlüsselfaktor für die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit.
2. Nur für externe Spannglieder.
3. Kat B, C mit Segmentkupplung (Seite 55) für interne Vorspannkabel, die geklebte Segmentfugen queren, es sei denn, dass alle äusseren Betonflächen im Fugenbereich, die Wasser, hoher Luftfeuchtigkeit usw. ausgesetzt sind, durch Membranen abgedichtet werden. Für Kat C immer mit Segmentkupplung.

2 VSL-Litzenvorspannsysteme - Lösungen für jede Anwendung

Die VSL-Vorspanntechnik umfasst mehrere Systeme, die für unterschiedliche Anwendungen und Anforderungen entwickelt wurden. Die Tabelle S. 19 gibt einen Überblick über die Systeme und ihre Hauptanwendungsgebiete, die in dieser Broschüre im Detail erklärt werden:

VSL DECKENVORSPANNSYSTEM MIT UND OHNE VERBUND	S. 20-21
INTERNES VSL LITZENVORSPANNSYSTEM	S. 22-23
EXTERNES VSL LITZENVORSPANNSYSTEM	S. 24-25
EXTERNES VSL LITZENVORSPANNSYSTEM für die Seile von Extradosed Brücken	S. 26-27
ELEKTRISCH ISOLIERTES VSL LITZENVORSPANNSYSTEM	S. 28-29

Die Wahl eines geeigneten Systems hängt ab vom Bauteil-Typ, der Tragwerks-Statik und der für das Projekt gewählten Schutzkategorie:

A. BAUTEIL-TYP

Die Höhe des Bauteils beeinflusst die Wahl des zu verwendenden Systems:

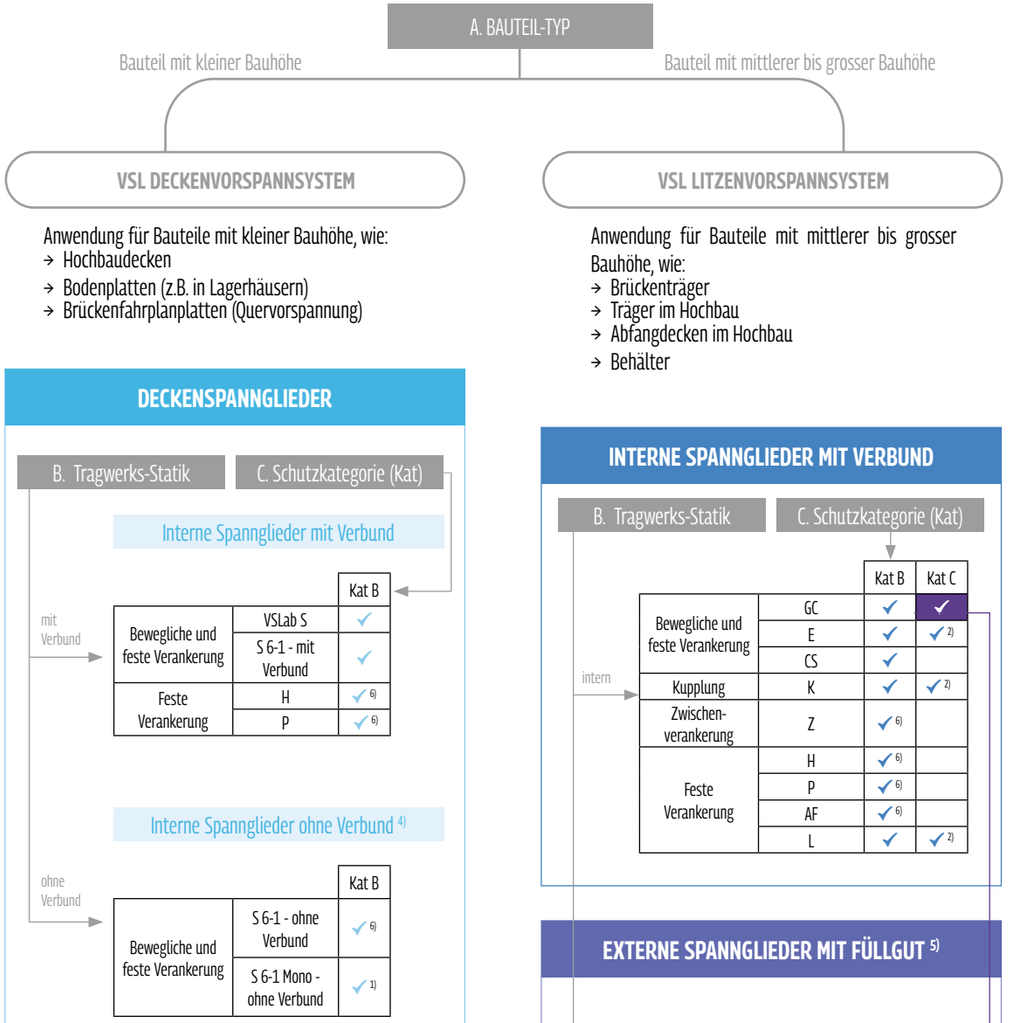
- Vorspannsysteme mit vier bis 55 Litzen pro Kabel, die in einem runden Hüllrohr verlaufen und simultan mit einer Zentrumslochspresse gespannt werden, werden in der Regel für Bauteile mit **mittlerer bis grosser** Bauhöhe eingesetzt (z.B. Brückenträger und Träger in Gebäuden)
- Deckenvorspannsysteme mit 1 bis 5 Litzen pro Kabel, die im Falle von mehrlitzigen Kabeln in flachen Hüllrohren plaziert werden und die immer Litze um Litze gespannt werden, werden in der Regel für Bauteile mit **kleinen** Bauhöhen (z.B. Platten) eingesetzt.

B. TRAGWERKS-STATIK

- Für das Vorspannen von Trägern Verwendung von interner or externer Vorspannung oder einer Kombination von den beiden Systemen.
- Für das Vorspannen von Platten kann Vorspannung mit oder ohne Verbund gewählt werden

C. SCHUTZKATEGORIE

Schutzkategorie B oder C



Anwendung für Bauteile mit kleiner Bauhöhe, wie:
- Hochbaudecken
- Bodenplatten (z.B. in Lagerhäusern)
- Brückenfahrplanplatten (Quervorspannung)

Anwendung für Bauteile mit mittlerer bis grosser Bauhöhe, wie:
- Brückenträger
- Träger im Hochbau
- Abfangdecken im Hochbau
- Behälter

DECKENSPANNGLIEDER

B. Tragwerks-Statik | C. Schutzkategorie (Kat)

Interne Spannglieder mit Verbund

		Kat B
Bewegliche und feste Verankerung	VSLab S	✓
	S 6-1 - mit Verbund	✓
Feste Verankerung	H	✓ 6)
	P	✓ 6)

Interne Spannglieder ohne Verbund [4]

		Kat B
Bewegliche und feste Verankerung	S 6-1 - ohne Verbund	✓ 6)
	S 6-1 Mono - ohne Verbund	✓ 1)

INTERNE SPANNGLIEDER MIT VERBUND

B. Tragwerks-Statik | C. Schutzkategorie (Kat)

		Kat B	Kat C
Bewegliche und feste Verankerung	GC	✓	✓
	E	✓	✓ 2)
	CS	✓	
Kupplung	K	✓	✓ 2)
Zwischen-verankerung	Z	✓ 6)	
Feste Verankerung	H	✓ 6)	
	P	✓ 6)	
	AF	✓ 6)	
	L	✓	✓ 2)

EXTERNE SPANNGLIEDER MIT FÜLLGUT [5]

		Kat B	Kat C
Bewegliche und feste Verankerung	GC	✓	✓
	E	✓ 3)	✓ 2) 3)

ELEKTRISCH ISOLIERTE KABEL (EIT)

Für Schutzkategorie C kommen das elektrisch isolierte VSL Litzenvorspannsystem zum Einsatz.

ANMERKUNGEN:

*alle Verankerungen verwenden 0,6" Litzen.

1. Interne Plattenspannglieder ohne Verbund benötigen Schutzkategorie B, um eine dauerhafte Verkapselung des Fettes zu gewährleisten.
2. Für spezielle Anwendungen sind die Verankerungen E, K und L mit der Schutzkategorie C erhältlich.
3. Für strukturelle Verstärkungen und spezielle Anwendungen kann die VSL E Verankerung für externe Spannglieder verwendet werden.
4. Bei der Verwendung von internen Spanngliedern ohne Verbund für die Vorspannung von Platten ist die strukturelle Redundanz besonders zu berücksichtigen. Ein Brand kann zum Verlust eines Kabels über seine ganze Länge führen, oder zukünftige strukturelle Änderungen an den Platten können die Kabel beeinträchtigen.
5. Als Option können externe Spannglieder
   - mit einem flexiblen Injektionsgut verpresst werden,
   - aus gefetteten, PE-beschichteten Monolitzen bestehen, die in einem mit einer Zementinjektion gefüllten PE-Rohr eingebettet sind,
   - aus einem Bündel dicht extrudierter PE ummantelten Monolitzen ohne gemeinsames Hüllrohr bestehen (z.B. zum vertikalen Vorspannen eines Turms oder Pfeilerschaft).
6. Gemäss ETA nur Kat A.

VSL DECKENVORSPANNSYSTEM MIT UND OHNE VERBUND

VSL Monolitzen-Deckenvorspannsystem ohne Verbund

Das VSL Monostrand – Deckenvorspannsystem verwendet 0,6"-Litzen, die mit einem permanenten Korrosionsschutzfett überzogen und von einer extrudierten Kunststoffummantelung umschlossen sind. Das Fett und der Kunststoff bieten den doppelten Korrosionsschutz und verhindern Verbund zwischen der Litze und dem umhüllenden Beton, was Voraussetzung ist, dass das Kabel gespannt werden kann. Die Monolitzen werden entweder einzeln oder in Bündeln von bis zu vier Litzen installiert, die in einer Reihe nebeneinander montiert werden. Jede Litze wird einzeln gespannt und verankert.

Gefettete und ummantelte Litze
Monolitzen-Vorspannung ohne Verbund verwenden 0,6" Litzen mit extrudierter HDPE-Ummantelung und Fett als Füllgut.

BEWEGLICHE VERANKERUNGEN
(auch als Feste Verankerungen verwendbar)

S 6-1 Mono ohne Verbund
- Einzellitzen - Verankerung
- Für Vorspannung ohne Verbund
- Verankerungskörper aus Gusseisen und einer Kunstoffmanschette
- Einheit: 6-1

VSL Deckenvorspannsystem mit Verbund

Das VSL Deckenvorspannsystem mit Verbund ist in zahlreichen wichtigen Gebäuden, Brücken und anderen Bauwerken verwendet worden. Das System verwendet Kabel von einer bis zu fünf 0,6"-Litzen, die im Falle einer Einzellitze in einem runden und im Falle mehrerer Litzen pro Kabel in flachen Hüllrohren installiert werden. Die Litzen werden einzeln gespannt und verankert. Nach dem Spannen wird das Hüllrohr mit einem Zementmörtel gefüllt, der die Litzen nicht nur gegen Korrosion schützt, sondern sie auch strukturell mit dem umhüllenden Beton verbindet.
Zwei Systeme sind erhältlich, das VSLab S System mit 2 bis 5 Litzen pro Kabel und das S 6-1 System mit einer Litze pro Kabel.

Blanke Litze
Die Standard-Litze für Deckenvorspannung mit Verbund ist eine blanke Litze (Durchmesser 0,6"), die durch den in das Hüllrohr injizierten Zementmörtel gegen Korrosion geschützt wird.

BEWEGLICHE VERANKERUNGEN
(auch als Feste Verankerungen verwendbar)

VSLab S
- Standard Bewegliche Verankerung für Deckenspannglieder mit Verbund
- Verankerungskörper aus Gusseisen und einer Kunststofftrompete
- Einheit: 6-2 bis 6-5

S 6-1 mit Verbund
- Standard Bewegliche Verankerung für Deckenspannglieder mit Verbund
- Verankerungskörper aus Gusseisen und einer Kunststoffmanschette
- Einheit: 6-1

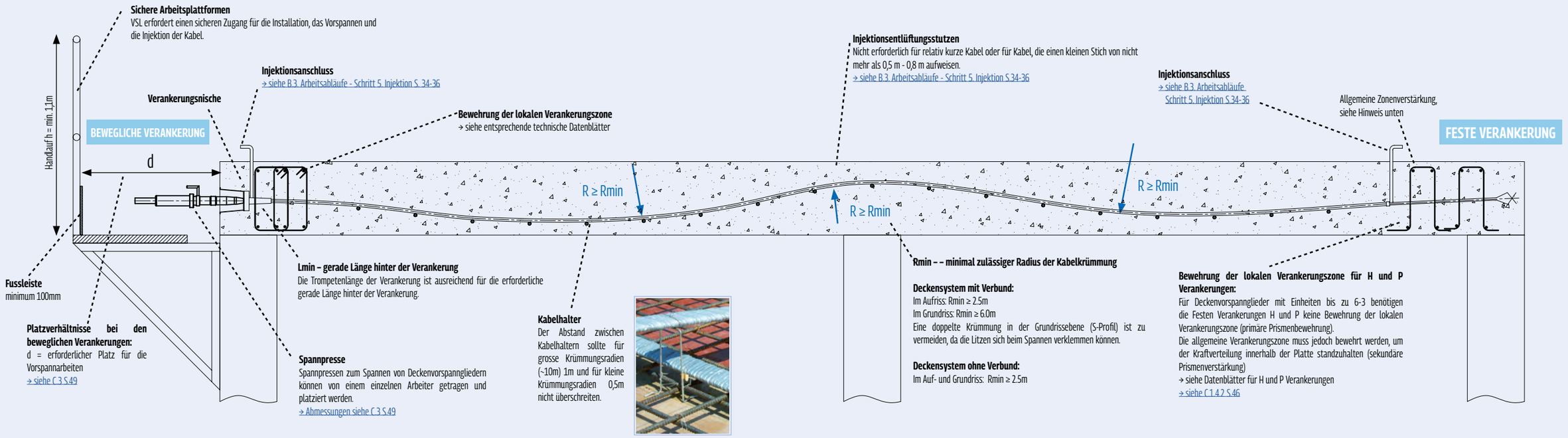
FESTE VERANKERUNGEN

H Verankerung
- Standard Feste Verankerung für Deckenvorspannung
- Die Vorspannkraft wird teilweise durch Verbund und teilweise durch Abstützung (Zwiebel) auf den Beton übertragen.
- Einheiten: 6-1 bis 6-5

P Verankerung
- Wird verwendet, wenn die volle Vorspannkraft am Ende einer Festen Verankerung in die Struktur eingeleitet werden muss.
- Verankerung der Litze durch Presshülsen, die sich auf eine Ankerplatte abstützen.
- Einheiten: 6-2 bis 6-5

Für **Platten** mit grossem Volumen, die in mehreren Etappen betoniert werden müssen, empfiehlt VSL in der Regel eine Lösung mit Überlappung mittels Fester Verankerungen oder mit passiver Anschlussbewehrung. Für spezielle Anwendungen kann VSL **eine Kupplung** oder **eine Zwischenverankerung** für Deckenspannglieder anbieten. Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen VSL-Vertreter.

Längsschnitt durch ein typisches VSL Deckenvorspannkabel mit Verbund



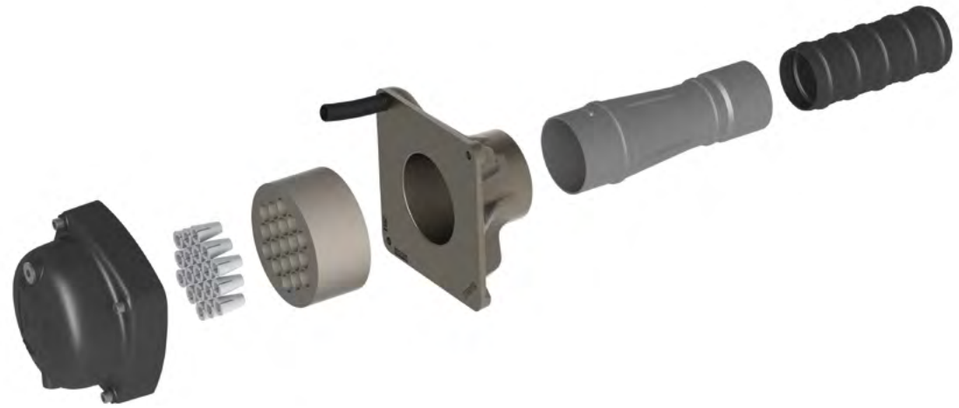
DAS INTERNE VSL LITZENVORSPANNSYSTEM

Interne Vorspannung mit Verbund – das am häufigsten verwendete System

Das interne VSL Vorspannsystem wird meistens für Vorspannung im Verbund eingesetzt, wobei nach dem Spannen ein Zementmörtel injiziert wird, der nicht nur die blanken Litzen gegen Korrosion schützt, sondern auch einen strukturellen Verbund zwischen Litze und dem das Kabel umhüllenden Beton zur Übertragung von Schubkräften herstellt. Solche Spannglieder werden in grossem Umfang im Brücken und im Hochbau eingesetzt.

Spezielle Anwendungen:
VSL bietet auch Lösungen mit interner Vorspannung ohne Verbund an, wobei nach dem Spannen ein flexibles Füllmaterial (Wachs oder Fett) injiziert wird, was die blanken Litzen gegen Korrosion schützt.

Eine andere Konfiguration für interne Vorspannung ohne Verbund sind Kabel die nicht aus blanken Litzen sondern aus gefetteten Monolitzen bestehen in Kombination mit Zementmörtel für das Füllen des Hüllrohrs. Diese Art von Kabel kann beispielsweise für die Vorspannung von Schutzhüllen in Kernkraftwerken eingesetzt werden. Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen VSL-Vertreter.



Längsschnitt durch ein typisches internes VSL Litzenvorspannkabel

BEWEGLICHE VERANKERUNGEN
(können auch als Feste Verankerungen verwendet werden)

GC Verankerung
- Die wirtschaftlichste Verankerung für VSL interne Vorspannsysteme
- Ankerplatte aus Guss
- Einleitung der Vorspannkraft in den Beton durch eine Kombination von Verbund und direkter Abstützung
- Kompakte und einfach zu handhabende Verankerung
- Einheiten: 6-3 bis 6-55

E Verankerung
- Die vielseitigste Verankerung für eine Vielzahl von Bauwerkstypen und für Verstärkungen (Beton, Stahl, Mauerwerk, usw).
- Ankerplatte aus Baustahl
- Einheiten: 6-1 bis 6-55

CS Verankerung
- Ankerplatte aus Guss und hochfestem Mörtel
- Alle Einheiten mit Plastiktrompeten, die die Litzen auch innerhalb der Ankerplatte umhüllen
- Einheiten: 6-7 bis 6-37

KUPPLUNG

K Kupplung
- Feste Kupplung zum Anschluss eines Kabels N an ein bereits gespanntes Kabel N-1
- Kombinierbar mit GC, E und CS Verankerungen
- Die Litzen des Kabels N, an deren Enden Presshülsen aufgepresst werden, stützen sich einzeln auf den Kupplungskopf ab.
- Einheiten: 6-3 bis 6-37

Die **Zwischenverankerung, Z,** wird für Spannglieder verwendet, bei denen die Enden nicht mit normalen Spannverankerungen ausgerüstet werden können (z.B. in runden Druckschächten/ Drucktunneln und in eiförmigen Faultürmen).
→ weitere Details siehe Datenblatt 219 S.79

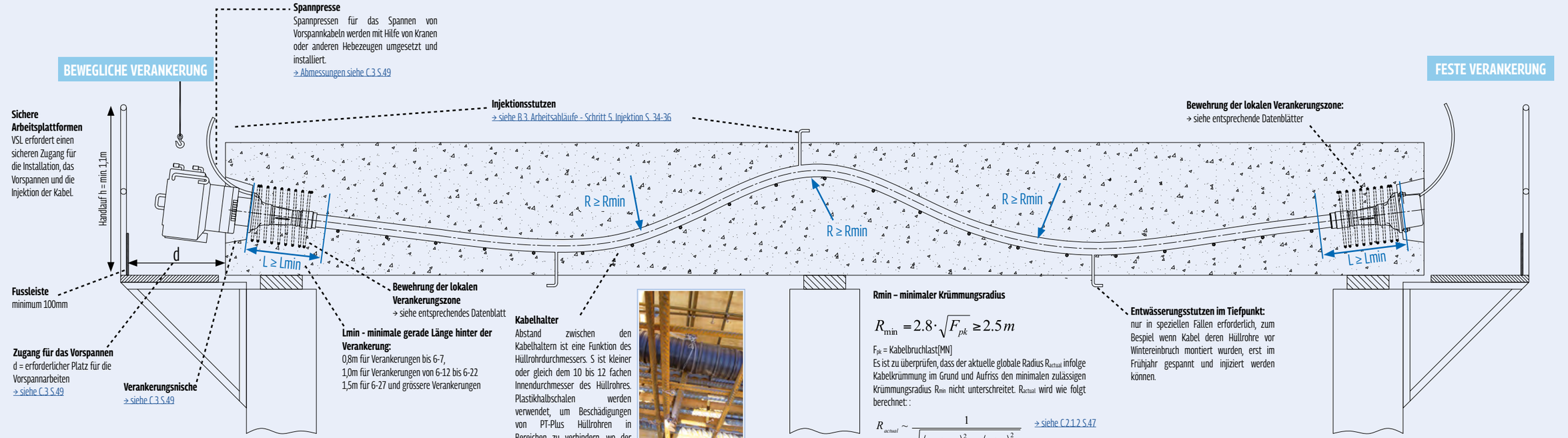
FESTE VERANKERUNGEN

H Verankerung
- Die Vorspannkraft wird teilweise durch Verbund und teilweise durch direkte Abstützung (Zwiebeln) auf den Beton übertragen.
- Einheiten: 6-1 bis 6-37

P Verankerung
- Wird verwendet, wenn die volle Vorspannkraft am Ende einer Festen Verankerung in die Struktur eingeleitet werden muss und wenn kein Zugang zur Verankerung besteht.
- Verankerung der Litze durch Presshülsen, die sich auf eine Ankerplatte abstützen.
- Einheiten: 6-2 bis 6-55

AF Verankerung
- Verankerung für vertikale Spannglieder, bei der die Vorspannkraft auf die Konstruktion am unteren Ende des Spanngliedes übertragen werden muss, wenn kein Zugang zur Verankerung besteht und wenn Litzen erst nach dem Betonieren eingebaut werden können.
- Einheiten: 6-4 bis 6-31

L Verankerung
- Die Verankerung vom Typ L wird häufig für vertikale Spannglieder in Behältern und zur Befestigung von vorfabrizierten Pfeilerkopfsegmenten auf Pfeilern im Segmentbrückenbau verwendet.
- Die Litzen werden nach dem Betonieren in das Hüllrohr eingebaut.
- Die Kabel müssen synchronisiert von beiden Seiten gleichzeitig gespannt werden
- Einheiten: 6-2 bis 6-22.



DAS EXTERNE VSL LITZENVORSPANNSYSTEM

Die freie Länge von externen Vorspannkabeln verläuft ausserhalb des Betonquerschnitts. Externe Spannglieder werden in Querträgern verankert und in Lisenen oder Querträgern umgelenkt.

Gründe, die zu der Entscheidung führen können, eine Struktur mit externen Kabeln vorzuspannen, sind:

- **Reduzierung der Dicke von Querschnittselementen**

Die Tatsache, dass die Spannglieder ausserhalb des Betonquerschnitts verlaufen, bedeutet, dass die Dicke von Querschnittselementen nicht auf die Kabeldurchmesser abgestimmt werden muss. Dies kann zu Einsparungen bei den Materialkosten der Struktur führen.

- **Baueffizienz und -qualität**

  Ohne Presenz von Vorspannkabeln in Querschnittselementen können Bauteile effizienter und mit erhöhter Qualität betoniert werden. Dies trägt dazu bei, die Dauerhaftigkeit zu verbessern.

- **Provisionen für den Einbau zusätzlicher Kabel**

  Es ist relativ einfach zusätzliche externe Kabel in einem späteren Zeitpunkt zu installieren, solange während des Baus Ankerplatten eingebaut und Umlenklisenen mit entsprechenden Durchlässen erstellt werden.

- **Verstärkung bestehender Strukturen**

  Externe Spannglieder sind ideal für die Verstärkung bestehender Strukturen.

- **Möglichkeit von visuelllen Kontrollen während der Nutzungsdauer**

  Die Überprüfung der freien Länge der Spannglieder während der Nutzungsdauer ist bei externen Kabeln möglich.

Die Verwendung externer Vorspannung beschränkt sich nicht nur auf das Vorspannen von Betonstrukturen, sondern ist auch möglich für das Vorspannen von Stahlbauten, Stahlbetonverbundbrücken, Holz- und Mauerwerkskonstruktionen.

Die folgenden Punkte müssen berücksichtigt werden:

- Externe Spannglieder müssen austauschbar sein, da sie nicht physisch vom umgebenden Beton umschlossen sind. Dies ist natürlich nur möglich, wenn der projektierende Ingenieur sicherstellt, dass hinter den Verankerungen in der fertig gestellten Struktur genügend Platz für den Austausch der Spannverankerungen vorhanden ist.
- Externe Spannglieder sollten Schutzkategoire B haben, da sie nicht in Beton eingebettet sind und deshalb keine strukturelle Schutzschicht aufweisen.
- Äussere Spannglieder erfordern eine regelmässige visualle Überprüfung, um sicherzustellen, dass die Integrität des Korrosionsschutzes noch intakt ist, da ihnen der strukturelle Schutz eines umhüllenden Betons fehlt.
- Da externe Kabel nur an wenigen Punkten mit der Struktur im Kontakt sind, ist es in der Regel nicht möglich, die Zugfestigkeit der Litzen im Bruchzustand voll auszunutzen.
- Externe Kabel werden in der Regel mit Zementmörtel injiziert. Als Alternative können sie mit einem flexiblen Füllmaterial injiziert werden.
- Externe Kabel mit Hochpunkten in internen Querträgern, wo es nicht möglich ist Entlüftungsstutzen zu installieren, sind mit Vakuumunterstützung zu injizieren.

Spezielle Anwendungen:

VSL kann auch externe Kabel einbauen die aus gefetteten und PE extrudierten Monolitzen bestehen in Kombination mit einem Zementmörtel, der nach teilweiser Vorspannung, injiziert wird, oder externe Kabel die aus blanken Litzen bestehen, die nach dem Spannen mit einem flexiblen Füllgut (Wachs) injiziert werden. Solche Kabelkonfigurationen werden oft bei Verstärkungen von Strukturen eingesetzt. VSL kann bei Bedarf auch spezielle Verankerungen und Messvorrichtungen anbieten, die eine Überprüfung und Anpassung der Spannkraft während der Nutzungsdauer ermöglichen. Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen VSL-Vertreter.

Komponenten der externen Kabel

Externe VSL Vorspannkabel haben in der Verankerungszone eine Doppelhülle. Das PE-Hüllrohr verläuft kontinuierlich durch die Umlenklisenen. Somit sind die Litzen von Verankerung zu Verankerung voll durch eine Kunststoffhülle geschützt.

Externe Kabel bestehen aus:

- GC Verankerung (mit E Verankerung als eine Alternative)
- PE-Hüllrohr
- Innere Trompete in der Verankerungszone, die mit dem PE-Hüllrohr verbunden ist.
- Im Verankerungsquerträger einbetonierte äussere Trompete mit einer Rohrverlängerung
- Blanke Litzen und Klemmen
- Zementmörtel als Injektionsgut

Als Alternative kann VSL auch externe Kabel mit nur einer Hülle in der Verankerungszone anbieten. Bei einer solchen Konfiguration sollte das in den Verankerungsquerträger einbetonierte Rohr aus der Betonfläche herausragen, um eine dichte Verbindung mit dem PE Hüllrohr des Kabels zu ermöglichen.

GC VERANKERUNG: DIE VSL-VERANKERUNG FÜR EXTERNE KABEL

- Der GC ist die vielseitigste VSL-Verankerung für externe Vorspannkabel.
- Der GC ist ein kompaktes und einfach zu handhabendes Verankerungssystem.
- Einheiten im Bereich von 6-3 bis 6-43

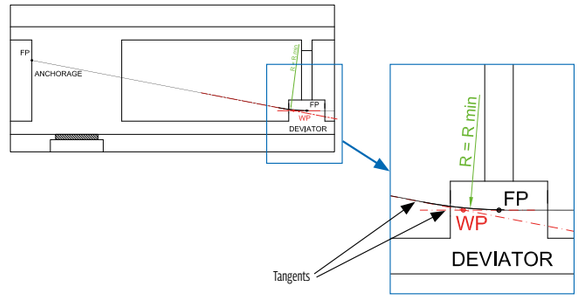
Für Verstärkungsarbeiten ist die VSL E Verankerung sehr geeignet, da die Ankerplatte direkt auf vorhandene Stahl-, Beton- oder Mauerwerkskonstruktionen installiert werden kann. Die Einheiten der VSL E Verankerungen reichen von 6-1 bis 6-55. Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen VSL-Vertreter.

Die Durchlässe für externe Kabel in den Umlenklisenen und die glockenförmigen Öffnungen beim Austritt externer Kabel aus den Verankerungsquerträgern, werden am besten durch ein wiederverwendbares Schalungswerkzeug, genannt "Diabolo", gebildet. Der Diabolo wird mit einer Schraube an der Schalung befestigt und nach dem Aushärten des Betons entfernt.

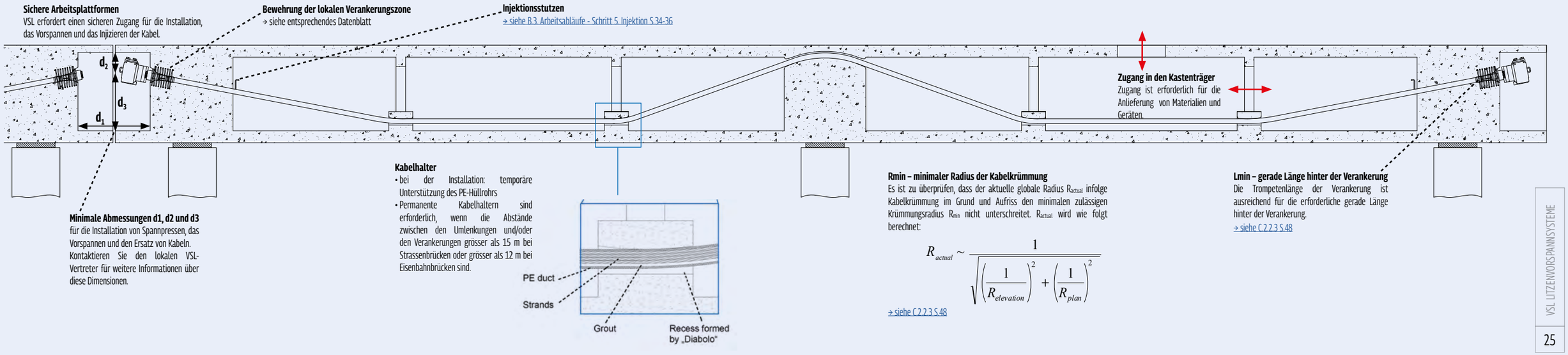
Profile von externen Kabeln

Um das Auswechseln von externen Kabeln zu ermöglichen, muss das Kabelprofil aus einer Kombination von Geraden und, an Umlenkpunkten, in Umlenklisenen oder in Querträgern, von Krümmungen mit konstanten Krümmungsradien bestehen.
Das Profil wird wie folgt bestimmt:

- Definition der Fixpunkte (FP) bei den Verankerungen sowie in den Tief- und Hochpunkten.
- Einlegen der gekrümmten Abschnitte (mit konstanten Krümmungsradien) an den Tief- und Hochpunkten (Umlenkpositionen).
- Konstruktion der Arbeitspunkte (WP) an Tief- und Hochpunkten durch das Legen von Tangenten an die Krümmungskurven in den Hoch- und Tiefpunkten und durch die Fixpunkte der Verankerungen.



Längsschnitt durch ein typisches externes VSL Litzenvorspannkabel



$$R_{actual} \sim \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R_{elevation}}\right)^2 + \left(\frac{1}{R_{plan}}\right)^2}}$$

EXTERNES VSL LITZENVORSPANNKABEL FÜR DIE SEILE VON EXTRADOSED BRÜCKEN

Extradosed Brücken sind ein Brückentyp, der Eigenschaften von gevouteten Balkenbrücken mit Eigenschaften von Schrägseilbrücken kombiniert. Der Hauptunterschied zwischen einer Schrägseilbrücke und einer Extradosed Brücke ist das Verhältnis zwischen der Höhe des Pylons und der Länge der Hauptspannweite. Extradosed Brücken haben typische Pylonhöhen von weniger als einem Achtel der Hauptspannweite, was zu sehr geringen Seilneigungen führt.

Die kleine Seilneigung in einer Extradosed Brücke führt zu einer Erhöhung der Normalkraft im Deck und zu einer Verringerung der vertikalen Komponente der Kräfte an den Seilverankerungen. Die Seile von Extradosed Brücken helfen das Brückendeck vorzuspannen. Extradosed Seile weisen relativ kleine Änderungen der Normalspannungen infolge von Verkehrslasten auf.

Diese geringen Spannungsänderungen durch Verkehrslasten machen es sehr oft technisch möglich, für die Schrägseile von Extradosed Brücken externe Vorspannkabel einzusetzen. Die Kabel werden in Ankerblöcken im Brückenträger verankert und verlaufen kontinuierlich über den Pylon, wo sie umgelenkt werden.

Falls die Seile von Extradosed Brücken hohen Spannungsänderungen infolge Verkehrslasten ausgesetzt sind, müssen VSL-Schrägseilse verwendet werden.

Bei der Verwendung von externen Spanngliedern als Seile für Extradosed Brücken sind die folgenden Punkte zu beachten:

- Wie Schrägseile müssen auch externe Spannglieder austauschbar sein, da sie nicht physisch von Beton umhüllt sind.
- Das gesamten Kabel muss von Verankerung zu Verankerung durch eine Wasser und Gas dichte Umhüllung von äusseren korrosionfördernden Einflüssen geschützt sein. Die Verankerungen müssen mit permanenten Schutzkappen versehen werden. Die blanken Litzen werden innerhalb der dichten Umhüllung durh einen Zementmörtel vor Korrosion geschützt. Der Zementmörtel kann die Litzen nicht gegen äussere korrosionsfördernde Einflüsse schützen, da er infolge der Spannungsänderungen im Kabel gerissen ist. Dichte Umhüllung und stabiler Zementmörtel sind deshalb Schlüsselfaktoren für einen dauerhaften Korrosionsschutz der Kabel.
- Die externen Kabel müssen regelmässige visuell kontrolliert werden, um zu überprüfen, ob die Integrität des Korrosionsschutzes intakt ist.

Längsschnitt einer Extradosed Brücke mit externen VSL Litzenvorspannkabeln als Seile

Komponenten der externen Kabel

Jedes Kabel besteht aus einem Paar GC Verankerungen auf Brückenträgerniveau und einem Bündel blanker Litzen in einem PE-Rohr, das nach dem Spannen mit Zementmörtel injiziert wird. Das Litzenbündel wird mittels eines Umlenksattels durch den Pylon geführt und umgelenkt.

Die Verankerung besteht aus:
- Einem GC Ankerkörper mit einer äusseren „Trompete", die mit dem Führungsrohr verbunden ist.
- Einer inneren "Trompete", die durch den GC Ankerkörper führt und mit dem im Führungsrohr plazierten PE-Rohr verbunden ist.
- Einer dichte Verbindung zwischen dem PE-Rohr und dem Führungsrohr.
- Ankerkopf mit Klemmen und Schutzkappe.

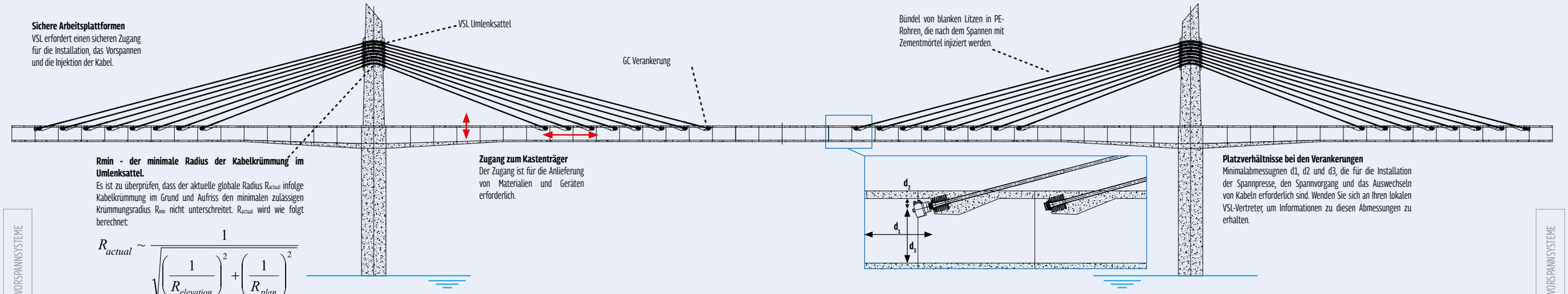
DIE GC VERANKERUNG - DIE VSL VERANKERUNG FÜR EXTERNE SPANNGLIEDER

- Die vielseitigste VSL-Verankerung für externe Vorspannkabel.
- Eine kompaktes und einfach zu handhabendes Verankerungssystem
- Einheiten: 6-3 bis 6-43.

VSL UMLENKSATTEL

Der VSL-Umlenksattel für Extradosed Brücken ist in Einheiten von 6-3 bis 6-43 erhältlich und besteht aus:
- Einem äusseren in den Pylon einbetonierten Stahlkasten
- Einem inneren Stahlkasten
- Unterlagsscheibenelemente zum Verkeilen des inneren Stahlkasten gegen den äusseren Stahlkasten
- Abdichtungen, um das Eindringen von Wasser und Gasen in den Umlenksattel zu verhindern.
- Zementmörtel zum Korrosionsschutz des Litzenbündels im Umlenksattel und zur Übertragung differentieller Seilkräfte in den inneren Stahlkasten.
- Eine Injektionsentlüftung, um eine vollständige Injektion des Umlenksattels zu gewährleisten.

Für detaillierte Abmessungen, die immer projektspezifisch sind, wenden Sie sich bitte an Ihren VSL-Vertreter.



Sichere Arbeitsplattformen
VSL erfordert einen sicheren Zugang für die Installation, das Vorspannen und die Injektion der Kabel.

Rmin - der minimale Radius der Kabelkrümmung im Umlenksattel.
Es ist zu überprüfen, dass der aktuelle globale Radius R_{actual} infolge Kabelkrümmung im Grund und Aufriss den minimalen zulässigen Krümmungsradius R_{min} nicht unterschreitet. R_{actual} wird wie folgt berechnet:

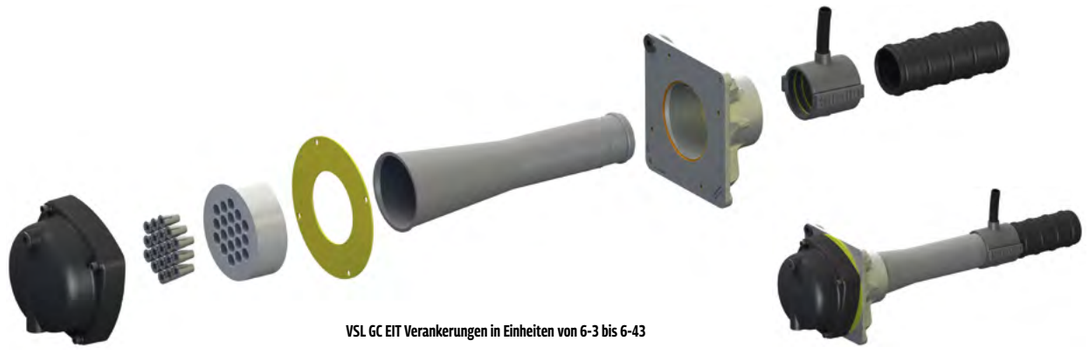
$$R_{actual} \sim \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R_{elevation}}\right)^2 + \left(\frac{1}{R_{plan}}\right)^2}}$$

→ siehe C 2.2.2 S.48

Zugang zum Kastenträger
Der Zugang ist für die Anlieferung von Materialien und Geräten erforderlich.

Platzverhältnisse bei den Verankerungen
Minimalabmessugnen d1, d2 und d3, die für die Installation der Spannpresse, den Spannvorgang und das Auswechseln von Kabeln erforderlich sind. Wenden Sie sich an Ihren lokalen VSL-Vertreter, um Informationen zu diesen Abmessungen zu erhalten.

ELEKTRISCH ISOLIERTES VSL LITZENVORSPANNSYSTEM (EIT)



VSL GC EIT Verankerungen in Einheiten von 6-3 bis 6-43

Verbesserte Dauerhaftigkeit mit Schutzkategorie Kat C

VSL elektrisch isolierte Litzenvorspannkabel (EIT) sind Kabel mit Schutzkategorie C, bei denen die Kabel durch eine vollständige und elektrisch isolierende Umhüllung gegen externe Korrosionseinflüsse und Streustromkorrosion geschützt sind und die Integrität der Umhüllung während der ganzen Lebensdauer der Struktur überpüft werden kann.

Elektrisch isolierte Spannglieder werden gewählt für Spannkabel, die einer agressiven Umgebung ausgesetzt sind (Schutzkategorie B) oder Streustrom korrosionsgefährdet sind und deren Umhüllung's Integrität während des Baus und der Lebensdauer des Kabels überwacht werden soll..

Sowohl interne als auch externe VSL Litzenvorspannkabel können als EIT Kabel geliefert und installiert werden. Die Details in diesem Abschnitt beziehen sich auf interne Spanngliedern. Die Details für externe EIT Kabel sind ähnlich zu normalen externen Kabeln mit Doppelhülle in den Verankerungen, beinhalten aber zusätzliche Elemente zur elektrischen Isolation der Spannglieder vom Bauwerk und zur Überwachung der Integrität der Umhüllung.

Komponenten von EIT Kabeln

Die VSL EIT Kabel bestehen aus CS oder GC Verankerungen und PT-PLUS®-Hüllrohren mit zusätzlichen Elementen zur elektrischen Isolation der Spannglieder vom Bauwerk und zur Überwachung der Umhüllung.
Im Einzelnen bestehen sie aus:

- GC Verankerung (Gussankerplatte und Ankerkopf) oder CS Verankerung (Gussankerplatte mit hochfestem Mörtel und Ankerkopf)
- Isolierplatte
- Plastiktrompete
- PT-PLUS® Hüllrohr mit Kupplern
- Schutzkappe mit elektrischem Anschluss
- Blanke Litzen und Keile
- Zementgebundener Injektionsmörtel

Vorteile von EIT Kabeln

Vorgespannte Strukturen profitieren in vielerlei Hinsicht vom Einsatz von EIT Kabeln. Einige spezifische Merkmale und damit verbundene Vorteile sind:

- Vollständige Umhüllung der Kabel
  → Dauerhaftigkeit
- Schutz gegen Streuströme
  → Dauerhaftigkeit
- Elektrische Isolation des Spannglieds
  → Überwachung und Bestätigung der Integrität der Umhüllung
- Erkennen von Leckagen in der Umhüllung der Kabel auf Grund von Verarbeitungsfehlern bei der Montage. Eine einzige Messung pro Spannglied nach dem Betonieren bietet eine zuverlässige Qualitätskontrolle.
- Erhöhte Ermüdungsfestigkeit
  → Dauerhaftigkeit

Spezielle Anwendungen
Für Verstärkungsarbeiten, die EIT-Spannglieder erfordern, kann die Verankerung VSL E EIT verwendet werden (Einheiten von 6-1 bis 6-55). Darüber hinaus sind die K Kupplung und die L Verankerung auch mit Schutzkategorie Kat C erhältlich.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen VSL-Vertreter.

Detaillierung von EIT Kabeln

Die Anforderungen an die EIT Spannglieder hinsichtlich der lokalen Bewehrung der Verankerungszonen, der Spanngliedanordnung und den PLatzverhältnissen für das Spannen der Kabel sind dieselben wie für die VSL Litzenvorspannsysteme.
Besondere Anforderungen an das Detaillieren von EIT Spanngliedern sind nachfolgend aufgeführt.

Elektrische Anschlüsse
Eine Gruppe von EIT Kabeln benötigen die folgenden elektrischen Anschlüsse:

- Messkasten
- Kabel, die die Ankerköpfe der Kabel mit dem Messkasten verbinden. VSL empfiehlt dringend, beide Verankerungen eines Kabels zu verbinden, um eine möglichst zuverlässige Bestimmung der Lage von Defekten zu ermöglichen.
- Kabel zur Verbindung der in die Struktur einbetonierten passiven Bewehrung mit dem Messkasten (Erdung).

Einbau der Kabel

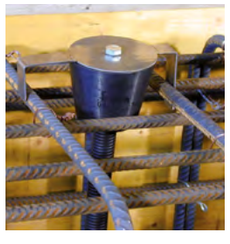
Die Montage von Verankerungen und Hüllrohren, die Installation der Litzen, das Spannen und das Injizieren erfolgen in gleicher Weise wie bei den VSL Litzenvorspannkabeln (→ siehe Einbau der Vorspannung). Besonderes Augenmerk ist auf die zusätzlichen Elemente von EIT Kabeln wie die Isolierplatte und die elektrischen Anschlüsse zu legen. Die frühzeitige Einbindung von VSL zur Koordination der Arbeiten für die Installation der Vorspannkabel wird dringend empfohlen und ermöglicht die Diskussion der speziellen Aspekte von elektrisch isolierten Spanngliedern.

Überprüfung der Dichtigkeit der Kabelumhüllung

Nach dem Einbau der Verankerungen und dem Hüllrohr und vor dem Betonieren wird die Dichtigkeit der Kabelumhüllung überprüft. Dies kann erfolgen durch:

- Visuelle Überprüfung
- eine Dichtigkeitsprüfung mit Druckluft
- eine Dichtheitsprüfung mit Trockeneis (CO^2)

Kabelhalter
Kunststoffhalbschalen werden auf den Kabelhaltern in gekrümmten Abschnitten, bei denen R < 2 x Rmin ist und wo die Litzen während des Spannens gegen das Hüllrohr drücken, installiert, um zu verhindern, dass PT-PLUS®-Hüllrohre während der Installation und des Betonierens beschädigt werden.



Der Abstand s zwischen den Kabelhaltern ist abhängig vom Hüllrohrdurchmesser. Er ist kleiner oder gleich dem 10- bis 12-fachen Innendurchmessers des Hüllrohrs zu wählen.

EIT-Injektionsstutzen mit Aussparungen
VSL EIT Kabel werden mit Injektionsstutzen, die in Aussparungen enden, ausgerüstet. Die Aussparungsschalung, die wiederverwendbar ist, wird für den Injektionsvorgang entfernt. Nach der Injektion wird eine Kunststoffkappe auf den Injektionsstutzen geschraubt, um die vollständige Umhüllung des Kabels zu gewährleisten.

Überwachung der Integrität der Umhüllung

Der Einsatz von EIT Spanngliedern ermöglicht es, die elektrische Isolation und die Integrität der Kabelumhüllung nach dem Bau zu überprüfen und den Korrosionsschutz der Litzen während der gesamten Lebensdauer des Bauwerkes zu überwachen. Durch den Anschluss eines LCR Messgerätes an den Messkasten können Wechselstrom-Impedanzmessungen durchgeführt werden. Das Gerät misst die Impedanz (Z), die (über die Kabellänge) den Zementmörtel im Hüllrohr, das Hüllrohr (zusammen mit Kupplungen, Injektionsstutzen und eventuellen Defekten) und den das Kabel umhüllenden Beton umfasst. Basierend auf der Impedanz berechnet und zeigt das Gerät die folgenden Parameter an:

- Ohmscher Widerstand R [kΩ]
- Kapazität C [nF]
- Verlustfaktor D [-]

Die gemessenen Parameter sind abhängig von:

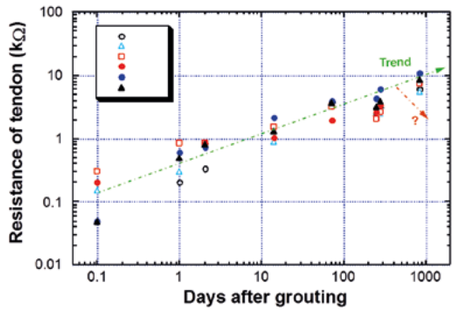
- Länge des Kabels und dem Durchmesser des Hüllrohrs (der ohmsche Widerstand, R, für einen gegebenen Kabelquerschnitt nimmt mit zunehmender Länge ab).
- Art der Verankerung
- Konstruktiver Ausbildung der Hüllrohrverbindungen (Kupplungen, Spiegelschweissverbindungen)
- Anzahl und Art der Injektionsstutzen
- Spezifischem elektrischen Widerstand von Beton und Zementmörtel, der wiederum vom Wasserzementwert, dem Hydratationsgrad und von klimatischen Parametern wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit abhängt.

Der ohmsche Widerstand wird zur Vergleichbarkeit und zur Festlegung von Grenzwerten für Akzeptanzkriterien in längenunabhängigen Werten normiert:
→ Normierter ohmscher Widerstand $R_L = R \times L$ [kΩm]
wobei L die Länge des Kabels ist.

Wie bereits erwähnt, hängt der gemessene ohmsche Widerstand stark von der Umgebung (Temperatur und Luftfeuchtigkeit) ab, weshalb die Akzeptanzkriterien in einem projektspezifischen Inspektionsplan definiert werden sollten. Soweit verfügbar, sollte auf lokale Normen und Empfehlungen verwiesen werden, z.B. auf die vom Bundesamt für Strassenwesen (ASTRA) und den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) veröffentlichte Schweizerische Richtlinie "Massnahmen zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit von Spannliedern in armierten Betonbauwerken".

Das Potenzial von EIT Spannglieder kann nur dann voll ausgeschöpft werden, wenn sich alle Beteiligten der besonderen Anforderungen in allen Projektphasen (Planung, Vorbereitung der Arbeiten, Bewehrungsarbeiten, Installation des PT-Systems, Betonieren, Spannen und Injizieren) bewusst sind. Die für die Impedanzmessung während der Montage und die Lebensdauer der Konstruktion erforderlichen spezifischen Installationen müssen im Voraus geplant und in der Projektspezifikation detailliert beschrieben werden.

Die Ergebnisse der Überwachung sind von einem Spezialisten zu interpretieren und weitere Schritte falls gemessene Werte auf Probleme hinweisen mit einem Spezialisten zu diskutieren.



Langzeitüberwachung
Die obigen Zahlen zeigen die Ergebnisse der Langzeitüberwachung der Überführung Prés du Mariage in der Schweiz, wo sechs VSL EIT Spannglieder installiert wurden. Die Wechselstrom Impedanz jedes Kabels wird seit dem Zeitpunkt der Injektion in regelmässigen Abständen gemessen. Wie man sieht, weisen die sechs einzelnen Kabel eine gewisse Streuung auf, aber der allgemeine Trend ist eine Erhöhung des Widerstandes mit der Zeit, was durch die Hydratation des Zementmörtels und des umgebenden Betons und die anschliessende Austrocknung erklärt werden kann. Im Diagramm, in dem der Logarithmus des Widerstandes gegen den Logarithmus der Zeit dargestellt sind, ist eine linerare Beziehung zwischen diesen beiden Werten erkennbar. Dies deutet darauf hin, dass der Anstieg des Widerstandes zu Beginn sehr schnell ist, sich aber nach einigen Monaten verlangsamt und nach einigen Jahren asymptotisch wird. Man muss betonen, dass der primäre Fokus der Langzeitbeobachtung darin besteht, die Stabilität oder Erhöhung des Widerstandes mit der Zeit zu überprüfen und dass der Absolutwert des Widerstandes selbst nur von untergeordneter Bedeutung ist.

EIT ermöglicht die frühzeitige Erkennung von Wassereintritt: Erreicht (chloridhaltiges) Wasser einen Defekt im Kanal, werden Beton und Injektionsmörtel nass und der elektrische Widerstand dieser Sehne sinkt deutlich und schnell ab (ein plötzlicher Abfall). Die Messung der elektrischen Impedanz bei den normalen Prüfintervallen stellt somit ein einfaches, aber sehr effektives **Frühwarnsystem** zur Erkennung einer korrosionsgefährdenden Situation dar. Somit können geeignete Massnahmen (Inspektion und gegebenenfalls Reparatur) ergriffen werden, bevor Schäden auftreten.

3 Einbau der Vorspannung - Schlüsselfaktor zur Qualität

Als erfahrener Spezialbauunternehmer führt VSL den Einbau von Vorspannkabeln mit geschultem Personal und geeigneten Spezialgeräten nach bewährten Verfahren durch. Dieser Abschnitt gibt einen allgemeinen Überblick über den Einbau von Deckenspanngliedern sowie von internen und externen Litzenvorspannkabeln.

SCHRITT 1 – Montage von Verankerungen, Hüllrohren und lokaler Bewehrung der Verankerungszonen	S. 31
SCHRITT 2 - Installation der Litzen	S. 32
SCHRITT 3 - Spannen der Kabel	S. 32
SCHRITT 4 - Abdichtung der Verankerungen	S. 33
SCHRITT 5 - Injektion	S. 34-36
SCHRITT 6 - Arbeiten nach der Injektion	S. 36

SCHRITT 1 | Montage von Verankerungen, Hüllrohren und lokaler Bewehrung der Verankerungszonen

Der erste Schritt zur Installation eines Vorspannkabels ist die Installation der Verankerungen, der Hüllrohre und der lokalen Bewehrung in den Verankerungszonen.

Verankerungen (Bewegliche Verankerungen):
- werden mit Schrauben an der Endschalung befestigt,
- müssen senkrecht zur Kabelachse ausgerichtet sein,
- Die Schalung muss ein geeignetes Loch auf der Kabelachse aufweisen, wenn die Litzen vor dem Betonieren installiert werden sollen oder wenn vorgefertigte Kabel verlegt werden.

Hüllrohre:
- werden auf Kabelhaltern abgestützt,
- müssen knickfrei installiert werden,
- sind mit Injektionsstutzen auszurüsten,
- müssen beim Spleissen richtig gekuppelt werden.

Lokale Bewehrung der Verankerungszone:
- muss gemäss VSL-Datenblatt im richtigem Abstand hinter der Verankerung positioniert werden.

DECKENVORSPANNUNG

Kabel im Verbund:
Die VSLab Verankerung verfügt über eine Spannnischenschalung, mit der die Trompete an der Endschalung befestigt werden kann. Das Hüllrohr wird mit der Trompete verbunden, an die der Injektionsstutzen montiert wird.

Kabel ohne Verbund:
Die S 6-1 - Verankerung verfügt über eine Spannnischenschalung aus Kunststoff, mit der die Verankerung an der Endschalung befestigt werden kann.
Die Manschette verbindet die Verankerung mit der PE Umhüllung der Monolitze.

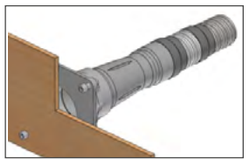
Das Hüllrohr (Kabel im Verbund) oder die PE umhüllte Monolitze (Kabel ohne Verbund) werden auf Kabelhaltern abgestützt. Entfernungen zwischen den Kabelhaltern darf bei grossen Krümmungsradien (~10m) 1m und bei kleinen Krümmungsradien 0,5m nicht überschreiten. Die Hüllrohre oder die Monolitze müssen an den Kabelhaltern und an Bewehrungsstäben mit Bindedrähten befestigt werden.

INTERNE LITZENVORSPANNUNG

Die Spannverankerungen des VSL Litzenvorspannsysteme werden mit Schrauben an der Schalung befestigt. Das Hüllrohr wird installiert und mit der Verankerung verbunden. Der Injektionsstutzen ist in die Verankerung integriert.

Das Hüllrohr wird auf Kabelhaltern abgestützt. Die Abstände zwischen den Kabelhaltern dürfen das 10- bis 12-fache des Innendurchmessers des Hüllrohrs nicht überschreiten.

Für PT-PLUS® Hüllrohre wird empfohlen, dass in vertikal gekrümmten Abschnitten des Kabelprofils, wo der Krümmungsradius kleiner als das Doppelte des Mindestradius ist (R < 2 Rmin.) und die Litzen während des Spannens gegen das Hüllrohr drücken, auf den Kabelhaltern Halbschalen aus Kunststoff montiert werden, um das Hüllrohr während der Installation und des Betonierens gegen Beschädigung zu schützen.



EXTERNE LITZENVORSPANNUNG

Vor dem Betonieren: Die Ankerplatte und die äussere Trompete und das äussere Rohr mit glockenförmigem Austritt werden im Verankerungsquerträger oder Element einbetoniert. Der glockenförmige Austritt kann mit einem wiederverwendbaren Schalungselement, dem Diabolo, kreiert werden.

Nach dem Betonieren: Das PE Rohr und die innere Trompete werden montiert. Die PE Rohrelemente werden durch Spiegelschweissung verbunden. Für bestimmte Verbindungen muss eine Rohrkupplng verwendet werden, die erst nach dem Spannen mit den zu verbindenden Rohrelementen befestigt werden kann. Der Injektionsstutzen wird mit dem PE Rohr auf der Innenseite des Verankerungsquerträger verbunden.

Für die Installation der PE Rohre und das anschliessende Einstossen der Litzen sind temporäre Kabelhalter für die Rohre erforderlich. Permanente Kabelhalter sind erforderlich, wenn der Abstand zwischen den Umlenkpunkten und/oder den Verankerungen bei Strassenbrücken 15m und bei Eisenbahnbrücken 12m überschreitet.

SCHRITT 2 | Installation der Litzen

Für die Installation der Litzen stehen drei Optionen zur Verfügung:

2.1 Einstossen einzelner Litzen (vor oder nach dem Betonieren für interne Vorspannung; nach dem Betonieren für externe Vorspannung)

2.2 Einziehen eines kompletten Litzenbündels (nach dem Betonieren für interne und externe Vorspannung)

2.3 Installation von voll vorfabrizierten Kabeln (vor dem Betonieren, nur für interne Vorspannung):

DECKENVORSPANNUNG

Die Litzen von Kabeln mit Verbund werden in der Regel vor dem Betonieren eingestossen (2.1).

Alternativ können die Deckenspannglieder in der VSL-Werkstatt oder vor Ort vorgefertigt werden (2.3). Vorgefertigte Spannglieder bestehend aus den Litzen und dem Hüllrohr werden dann per Lastwagen angeliefert und per Kran direkt auf der Schalung der Decke abgesetzt. Massgeschneiderte Transport- und Installationskörbe sind für diese Operation erforderlich.

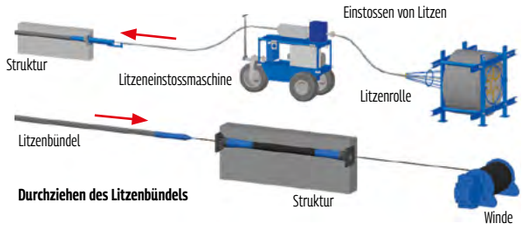
Vorspannkabel ohne Verbund (Monolitzen) werden im Werk vorgefertigt, für den Transport aufgerollt, auf die Baustellle geliefert und vor dem Betonieren eingebaut.

INTERNE UND EXTERNE LITZENVORSPANNUNG

Für die Montage der Litzen von internen und externen Vorspannkabeln **werden die folgenden Verfahren angewendet**:

Durchstossen einzelner Litzen (2.1) - die Litzen werden direkt mit einer Einstossmaschine von der Litzenrolle gezogen und in das Hüllrohr eingestossen. Das Einstossen erfolgt für interne Vorspannung entweder vor oder nach dem Betonieren und für externe Vorspannung immer nach dem Betonieren.

Als Alternative kann nach dem Betonieren das gesamte Litzenbündel durch das Hüllrohr gezogen werden (2.2). Dies geschieht mit einer Winde und einem **Zugseil.**



SCHRITT 3 | Spannen

Das Spannen der Vorspannkabel kann erfolgen, nachdem der Beton die minimal erforderliche Festigkeit gemäss VSL-Datenblatt erreicht und die Abschalung der Verankerungsnische entfernt wurde. Das Spannen besteht aus den folgenden Schritten:

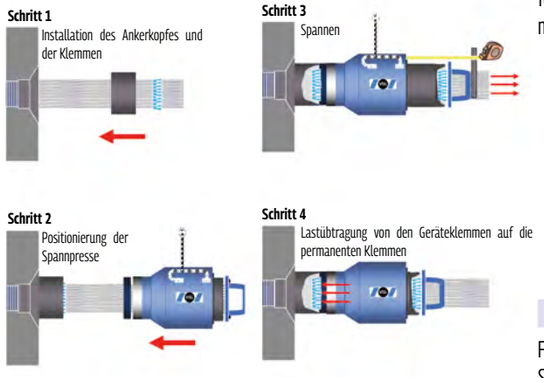
- **Schritt 1 - Platzieren des Ankerkopfes und der Klemmen:** Es ist wichtig, dass dieser Vorgang nach dem Betonieren durchgeführt wird, um zu vermeiden, dass die Oberflächen der Verankerung oder die Klemmen durch Betonspritzer und/oder Zementschlämme verunreinigt werden.
- **Schritt 2 - Positionierung der hydraulischen VSL Spannpresse**
- **Schritt 3 - Spannen:** Während des Spannens werden der am Manometer angezeigte Druck und die hinter der Presse gemessene totale Dehnung des Spannglieds im Spannprotokoll festgehalten. Als Alternative zur manuellen Protokollierung kann VSL eine automatische Datenerfassung beim Spannen anbieten.
- **Schritt 4 - Lastabgabe:** Durch Ablassen des Drucks in der Spannpresse wird die Last von den Geräteklemmen in der Spannpresse auf die permanenten Klemmen in der Verankerung übertragen.
- **Schritt 5 - Abschneiden der Litzen:** Die Litzenüberstände werden abgeschnitten, sobald der Spannvorgang abgeschlossen und vom Ingenieur genehmigt worden ist.

DECKENVORSPANNUNG

Verankerungen für Kabel im Verbund werden erst nach dem Betonieren eingebaut.

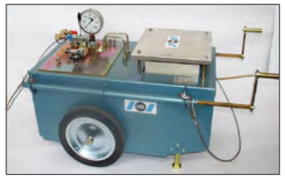
Die Litzen von Plattenspanngliedern werden mit speziellen VSL-Spannpressen und einer kleinen Hydraulikpumpe einzeln gespannt. Die für Plattenspannglieder benötigte Ausrüstung ist leicht genug, um von Hand positioniert und umgesetzt zu werden.

INTERNE UND EXTERNE LITZENVORSPANNUNG



Das Spannen ist bei internen und externen Litzenvorspannkabeln identisch. Alle Litzen werden gleichzeitig mittels einer VSL-Zentrumslochspresse, ausgerüstet mit einem Spannautomaten, und einer VSL hydraulischen Pumpe gespannt. Presse und Pumpe werden mit einem Kran und/oder mit anderen Transport- und Hebegeräten positioniert und umgesetzt.

Die VSL Zentrumslochpressen sind kompakt und kurz, um den Überstand der Litzen für das Spannen und den Platzbedarf hinter den Verankerungen klein zu halten.



SCHRITT 4 | Abdichtung der Verankerungen

Zur Vorbereitung für die Injektion werden die Ankerköpfe durch die Installation der permanenten Schutzkappen, die für Schutzkategorie B und C obligatorisch sind, abgedichtet.

Schutzkappen sind mit einem Entlüftungsstutzen ausgerüstet, sodass sichergestell werden kann, dass die Hohlräume um die Klemmen während der Injektion voll mit stabilem Zementmörtel gefüllt werden.

DECKENVORSPANNUNG

Bei Kabeln mit Verbund mit Schutzkategorie A können die Verankerungen mit temporären Schutzkappen ausgestattet werden. Nach der Injektion wird dann die Schutzkappe entfernt und die Spannnische mit einem schwindfreien Beton ausgefüllt. Eine viele bessere Alternative zu dieser Methode ist es, die Spannnische mit einer Endplatte, die mit einem Entlüftungsstutzen ausgerüstet ist, abzuschalen, so dass nicht nur die Verankerung aber auch die Spannnische direkt während der Injektion mit stabilem Zementmörtel gefüllt werden kann. Diese Methode erfordert zudem keine temporären Schutzkappen.

Kabel ohne Verbund verfügen über eine permanente Schutzkappe, die fettgefüllt nach dem Spannen installiert wird. Die Spannnische wird nach der Montage der Schutzkappe mit Beton gefüllt.

INTERNE LITZENVORSPANNUNG

Für **interne** Vorspannkabel werden permanente oder temporäre Schutzkappen verwendet:

Permanente Schutzkappe
(Schutzkategorie B und C)

Temporäre Schutzkappe
(Schutzkategorie A)

EXTERNE LITZENVORSPANNUNG

Für externe Spannglieder sind permanente Schutzkappen zu verwenden, da externe Kabel infolge fehlender Betonumhüllung mindestens Schutzkategorie B haben müssen

Permanente Schutzkappe
(Schutzkategorie B oder C)

SCHRITT 5 | Injektion

ZIELE DER INJEKTION

Die Ziele bei der Injektion von Spanngliedern sind:

1. Um einen effektiven Korrosionsschutz der Litzen zu erreichen, werden die Hohlräume in den Kabeln nach dem Spannen mit einem stabilen Zementmörtel gefüllt, der den Spannstahl durch seine Alkalität passiviert, und
2. Um eine effektive strukturelle Verbindung für die Übertragung von Schubspannungen zwischen den Litzen und dem das Kabel umhüllenden Beton zu erreichen (nur bei interner Vorspannung mit Verbund). Dies erlaubt es nicht nur den Spannstahl im Bruchzustand voll auszunützen, sondern erhöht auch die Redundanz der Vorspannung erheblich (Korrosionsprobleme in einem Kabelbereich oder Querschnitt führt nicht zum Verlust des ganzen Kabels).

Die Qualität der Injektion ist von grösster Bedeutung für die Dauerhaftigkeit von Vorspannkabeln. Qualitativ hochstehende Injektion wird erreicht, wenn folgende Punkte beachtet werden:

- Korrektes Detaillieren der Kabelanordnung und der Injektionsstutzen, um einen optimalen Fluss des Zementmörtels und eine vollständige Füllung der Hüllrohre, Verankerungen und Injektionsstutzen zu gewährleisten.
- Sorgfältige Auswahl der Materialien.
- Kontinuierliche Qualitätskontrolle zur Sicherstellung gleichbleibender Materialeigenschaften.
- Auswahl eines geeigneten Mischers.
- Auswahl eines Mischrezepts und Festlegung eines Mischvorgangs, die auf die verwendeten Materialien, die Umgebungen und den gewählten Mischer abgestimmt sind (Suitability Testing).
- Effektive Kabelumhüllung: Verwendung von temporären oder permanenten Schutzkappen (mit Entlüftungsstutzen) um die Verankerungen abzudichten. Überprüfung der Dichtigkeit des Kabels durch Messung von Druckveränderung in einem Druckluft- oder Vakuumtest vor Beginn mit der Mischung des Zementmörtels.
- Durchführung der Injektion vor Ort durch qualifiziertes Personal gemäss den standardisierten VSL Methoden. Schliessen von Injektionsstutzen (für Entlüftung und Auslauf) nur nach Verifikation des spezifischen Gewichtes des ausfliessenden Zementmörtels durch Messung. Erfassen aller Messdaten pro injiziertem Kabel.
- Tägliche Qualitätskontrollen während der Injektionen (wick induced test).
- Inspektion der Füllung der Schutzkappen und Injektionsstutzen innerhalb 24 Stunden nach Abschluss der Injektion und Nachfüllen falls erforderlich. Erfassen dieser Inspektionen pro injiziertem Kabel.

SCHRITTE BEI DER INJEKTION

Die Injektion von Vorspannkabeln erfolgt in den folgenden Schritten:

1. Vor der Injektion:

- Ausblasen der Hüllrohre, falls notwendig, um loses Material zu entfernen. Diese Arbeit hat vor der Installation der Litzen zu erfolgen. Die Verwendung von Wasser zum Ausspülen von Hüllrohren ist strikte verboten, da es unmöglich ist, das solches Wasser wieder vollständig aus dem Hüllrohr entfernt werden kann.
- Installation von temporären oder permanenten Schutzkappen an allen Verankerungen (mit Entlüftungsstutzen im Hochpunkt der Schutzkappe).
- Überprüfung der Dichtigkeit des Kabels mittels Messung des Druckveränderung in einem Druckluft- oder Vakuumtest. Erfassen der Messresultate pro Kabel im Injektionsprotokoll.

2. Injektion:

- Mischen des Zementmörtels
- Füllen der Testrohre für die tägliche Überprüfung des ‚Bluten' und der Testwürfel für die tägliche Überprüfung der Festigkeit.
- Ununterbrochene Injektion eines Kabels
- Schliessen der Injektionsstutzen für Entlüftung und Ausfluss (in Injektionssrichtung) erst, wenn der ausfliessende Zementmörtel die gleiche Konsistenz und das gleiche spezifische Gewicht wie beim Verlassen des Mischers respektive beim Einfliessen in das Kabel aufweist. Verifikation durch Messungen des spezifischen Gewichtes und Erfassen der Resultate pro Kabel im Injektionsprotokoll.
- Wenn das gesamte Kabel gefüllt ist, muss der Druck mindestens eine Minute lang gehalten werden.
- Innerhalb 24 Stunden nach der Injektion sind alle Injektionsstutzen und Schutzkappen auf vollständige Füllung zu überprüfen und ggf. nachzufüllen. Die Resultate dieser Inspektion müssen pro Kabel im Injektionsprotokoll erfasst werden.

VSL RICHTLINIEN ÜBER INJEKTIONEN

Es ist die Politik von VSL, dass alle Tochtergesellschaften der Gruppe die Injektion von Vorspannkabeln in Übereinstimmung mit den folgenden europäischen Normen durchführen:

- EN445: Zementmörtel für Spannglieder - Prüfverfahren
- EN446: Zementmörtel für Spannglieder - Injektionsverfahren
- EN447: Zementmörtel für Spannglieder - Allgemeine Anforderungen

ZEMENTMÖRTELSPEZIFIKATIONEN

Der Zementmörtel besteht aus Zement, Wasser und Zusatzstoffen. Diese Komponenten weisen eine komplexe Wechselwirkung auf, die sich stark auf die Eigenschaften des Mörtels auswirkt.

- **Zement:**
  Die Verwendung von Portlandzement wird empfohlen. Der Zement muss frei sein von Chloriden (weniger als 0,1%) oder anderen aggressiven Stoffen. Darüber hinaus muss er mit den Zusatzmitteln kompatibel sein und seine Eigenschaften müssen während eines Projektes gleich bleiben.
- **Wasser:**
  Das Wasser muss frei von Verunreinigungen sein, die die Aushärtung des Zementmörtels beeinflussen könnten, und darf keine Stoffe enthalten, die den Spannstahl angreifen. Im Allgemeinen erfüllt das Trinkwasser diese Anforderungen.
- **Zusatzmittel:**
  . Plastifizierendes Zusatzmittel, um die Viskosität zu reduzieren und die "Fliessfähigkeit" zu verbessern.
  . Stabilisierendes Zusatzmittel, um Sedimentation oder Entmischung des Zementmörtels zu verhindern und sicherzustellen, dass der Zementmörtel homogen bleibt.

VSL-HPI ZEMENTMÖRTEL

Aufgrund seiner langjährigen Erfahrung kennt VSL die Bedeutung einer hochwertigen Injektion, um die langfristige Dauerhaftigkeit von vorgespannten Kabeln zu gewährleisten. Unter dem Markenzeichen VSL-HPI (High Performance Injection) hat VSL einen kompletten Prozess entwickelt, der das Erreichen der Qualität der Injektionsarbeiten vor Ort sicherstellt.

Generell entwickelt VSL für jedes Profitcenter oder Projekt ein massgeschneidertes Mischrezept (HPI-Grout-Mix). Dabei werden die lokal verfügbaren Zementmörtel-Materialien verwendet, die auf ihre Verträglichkeit und Effektivität geprüft werden. Die Mischung muss einen Zementmörtel erzeugen, der einerseits wenig ‚Bluten' und Sedimentation hat und somit stabil ist, aber auch genügend lang nach dem Mischen eine Viskosität aufweist, die tief genug ist, um die vollständige Füllung der Kabel zu gewährleisten. In der Schweiz müssen der Zement und die Zusatzmittel vom zertifizierten Lieferanten im Werk vorgemischt werden, sodass auf der Baustelle nur noch das Wasser hinzugemischt werden muss.

GERÄTE

VSL verwendet Paddel- oder Kolloidmischer für die Herstellung von Zementmörtel. Beim Mischen mit Kolloidmischern hat der Mörtel den Charakter eines "Kolloids", d.h. einer Substanz, die aus sehr kleinen, unlöslichen Partikeln besteht, die in einer umgebenden Flüssigkeit (Wasser) in Suspension bleiben.

Die VSL Mischer sind ausgestattet mit:

- kalibriertem Wasserbehälter (Toleranz +/- 1%)
- einem mechanischen Mischer
- zwei Behältern (Misch- und Speicherbehälter), um eine kontinuierliche Produktion für grosse Volumina zu gewährleisten (Mischer mit nur einem Behälter können für Deckenvorspannglieder verwendet werden, die kleine Injektionsvolumina erfordern).
- einem mechanischen Mischer im Speicherbehälter
- eine Pumpe
- ein Sieb vor der Pumpe, um zu verhindern, dass Klumpen in die Kabel injiziert werden.

VERSUCHE

Der VSL-HPI-Zementmörtel, den VSL in der Schweiz verwendet, erfüllt oder übertrifft sowohl alle in EN 445, 446 und 447 festgelegten Anforderungen (sowie ISO 14824, Teil 1-3) als auch die Anforderungen der Schweizer Norm SIA 262/1.. Die Anforderungen müssen mit den folgenden standardisierten Tests nachgewiesen werden:

1. Standardprüfung der Viskosität

Ziel: Sicherstellung der richtigen Viskosität (Fliesszeit) des Injektionsmörtels.
Testaufbau: 1 Liter Mörtel muss innerhalb einer festgelegten Zeit einen standardisierten Kegel durchlaufen.
Anforderungen: Durchflusszeitbegrenzung ≤ 25 Sekunden. Es muss auch eine Stabilität der Fliesszeit über einen längeren Zeitraum von mindestens 30 Minuten nachgewiesen werden.

2. Standardprüfung der Druckfestigkeit

Ziel: Messen der Druckfestigkeit, in der Regel nach 7 und 28 Tagen.
Versuchsaufbau: Standard-Druckfestigkeitsprüfung für eine Prismenprobe von 40 x 40 x 160 mm.
Anforderungen: Die Druckfestigkeit des Mörtels muss mindestens 30 N/mm² nach 28 Tagen oder 27 N/mm² nach 7 Tagen erreicht haben.

3. 'Mud Balance' Test

Ziel: Überprüfung von Dichte/spezifischem Gewichtes des flüssigen Mörtels (Gewicht/Volumen) zur Bestätigung des Wassergehalts der Mörtelmischung während Injektionsarbeiten.
Testaufbau: ‚Mud Balance' Test
Anforderungen: Nachweis, dass das spezifische Gewicht des aus dem Kabel auslaufenden Zementmörtel mindenstens das selbe spezifische Gewicht aufweist, wie das spezifische Gewicht der VSL-HPI Zementmörtel Rezeptmischung, mit der der ‚Inclined Tube' Test erfüllt wurde. Der VSL-HPI Zementmörtel weist aufgrund seines geringen Wassergehalts und seiner geringen Porosität eine hohe Dichte von ca. 2'050 kg/ m3 auf.

4. Wick-induzierter 'Bluten' Test

Ziel: Überprüfung von ‚Bluten' und Volumenänderung mit der Presenz einer Litze, um den Filtereffekt der Litzen in Hüllrohren zu simulieren.
Testaufbau: Ein transparentes 1 m langes Vertikalrohr mit einer einzelnen 0,6" Litze in der Mitte. Das Rohr wird bis auf eine definierte Höhe mit dem Zementmörtel gefüllt; der ‚Bluten' und die Volumenänderungen werden in festgelegten Abständen über eine Periode von 24 Stunden gemessen: Der ‚Bluten' darf nach 3 Stunden Ruhezeit 0,3 % des Ausgangsvolumens nicht überschreiten und die Volumenänderung des in Ruhe befindlichen Zementmörtels muss nach 24 Stunden im Bereich von -1 % bis +5 % liegen.

5. 'Inclined Tube' Test

Ziel: Überprüfung des ‚Bluten' und der Stabilität
Testaufbau: Schräges transparentes Rohr von 5 m Länge mit 12 0,6" Litzen. Das Rohr wird mit Mörtel gefüllt. ‚Bluten' und Volumenänderungen werden in regelmässigen Abständen über eine Periode von 24 Stunden gemessen. Dieser Test ist der einzige derzeit verfügbare Test, der die Verhältnisse in einem Kabel realistisch simuliert und deshalb eine Verifikation der Stabilität des Mörtels gegen Entmischung ermöglicht.
Anforderungen: Der ‚Bluten' darf nach 3 Stunden Ruhezeit 0,3 % des Ausgangsvolumens nicht überschreiten.

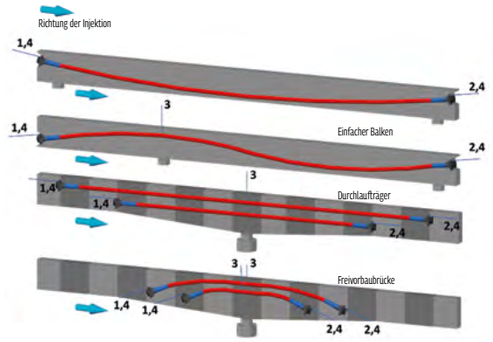
Die oben beschriebenen Tests müssen täglich beim Injizieren von Spanngliedern als Produktionsqualitätskontrolle durchgeführt werden, mit Ausnahme des ‚Inclined Tube' Test, der nur vor Beginn von Injektionsarbeiten auf einem Projekt im Rahmen des ‚Suitability' Testing des vorgeschlagenen Mörtelrezepts, und der Materialien und Geräten durchgeführt werden muss.

KONSTRUKTIVE AUSBILDUNG

Das korrekte Detaillieren und/oder Definition der Hüllrohre, Injektionsstutzen und Schutzkappen ist von grösster Bedeutung für eine qualitative hochstehende Injektion. Alle Stösse zwischen Hüllrohren, Injektionsstutzen, Verankerungen und Schutzkappen müssen dicht sein, um eine vollständige Füllung des Kabels mit stabilem Zementmörtel zu gewährleisten.

Der Abstand zwischen den Injektionsstutzen variiert je nach Kabeltyp, Hüllrohrprofil und verwendetem Injektionsverfahren. Ein akzeptabler Bereich für maximalen Abstand liegt in der Grössenordnung von 30 m bis 70 m.

Die folgenden Beispiele zeigen für gängige Kabeltypen Injektionsstutzen und Entlüftungspositionen:
Injektionsstutzen sind an folgenden Orten anzuordnen:
- Mörteleinlass (1)
- Mörtelaustritt (2)
- Höhepunkt des Kabelprofils (3), für Entlüftung
- Verankerungskappen (4), für Entlüftung



INJEKTIONSSTUTZEN FÜR VSL-DECKENSPANNGLIEDER
Für Deckenspannglieder, die relativ kurz sind (d.h. unterhalb oder innerhalb des oben für den maximalen Entlüftungabstand angegebenen zulässigen Bereich liegen) und einen relativ kleinen Profilstich von nicht mehr als 0,5 m - 0,8 m aufweisen, sind keine Entlüftungsstutzen an den Profilhochpunkten erforderlich.

VAKUUMUNTERSTÜTZTE INJEKTION
Bei der vakuumunterstützten Injektion wird das Kabel vor der Injektion einem Vakuum ausgesetzt und der grösste Teil der eingeschlossenen Luft wird dadurch entfernt. Damit wird das Risiko, durch Lufteinschlüsse Hohlräume im injizierten Kabel zu hinterlassen, deutlich reduziert.
Die vakuumunterstützte Injektion sollte immer für externe Vorspannkabel eingesetzt werden, die Hochpunkte an internen Umlenkpunkten haben, wo die Installation von Entlüftungsstutzen direkt im Hochpunkt nicht möglich ist.

Zudem wird empfohlen lange horizontale Spannglieder ohne definierte Hochpunkte (z.B. für die horizontale Vorspannung von zylindrischen Behältern) vakuumunterstützt zu injizieren.

ZUSÄTZLICHE ÜBERLEGUNGEN
Falls in ‚Match-Cast' Segmentbauweise interne Vorspannkabel Fugen queren, sollten immer VSL PT-PLUS® Segmentkuppler installiert werden, die speziell für diese Art von Anwendung entwickelt und detailliert wurden (siehe technischer Teil). Von dieser Regel sollte nur dann abgewichen werden, falls die Fugen nicht nur mit Epoxy verklebt werden, sonderne auch auf den den Witterungseinflüssen direkt ausgesetzten Seiten mittles einer Abdichtung versiegelt werden.

Externe Kabel werden in der Regel mit Zementmörtel injiziert. Als Option können externe Kabel aber auch mit einem flexiblen Füllstoff (Wachs) injiziert werden. Dabei ist zu beachten, dass Wachs auf mehr als 90 Grad erwärmt werden muss um zu fliessen, was das vollständige Füllen der Kabel erheblich erschwert und dass die Litzen externer Kabel ohne den Schutz der Zementinjektion infolge kleinster mechanischer Einflüsse oder lokaler Feuerentwicklung erheblich beschädigt werden können.

SCHRITT 6 | Arbeiten nach der Injektion

Nach der Injektion sind die folgenden Arbeiten durchzuführen:

- Bei **externen Vorspannkabeln** muss die Rohrkupplung, falls nicht schon vor der Injektion permanent abgedichtet, mit Schrumpfschläuchen abgedichtet werden. In jedem Fall müssen Löcher, die für das Anbringen von Injektionsstutzen am Rohr, gemacht wurden, mit Schrumpfschläuchen abgedichtet werden.

- Bei **Verankerungen in Spannnischen** müsssen diese Aussparungen oft mit Beton aufgefüllt werden.

4 Bauwerksüberwachung

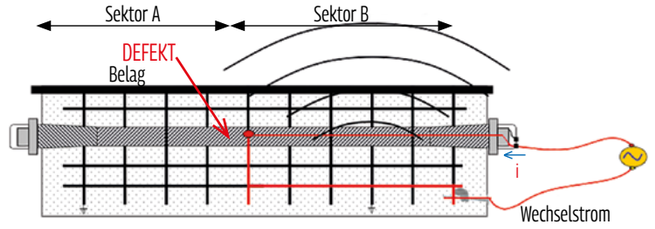
VSL bietet verschiedene Produkte und Dienstleistungen für die Bauwerksüberwachung an. Dieser Abschnitt stellt ausgewählte Beispiele vor und kann keinen vollständigen Überblick geben. Für weitere Informationen zur Bauwerksüberwachung wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen VSL-Vertreter.

Zementmörtelkontrolle mit dem Void and Corrosion Detection Sensor VCsensor

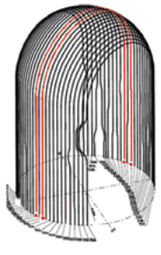
Der VCsensor wird verwendet, um durch Messung in ausgewählten Querschnitten entlang eines Kabels bestätigen zu können, ob die Verankerung oder das Huellrohr voll mit Zementmörtel gefuellt ist und ob der Stahl durch das Injektionsgut passiviert wurde. Der Sensor wird vor dem Betonieren an potenziell kritischen Stellen des Kabels installiert. Er gibt an, ob die Alkalität unzureichend ist oder ob während der Injektion eine Chloridkontamination des Mörtels erfolgte. Darüber hinaus kann er das Vorhandensein von ‚Bluten' Wasser erkennen. Als Ergebnis bestätigt er das Vorhandensein von Mörtel mit ausreichenden alkalischen Eigenschaften an kritischen Stellen des Kabels und ermöglicht während der Installation eine direkte Qualitätskontrolle des im Kabel eingebauten Zementmörtels. Der VSL Grout Void Sensor ist patentrechtlich geschützt. Seine Effizienz wurde in Labortests, Tests an einem grossformatigen Modell und auf einem Brückenreparaturprojekt in England bestätigt.

Elektrisch isolierte Kabel (EIT) - Langzeitüberwachung der Integrität der Kabelumhüllung und Erkennung der Lage möglicher Defekte

Elektrisch isolierte Kabel (EIT) ermöglichen die Überwachung der Kabelumhüllung. Die Langzeitüberwachung der Kabelumhüllung ermöglicht es, das Eindringen von Wasser infolge eines möglichen Defekts in der Kabelumhüllung frühzeitig zu erkennen (siehe S. 28-29).
Die Kenntnis der Lage eines möglichen Defekts in der Kabelumhüllung ist unerlässlich, um die Folgen für die Dauerhaftigkeit abzuschätzen und den Mangel zu beheben.
Um den Defekt zu lokalisieren, wird zwischen dem Vorspannkabel und der passiven Armierung ein elektrisches Wechselstromfeld angelegt, indem man die für die Impedanzmessungen vorgesehenen elektrischen Anschlüsse verwendet. Die Messung des magnetischen Flusses des resultierenden Wechselstromes ermöglicht es, die Bereiche in denen Strom fliesst zu bestimmen und den Ort, wo der Strom das Kabel verlässt.
Die folgende Abbildung zeigt das Vorhandensein eines Magnetfeldes im Sektor B, während im Sektor A kein Magnetfeld gemessen wird. Eine zuverlässige Lokalisierung des Defekts ist möglich, solange die Kabel an beiden Enden elektrisch angeschlossen sind.



Betriebsüberwachung für Sonderkonstruktionen - Gewährleistung der Vorspannwirkung über Jahre hinweg

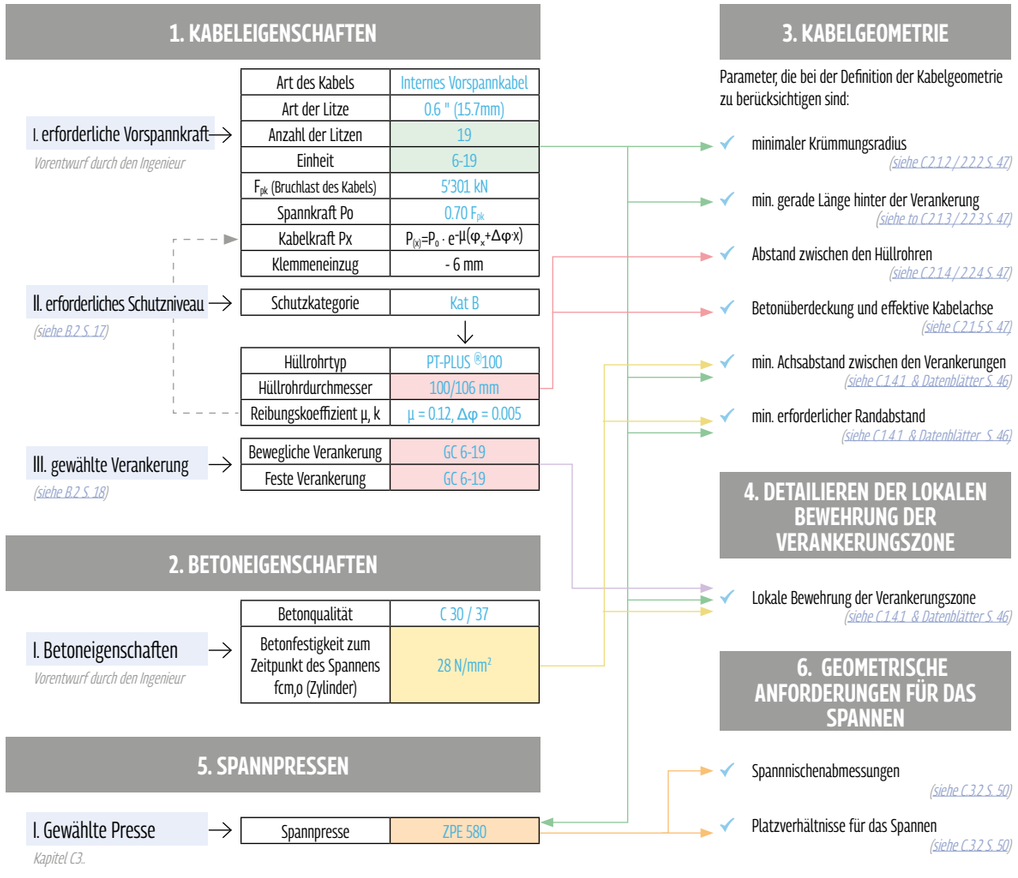


VSL bietet Betriebsüberwachung für Sonderkonstruktionen an, wie zum Beispiel Reaktorsicherheitsbehälter (Containments) in Kernkraftwerken. Die geltenden Vorschriften schreiben oft Überwachungsstrategien zur Überwachung von Containment-Konstruktionen vor, da externe Faktoren sowie Veränderungen der mechanischen Eigenschaften von Beton und Stahl im Laufe der Zeit einen direkten Einfluss auf die nukleare Sicherheit haben.
VSL ist in der Lage, verschiedene Techniken zur Überwachung der Vorspannstähle und Spannungen und Verformungen in Strukturen anzubieten. Beispiele sind Extensometer zur Dehnungsmessung entlang der Kabel mit der Fibre Bragg Technologie. Temperatur und Dehnung können entlang ausgewählter Kabel gemessen werden, so dass die Kabelkräfte zu jedem Zeitpunkt während der Lebensdauer der Struktur überwacht werden können.

Einbetonierter Dehnungssensor montiert auf der Aussenseite des Hüllrohrs eines 12MN nachspannbaren Kabels (Fibre Bragg Technology)

5 Konstruieren von vorgespannten Strukturen

Bei der Konstruktion einer mit Vorspannkabeln vorgespannten Struktur müssen verschieden strukturelle und geometrische Parameter berücksichtigt werden, um den geltenden Normen und Vorschriften zu entsprechen. Diese Seite soll einen Überblick über die verschiedenen Parameter geben und die wichtigsten Abhängigkeiten zwischen ihnen aufzeigen:



Bemerkungen:
1. Blau markierte Werte stellen Werte für ein Beispiel dar.
2. Beim Beispiel handelt es sich um ein typisches internes Vorspannkabel. Das Flussdiagramm kann jedoch für die Defintion anderer Spanngliedtypen verwendet werden.
3. *Kursiv* gedruckte Angaben sind Hinweise auf entsprechende Kapitel dieser Broschüre.

C

Bemessungshinweise und konstruktive Überlegungen

1 Bemessungshinweise

1.1 Vorspannkraft

Internationale Normen definieren die maximale Kraft in vorgespannten Kabeln, die im Allgemeinen nicht überschritten werden sollte. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die verschiedenen Normen. Es wird zwischen den Kabelkräften während und nach dem Spannen unterschieden, um eine teilweise Kompensation der Reibungsverluste durch temporäres "Überspannen" zu ermöglichen (siehe C.1.2.8).

NORM	Max. Kabelkraft (Vorspannkraft) NACH dem Spannen (nach Klemmeneinzug)	Max. Kabelkraft WÄHREND des Spannens
FIB Model Code 2010	Min (0.75 f_{pk}, 0.85 $f_{p0.1k}$)	Min (0.80 f_{pk}, 0.90 $f_{p0.1k}$)
Eurocode 2 (EN-1992-1-1)	Min (0.75 f_{pk}, 0.85 $f_{p0.1k}$)	Min (0.80 f_{pk}, 0.90 $f_{p0.1k}$)
SIA 262 (2013)	0.70 f_{pk}	0.75 f_{pk}

Mit:
f_{pk}: charakteristische Zugfestigkeit
$f_{p0.1k}$: charakteristische Wert gemessen bei 0,1% permanenter Dehnung

Die meisten anwendbaren Normen erlauben ein Überspannen der Kabel (siehe C.1.2.8 S.44) vor dem Klemmeneinzug.
EN-1992-1-1-1 spezifiziert die maximalen Kabelkräfte in den nationalen Anhängen. Die hier angegebenen Werte sind Richtwerte.
Ein Spannglied kann erst dann gespannt werden, wenn der Beton in der Verankerungszone die erforderliche Druckfestigkeit $f_{cm,0}$ erreicht hat. $f_{cm,0}$ ist die zum Zeitpunkt des Spannens gemessene Zylinderbetonfestigkeit vor Ort und sollte $f_{cm,0}$ gemäss den entsprechenden VSL-Datenblättern oder dem vom Projektverfasser angegebenen Wert erreichen oder überschreiten. Für teilweise Vorspannung bei niedrigeren Werten als $f_{cm,0}$ siehe C.1.4.1 S. 46 in dieser Broschüre.

1.2 Kabelkraft - Verluste

Die an der beweglichen Verankerung eines Kabels aufgebrachte Vorspannkraft nimmt entlang des Kabels infolge verschiedener Faktoren ab. Die Verluste der Kabelkraft werden in diesem Kapitel beschrieben. Im Allgemeinen werden unmittelbare Verluste und Langzeitverluste getrennt betrachtet:

Unmittelbare Verluste:
- Verluste durch Reibung entlang des Kabels und in der Verankerung
- Verluste durch den Klemmeneinzug
- Elastische Verkürzung des Betons

Langzeitverluste:
- Verluste durch Relaxation des Spannstahls
- Verluste durch Kriechen und Schwinden des Betons

1.2.1 VERLUSTE DURCH REIBUNG ENTLANG DES KABELS

Verluste durch Reibung entlang des Kabels können nach der Coulomb-Formel berechnet werden:

$$P_{(x)} = P_o \cdot e^{-\mu(\varphi_x + \Delta\varphi \cdot x)}$$

Wo:
- $P_{(x)}$ = Kabelkraft in einem Abstand x von der beweglichen Verankerung
- P_o = Kabelkraft bei der beweglichen Verankerung (Vorspannkraft)
- e = Basis der napierischen Logarithmen
- μ = Reibungskoeffizient zwischen dem Spannstahl und dem Hüllrohr [rad-1]
- φ_x = Summe der planmässigen Umlenkwinkel bis zur Stelle x (horizontal und vertikal) im Bogenmass [rad]
- Δφ = ‚Wobble' Faktor (ungewollte Umlenkungen (im Bogenmass) pro Längeneinheit [rad/m])

Die Werte der Koeffizienten μ und Δφ sind eine Funktion des verwendeten Vorspannstahls und des verwendeten Hüllrohrtypes. Um die für die VSL-Systeme allgemein gültigen Werte zu ermitteln, wurden eine Vielzahl von Laboruntersuchungen an Grossmodellen und zahlreiche Messungen vor Ort durchgeführt.

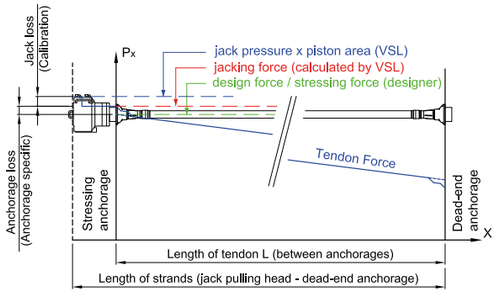
Hinweis: In einigen Ländern und Normen wird eine alternative Darstellung der Coulomb-Formel verwendet:: $P_{(x)} = P_o \cdot e^{-(\mu \cdot \varphi_x + \Delta\varphi^* \cdot x)}$
Mit ‚Wobble' Faktor $\Delta\varphi^*$ $[m^{-1}]$

Werte für die Koeffizienten μ und Δφ:

Art der Kabels und des Hüllrohres	Bereich	Empfohlene Werte
Internes Spannglied mit gewelltem Stahlhüllrohr (blanke Litzen)	μ = 0.16 - 0.22 Δφ = 0.004 - 0.008	μ = 0.18 Δφ = 0.005 ($\Delta\varphi^* = 9 \times 10^{-4}$)
Internes Spannglied mit PT-PLUS® Hüllrohr (blanke Litze)	μ = 0.10 - 0.14 Δφ = 0.004 – 0.010	μ = 0.12 Δφ = 0.005 ($\Delta\varphi^* = 6 \times 10^{-4}$)
Externes Spannglied mit PE-Rohr (blanke Litze)	μ = 0.10 - 0.14 Δφ = 0 (2)	μ = 0.12 Δφ = 0 (2) ($\Delta\varphi^* = 0$)
Internes Spannglied ohne Verbund mit individuell gefetteten und PE umhüllten Litzen (Monolitzen)	μ = 0.04 - 0.07 Δφ = 0.004 - 0.006	μ = 0.05 Δφ = 0.005 ($\Delta\varphi^* = 2.5 \times 10^{-4}$)
Spezielle Anwendung: Externes Spannglied mit gefetteten und PE umhüllten Litzen	μ = 0.04 - 0.07 Δφ = 0 (2)	μ = 0.06 Δφ = 0 (2) ($\Delta\varphi^* = 0$)

Anmerkungen:
1. Die unter ‚Bereich' angegebene Werte umfassen sowohl trockene als auch infolge temporärem Korrosionsschutz leicht geölte Litzen.
2. Die Werte des ‚Wobble' Faktors Δφ sind für externe Spannglieder Null.

Es ist zu beachten, dass neben den Reibungsverlusten entlang des Kabels auch Verluste in der Spannpresse und in der Verankerung auftreten. Diese Verluste hängen von der Spanngliedeinheit, der Art der Verankerung und des verwendeten Spannpressentyp ab. Diese Verluste werden bei der Berechnung der Pressenkraft und des hydraulischen Druckes in der Spannpresse durch VSL berücksichtigt. Folglich muss der Ingenieur diese Verluste nicht berücksichtigen.



1.2.2 VERLUSTE DURCH DEN KLEMMENEINZUG

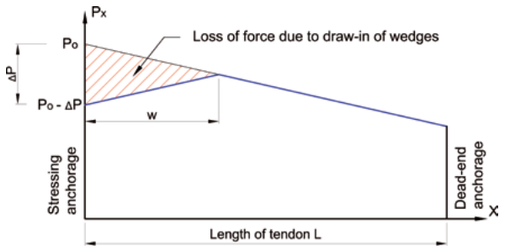
Wenn die Vorspannkraft von den Geräteklemmen in der Spannpresse auf die permanenten Klemmen in der beweglichen Verankerung abgegeben werden, werden die permanenten Klemmen um einen festen Abstand von ca. 6 mm von den Litzen in den Ankerkopf der Verankerung hineingezogen. Dieser Wert ist unabhängig von der Spanngliedeinheit, dem Nenndurchmesser der Litze und ihrer Qualität. Unter der Annahme eines linearen Spannungsverlustes durch Reibung (in den meisten Fällen eine gültige Hypothese) lassen sich der Spannungsverlust und die Länge der durch den Klemmeneinzug betroffenen Zone des Kabels wie folgt berechnen:

$$w = \sqrt{\frac{\Delta l_c \cdot E_p \cdot A_p}{\Delta p}}$$

$$\Delta P = 2 \cdot \Delta p \cdot w$$

wobei: w = Länge der Zone, die durch den Klemmeneinzug beeinflusst wird.
ΔP = Kraftverlust an der beweglichen Verankerung infolge Klemmeneinzug
Δl_c = Klemmeneinzug (= 0.006m)
E_p = Elastizitätsmodul des Spannstahls in [kN/m²]
A_p = Stahlquerschnitt in [m²]
Δp = Kraftverlust pro m in [kN/m']

$$\Delta p = \frac{P_o - P_L}{L}$$



In den meisten Fällen hat dieser Verlust keinen praktischen Einfluss, da die im Kabel erforderliche Kraft durch das massgebende Moment im vorgespannten Element bestimmt wird, das sich in der Regel ausserhalb der vom Klemmeneinzug beeinflussten Zone befindet. Bei kurzen Spanngliedern mit kleiner Krümmung oder wenn sich die massgebende Kabelkraft in der Nähe der Verankerung befindet, ist es möglich, den Kraftverlust infolge dem Klemmeneinzug durch die Installation von Unterlagscheiben zwischen Ankerblock und Ankerplatte zu kompensieren (zweistufiges Spannen).

1.2.3 VERLUSTE DURCH ELASTISCHE VERKÜRZUNG DES BETONS

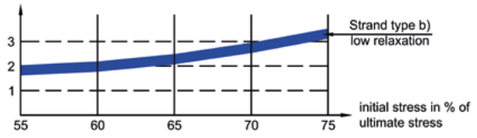
Das Vorspannen verkürzt das vorgespannte Element elastisch, was zu einem Abfall der Kraft in bereits gespannten Kabeln führt.
Für Standardfälle, wie im Allgemeinen beim Vorspannen von Decken oder Brückenträger, ist diese Verkürzung vernachlässigbar.

1.2.4 VERLUSTE DURCH RELAXATION DES SPANNSTAHLS

Relaxation ist der Kraftverlust, gemessen als Funktion der Zeit, in einem Kabel, das gespannt ist und dessen Länge konstant gehalten wird. Sie ist eine physikalische Eigenschaft des Stahls, die von der Qualität des Stahls und dem Verfahren, mit dem der Stahl hergestellt wurde, abhängt.

Für einen gegebenen Stahl variert die Relaxation zusätzlich mit der Kabelkraft und der Umgebungstemperatur.
Die von VSL verwendeten Litzen sind ‚low-relaxation' Litzen mit einer maximalen Relaxation bei 1.000 Stunden von 2,5% (bei einer Kabelkraft von 70% UTS {Bruchfestigkeit} und einer Umgebungstemperatur von 20°C).

Die folgende Grafik ermöglicht die Abschätzung der Relaxation einer ‚low-relaxation' Litze bei 1.000 Stunden, bei einer Temperatur von 20°C und in Abhängigkeit von der Kraft in der Litze (mittlere Spannung in % f_{pk}, infolge Vorspannung entlang der Litze unter Berücksichtigung unmittelbarer Kraftverluste).



Die Verluste durch die Relaxation des Spannstahls hängen stark von der Temperatur ab.
Wenn Relaxationsverluste für die Struktur oder das Bauteil wichtig sind, wird dringend empfohlen, Relaxationstests mit Temperaturen die typisch für den Standort des Bauwerks sind, zu machen, sofern diese Temperaturen über einen längeren Zeitraum voraussichtlich deutlich über 20°C liegen.
Der totale Relaxationsverlust, das heisst nach unendlicher Zeit, ist zwei- bis dreimal grösser als die Relaxation nach 1.000 Stunden.
Für die Vorbemessung können deshalb die Verluste durch Relaxation in vorgespannten Litzen mit normalem Anfangsspannungsniveau und Temperaturen um 20°C mit 6% bis 7% angesetzt werden.
Diese Schätzung kann als Obergrenze betrachtet werden. Es ist zu beachten, dass es erhebliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Normen gibt, weshalb man sich für die detaillierte Berechnung auf die geltenden Normen und Empfehlungen, z.B. fib Model Code 2010, beziehen sollte.

1.2.5 VERLUSTE DURCH KRIECHEN UND SCHWINDEN DES BETONS

Die Berechnung der Verluste durch Kriechen und Schwinden des Betons sollte auf der Grundlage der geltenden Normen oder nach dem fib-Model Code 2010 durchgeführt werden.

Bei Kabeln mit Verbund ist die lokale Verformung in der Ebene der Kabel zu berücksichtigen, während bei Kabeln ohne Verbund (z.B. bei externen Kabeln, die nur an wenigen Punkten mit der Struktur im Kontakt sind) im Allgemeinen die Verformung des gesamten vorgespannten Elements zwischen den Verankerungen der Kabel berücksichtigt werden muss.
Die folgenden Gleichungen basieren auf dem fib Model Code 2010 und ermöglichen es, die totalen Kabelverluste infolge des Schwinden und Kriechen des Betons bei konstanter Belastung zu bestimmen. Für detaillierte Berechnungen muss man sich auf die anwendbaren Normen beziehen.

$$\Delta p_{c+s} = \frac{\Delta\sigma_{p,c+s}}{\sigma_{p_0}} \cdot 100$$

$$\Delta\sigma_{p,c+s} = \frac{\varepsilon_{cs(t,t_s)} \cdot E_s + \alpha \cdot \phi_{(t,t_0)} \cdot \sigma_{c,p_0+g}}{1 - \alpha \frac{\sigma_{c,p_0}}{\sigma_{p_0}} \left(1 + \frac{\phi_{(t,t_0)}}{2}\right)}$$

mit: Δ_{pc+s} = Spannungsverlust infolge Schwindung und Kriechen[%].
$\Delta\sigma_{p,c+s}$ = Variation der Spannung im Spannstahl infolge Kriechen und Schwinden [N/mm²]
σ_{p0} = Spannung im Spannstahl infolge Vorspannung unmittelbar nach dem Spannen
$\sigma_{c,p0}$ = anfängliche Normalspannung im Beton infolge Vorspannung (auf Höhe Kabel) [N/mm²]
$\sigma_{c,p0+g}$ = Normalspannung im Beton infolge Vorspannung unmittelbar nach dem Spannen (auf dem Niveau des Vorspannstahls)[N/mm²]
E_s = Elastizitätsmodul des Vorspannstahls (195.000N/mm²)
E_{cm} = Elastizitätsmodul des Betons [N/mm²]
$\varepsilon_{cs(t,ts)}$ = Endschwindmass des Betons; kann dem folgenden Diagramm entnommen werden
$\varphi_{(t,to)}$ = Endkriechkoeffizient des Betons, kann dem folgenden Diagramm entnommen werden.
α = E_s / E_{cm}

Faktoren, die das Ausmass des Schwindens und des Kriechens im Beton beeinflussen, sind:
• Alter bei Belastung der Struktur, t_0 [Tage]
• Atmosphärische Bedingungen, relative Luftfeuchtigkeit RH [%]
• Geometrie der Elemente, nominelle Höhe h = $2A_c/u$ [mm]

Die Endverluste im Vorspannstahl infolge Schwinden und Kriechen werden durch die oben genannten Faktoren beeinflusst. Darüber hinaus ist die Höhe der Normalspannungen im Beton infolge Vorspannung und Eigenlast $\sigma_{c,p0+g}$ von grosser Bedeutung.

Die Endschwinddehnung $\varepsilon_{cs(t,ts)}$, (in 10E-3), die für das autogene Schwinden und das Schwinden infolge Austrocknung verantwortlich ist, kann anhand der folgenden Tabelle abgeschätzt werden:

Trockene atmosphärische Bedingungen (RH = 50%, in geschlossenen Gebäuden)			Feuchte atmosphärische Bedingungen (RH = 80%, im Freien)		
Nominelle Höhe $2A_c/u$ [mm]					
50	150	600	50	150	600
-0.61	-0.60	-0.49	-0.38	-0.38	-0.31

Der Einfluss der Belastungszeit auf das Endschwindmass kann für die Vorbemessung vernachlässigt werden.

Der Endkriechkoeffizient $\varphi_{(t,t0)}$ ist in der folgenden Tabelle dargestellt. Der Endkriechkoeffizient hängt wesentlich vom Alter der Struktur bei ihrer Belastung ab.

Alter beim Laden t_0 [Tage]	Trockene atmosphärische Bedingungen (RH = 50%, in geschlossenen Gebäuden)			Feuchte atmosphärische Bedingungen (RH = 80%, im Freien)		
	Nominelle Höhe $2A_c/u$ [mm]					
	50	150	600	50	150	600
1	4.8	4.0	3.3	3.2	2.9	2.6
7	3.5	2.9	2.4	2.4	2.2	2.0
28	2.7	2.3	1.9	1.9	1.7	1.5
90	2.1	1.8	1.5	1.5	1.3	1.2
365	1.6	1.3	1.1	1.1	1.0	0.9

Wie bereits erwähnt, hängen die Verluste durch Kriechen und Schwinden stark von geometrischen, atmosphärischen und zeitlichen Faktoren ab und variieren auch zwischen Normen.
Die nachfolgende Tabelle gibt für drei verschiedene Fälle Grössenordnungen von Kraftverlusten infolge Schwinden und Kriechen. Diese Werte sollten nur für Vorbemessungen verwendet werden. Für die detaillierte Statik sollte man sich auf die geltenden Normen oder Empfehlungen, wie z.B. den fib Model Code 2010, beziehen.

Fall I: Ortsbeton, vorgespannt nach wenigen Tagen unter trockenen atmosphärischen Bedingungen
Fall II: Ortsbeton, vorgespannt nach normaler Betonnachbehandlung in feuchter Atmosphäre
Fall III: Fertigteile mit Vorspannung nach mehr als 30 Tagen

Typische Endwerte für Verluste infolge Kriechen und Schwinden des Betons:			
Fall	I	II	III
Deckenspannglieder	8 - 9 %	6 - 8 %	4 – 6 %
Brücken und Balken	12 – 15 %	8 – 12 %	5 – 8 %

1.2.6 TOTALE LANGZEITVERLUSTE

Typische Werte für totale Langzeitverluste infolge Relaxation des Vorspannstahls und infolge Schwinden und Kriechen des Betons ergeben sich indem man die Relaxationsverluste zu den in 1.2.5 angegebenene Werten addiert.

z.B. Fall I:
• für Deckenspannglieder~ 15 %
• für Brücken und Träger ~ 20 %

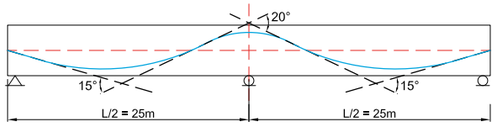
Diese Werte sind Näherungswerte. Für die detaillierte Berechnung sind die geltenden Normen und Empfehlungen, wie z.B. der fib Model Code 2010, heranzuziehen.

1.2.7 BEISPIEL FÜR DIE BERECHNUNG DER KABELKRAFT ENTLANG DES VORSPANNKABELS (KRAFTDIAGRAMM)

Dieses Kapitel gibt ein Beispiel für die Berechnung der Kabelkraft entlang eines Vorspannkabels unter Berücksichtigung von Verlusten infolge Reibung und dem Klemmeneinzug.

• VSL-Kabel 6-12, 12 Litzen, Nenndurchmesser (Ø) 15.7mm (0.6")
• Länge des Kabels L = 50m
• Querschnitt einer Litze As = 150mm²
• Charakteristische Zugfestigkeit f_{pk} = 1.860N/mm²
• Charakteristische Bruchlast des Kabels F_{pk} = 3.348 kN
• Elastizitätsmodul des Vorsspannstahls = 195.000N/mm²
• Kabel mit GC 6-12 Verankerungen und PT-PLUS® Hüllrohr
• Vorspannkraft = 75% F_{pk} = 2.511kN

• Kabelgeometrie:



FALL 1 - VEREINFACHTES BEISPIEL FÜR DIE UNGEFÄHRE BERECHNUNG DES KRAFTDIAGRAMMS ((Annahme von linearem Verlust über die Länge des Kabels):

• Verluste infolge Reibung: $P_{(x)} = P_o \cdot e^{-\mu(\varphi_x + \Delta\varphi \cdot x)}$

Mit : μ = 0.12
Δφ = 0.005

$$P_{(50m)} = 2'511 \cdot e^{-0.12 \cdot ((2 \cdot 15 + 20) \cdot \frac{\pi}{180} + 0.005 \cdot 50)} = 2'511 \cdot 0.87 = 2'195\,kN$$

$$(= 0.65 \cdot F_{pk})$$

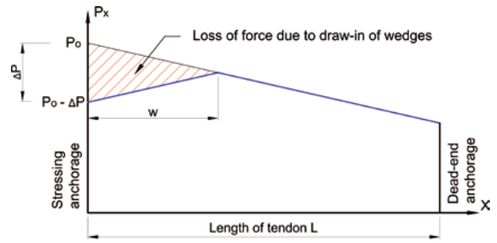
• Einfluss des Klemmeneinzugs:

$$\Delta p = \frac{2'511 - 2'195}{50} = 6.32\,kN/m'$$

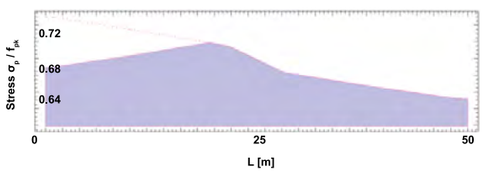
$$w = \sqrt{\frac{6 \cdot 195'000 \cdot 12 \cdot 150}{6.32}} \cong 18m$$

$$\Delta P \cong 2 \cdot 18 \cdot 6.32 \cong 228kN$$

$$P_0 - \Delta P \cong 2'283\,kN$$



FALL 2 - DETAILIERTE BERECHNUNG MIT VARIABLEM KRAFTVERLUST Δp:
Die detaillierte Berechnung erfolgt mit einem Computerprogramm, das berücksichtigt, dass Δp entlang des Kabels variiert. Die Ergebnisse sind untenstehend dargestellt.

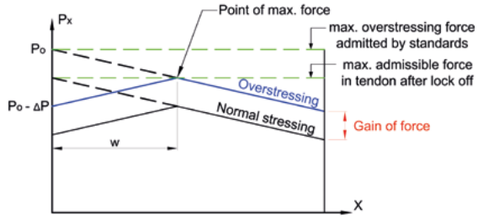


Die folgenden Beobachtungen können gemacht werden:
- Die Detailberechnung zeigt, dass die Verluste nicht streng linear entlang des Kabels verlaufen, sondern von der Verteilung der Kabelkrümmung entlang des Kabels abhängen.
- die Zone, die von den Verlusten infolge Klemmeneinzug (w) betroffen ist, ist effektiv etwa 19,5 m lang.
- die Kabelkraft bei der festen Verankerung ist für beide Fälle mit 0,65 F_{pk} gleich.
- der Unterschied zwischen Fall I und Fall II beruht nur auf den unterschiedlichen Annahmen bezüglich des Verlaufs des Reibungsverlustes entlang des Kabels. Der Gesamtwert am Ende des Kabels ist der selbe.

1.2.8 ÜBERSPANNEN VON VORSPANNKABELN

Die meisten Normen erlauben das Überspannen der Kabel während des Vorspannen. Überspannen kann die folgenden Vorteile bringen:
- Eine signifikante Erhöhung der Kabelraft über die gesamte Länge des Kabels kompensiert teilweise den Kraftverlust infolge Reibung. Dies kann zu Einsparung bei der benötigten Menge an Vorspannstahl führen.
- Erreichen der maximal zulässigen Kraft Padm, in einem Abstand w von der Verankerung. Bei den meisten vorgespannten Elementen liegt das massgebende Biegemoment, das die Grösse der Vorspannkraft bestimmt, nicht bei der beweglichen Verankerung.

Werte für das Überspannen von Vorspannkabeln sind in den geltenden Normen festgelegt. Immer ist nachzuweisen, dass die Kraft im Vorspannkabel nach dem Spannen den zulässigen Maximalwert nirgends überschreitet.
Werte finden Sie unter C1.1, S.41. Nach Eurocode 2 (EN 1992-1-1-1) beträgt beispielsweise die maximale zulässige Kraft NACH dem Spannen min (0.75 f_{pk} ; 0.85 $f_{p0.1k}$).



Alternativ kann der Klemmeneinzug durch Installation von 6 mm dicken Unterlagsscheiben zwischen Ankerblock und Ankerplatte vollständig kompensiert werden. Dies erfordert ein zweistufiges Spannen.

1.2.9 SPANNEN VON VORSPANNKABELN: SPANNEN VON EINEM ODER VON BEIDEN ENDEN

Die Entscheidung, ob ein Kabel von einem Ende oder von beiden Enden gespannt werden soll, hängt von der Kabellänge, seines Profils und dem verwendeten Hüllrohrtyp ab. Für jedes Kabel muss man bestimmen, ob das Spannen von beiden Enden Sinn macht. Wenn ein Kabel von beiden Enden vorgespannt werden soll, erfolgt das Spannen von den beiden Enden nacheinander und nicht gleichzeitig.

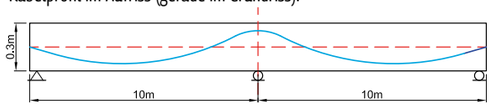
Im Allgemeinen gilt:

- kurze Spannglieder werden nur von einem Ende gespannt.
- lange Spannglieder mit viel Krümmung werden von beiden Enden gespannt

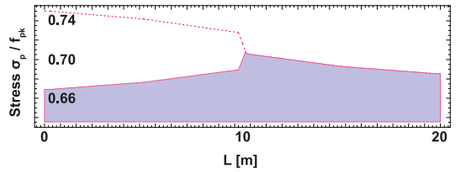
Dieses Kapitel enthält 2 Beispiele, die als Orientierungshilfe bei der Entscheidung, ob von einem oder zwei Enden gespannt werden soll, dienen sollen. Die berücksichtigten Verluste sind Reibungsverluste entlang dem Kabel und Kraftverlust infolge Klemmeneinzug. Langzeitverluste werden nicht berücksicht, weil sie für diese Entscheidung irrelevant sind.

KURZES DECKENSPANNGLIED:
Kabel von ~20m Länge über zwei Spannweiten mit kleiner Kabelprofilhöhe (Plattenstärke 30cm)

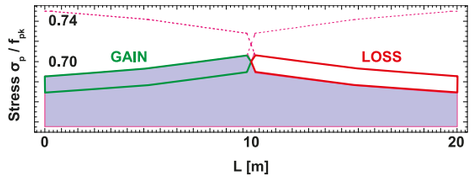
Kabelprofil im Aufriss (gerade im Grundriss):



Spannung im Spannstahl (σ_p / f_{pk}) beim Spannen von einem Ende:

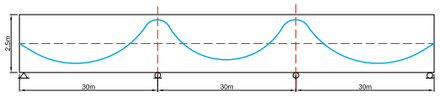


Spannung im Spannstahl (σ_p / f_{pk}) beim Spannen von beiden Enden:

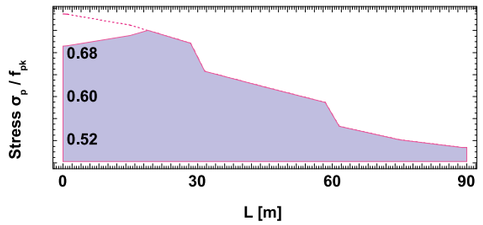


Das beidseitige Spannen führt zu:
- Leicht höhere Kabelkraft bei der linken Verankerung (~2% f_{pk})
- Leicht kleinere Kabelkraft (~2% f_{pk}) bei der rechten Verankerung infolge Klemmeneinzug während des zweiten Vorspannschritt.
- Insgesamt kein Vorteil durch beidseitiges Spannen, sondern grundsätzlich nur eine Umkehrung des Kraftdiagramms, da der Klemmeneinzug das Kraftdiagramm über die halbe Kabelänge beeinflusst.

LANGE SPANNGLIEDER:
Kabel von ~90m Länge in einem Stege eines Kastenträgers mit 2,5m Höhe über 3 Spannweiten:

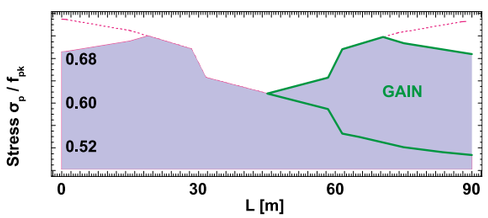


Spannung im Spannstahl (σ_p / f_{pk}) beim Spannen von einem Ende:



Spannung im Spannstahl (σ_p / f_{pk}) beim Spannen von beiden Enden

Das beidseitige Spannen führt zu:
- Markante Zunahme der Kabelkraft (18% f_{pk}) bei der rechten Verankerung
- Insgesamt: Eine erhebliche Verbesserung des Kraftdiagrammes durch das beidseitige Spannen. Beidseitiges Spannen wird deshalb für dieses Beispiel dringend empfohlen.



Generell empfiehlt VSL, Deckenspannglieder bis 30m Länge mit mittleren Krümmungen in Metallhüllrohren und Vorspannkabel in Trägern mit einfachem Parabelprofil in Kunststoffhüllrohren bis 40m und 50m Länge nur von einer Seite zu spannen. Da für die Berechnung der Kabeldehnung, die immer gemacht werden muss, das Kraftdiagramm sowieso berechnet wird, ist es immer möglich auf Grund von numerischen Werten zu zeigen, ob beidseitiges Spannen Sinn macht.

1.3 Berechnung der Kabeldehnung

Die Dehnung einer Vorspannkabels wird zur Qualitätskontrolle der Vorspannung verwendet. Sie erlaubt eine grobe Aussage, ob beim Spannen das vom Ingenieur in der Statik angenommene Kraftdiagramm auf der Baustelle erreicht wurde oder nicht. Die gemessene Kabeldehnung wird mit der theoretischen Dehnung verglichen und die Differenz muss innerhalb klar definierter Grenzen liegen. Für die Akzeptanzkriterien sind die geltenden Normen heranzuziehen.
Die genaue Definition der Kabeldehnung ΔL lautet:

$$\Delta L = \underbrace{\int_0^L \frac{P_x}{E_s \cdot A_s} \cdot dx}_{\text{Vorspannstahl}} + \underbrace{\int_0^L \frac{P_x}{E_c \cdot A_c} \cdot dx}_{\text{Elastische Verkürzung des Betons}}$$

Der zweite Ausdruck in obiger Gleichung kann in den meisten Fällen vernachlässigt werden, ausser wenn die Normalspannungen im Beton infolge Vorspannung hoch sind. Daher kann die Kabeldehnung im Allgemeinen ausgedrückt werden durch:

$$\Delta L = \int_0^L \frac{P_x}{E_s \cdot A_s} \cdot dx$$

Es wird empfohlen, für die Berechnung der Kabeldehnungen spezielle Computerprogramme zu verwenden, obwohl in den meisten Fällen eine manuelle Berechnung, die auf linearem Kraftverlust entlang des Kabels beruht, genügend genaue Resultate liefert.
Bei unregelmässigen Krümmungen entlang des Kabels kann es jedoch notwendig sein, Δp (Kraftverlust pro m) entlang der Kabellänge zu variieren, anstatt ein über die gesamte Kabellänge gemitteltes lineares Δp zu verwenden. Die Verwendung von gemessenen Kabeldehnungen um zu überprüfen, ob das theoretische Kraftdiagramm im Feld erreicht wurde, ist keine sehr genaue Methode, da die Kabeldehnung von vielen Faktoren abhängt, die in ihrer Grösse stark variieren können. So ist z.B. der Elastizitätsmodul keine von den Litzenherstellern garantierte physikalische Eigenschaft. Die Resultate von Messungen an Proben derselben Charge von Litzen können um 3 bis 5% voneinander abweichen. Es wird daher empfohlen, Kabeldehnungsmessungen zu Beginn eines Projekts physikalisch zu kalibrieren, indem ein Kabel an beiden Enden mit beweglichen Verankerungen ausgestattet wird, aber nur von einer Seite gespannt wird. Diese Anordnung erlaubt es, die Kabelkraft am passiven Ende des Kabels durch einen einfachen Abhebeversuch direkt zu messen.

Die obigen Gleichungen für die Berechnung der Kabeldehnung zeigen, dass die folgenden Parameter, die die Dehnung direkt beeinflussen, genau sein müssen:
- Effektive Spannkraft (Verwendung von kalibrierten Druckmessgeräten)
- Effektive Kabellänge
- Kabelprofil auf der Baustelle gemäss dem in den Ausführungsplänen definierten Profil, das für die Berechnung von Verlängerungen verwendet wird.

1.4 Verankerungszone für Vorspannkabel

Die Übertragung der Kabelkräfte infolge Vorspannung durch die Verankerungen in den Beton erzeugt Spannungen in den lokalen Verankerungszonen, die die Betonfestigkeit übersteigen. Deshalb müssen die lokalen Verankerungszonen durch eine spezielle Bewehrung lokal bewehrt werden. Im Weiteren müssen die Verankerungen in einem ausreichenden Abstand vom Betonrand und mit einem minimalen Achsabstand zwischen Verankerungen installiert werden, um die Einleitung der Vorspannkräfte in den Beton zu gewährleisten. Der erforderliche Achsabstand und Randabstand sowie die Bewehrung der lokalen Verankerungszone hängen stark von der Betonfestigkeit zum Zeitpunkt des Spannens, $f_{cm,0}$, ab.

1.4.1 ERFORDERLICHER ACHSABSTAND UND RANDABSTAND FÜR VORSPANNVERANKERUNGEN

Der erforderliche Achsabstand, X, ist in den entsprechenden Datenblättern für die VSL-Verankerungen angegeben. Eine Erhöhung der Betonfestigkeit zum Zeitpunkt des Spannens, $f_{cm,0}$, führt zu einer Verringerung des erforderlichen Achsabstandes, X. Die Datenblätter für die VSL-Verankerungen sind in Abschnitt D dieser technischen Broschüre dargestellt.

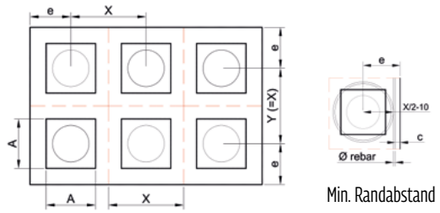
Das Deckenvorspannsystem VSL VSLab S erfordert rechteckige lokale Verankerungszonen (X * Y), die entweder bezüglich einer minimalen Deckenstärke oder minimalem Abstand zwischen den Verankerungen optimiert sind.

Die VSL LITZEN VORSPANNSYSTEME (intern und extern) verfügen über lokale Verankerungszonen mit quadratischen Abmessungen (X * X). In Situationen mit besonderen geometrischen Anforderungen können die lokalen Verankerungszonen an eine rechteckige Form angepasst werden. Für spezifische Details wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen VSL-Vertreter.

Der minimal erforderliche Randabstand, e, wird wie folgt berechnet:

$$e_x = \frac{X}{2} + c - 10mm + \varnothing Bewehrung :$$

wobei c die erforderliche Betonüberdeckung für die passive Bewehrung und ø der Durchmesser der äusseren Bewehrungs des vorgespannten Elements sind. Für Lasteinleitungstests gemäss EAD beträgt die Betonüberdeckung 10 mm. Diese kann zur Berechnung des minimal erforderlichen Randabstandes abgezogen werden.



Min. Randabstand

Anordnung von sechs Verankerungen (mit quadratischen lokalen Verankerungszonen)

Besondere Überlegungen zur teilweisen Vorspannung:
Wenn die Statik auf einer anfänglichen Vorspannung mit einer deutlich geringeren Vorspannkraft als die in Abschnitt C.1.1 S. 41 angegebenen maximalen Kabelkraft beruht, kann die erforderliche Betonfestigkeit zum Zeitpunkt des Spannens, $f_{cm,0}$, in Abhängigkeit von der aufgebrachten Vorspannkraft wie folgt reduziert werden:

- für 50% der vollen Vorspannkraft kann die erforderliche Betonfestigkeit, $f_{cm,0}$, auf zwei Drittel der in den VSL-Datenblättern angegebenen Werte reduziert werden.
- für 30% der vollen Vorspannkraft kann die erforderliche Betonfestigkeit, $f_{cm,0}$, auf die Hälfte der in den VSL-Datenblättern angegebenen Werte reduziert werden.

1.4.2 BEWEHRUNG DER LOKALEN VERANKERUNGSZONE

Die für die Einführung der Vorspannkraft in die vorgespannte Strukturen erforderliche Bewehrung kann in drei Typen unterteilt werden:

a) Bewehrung in unmittelbarer Nähe der Verankerung (lokale Verankerungszone, primäres Prismen). Zu diesem Zweck können Spiralen, Bügel oder eine Kombination aus beiden verwendet werden. Die Bemessung der lokalen Zone (LZ), der Bewehrung der lokalen Verankerungszone und des minimalen Achsabstandes sind integraler Bestandteil der Verankerung und liegen im Verantwortungsbereich von VSL. Die Detaillierung der LZ in den Datenblätter dieser Broschüre beruht auf der Bemessung der LZ gemäss dem EAD. Die lokale Bewehrung muss richtig platziert werden, um wirksam zu sein: Sie sollte um die Verankerungsachse zentriert sein und muss dicht hinter der Endform installiert werden.

b) Allgemeiner Bewehrungsbereich zur Einleitung der Vorspannkraft in die Struktur (D-Bereiche; sekundäres Prismen)

In den geltenden Normen ist festgelegt, dass die Bemessung der Bewehrung, die für die Einführung der Vorspannkraft in das Bauwerk (allgemeine Zone) erforderlich ist, in der Verantwortung des Ingenieurs liegt. Hinweise zur Bemessung finden Sie im VSL-Bericht "Detailling of Post-Tensioning". Die Belastungsfaktoren für die Vorspannkraft und die Widerstandsfaktoren für die Werkstoffe sind in Übereinstimmung mit den einschlägigen Normen zu wählen. Für die Bemessung und konstruktive Ausbildung von D-Bereichen, in denen externe Spannglieder verankert sind, ist besondere Sorgfalt geboten, da Vorspannkräfte nicht direkt in die Querschnittselemente eingeleitet werden können.

c) Bewehrung um Betonabplatzungen in spannungsfreien Bereichen zu verhindern

Diese Bewehrung wird vom Ingenieur im Rahmen der statischen Berechnungen der vorgespannten Struktur bestimmt.

1.5 Schubwiderstand von vorgespannten Elementen

Für den Nachweis der Schubfestigkeit von vorgespannten Elementen ist folgendes zu berücksichtigen:

- Die vertikale Komponente eines Vorspannkabels kann den Schubwiderstand in einem Querschnitt erhöhen, wenn sie in die richtige Richtung wirkt:

$$\Delta V_{Rd,p} = P_\infty \cdot \sin \beta_p$$

- Bei Spanngliedern mit Hüllrohrdurchmessern Ø ≥ (Stegbreite bw) / 8 ist der Bruchwiderstand der Druckstrebe auf der Grundlage der nominellen Breite des Steges zu berechnen:

$$b_{w,nom} = b_w - k_D \cdot \sum \phi$$

mit k_D = 0.5 für Zementmörtel injizierte gewellte Stahlhüllrohre
0.8 für Zementmörtel injizierte PT-PLUS® Hüllrohre
1.2 für nicht mit Zementmörtel injizierte Hüllrohre

- Die Schubfestigkeit des Betons hängt von der Breite der kritischen Schubrisse ab. Die durch Spannglieder induzierte Normalkraft reduziert die Breite der kritischen Schubrisse und führt somit zu einer Erhöhung des Schubwiderstands. Dies gilt sowohl für Schub in Trägern als auch für das Durchstanzen von vorgespannten Decken.

Für weitere Informationen beziehe man sich auf die anwendbaren Normen.

2 Konstruktive Überlegungen

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die geometrischen Randbedingungen für das Konstruieren von Kabelprofilen für Vorspannkabeln.

2.1 Kabelprofile für interne Vorspannungkabel

2.1.1 MINIMALER ACHSABSTAND ZWISCHEN VERANKERUNGEN

Für die Anforderungen an die Abstände zwischen Verankerungen und die erforderlichen Randabstände siehe C.1.4.1 S. 46.

2.1.2 MINIMALE KRÜMMUNGSRADIEN

VSL empfiehlt, die Kabelkrümmungsradien auf die folgenden Werte zu begrenzen, damit das Verhalten in der gekrümmten Kabelzone akzeptabel ist, die Hüllrohre und Litzen einfach verlegt und die Reibungsverlustwerte eingehalten werden können. Die angegebene Werte entsprechen dem fib Model Code 2010.

- **Deckenvorspannsystem** (Werte für Spannglieder 6-2 bis 6-5):
  - **Deckenspannglieder im Verbund:**
    . im Aufriss: $R_{min} \geq 2.5m$
    . im Grundriss: $R_{min} \geq 6.0m$
    . Doppelkrümmungen im Grundriss (S-Form) sind zu vermeiden, da sich die Litzen, die einzeln gespannt werden müssen, beim Spannen gegeneinander verkeilen können.
  - **Deckenspannglieder mit Einzellitzen (mit oder ohne Verbund):**
    . Im Grundriss und Aufriss: $R_{min} \geq 2.5m$
- **Internes Litzenvorspannsystem:**

$$R_{\min} = 2.8 \cdot \sqrt{F_{pk}} \geq 2.5\,m$$

F_{pk} = Kabelbruchlast in[MN]

Es ist zu überprüfen, dass der Radius Ractual des Kabels infolge Krümmung im Aufriss und Grundriss grösser als R_{min} ist:

$$R_{actual} \sim \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R_{elevation}}\right)^2 + \left(\frac{1}{R_{plan}}\right)^2}}$$

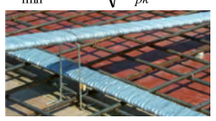
Einheit [-]	R_{min} [m]	Einheit [-]	R_{min} [m]
6-1 - 6-3	2.5	6-22	6.9
6-4	3.0	6-27	7.7
6-7	3.9	6-31	8.2
6-12	5.1	6-37	9.0
6-15	5.7	6-43	9.7
6-19	6.4	6-55	11.0

Hinweis
Die angegebenen Werte von R_{min} gelten für gewellte Stahl- und für PT-PLUS® Hüllrohre. Ausnahmen unterhalb dieser Werte können in Sonderfällen wie bei der festen L Verankerung (siehe unten) und bei der Verwendung von in einer Stahlwerkstatt vorgebogenen glatten Stahlrohren gemacht werden. Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren VSL-Vertreter.

- **Spezielle Anwendung: feste L Verankerung**

$$R_{\min} = 0.6 \cdot \sqrt{F_{pk}} \geq 0.6\,m$$

F_{pk} = Kabelbruchlast in [MN]



2.1.3 GERADE LÄNGE HINTER DER VERANKERUNG

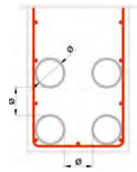
Es wird empfohlen, ein geradliniges Kabelsegment hinter der Verankerung anzuordnen, damit die Litzen beim inneren Austrittspunkt aus der Verankerung keiner übermässigen Ablenkung ausgesetzt werden. Diese gerade Länge in der Längsachse der Verankerung variiert mit der Grösse der Vorspanneinheit.
VSL empfiehlt die folgenden Werte:

- **Plattenvorspannsystem:**
  Die Trompetenlänge der Verankerung ist ausreichend für die erforderliche gerade Länge hinter der Verankerung.
- **Internes Litzenvorspannsystem:**
  L_{min} = 0.8m für Verankerungen bis 6-7
  = 1.0m für Verankerungen der Grösse 6-12 bis 6-22
  = 1.5m für Verankerungen 6-27 und grösser

2.1.4 ABSTÄNDE ZWISCHEN DEN HÜLLROHREN

Die Abstände zwischen den Hüllrohren sind gemäss den geltenden Normen zu bestimmen. Basierend auf dem fib Model Code 2010 empfiehlt VSL folgende Werte:

- Kleinst möglicher klarer Abstand zwischen Hüllrohren ist der Huellrohrdurchmesser.
- Hüllrohre für Gruppen von Kabeln müssen so angeordnet werden, dass genuegend Platz für das Einbringen und Vibrieren des Betons vorhanden ist.
- Hüllrohre können sich lokal berühren, solange sie sich ungefähr rechtwinklig überqueren oder sich nur über eine kurze Distanz berühren.
- Bei Gruppen von Kabeln, die nebeneinander in einer Platte verlaufen und in der Ebene der Platte gekrümmt sind, muss überprüft werden, dass die Umlenkkräfte aus den Kabelkrümmungen um benachbarte Hüllrohre of der inneren Seite der Krümmung umgelenkt werden können. Falls nötig muss eine Spaltzugbewehrung eingelegt werden. Dieses Detail kann immer direkt mit einem Zug-Druck-Streben Modell bemessen werden.



2.1.5 ERFORDERLICHE BETONÜBERDECKUNG

Die erforderliche Betonüberdeckung für Spannglieder ist gemäss den geltenden Normen zu ermitteln. Die Überdeckung ist abhängig von der Agressivität der Umgebung, dem zu erzielenden Verbund und dem spezifizierten Feuerwiderstand.

2.1.6 KABELHALTER

- **Plattenspannglieder:**
  Der Abstand zwischen den Kabelhaltern sollte bei grossen Krümmungsradien (~10m) 1m und bei kleinen Krümmungsradien 0,5m nicht überschreiten.
- **Internes Litzenvorspannsystem:**
  Der Abstand zwischen den Kabelhaltern ist eine Funktion des Hüllrohrdurchmessers: s ≤ 10 bis 12 $Ø_{i,duct}$

Ein Abstand zwischen den Kabelhaltern von mehr als 1m wird nicht empfohlen.
Kunststoffhalbschalen werden verwendet, um zu verhindern, dass PT-PLUS®-Rohre bei der Installation in gekrümmten Kabelabschnitten, bei denen R < 2 x R_{min}, und wo die Litzen während des Spannens gegen das Hüllrohr gedrückt werden, bei der Installation und beim Betonieren nicht beschädigt werden.

2.2 Kabelprofile für externe Vorspannkabeln

2.2.1 MINIMALER ACHSABSTAND DER VERANKERUNGEN

Für die Anforderungen an die Abstände zwischen Verankerungen und die erforderlichen Randabstände siehe C.1.4.1 S. 46.

2.2.2 MINIMALE KRÜMMUNGSRADIEN

VSL empfiehlt, die Kabelkrümmungsradien auf die folgenden Werte zu begrenzen, damit das Verhalten in der gekrümmten Kabelzone akzeptabel ist, die Hüllrohre und Litzen einfach verlegt und die Reibungsverlustwerte eingehalten werden können. Die angegebenen Werte entsprechen dem fib Model Code 2010.
Die minimalen Krümmungsradien sind für generelle Kabelumlenkungen und hinter Verankerungen definiert.
Es ist zu überprüfen, dass der Radius R_{actual} des Kabels infolge Krümmung im Aufriss und Grundriss grösser als R_{min} ist:

$$R_{actual} \sim \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R_{elevation}}\right)^2 + \left(\frac{1}{R_{plan}}\right)^2}}$$

	R_{min}	
Einheit	Umlenkungen	Verankerungszone (Stahlrohr)
[-]	[m]	[m]
6-3 - 6-7	2.0	3.0
6-12	2.5	3.5
6-15	3.0	4.0
6-19	3.0	4.0
6-22	3.5	4.0
6-27	3.5	4.5
6-31	4.0	4.7
6-37	4.0	5.0
6-43	4.5	5.5

2.2.3 GERADE LÄNGE HINTER DER VERANKERUNG

Die Trompetenlänge der Verankerung ist ausreichend, um als erforderliche gerade Länge hinter der Verankerung zu dienen, vorausgesetzt, dass die Krümmung des Kabels hinter der Verankerung den in der Tabelle in C.2.2.2 definierten Minimalwert nicht unterschreitet und das verwendete Stahlrohr in einer Stahlwerkstatt vorgebogen wurde.

2.2.4 ABSTAND ZWISCHEN DEN HÜLLROHREN

Bei externen Spanngliedern wird der erforderliche Hüllrohrabstand im Allgemeinen durch den Abstand der Verankerungen in den Querträgern bzw. den Abmessungen und den erforderlichen Achsabständen der Diabolos in den Umlenkpunkten bestimmt. Neben diesen strukturellen Erfordernissen empfiehlt VSL einen Mindestabstand von einem Hüllrohrdurchmesser.

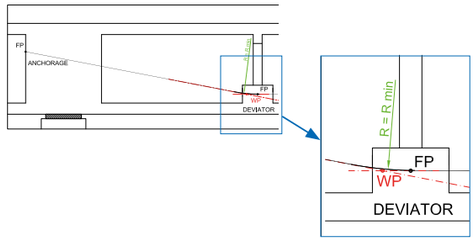
2.2.5 KABELHALTER

Bei der Installation ist eine temporäre Unterstützung der PE-Rohre erforderlich.
Um Kabelschwingungen durch Verkehrsbelastungen zu vermeiden, sind permanente Abstützungen dann erforderlich, wenn die Abstände zwischen Umlenkungen und/oder Verankerungen bei Strassenbrücken mehr als 15 m bzw. bei Eisenbahnbrücken mehr als 12 m betragen.

2.2.6 DEFINITION DES KABELPROFILS

Um das Auswechseln von externen Kabeln zu ermöglichen, muss das Kabelprofil aus einer Kombination von Geraden und an Umlenkpunkten, in Umlenklisenen oder in Querträgern, von Krümmungen mit konstanten Krümmungsradien bestehen.

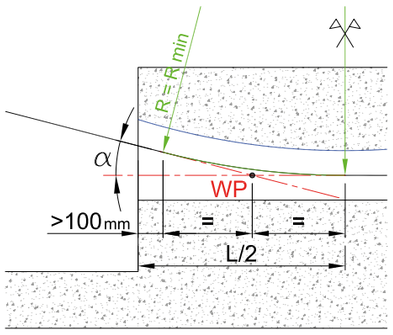
Das Profil wird wie folgt bestimmt:
- Definition der Fixpunkte (FP) bei den Verankerungen sowie in den Tief- und Hochpunkten.



- Einlegen der gekrümmten Abschnitte (mit konstanten Krümmungsradien) an den Tief- und Hochpunkten (Umlenkpositionen).
- Konstruktion der Arbeitspunkte (WP) an Tief- und Hochpunkten durch das Legen von Tangenten an die Krümmungskurven in den Hoch- und Tiefpunkten und durch die Fixpunkte der Verankerungen.

2.2.7 DETAILLIERUNG DER "DIABOLO"-UMLENKUNG

Die Dimensionierung der Diabolo-Umlenkung sollte auf der Grundlage der folgenden Abbildung erfolgen:



wo:

α = Winkel zwischen den Kabeltangenten (im R_{min})
R_{min} = minimaler Krümmungsradius (→ 2.2.2)
L = Länge der Lisene (Funktion von α)

3 Spannpressen und Platzverhältnisse zum Spannen

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die VSL-Spannpressen. Die Spannpressen werden in Abhängigkeit der zu spannenden Kabeleinheit gewählt. Entsprechende erforderliche Spannnischenabmessungen und Platzverhätnisse hinter den Verankerungen um das Spannen zu ermöglichen sind in Abschnitt 3.2 dargestellt.

3.1 Technische Daten der VSL Spannpressen

ZPE-23FJ

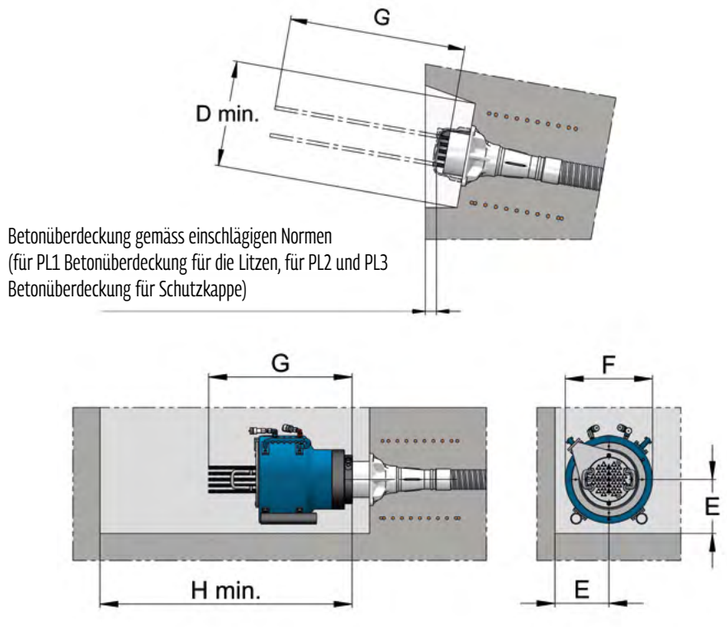
ZPE-460/31

ZPE-980

Pressentyp [1]	Empfohlen für das Spannen von Vorspannkabeln mit 0,6" Litze [2]	Kapazität	Betriebsdruck	Kolbenfläche	Hub	Gewicht inkl. Zubehör	Empfohlene Pumpe [1]
		[kN]	[bar]	[mm²]	[mm]	[kg]	
DKP-5	-	147	473	3,105	200	19	**PE-554**
DKP-6	6-1	230	467	4,926	200	30	
ZPE-23-FJ	6-1	230	488	4,710	200	23	
ZPE-7A	6-4	1,064	523	20,360	160	115	**EHPS-5** EHPS-3/4
ZPE-12	6-7	1,850	598	30,940	100	151	
ZPE-185	6-7, 6-4, 6-3	1,886	600	30,930	100	180	
ZPE-19	6-12, 6-7	2,900	580	50,030	100	306	
ZPE-460	6-19, 6-15, 6-12	4,660	580	80,400	100	435	
ZPE-580	6-22, 6-19, 6-15, 6-12	5,805	600	95,170	150	660	**EHPS-10** EHPS-4
ZPE-750	6-31	7,500	600	124,700	150	1,100	
ZPE-980	6-37, 6-31, 6-27	9,750	590	165,230	150	1,155	**EHPS-22**
ZPE-1000	6-43	10,000	553	180,940	200	2,290	
ZPE-1250	6-55	12,500	577	216,800	150	1,730	
ZPE-1450	6-55, 6-43	14,500	595	243,690	150	1,709	

Notizen:
(1) Bevorzugtes Gerät fett gedruckt, andere werden nicht mehr hergestellt..
(2) Mit Pressenkraft ≤ (81,5 bis 85)% x n x 279 kN

3.2 Dimensionen der Spannnischen und der Platzverhältnisse hinter den Verankerungen um das Spannen zu ermöglichen



Pressentyp	D_{min}	E_{min}	F	G_{min}	H_{min}
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
DKP-5	-	-	162	340	950
DKP-6	-	-	240	550	940
ZPE-23-FJ	-	110	116	480	1,550
ZPE-7A	210	200	300	590	1,370
ZPE-12	250	210	310	460	1,150
ZPE-185	210	240	384	590	1,340
ZPE-19	290	260	390	630	1,490
ZPE-460	350	300	485	510	1,270
ZPE 580	330	310	512	800	1,760
ZPE-750	430	330	565	1,100	2,420
ZPE-980	420	380	646	850	1,860
ZPE-1000	490	450	800	1,060	2,310
ZPE-1250	490	380	670	1,200	2,600
ZPE-1450	480	430	766	890	1,940

Notizen:

D_{min} ist das minimale Quermass, um den Einsatz der jeweiligen Spannpresse zu ermöglichen. Das minimale Quermass der Aussparung wird jedoch in einigen Fällen nicht durch die Erfordernisse für das Spannen sonder durch die Breite der Ankerplatte plus 10 bis 20 mm auf allen Seiten definiert.
Die oben genannten Werte können, wenn unbedingt erforderlich, reduziert werden. In solchen Fällen ist die lokale VSL-Vertretung zu konsultieren.

D

Technische Daten für die VSL Litzen-vorspannsysteme

1 Kabel

1.1 Litzeneigenschaften 15 mm (0.6")

Strand type			prEN 10138 - 3 (2009)
			Y1860S7
Nenndurchmesser	d	(mm)	15.7
Nennquerschnitt	A_p	(mm^2)	150
Nennmasse	M	(kg/m)	1.172
Nennstreckgrenze	$f_{p0,1k}$ / f_{py}	(N/mm^2)	1640[1]
Spezifische /min. Streckgrenze	$F_{p0,1k}$ / F_{py}	(kN)	246[2]
Nennzugfestigkeit	f_{pk}	(N/mm^2)	1860
Spezifische /min. Bruchlast	F_{pk}	(kN)	279.0
Elastizitätsmodul		(kN/mm^2)	ca. 195
Relaxation[3] nach 1000 h bei 20 °C und 0.7 x F_{pk}		(%)	max. 2.5

1. $f_{p0,1k}$: Kennwert gemessen bei 0,1% permanenter Dehnung
2. Berechnet aus Nennstreckgrenze und Nennquerschnitt
3. Gültig für die Relaxationklasse nach prEN 10138-3

1.2 Eigenschaften von Kabeln aus 15 mm (0.6") Litzen mit Hüllrohrdurchmesser

Einheit	Anzahl Litzen	Bruchlast	Max. Kabelkraft		Kunststoffhüllrohr VSL PT-PLUS®		PE-Rohr [5]	
		Y1860S7 (prEN)	P_0 (0.70 f_{pk})	P_u (0.75 f_{pk})	Øi / Øa[3]	e	Øext x t_{min}	e
		d=15.7 mm A_p=150 mm^2 [kN]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm x mm]	[mm]
6-1	1	279	195	209	22/25	6	25 x 2.0	3
6-2	2	558	391	419	[1]	-	40 x 3.0	6
6-3	3	837	586	628	[1]	-	50 x 3.7	8
6-4	4	1116	781	837	[1]	-	50 x 3.7	6
6-7	5	1395	977	1046	58/63 [1]	-	75 x 5.6	17
	6	1674	1172	1256	58/63	11	75 x 5.6	15
	7	1953	1367	1465	65/70	14	75 x 5.6	13
6-12	8	2232	1562	1674	76/81	18	90 x 5.4	20
	9	2511	1758	1883	76/81	16	90 x 5.4	18
	10	2790	1953	2093	76/81	15	90 x 5.4	17
	11	3069	2148	2302	76/81 [4]	13	90 x 5.4	15
	12	3348	2344	2511	76/81 [4]	12	90 x 5.4	14
6-15	13	3627	2539	2720	85/91	16	110 x 5.3	26
	14	3906	2734	2930	85/91	16	110 x 5.3	25
	15	4185	2930	3139	85/91	12	110 x 5.3	24
6-19	16	4464	3125	3348	100/106	22	110 x 5.3	22
	17	4743	3320	3557	100/106	20	110 x 5.3	20
	18	5022	3515	3767	100/106	19	110 x 5.3	19
	19	5301	3711	3976	100/106	18	110 x 5.3	18
6-22	20	5580	3906	4185	100/106	17	125 x 6.0	24
	21	5859	4101	4394	100/106	16	125 x 6.0	23
	22	6138	4297	4604	100/106	15	125 x 6.0	22
6-27	23	6417	4492	4813	115/121	22	125 x 6.0	21
	24	6696	4687	5022	115/121	22	125 x 6.0	21
	25	6975	4883	5231	115/121	21	125 x 6.0	20
	26	7254	5078	5441	115/121	21	125 x 6.0	20
	27	7533	5273	5650	115/121	20	125 x 6.0	19
6-31	28	7812	5468	5859	130/136	27	140 x 6.7	26
	29	8091	5664	6068	130/136	27	140 x 6.7	25
	30	8370	5859	6278	130/136	26	140 x 6.7	24
	31	8649	6054	6487	130/136	25	140 x 6.7	23
6-37	32	8928	6250	6696	130/136	24	140 x 6.7	22
	33	9207	6445	6905	130/136	23	140 x 6.7	21
	34	9486	6640	7115	130/136	22	140 x 6.7	20
	35	9765	6836	7324	130/136 [2]	22	140 x 6.7	20
	36	10044	7031	7533	130/136 [2]	21	140 x 6.7	19
	37	10323	7226	7742	130/136 [2]	20	140 x 6.7	18
6-43	43	11997	8398	8998	150/157	27	160 x 7.7	24
6-55	55	15345	10742	11509	150/157	21	n.a.	

1. Flachhüllrohr PT-PLUS® zur Verwendung mit VSLab S Verankerung: D.2.2.3 S.54
2. Nur für kurze Kabel mit geringer Krümmung geeignet. In anderen Fällen wenden Sie sich bitte an den lokalen VSL-Vertreter.
3. Øa bezieht sich auf den Rohraussendurchmesser. Rippen-Durchmesser siehe D.2.2.3 S.54
4. Für Hüllrohre, bei denen nach dem Betonieren die Litzen installiert werden, ist PT-PLUS 85/91 zu verwenden.
5. Die in der Tabelle angegebenen Wanddicken sind der Europäischen Technischen Zulassung entnommen und entsprechen je nach Durchmesser einem SDR von 13 bis 21.

2 Hüllrohre

2.1 Allgemeines

Ein Hüllrohr muss einen Durchmesser haben, der gross genug ist, um die Installation von Litzen zu ermöglichen.

VSL-Hüllrohre falls an Spleissstellen korrekt gekoppelt können einem Betondruck beim Betonieren von bis zu 0,7 bar standhalten.

2.2 Hüllrohre Schutzkategorie B und C

2.2.1 DAS VSL PT-PLUS® HÜLLROHRSYSTEM

Das VSL PT-PLUS® Hüllrohrsystem wird für interne Spannglieder eingesetzt. Da das Hüllrohr Wasser und Gas dicht ist, erfüllt es die Anforderungen an einen erhöhten Korrosionsschutz (Schutzkategorie B). Darüber hinaus kann das PT-PLUS®-System mit zusätzlichen Details an der Verankerung ausgestattet werden, um elektrisch isolierte Spannglieder (EIT) und eine Schutzkategorie C zu erreichen. Die PT-PLUS®-Hüllrohre sind aus Polypropylen gefertigt.
Die gewellte Form des Hüllrohres schafft durch den Zementmörtel eine strukturelle Verbindung zwischen den Litzen des Kabels und dem das Kabel umhüllenden Beton.

Im Vergleich zu Stahlhüllrohren verbessert der Einsatz von PT-PLUS®-Hüllrohren das strukturelle Verhalten der vorgespannten Spannglieder unter Ermüdungsbelastung (siehe Abschnitt 6.8 der Euro-Norm EN 1992-1-1-1).
Die Abmessungen sind im Kapitel D.1.2 S. 53 und der folgenden Tabelle gegeben. Für Deckenspannglieder und für Spannglieder zur Quervorspannung von Brückenplatten wird, um die Exzentrität der Vorspannung zu vergrössern, das **PT-PLUS® Flachhüllrohr** eingesetzt.
Die Standardfarbe der PT-PLUS®-Hüllrohre ist schwarz. In heissen Ländern wird die Verwendung von weissen Hüllrohren empfohlen.

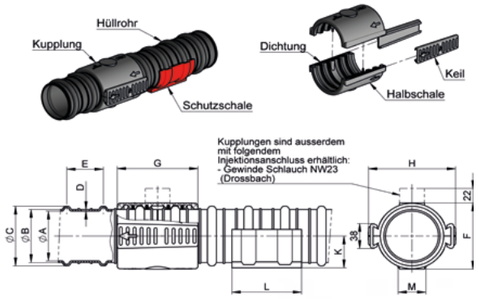
2.2.2 PT-PLUS® HÜLLROHRKUPPLUNGEN

PT-PLUS®-Hüllrohre werden in Längen von 6 m hergestellt und mit PT-PLUS®-Hüllrohrkupplungen verbunden. Die PT-PLUS® Kupplung besteht aus zwei Halbschalen, die mit Schellen zusammengehalten werden. Alternativ können Schrumpfschläuche zur Verbindung von Hüllrohren verwendet werden oder Hüllrohre mittels Spiegelschweissungen verbunden werden (siehe Punkt 2.2.4 auf der rechten Seite).
PT-PLUS® Flachhüllrohre werden auf Rollen geliefert. Daher ist eine Kupplung der Hüllrohre in der Regel nicht erforderlich.

2.2.3 ABMESSUNGEN DES PT-PLUS® HÜLLROHRSYSTEM

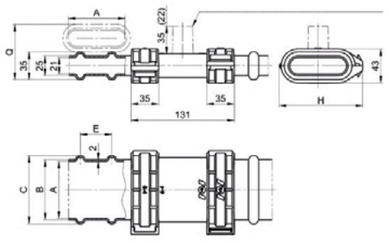
Runde PT-PLUS® Hüllrohre

Typ	Kabel	Hüllrohr					Kupplung			Schutzschale		
	Einheit	øA	øB	øC	D	E	F	G	H	K	L	M
	0.6"	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
22	6-1	22	25	31	1.5	55	27.5	80	-	-	-	-
59	6-7	58	63	73	2.5	42	83	108	107	39.5	82	30
65		65	70	80	2.5	52.5	90	118	114	43	92	40
76	6-12	76	81	91	2.5	52.5	101	116	125	48.5	100	40
85	6-15	85	91	101	3	52.5	109	118	133	53.5	100	50
100	6-19/22	100	106	116	3.0	60	124	126	148	61	119	50
115	6-27	115	121	131	3.0	60	139	127	163	68.5	119	60
130	6-31/37	130	136	146	3.0	52.5	154	134	179	76	110	65
150	6-43/55	150	157	167	3.5	60	176	126	200	86.5	118	70



Flache PT-PLUS®-Hüllrohre

Typ	Kabel	Flachhüllrohr				Kupplung	Überlappung
	Einheit	A	B	C	E	H	Q
	0.6"	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
37/21	6-2	37	41	51	49	71	60
54/21	6-3	54	58	68	60	88	63
72/21	6-4	72	76	86	40	106	70
90/21	6-5	90	94	104	40	124	70



2.2.4 GLATTE POLYMER HÜLLROHRE

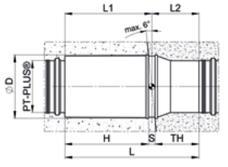
Glatte Polymerrohre werden überwiegend für externe Kabel verwendet. Sie werden aus UV-beständigem Polyethylen (PE)-Material hergestellt (virgine granulate) nach EN 12201, ASTM D3035 oder ASTM F714 oder gleichwertigen Normen. Diese Rohre haben normalerweise ein Verhältnis von Durchmesser/Wanddicke (SDR) zwischen 17 und 21 und ein Füllungsverhältnis von nicht mehr als 0,5. Das Füllungsverhältnis ist das Verhältnis zwischen dem Querschnitt des Spannstahls und dem Rohrquerschnitt. Die Abmessungen sind im Abschnitt D.1.2. gegeben.
Glatte Kunststoffrohre werden in der Regel in Elementen von 6m oder 12m geliefert. Das Rohr eines externen Kabels besteht aus mehreren Elementen, die durch Spiegelschweissung verbunden werden. Spiegelschweissung ist ein Wärmefusionsverfahren, bei dem die Schnittstellen der zu verbindenden Rohre erwärmt werden, um dann miteinander verschmelzt zu werden, wodurch eine dauerhafte, monolithische Rohrverbindung entsteht.

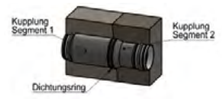
Kupplungen werden an bestimmten Stellen eines externen Kabels eingesetzt, um eine Längentoleranz für die Montage zu schaffen. Diese Kupplungen bestehen aus einem Stück Rohr, das etwas grösser ist als die zu verbindenden Rohre. Die Übergänge an den beiden Enden des Kupplungsrohres müssen durch PE-Schweissung oder Schrumpfschläuche abgedichtet werden.

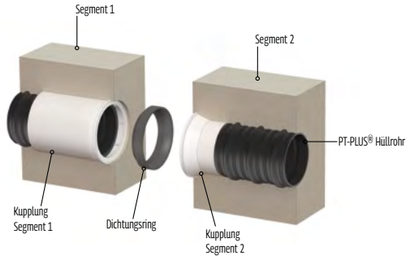
2.2.5 VSL PT-PLUS® SEGMENT-KUPPLUNG

Die VSL PT-PLUS® Segmentkupplung wird eingesetzt, wenn interne Vorspannkabel Fugen von ‚match-cast' Segmenten queren. Sie ermöglicht die Fortsetzung der Kabelumhüllung, gewährleistet innerhalb der Segmente durch PT-PLUS® Hüllrohre, über die Segmentfugen. Sie besteht aus einem Dichtungsring, der beim Zusammenbau von Segmenten gegen in die Segmente einbetonierte Kunststoffauflageflächen gepressst wird.
Die Segmentkupplung VSL PT-PLUS® weist folgende Merkmale auf:
- Vollständige Umhüllung der Kabel bei Segmentfugen (erforderlich für Kat B und C) unabhängig davon ob die Segmentfuge dicht ist oder nicht
- ermöglicht den Einsatz von elektrisch isolierten Kabeln in match-cast Segmentbauweise
- kompakt
- kann verwendet werden, wenn Kabel die Segmentfugen schräg überqueren (bis zu einem Winkel von 6 Grad).

PT-PLUS® Hüllrohr	ØD	L	L1	L2	H	S	TH
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
59	88	255.5	155.5	100	150.5	10	95
65	95	273	173	100	167.5	11	94.5
76	106	273	173	100	167	12	94
85	115	273	173	100	166.5	13	93.5
100	130	284	184	100	177	14	93
115	145	284	184	100	176	16	92
130	160	273	173	100	164.5	17	91.5
150	180	284	184	100	174.5	19	90.5







2.3 Stahlrohre

Maschinenbiegefähige Stahlrohre, die durch Schweissen verbunden werden können, können für spezielle Vorspannungsanwendungen eingesetzt werden, wie zum Beispiel für das Vorspannen von LNG Schutzbehältern, die für Tieftemperaturen dimensioniert werden, von Containments in der Kerntechnik oder von Offshore Strukturen, bei denen Rohre beim Betonieren einem hohen Aussendruck und bei vertikalen Spanngliedern einem hohen Innendruck während der Injektion ausgesetzt sind oder wenn eine besonders enge Kabelkrümmung erforderlich ist. Mit solchen Rohren kann Schutzkategorie B erreicht werden, falls deren Stösse geschweisst und deren Aussenflächen mittels einer Beschichtung gegen Korrosion geschützt sind. Für weitere Informationen und Abmessungen wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen VSL-Vertreter.

2.4 Einfluss des Hüllrohrtyps auf die Ermüdungsfestigkeit der Kabel

Die Ermüdungsfestigkeit von Vorspannkabeln hängt auch von der Art des verwendeten Hüllrohrs ab. Bei der Verwendung eines gewellten Stahlhüllrohrs ist die Kontaktfläche zwischen Litze und Stahlhüllrohr sehr begrenzt. Infolgedessen ist der Anpressdruck auf die Litze, wenn das Kabel gekrümmt ist, sehr hoch. Im Gegensatz dazu weisen PT-PLUS®-Hüllrohre eine grössere Kontaktfläche und deshalb einen geringeren Kontaktdruck zwischen Litzen und dem Hüllrohr auf. Zudem liegt der Stahl der Litze auf Kunstoff auf.

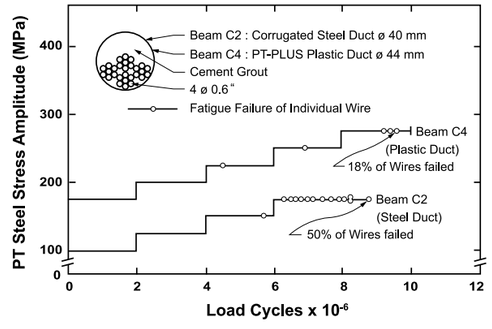
Die folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse der an der ETH Zürich durchgeführten Ermüdungsversuche an vorgespannten Trägern. Die Abbildung zeigt die Ermüdungsfestigkeit unter zyklischer Wechselbelastung des Spannstahls.

Die X-Achse zeigt die Anzahl der Belastungszyklen, während die Y-Achse die Spannungsamplitude im Spannstahl wiedergibt.

Tests mit PT-PLUS® Rohren zeigten ein signifikant besseres Ermüdungsverhalten als Tests mit gewellten Stahlrohren.

Um Drahtbrüche zu vermeiden, empfiehlt VSL, die Wechselbelastung unter Dauerbelastung für 1 Mio. Zyklen wie folgt zu begrenzen:
150N/mm² bei der Verwendung von PT-PLUS® Rohren
120N/mm² bei der Verwendung von gewellten Stahlrohren

Für Lastkombinationen für Ermüdungsbelastung und weitere Details siehe Abschnitt 6.8 der Euro-Norm EN 1992-1-1-1.



3 Verankerungen

Dieser Abschnitt enthält technische Daten der VSL-Verankerungen, wie deren Geometrie, lokale Bewehrung der Verankerungszone und minimaler Achsabstand.

Die Bemessung der lokalen Verankerungszone (LZ), der Bewehrung der lokalen Verankerungszone und des minimalen Achsabstandes in Abhängigkeit der Betonfestigkeit zum Zeitpunkt des Spannens, die in den folgenden Datenblättern dargestellt sind, basiert auf dem Ansatz zur Berechnung der LZ gemäss dem EAD 160004-00-0301 (European Assessment Document, früher ETAG 013 genannt).

Inhaltsverzeichnis:

DECKENSPANNGLIEDER	S. 57-65
INTERNE LITZENVORSPANNKABEL	S. 67-83
EXTERNE LITZENVORSPANNKABEL	S. 85-87
ELEKTRISCH ISOLIERTE LITZENVORSPANNKABEL (EIT)	S. 89-93

So finden Sie das entsprechende Datenblatt:

VERANKERUNG WÄHLEN

Die Wahl der Verankerung hängt von der Art des Bauteils, Bemessungsaspekten sowie der erforderlichen Schutzkategorie ab.
→ Siehe Seite 18: Die VSL-Litzenvorspannsysteme - Lösungen für jede Anwendung

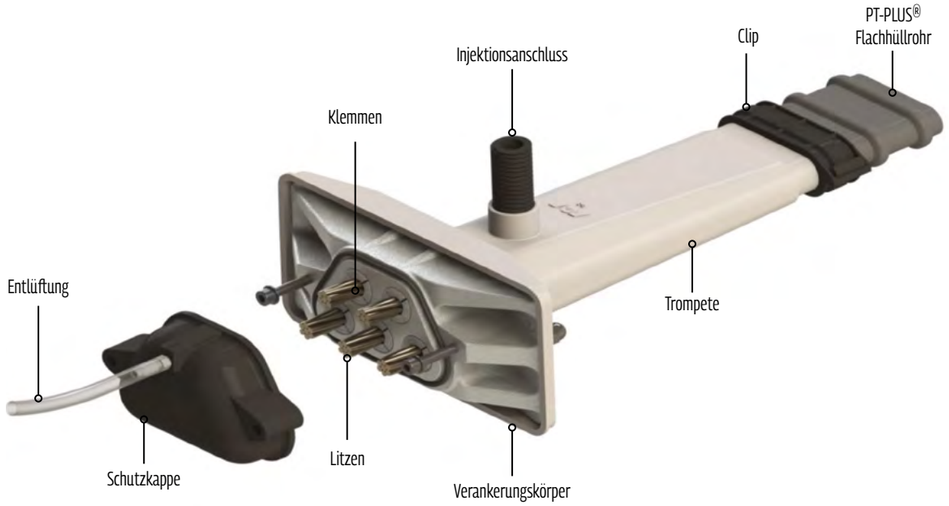
DATENBLATT AUSWÄHLEN

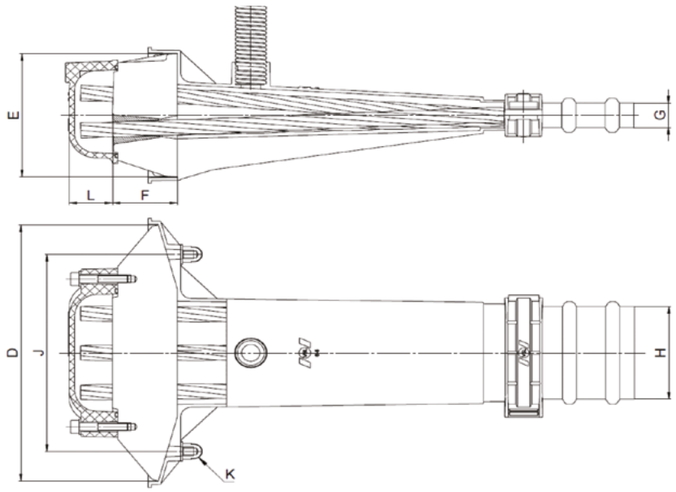
Wählen Sie das Datenblatt gemäss den Tabellen, die Sie zu Beginn der einzelnen Unterkapitel finden.

Deckenspannglieder

Verankerung [-]	Datenblatt Typ [-]	Datenblatt Nr. VSLI-BDA	Seite
VSLab S	Geometrie	200	58
VSLab S	LZ Bewehrung (Spirale)	201	59
VSLab S	LZ Bewehrung (Bügel)	202	60
S 6-1 – Mit Verbund	Geometrie	203	61
S 6-1 Mono – Ohne Verbund	Geometrie	204	62
S 6-1 und S 6-1 Mono	LZ Bewehrung	205	63
H (Decken)	Geometrie und LZ Bewehrung	206	64
P (Decken)	Geometrie	207	65

Deckenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP VSLAB S

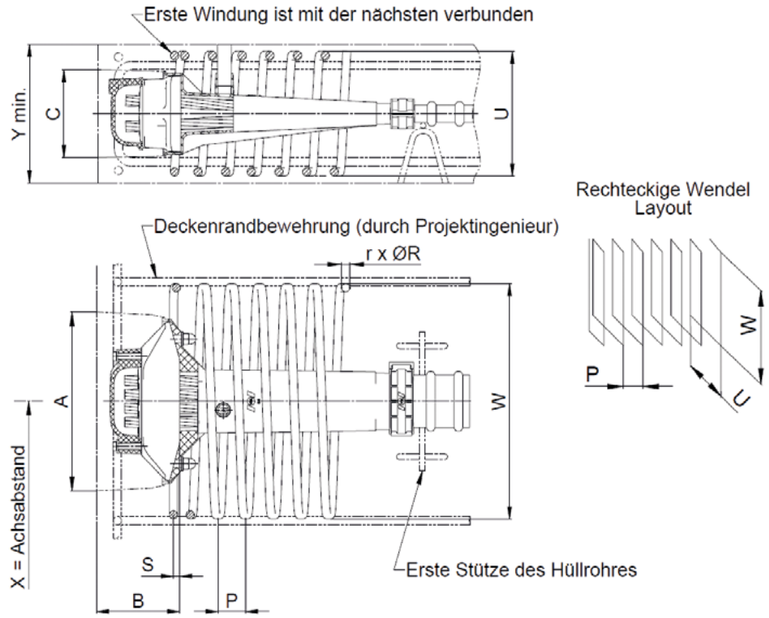




Einheit	D	E	F	G	H	J	K	L
6-2	170	75	55	25	41	140	M10	40
6-3	210	90	55	25	58	170	M10	40
6-4	230	110	60	25	76	180	M10	40
6-5	260	125	60	25	94	200	M10	40

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]

Deckenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP VSLAB S / BEWEHRUNG DE VERANKERUNGZONE



VSLab S 20, für Normal-Betonklasse 20/25
$f_{c,min}(t)$ = 20 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf P_u=0.75 P_{pk}

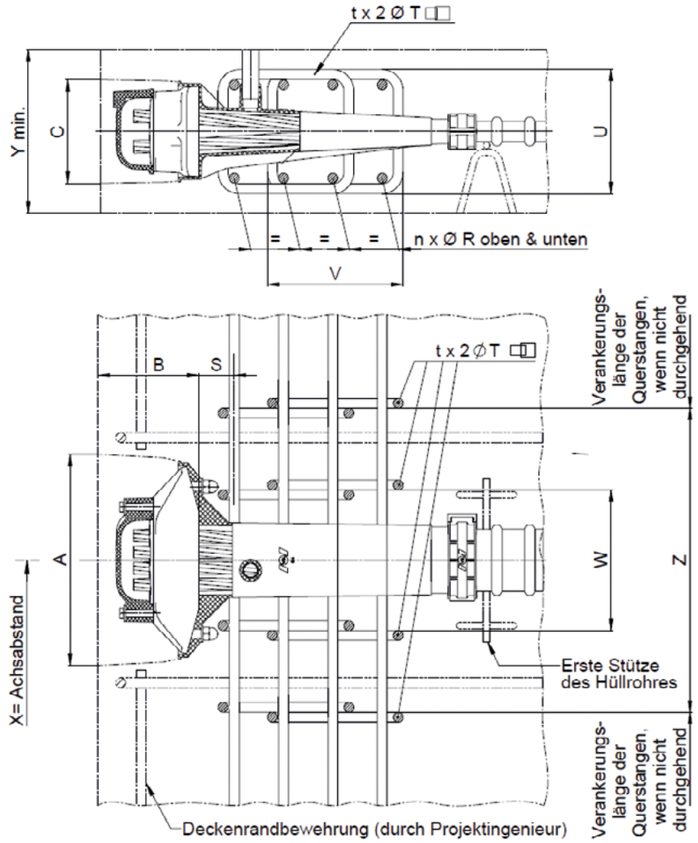
	Option A - Minimale Deckenstärke										
	Bewehrung der Verankerungszone						Abstand / Dicke		Aussparung		
Einheit	P	r (1)	ØR	S	U	W	X (2)	Y_{min} (3)	A	B	C
6-2	35	6	12	10	120	255	275	160	175	115	80
6-3	40	6	12	0	140	330	350	180	215	115	95
6-4	40	7	12	10	160	380	400	200	235	120	115
6-5	35	8	12	15	180	420	440	220	265	120	130

	Option B - Minimaler Abstand der Verankerung										
	Bewehrung der Verankerungszone						Abstand / Dicke		Aussparung		
Einheit	P	r (1)	ØR	S	U	W	X_{min} (2)	Y (3)	A	B	C
6-2	35	6	12	10	145	220	240	185	175	115	80
6-3	40	6	12	0	180	260	280	220	215	115	95
6-4	40	7	12	10	220	280	300	260	235	120	115
6-5	35	8	12	15	250	310	330	290	265	120	130

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
Min. Streckgrenze für die Bewehrung der Verankerungszone fy = 500 N/mm²
(1) r = Anzahl der Windungen, inkl. zusätzlicher Windungen am Anfang und Ende erforderlich für die Verankerung der Wendel
(2) X = Min. Achsabstände zwischen den Verankerungen

Für die Berechnung der minimalen Randabstände siehe Abschnitt C 1.4.1
Für die maximale Spannkraft und das temporäre Überspannen siehe Abschnitt C 1.1 und C 1.2.8
Bewehrung gebogen und verankert gemäss SIA 262

Deckenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP VSLAB S / BEWEHRUNG DER VERANKERUNGSZONE. OPTION LÄNGSBÜGEL



VSLab S 20, für Normal-Betonklasse 20/25
$f_{c,min}(t)$ = 20 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf P_u=0.75 P_{pk}

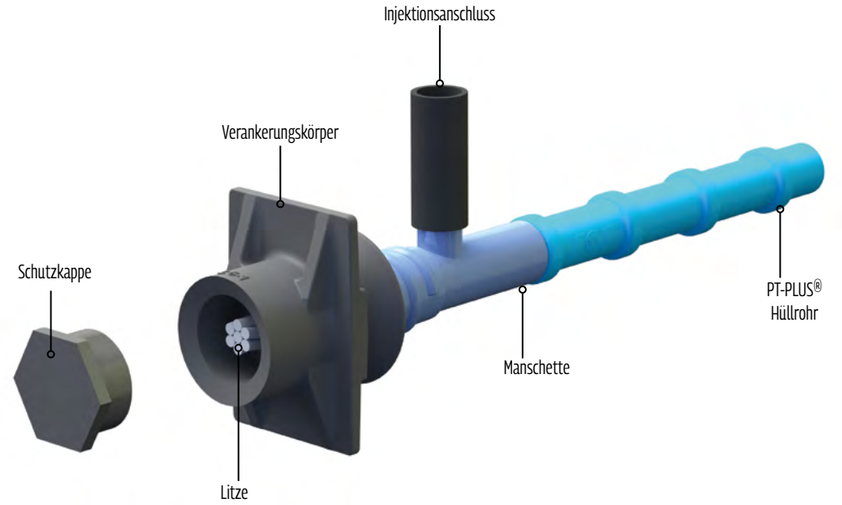
	Bewehrung der Verankerungszone									Abstand / Dicke		Aussparung		
Einheit	n (1)	ØR	S	t (2) x ØT	U_{min} (3)	U_{max} (3)	V	W	Z	X_{min} (4)	Y_{min} (5)	A	B	C
6-2	4	10	25	2 x 10	110	120	130	200	-	240	160	175	115	80
6-3	4	14	30	2 x 14	130	150	160	260	-	310	180	215	115	95
6-4	4	14	40	4 x 14	150	180	160	170	300	360	200	235	120	115
6-5	4	14	40	4 x 14	170	200	180	240	350	400	220	265	120	130

ANMERKUNGEN

Alle Dimensionen in [mm]
Min. Streckgrenze für die Bewehrung der Verankerungszone fy = 500 N/mm²
(1) n = Anzahl der Querstäbe verankert nach allgemeinen Bemessungsregeln
(2) t = Anzahl der Bügelpaare
(3) $U_{min} \leq U \leq U_{max}$ abhängig von Deckendicke und erforderlicher Betonüberdeckung
(4) X = Min. Achsabstände zwischen den Verankerungen
(5) Y = Min. zulässige Deckendicke, bezogen auf eine Betonüberdeckung von 20mm

Für die Berechnung der minimalen Randabstände siehe Abschnitt C 1.4.1
Für die maximale Spannkraft und das temporäre Überspannen siehe Abschnitt C 1.1 und C 1.2.8
Bewehrung gebogen und verankert gemäss SIA 262
Bewehrung, Randabstand, Achsabstand kann geändert werden, wenden Sie sich an VSL

Deckenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP S 6-1

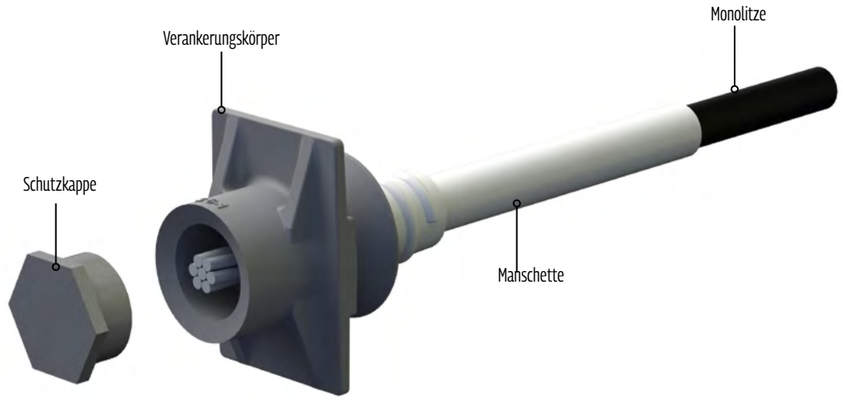


Einheit	A	B	C	D	ØE	F
6-1	75	105	110	77	22/25	8

ANMERKUNGEN

Alle Dimensionen in [mm]

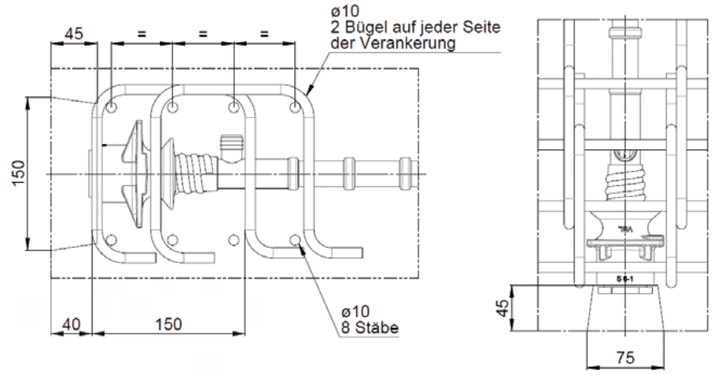
Deckenvorspannsystem Interne Spannglieder ohne Verbund
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP S 6-1 MONO

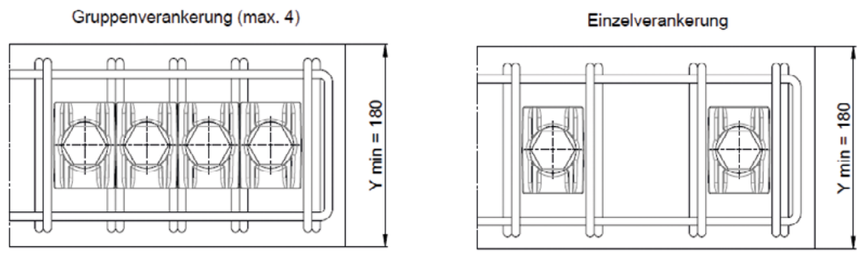


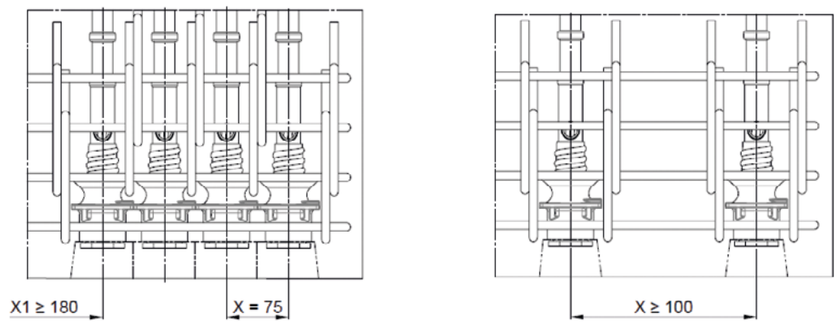
Einheit	A	B	C	D	ØE	F
6-1	75	105	110	167	19	8

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]

Deckenvorspannsystem Interne Spannglieder mit und ohne Verbund
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP S 6-1 UND S 6-1 MONO / BEWEHRUNG DER VERANKERUNGSZONE







Minimaler Randabstand: 90mm + Betonüberdeckung

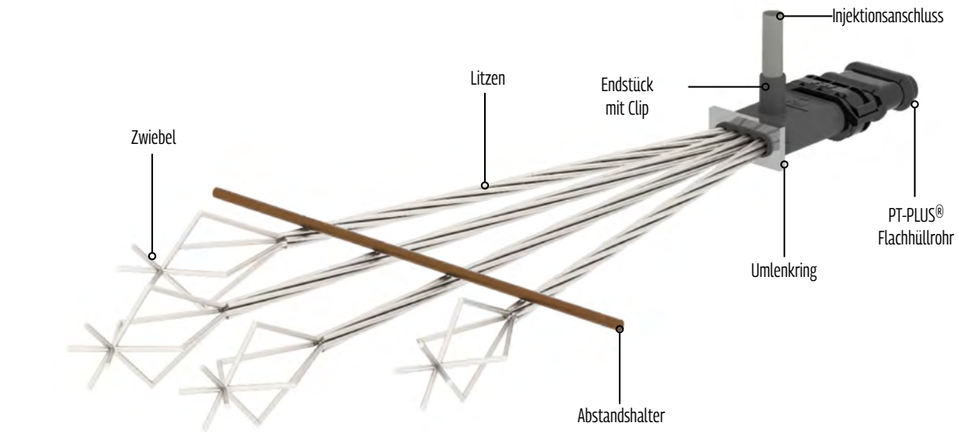
Minimaler Randabstand: X/2 + Betonüberdeckung

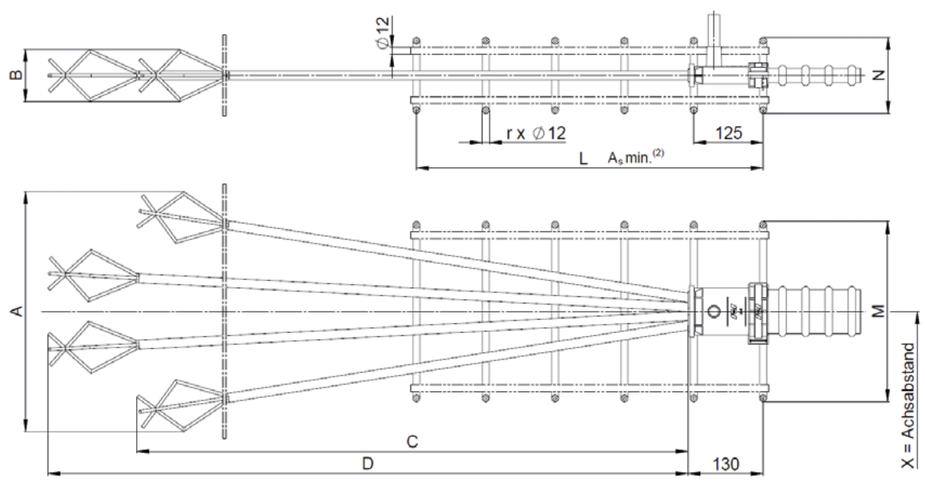
S 6-1 20, für Normal-Betonklasse 20/25
$f_{c,min}(t)$ = 16 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf P_u=0.75 P_{pk}

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
Min. Streckgrenze für die Bewehrung der Verankerungszone fy = 500 N/mm²
Für die maximale Spannkraft und das temporäre Überspannen siehe Abschnitt C1.1 und C1.2.8

X = Min. Achsabstände zwischen den Verankerungen
X1= Min. Achsabstand zwischen der letzten und ersten Verankerung der Gruppenverankerung

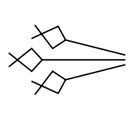
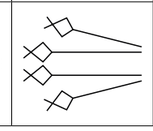
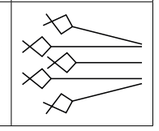
Deckenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
FESTE VERANKERUNG TYP H (DECKEN)/ ABMESSUNGEN UND BEWEHRUNG DER VERANKERUNGSZONE





H (Slab) 20, für Normal-Betonklasse C 20/25
$f_{c,min}(t)$ = 20 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

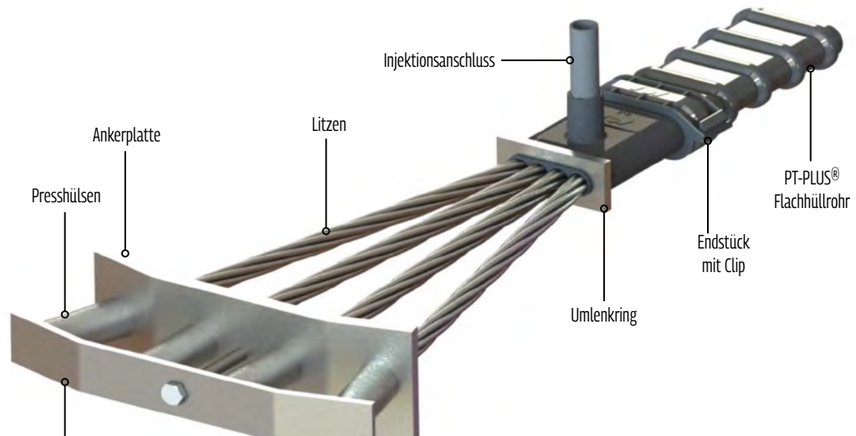
Einheit	A	B	C	D	X (1)	L	M(3)	N(3)	r
6-1	90	90	1350	-	140	-	-	-	-
6-2	190	90	1350	-	240	-	-	-	-
6-3	210	90	1350	1500	310	-	-	-	-
6-4	310	90	1350	1500	360	875	220	130	8
6-5	330	90	1350	1500	400	875	240	130	8

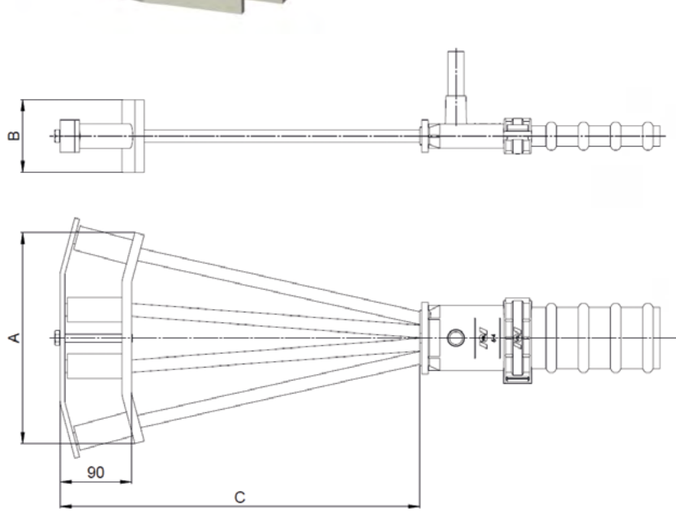
Anordnung der Litzen		
6-3	6-4	6-5
		

ANMERKUNGEN

Alle Dimensionen in [mm]
Min. Streckgrenze für die Bewehrung der Verankerungszone fy = 460 N/mm²
(1) X= Min. Achsabstand zwischen den Verankerungen. Minimaler Randabstand: X/2 + Betonüberdeckung
(2) A_s Min.= Stahlquerschnitt für zusätzliche Bewehrung. Diese Stäbe können entfallen, wenn pro Ankerblockseite mindestens 10 cm²/m vorhanden sind
(3) M in Richtung A , N in Richtung B
Es ist keine primäre Bewehrung der Verankerungszone erforderlich, jedoch ist es bei Decken immer notwendig, das vertikale Sekundärprisma zu verstärken.
(allgemeine Bewehrung der Verankerungszone nach Entwurf des Projektingenieurs)

Deckenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
FESTE VERANKERUNG TYP P (DECKEN)





P (Slab) 20, für Normal-Betonklasse C 20/25
$f_{c,min}(t)$ = 20 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

Einheit	A	B	C	X (1)
6-2	180	70	280	240
6-3	230	80	330	310
6-4	260	100	430	360
6-5	310	110	430	400

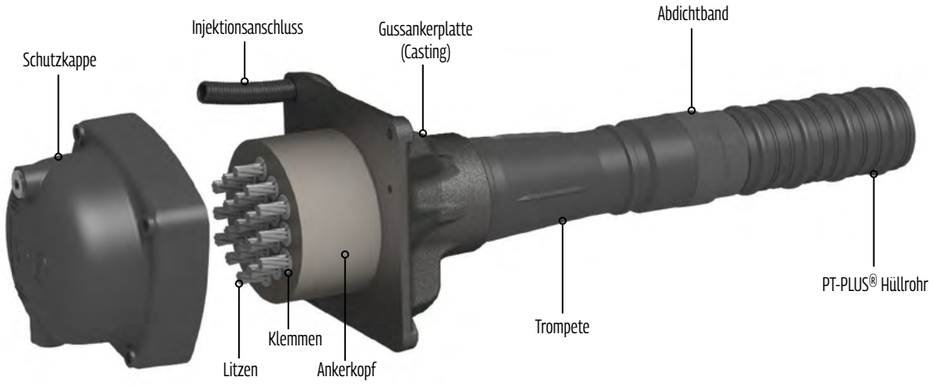
ANMERKUNGEN

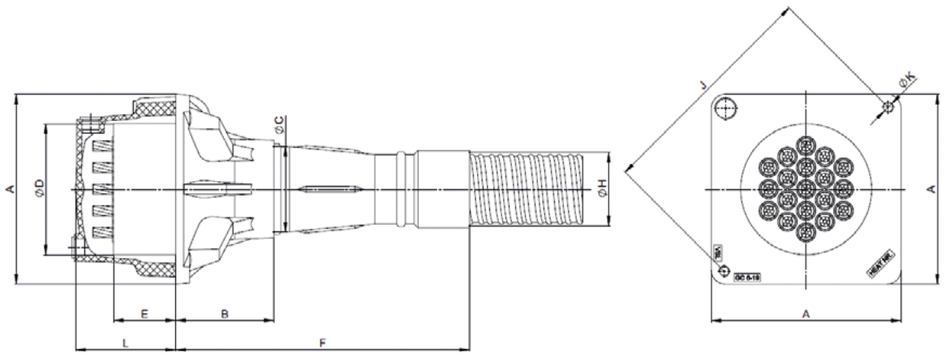
Alle Dimensionen in [mm]
Min. Streckgrenze für die Bewehrung der Verankerungszone fy = 500 N/mm²
(1) X= Min. Achsabstand zwischen den Verankerungen. Minimaler Randabstand: X/2 + Betonüberdeckung
Es ist keine primäre Bewehrung der Verankerungszone erforderlich, jedoch ist es bei Decken immer notwendig, das vertikale Sekundärprisma zu verstärken.
(allgemeine Bewehrung der Verankerungszone nach Entwurf des Projektingenieurs)

Interne Litzenvorspannkabel

Verankerung [-]	**Datenblatt Typ** [-]	**Datenblatt Nr.** VSLI-BDA	**Seite**
GC Intern	Geometrie	208	68
GC Intern	LZ Bewehrung	209	69
CS 2000	Geometrie	210	70
CS 2000	LZ Bewehrung	211	71
E	Geometrie	212	72
E	LZ Bewehrung	213	73
H	Geometrie	214	74
H	LZ Bewehrung	215	75
P	Geometrie	216	76
P	LZ Bewehrung	217	77
Kupplung K	Geometrie	218	78
Z	Geometrie	219	79
AF	Geometrie	220	80
AF	LZ Bewehrung	221	81
L	Geometrie	222	82
L	LZ Bewehrung	223	83

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP GC

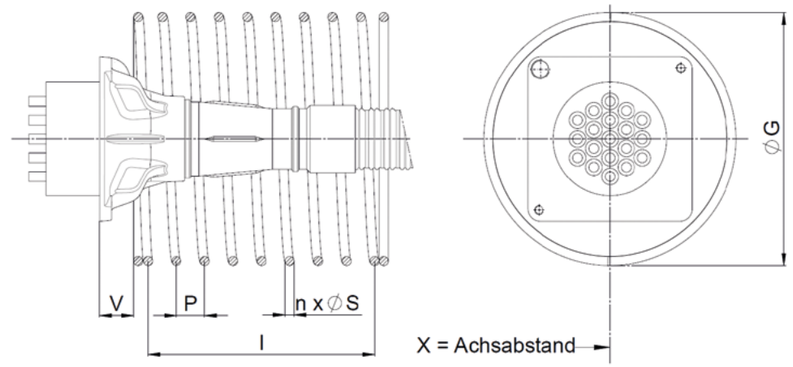




Einheit	□A	B	ØC	ØD	E	F	ØH [2]	J [1]	ØK	L
6-3 [3]	130	120	50	95	50	120 [3]	50	140	M12	105
6-4 [3]	140	120	60	110	55	120 [3]	60	154	M12	110
6-7 [3]	180	135	76	135	60	135 [3]	69	210	M12	120
6-12 [3]	230	220	92	170	75	220 [3]	92	264	M16	135
6-15	260	240	113	190	85	240 [3]	113	316	M16	145
6-19	290	150	131	200	95	450	112	354	M16	155
6-22	320	150	153	220	100	640	112	400	M16	160
6-27	350	170	164	240	110	620	127	430	M16	170
6-31	375	170	173	260	120	580	143	470	M16	180
6-37	410	170	196	280	135	770	142	524	M16	200
6-43	470	180	230	316	105	935	166	420	M20	215
6-55	520	180	240	340	118	1035	166	452	M20	230

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
(1) J - Abstand der Schrauben zur Befestigung an der Schalung
(2) ØH - Innerer Durchmesser der Trompete
(3) Diese Einheiten sind ohne Kunststofftrompeten

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP GC / BEWEHRUNG DER VERANKERUNGSZONE



GC 25, für Normal-Betonklasse C 25/30
$f_{c,min}(t)$ = 25 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf P_u=0.75 P_{pk}

	Wendel					V_{max} [3]	X [4]
Einheit	ØS	n [1]	P	ØG	l [2]		
6-3	12	5	60	190	180	45	210
6-4	14	6	65	220	260	45	240
6-7	16	6	70	300	280	45	320
6-12	18	8	65	395	390	50	415
6-15	18	9	60	445	420	50	465
6-19	20	9	65	505	455	50	525
6-22	20	11	60	545	540	50	565
6-27	20	12	55	605	550	50	625
6-31	22	12	65	650	650	50	670
6-37	22	13	60	710	660	50	730
6-43	25	12	60	680	600	50	700
6-55	25	15	55	770	715	50	790

GC 30, für Normal-Betonklasse C 30/37
$f_{c,min}(t)$ = 28 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf P_u=0.75 P_{pk}

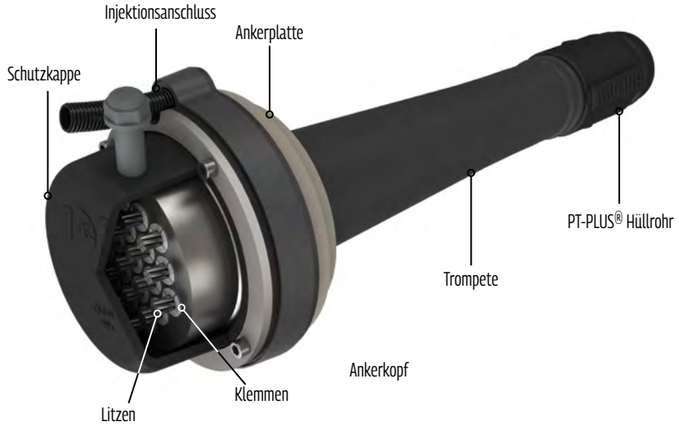
	Wendel					V_{max} [3]	X [4]
Einheit	ØS	n [1]	P	ØG	l [2]		
6-3	12	5	55	165	165	45	185
6-4	14	5	65	195	195	45	215
6-7	16	6	65	260	260	45	280
6-12	18	7	65	350	325	50	370
6-15	18	9	55	390	385	50	410
6-19	20	9	60	440	420	50	460
6-22	20	10	55	475	440	50	495
6-27	22	10	60	530	480	50	550
6-31	22	12	55	570	550	50	590
6-37	22	13	55	635	605	50	655
6-43	25	12	60	640	600	50	660
6-55	25	14	55	730	660	50	750

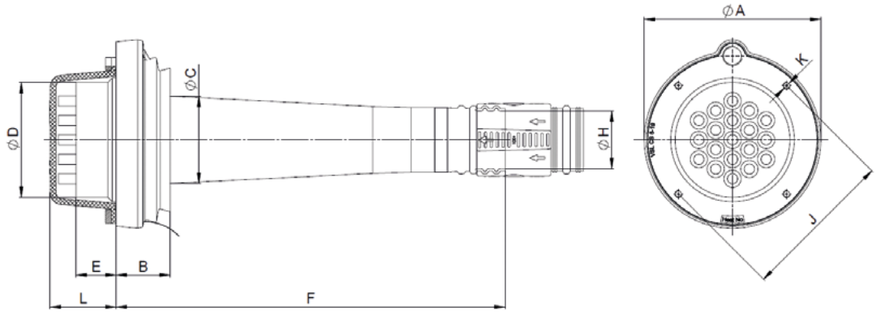
GC 40, für Normal-Betonklasse C 40/50
$f_{c,min}(t)$ = 36 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf P_u=0.75 P_{pk}

	Wendel					V_{max} [3]	X [4]
Einheit	ØS	n [1]	P	ØG	l [2]		
6-3	12	5	55	145	165	45	165
6-4	14	5	60	170	180	45	190
6-7	16	6	65	230	260	45	250
6-12	18	7	60	305	300	50	325
6-15	18	8	55	345	330	50	365
6-19	20	8	60	390	360	50	410
6-22	20	9	55	420	385	50	440
6-27	22	9	60	465	420	50	485
6-31	22	11	55	500	495	50	520
6-37	22	12	55	570	550	50	590
6-43	25	11	60	610	540	50	630
6-55	25	13	55	690	605	50	710

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
Min. Streckgrenze der Wendel für die Bewehrung der Verankerungszone fy = 500 N/mm²
Für die Berechnung der minimalen Randabstände siehe Abschnitt C 1.4.1
Für die maximale Spannkraft und das temporäre Überspannen siehe Abschnitt C 1.1 und C 1.2.8
Bewehrung, Randabstand, Achsabstand kann geändert werden, wenden Sie sich an VSL
(1) n = Anzahl der Windungen, einschliesslich der ersten und letzten Windung, die zur Verankerung der Wendel dienen. Erste Windung ist mit der nächsten verbunden.
(2) l deckt den erforderlichen Bereich der statisch wirksamen Umschnürung ab (Wendel)
(3) $V_{max} \geq V \geq V_{min}$; V_{min} ist die projektspezifische Betonüberdeckung. Ist V_{min} grösser als V_{max}, wenden Sie sich an VSL.
(4) X = Min. Achsabstände zwischen den Verankerungen

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP CS 2000

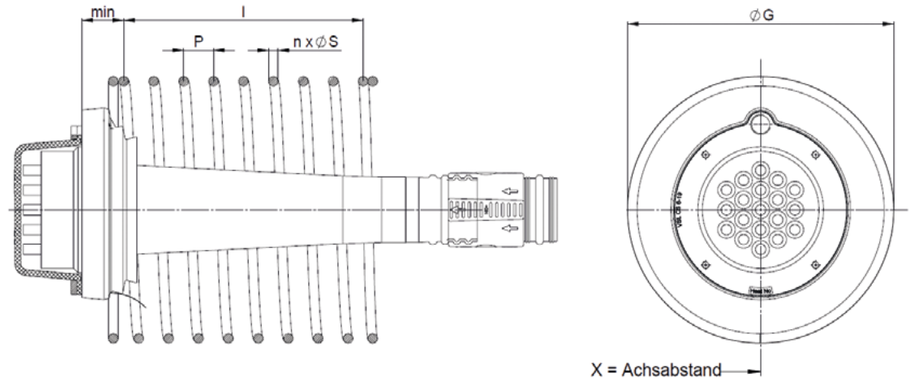




Einheit	□A	B	ØC	ØD	E	F	ØH (2)	J (1)	ØK	L
6-7	222	60	85	143	50	360	57	188	M12	112
6-12	258	80	117	178	60	530	74	220	M12	113
6-19	300	90	148	210	70	660	98	260	M12	114
6-22	320	100	165	228	70	740	100	274	M12	115
6-27	360	110	181	256	69	810	111	310	M16	140
6-31	390	122	188	274	69	740	126	330	M16	150
6-37	420	130	211	300	82	925	126	357	M16	160

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
(1) J- Abstand der Schrauben zur Befestigung an der Schalung
(2) ØH-Innendurchmesser der Trompete

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP CS 2000 / BEWEHRUNG DER VERANKERUNGSZONE



CS 2000-30, für Normal-Betonklasse C 30/37
$f_{c,min}(t)$ = 28 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

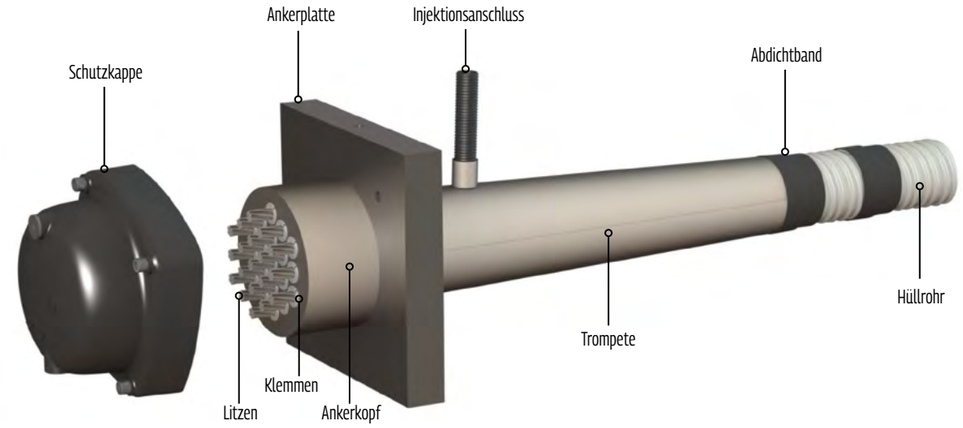
	Wendel					X (3)
Einheit	ØS	n (1)	P	ØG	l (2)	
6-7	16	6	65	290	260	310
6-12	18	8	60	390	360	410
6-19	20	11	55	495	495	515
6-22	22	10	60	530	480	550
6-27	22	12	55	590	550	610
6-31	22	13	55	635	605	655
6-37	26	12	65	695	650	715

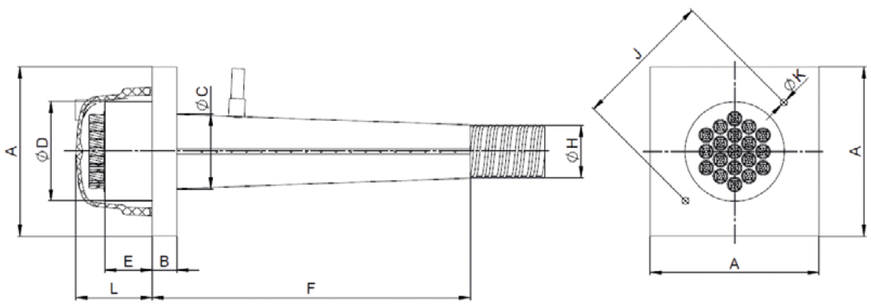
CS 2000-40, für Normal-Betonklasse C 40/50
$f_{c,min}(t)$ = 36 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

	Wendel					X (3)
Einheit	ØS	n (1)	P	ØG	l (2)	
6-7	16	6	65	270	260	290
6-12	18	8	55	355	330	375
6-19	20	10	55	455	440	475
6-22	22	10	60	490	480	510
6-27	22	11	55	545	495	565
6-31	22	12	55	590	550	610
6-37	26	11	65	645	585	665

ANMERKUNGEN
Alle Alle Dimensionen in [mm]
Min. Streckgrenze der Wendel für die Bewehrung der Verankerungszone fy = 500 N/mm²
Für die Berechnung der minimalen Randabstände siehe Abschnitt C 1.4.1
Für die maximale Spannkraft und das temporäre Überspannen siehe Abschnitt C 1.1 und C 1.2.8
Bewehrung, Randabstand, Achsabstand kann geändert werden, wenden Sie sich an VSL
(1) n=Anzahl der Windungen,einschliesslich der ersten und letzten Windung,die zur Verankerung der Wendel dienen. Erste Windung ist mit der nächsten verbunden.
(2) l deckt den erforderlichen Bereich der statisch wirksamen Umschnürung ab (Wendel)
(3) X = Min. Achsabstände zwischen den Verankerungen

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP E

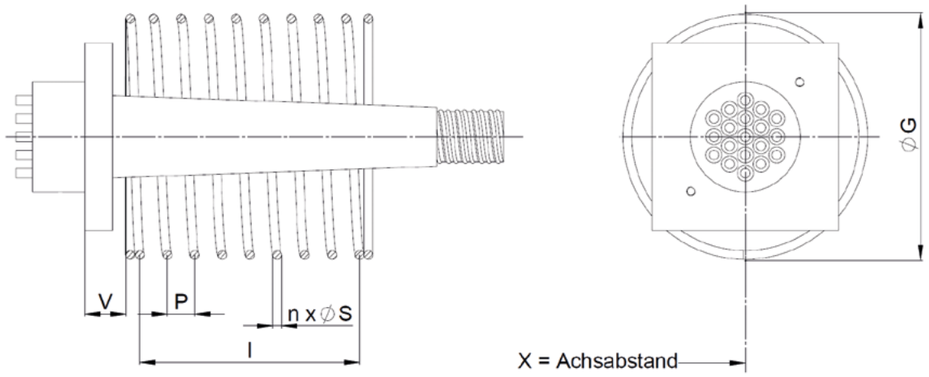




Einheit	□A	B	ØC	ØD	E	F	ØH (2)	J (1)	ØK	L
6-1	75	10	18	53	50	155	25	86	Ø5	110
6-2	110	10	50	90	50	205	50	136	Ø5	110
6-3	135	15	56	95	50	210	55	135	M12	110
6-4	160	20	65	110	55	215	60	150	M12	115
6-7	205	30	84	135	60	325	72	210	M12	120
6-12	270	40	118	170	75	500	92	265	M16	135
6-15	305	45	143	190	85	585	97	275	M16	145
6-19	340	50	150	200	95	640	107	280	M16	155
6-22	370	55	172	220	100	745	122	310	M16	160
6-27	410	60	185	240	110	690	132	330	M16	170
6-31	435	65	192	260	120	755	142	360	M16	180
6-37	480	75	215	280	135	905	155	370	M16	195
6-43	520	80	248	320	145	1030	165	420	M20	210
6-55	580	95	255	340	160	1045	185	452	M20	225

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
(1) J- Abstand der Schrauben zur Befestigung an der Schalung
(2) ØH-Innendurchmesser der Trompete

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP E / BEWEHRUNG DER VERANKERUNGSZONE



E 25, für Normal-Betonklasse C 25/30
$f_{c,min}(t)$ = 22 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

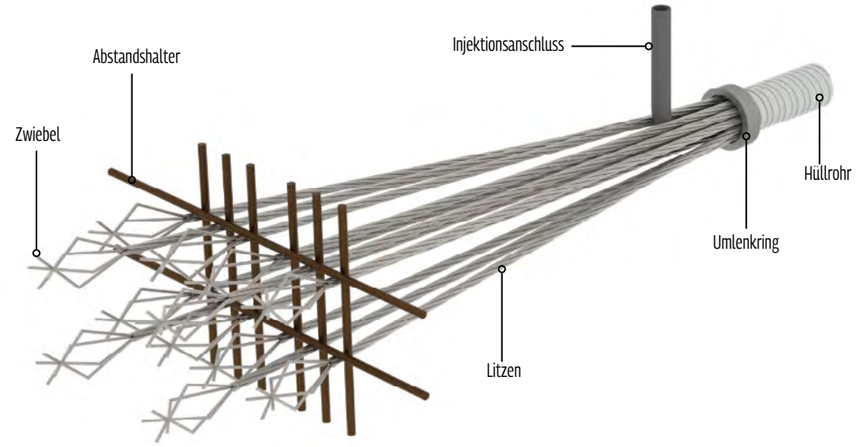
	Wendel					V_{max} (3)	X (4)
Einheit	ØS	n (1)	P	ØG	l (2)		
6-1	10	4	70	105	140	40	125
6-2	12	5	65	155	195	40	175
6-3	12	5	60	190	180	45	210
6-4	14	6	65	220	260	50	240
6-7	16	6	70	300	280	60	320
6-12	18	8	65	295	390	70	415
6-15	18	9	60	445	420	75	465
6-19	20	9	65	505	455	80	525
6-22	20	11	60	545	540	85	565
6-27	20	12	55	605	550	90	625
6-31	22	12	65	650	650	95	670
6-37	22	13	60	710	660	105	730
6-43	26	12	75	765	750	110	785
6-55	26	14	70	870	840	125	890

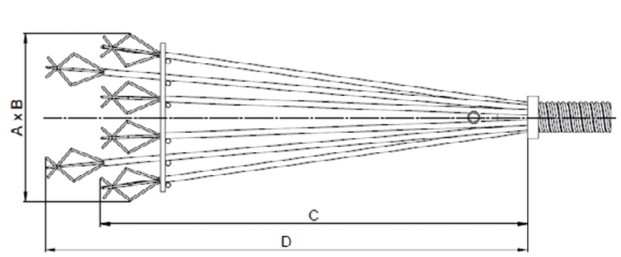
E 30, für Normal-Betonklasse C 30/37
$f_{c,min}(t)$ = 28 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

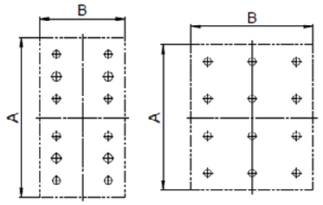
	Wendel					V_{max} (3)	X (4)
Einheit	ØS	n (1)	P	ØG	l (2)		
6-1	10	4	70	90	140	40	110
6-2	12	4	65	135	130	40	155
6-3	12	5	55	165	165	45	185
6-4	14	5	65	195	195	50	215
6-7	16	6	65	260	260	60	280
6-12	18	7	65	350	325	70	370
6-15	18	9	55	390	385	75	410
6-19	20	9	60	440	420	80	460
6-22	20	10	55	475	440	85	495
6-27	22	10	60	530	480	90	550
6-31	22	12	55	570	550	95	590
6-37	22	13	55	625	605	105	645
6-43	26	11	70	675	630	110	695
6-55	26	13	65	765	715	125	785

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
Min. Streckgrenze der Wendel für die Bewehrung der Verankerungszone fy = 500 N/mm²
Für die Berechnung der minimalen Randabstände siehe Abschnitt C 1.4.1
Für die maximale Spannkraft und das temporäre Überspannen siehe Abschnitt C 1.1 und C 1.2.8
Bewehrung, Randabstand, Achsabstand kann geändert werden, wenden Sie sich an VSL
(1) n = Anzahl der Windungen, einschliesslich der ersten und letzten Windung, die zur Verankerung der Wendel dienen. Erste Windung ist mit der nächsten verbunden.
(2) l deckt den erforderlichen Bereich der statisch wirksamen Umschnürung ab (Wendel)
(3) $V_{max} \geq V \geq V_{min}$; V_{min} ist die projektspezifische Betonüberdeckung. Ist V_{min} grösser als V_{max}, wenden Sie sich an VSL.
(4) X = Min. Achsabstände zwischen den Verankerungen

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP H







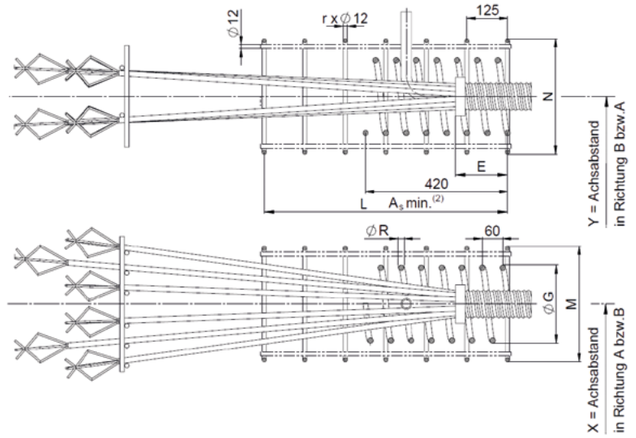
Anordnung 1
rechteckig

Anordnung 2
quadratisch

Einheit	Anordnung	A	B	C	D
6-1	1	90	90	-	1350
6-2	1	190	90	-	1350
6-3	1	290	90	-	1350
6-4	1	390	90	-	1350
	2	190	210	-	1350
6-7	1	450	90	1150	1300
	2	210	230	1150	1300
6-12	1	430	230	1150	1300
	2	390	330	1150	-
6-15	1	450	230	1150	1300
	2	370	370	1150	1300
6-19	1	570	230	1150	1300
	2	390	470	1150	1300
6-22	1	690	230	1450	1600
	2	490	470	1250	1400
6-27	1	690	260	1500	1650
	2	530	510	1450	1600
6-31	1	810	260	1750	1900
	2	570	510	1550	1700
6-37	1	1050	370	2400	2550
	2	690	510	1850	2000

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
Litzen (Zwiebeln) können entweder rechteckig (Anordnung 1) oder quadratisch (Anordnung 2) angeordnet werden.

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
FESTE VERANKERUNG TYP H / BEWEHRUNG DER VERANKERUNGSZONE

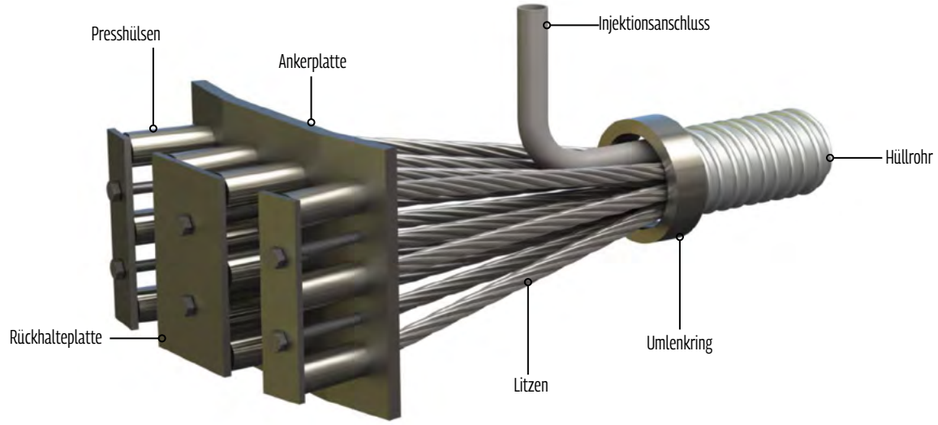


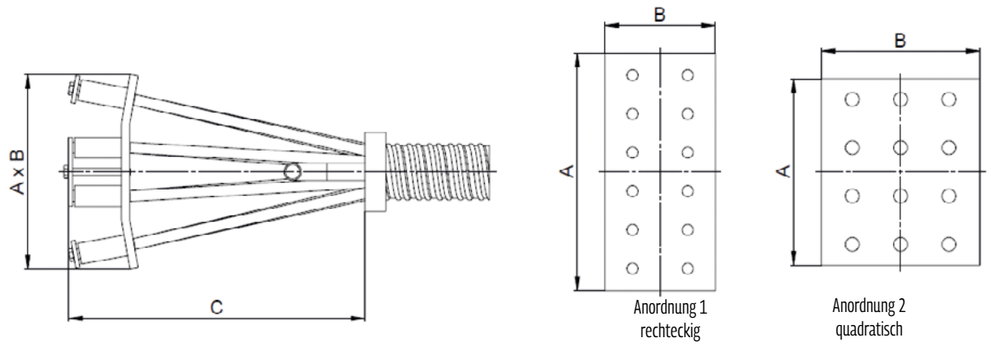
H 30, für Normal-Betonklasse C 30/37
$f_{cmin}(t)$ = 28 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

Einheit	Anordnung	E	ØG	ØR	L	M(1)	N(1)	r
6-1	1	-	-	-	-	-	-	-
6-2	1	-	-	-	-	-	-	-
6-3	1	-	-	-	-	-	-	-
6-4	1	-	-	-	625	220	150	6
	2	-	-	-	-	-	-	-
6-7	1	155	200	16	750	280	280	7
	2	155	200	16	-	-	-	-
6-12	1	155	230	16	750	310	310	7
	2	155	230	16	625	310	310	6
6-15	1	155	300	16	750	380	380	7
	2	155	300	16	750	380	380	7
6-19	1	155	300	16	750	380	380	7
	2	155	300	16	750	380	380	7
6-22	1	155	350	16	875	430	430	8
	2	155	350	16	750	430	430	7
6-27	1	155	350	20	875	430	430	8
	2	155	350	20	875	430	430	8
6-31	1	165	400	20	1000	510	480	9
	2	165	400	20	1000	480	480	9
6-37	1	175	400	20	1375	670	480	12
	2	175	400	20	1125	480	480	10

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
Min. Streckgrenze der Wendel für die Bewehrung der Verankerungszone fy = 500 N/mm²
X/Y: Min. Achsabstände zwischen den Verankerungen = Max (min. Achsabstände der beweglichen Verankerung; Dimension A bzw. B der H Verankerung + 20mm)
(1) M in Richtung A , N in Richtung B
(2) A_s min.= minimaler Querschnitt zusätzlicher Bewehrung. Diese Stäbe können entfallen, wenn pro Ankerblockseite mindestens 10 cm²/m vorhanden sind
Bewehrung, Randabstand, Achsabstand können geändert werden, wenden Sie sich an VSL

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
FESTE VERANKERUNG TYP P

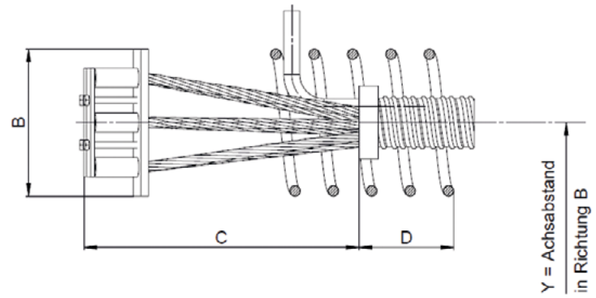


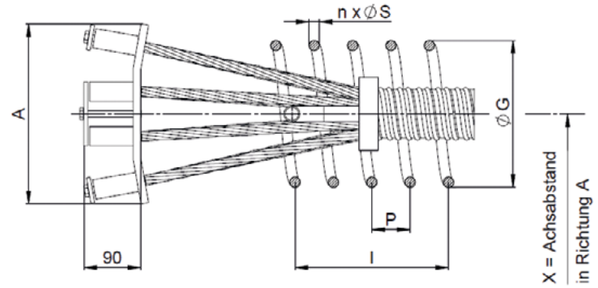


Einheit	Anordnung	A	B	C
6-2	1	180	60	280
6-3	1	230	70	330
6-4	1	260	90	430
6-4	2	150	150	380
6-7	1	270	140	430
6-12	1	280	230	430
6-19	1	370	270	630
6-22	1	420	270	730
6-31	1	600	270	980
6-31	2	480	340	780
6-37	1	720	270	1180
6-37	2	560	340	980
6-43	1	800	270	1280
6-43	2	650	340	1080
6-55	1	1000	270	1780
6-55	2	800	340	1280

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
Die Ankerplatte mit den Presshülsen können entweder rechteckig (Anordnung 1) oder quadratisch (Anordnung 2) angeordnet werden..

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
FESTE VERANKERUNG TYP P / BEWEHRUNG DER VERANKERUNGSZONE





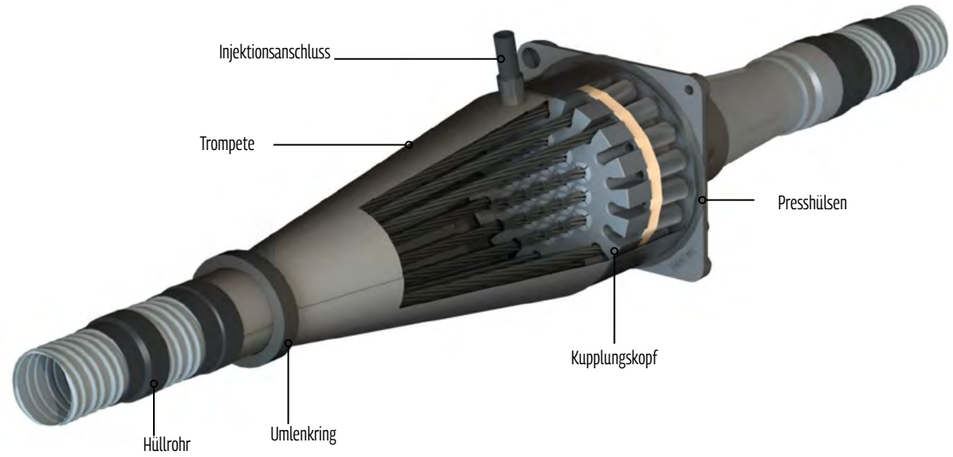
E 30, für Normal-Betonklasse C 30/37
$f_{c,min}(t)$ = 28 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf P_{ti}=0.75 P_{pk}

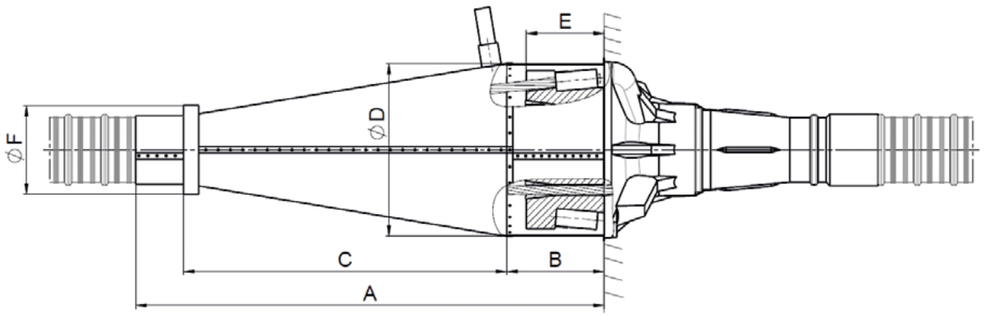
	Anordnung 1 rechteckig					Anordnung 2 quadratisch										
Einheit	A	B	C	X (1)	Y (1)	A	B	C	X (1)	Y (1)	l	D	ØG	ØS	P	n
6-2	180	60	280	200	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6-3	230	70	330	250	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6-4	260	90	430	280	200	150	150	380	215	215	-	-	-	-	-	-
6-7	270	140	430	360	220	-	-	-	-	-	300	140	200	16	60	5
6-12	280	230	430	500	270	-	-	-	-	-	300	140	230	16	60	5
6-19	370	270	630	550	390	-	-	-	-	-	300	140	300	16	60	5
6-22	420	270	730	650	380	-	-	-	-	-	300	140	350	16	60	5
6-31	600	270	980	810	430	480	340	780	660	530	360	170	400	20	60	6
6-37	720	270	1180	960	430	560	340	980	780	530	360	170	400	20	60	6

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
Min. Streckgrenze der Wendel für die Bewehrung der Verankerungszone fy = 500 N/mm²
(1) X/Y = Min. Achsabstände zwischen den Verankerungen. Minimaler Randabstand: X/2 bzw. Y/2 + Betonüberdeckung
Detailierung der minimalen Randabstände entspricht der dazugehörenden beweglichen Verankerung
Bewehrung, Randabstand, Achsabstand können geändert werden, wenden Sie sich an VSL

Datenblatt 218

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
KUPPLUNG TYP K



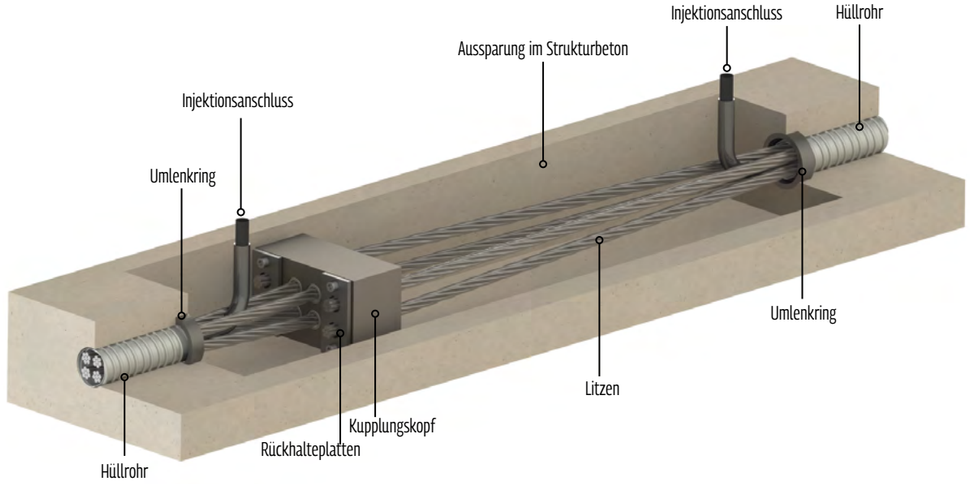


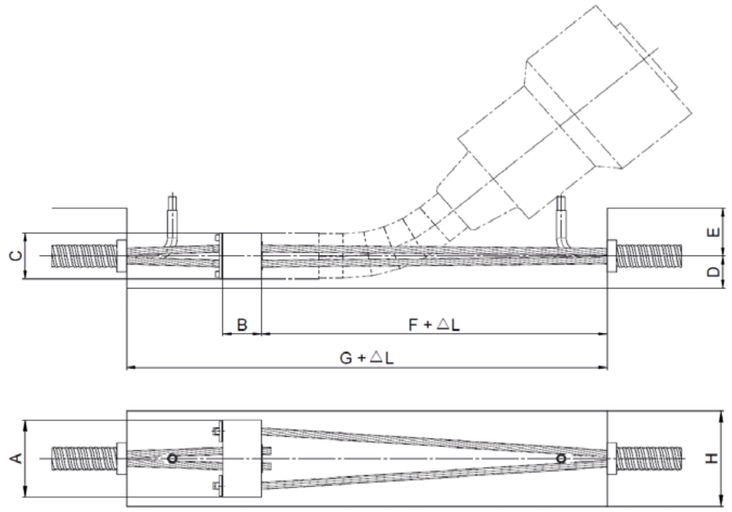
Einheit	A	B	C	ØD	ØF	E
6-3	430	160	210	150	76	118
6-4	440	160	220	160	83	118
6-7	560	160	320	190	95	128
6-12	660	160	420	240	121	128
6-15	770	160	530	270	133	128
6-19	770	160	530	280	146	128
6-22	910	160	630	310	159	128
6-27	980	180	690	350	168	150
6-31	970	180	660	360	178	150
6-37	1200	200	870	400	203	168

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
Das System kann mit den Verankerungen Typ GC , CS oder E verwendet werden

Datenblatt 219

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
ZWISCHENVERANKERUNG TYP Z

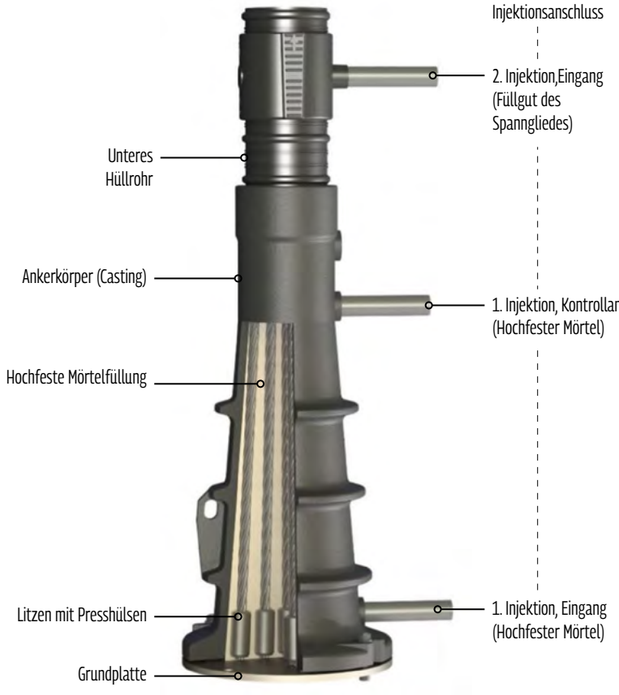


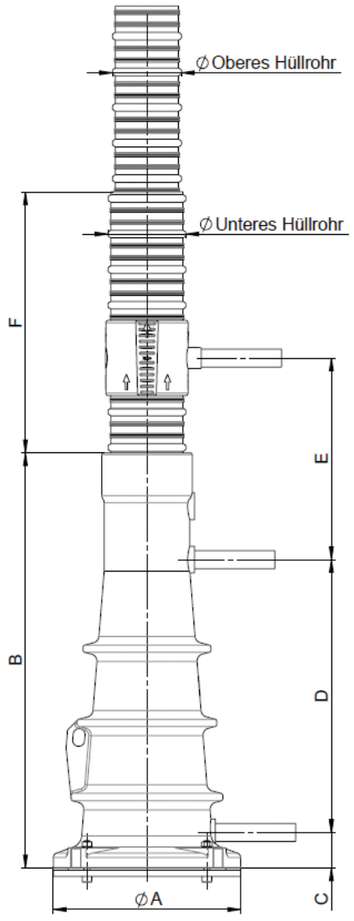


Einheit	A	B	C	D	F	G	H
6-2	140	70	90	65	450	620	180
6-4	170	80	100	70	900	1180	210
6-6	210	100	140	90	1000	1400	250
6-8	210	125	160	100	1100	1600	250
6-10	260	140	160	100	1100	1690	300
6-12	300	160	160	100	1350	1960	340
6-18	380	180	200	120	1450	2280	420
6-22	400	180	250	145	1500	2380	440

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
ΔL: Dehnweg des Spanngliedes
E: 0.5 C + Durchmesser der Aussenbewehrung + Betonüberdeckung in der Aussparung

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
FESTE VERANKERUNG TYP AF





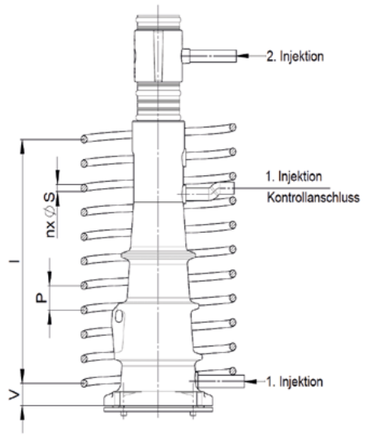
Einheit	ØA	B	C	D	E	F
6-4	240	700	60	460	300	2000
6-7	250	700	60	460	300	2000
6-12	265	700	60	460	300	2000
6-15	285	700	60	460	300	2000
6-19	315	700	60	460	300	3000
6-22	333	750	60	510	350	3000
6-27	353	800	60	550	350	3000
6-31	380	900	60	660	350	3000

Einheit	Ø Oberes Hüllrohr		Ø Unteres Hüllrohr	
	Stahlrohr	PT-PLUS®	Stahlrohr	PT-PLUS®
6-4	65/72	65	60/67	65
6-7	75/82	76	65/72	65
6-12	95/102 (1)	100 (1)	80/87 (1)	76 (1)
6-15	110/117 (1)	115 (1)	85/92 (1)	85 (1)
6-19	120/127 (1)	115	100/107 (1)	100
6-22	130/137 (1)	130 (1)	110/117 (1)	100 (1)
6-27	140/147 (1)	130	120/127 (1)	115
6-31	150/157 (1)	150	130/137 (1)	130

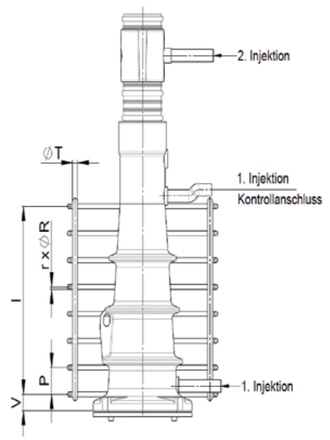
ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
Ein Übergangsrohr zwischen dem unteren und oberen Hüllrohr ist erforderlich. Für Details wenden Sie sich an VSL
Minimale Festigkeit der Mörtelfüllung beim Spannen fc, Würfel = 100 MPa

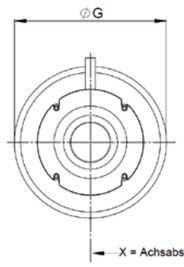
Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
FESTE VERANKERUNG TYP AF / BEWEHRUNG DER VERANKERUNGSZONE

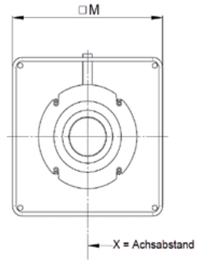
OPTION A - Wendel Bewehrung



OPTION B - Bügel Bewehrung







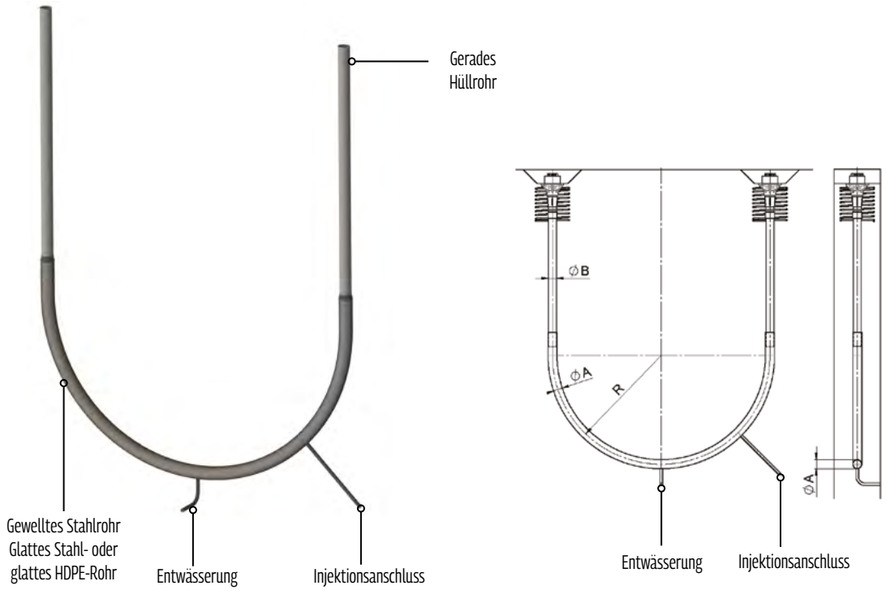
AF 30, für Normal-Betonklasse C 30/37
$f_{c,min}(t)$ = 28 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf P_{ti}=0.75 P_{pk}

	OPTION A - Wendel Bewehrung							OPTION B - Bügel Bewehrung							
Einheit	V	I	P	ØS	ØG	n (1)	X (3)	V	I	P	ØR	M	r (2)	X (3)	ØT
6-4	60	450	50	12	240	10	260	45	400	50	12	240	9	260	10
6-7	60	420	70	16	305	7	325	45	400	50	16	305	9	325	12
6-12	60	440	40	16	390	12	410	45	400	50	20	390	9	410	16
6-15	60	440	55	20	435	9	455	45	455	65	25	435	8	455	20
6-19	60	500	50	20	485	11	505	45	480	60	25	485	9	505	20
6-22	70	500	50	20	520	11	540	45	495	55	25	520	10	540	20
6-27	70	540	45	20	575	13	595	45	550	50	25	575	12	595	20
6-31	70	660	55	20	615	13	635	45	605	55	25	615	12	635	20

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
Min. Streckgrenze der Wendel für die Bewehrung der Verankerungszone fy = 500 N/mm²
Für die Berechnung der minimalen Randabstände siehe Abschnitt C 1.4.1
Für die maximale Spannkraft siehe Abschnitt C 1.1
Bewehrung, Randabstand, Achsabstand können geändert werden, wenden Sie sich an VSL

(1) n = Anzahl der Windungen
(2) r = Anzahl der Bügel
(3) X = Min. Achsabstände zwischen den Verankerungen

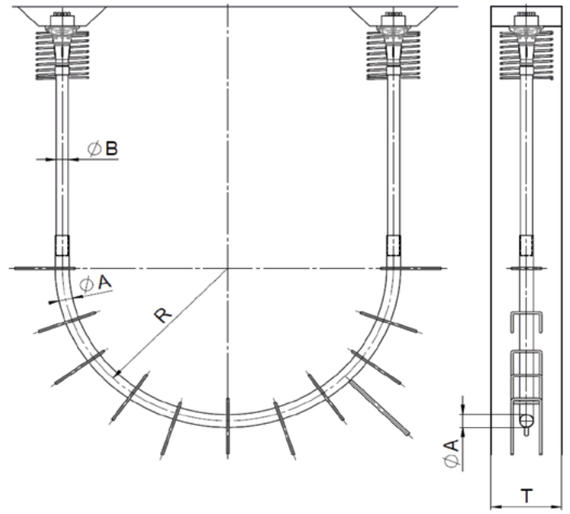
Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
FESTE VERANKERUNG TYP L

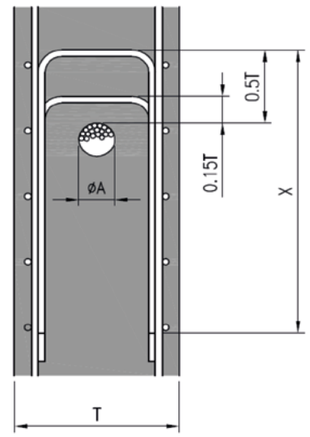


Einheit	Ø A [1] innen/aussen	Ø B [2] innen/aussen	R_{min}
6-2	50/55	45/50	600
6-3	50/55	45/50	600
6-4	55/60	50/55	650
6-7	75/82	60/67	850
6-12	90/97	80/87	1100
6-15	100/107	85/92	1250
6-19	110/117	95/102	1400
6-22	120/127	110/117	1500

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
(1) Dimensionen für gewelltes Stahlrohr. Für glattes Stahl- oder glattes HDPE-Rohr, wenden Sie sich an VSL
(2) Dimensionen für gewelltes Stahlrohr. Für PT-PLUS® Hüllrohre, wenden Sie sich an VSL
Für grössere Einheiten, wenden Sie sich an VSL

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund
FESTE VERANKERUNG TYP L / BEWEHRUNG DER VERANKERUNGSZONE





Radiale Steckbügel sind erforderlich, um Risse aufgrund der Dehnungsverträglichkeit hinter der Schlaufe zu kontrollieren, die bei Wandelementen auch als Zugstreben (ties) für die Lasteinleitung vor der Schlaufe wirken.

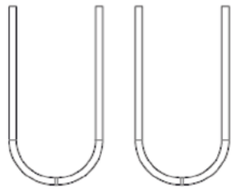
Die erforderliche Querschnittsfläche der Steckbügel entspricht ¼ von P_0/r bei 250 N/mm² (SLS):

• $A_s.n = P_0.\pi$

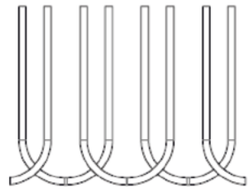
. A_s [mm²] Querschnittsfläche eines Steckbügel s
. n [-] Anzahl der Steckbügel
. P_0 [kN] Vorspannkraft im Spannglied
. $ØA_{ext}$ [mm] Aussendurchmesser Hüllrohr
. T [mm] Betondicke
. X [mm] Erforderliche Verankerungslänge nach geltender Norm
. f_y [N/mm²] Streckgrenze der Steckbügel: 500 N/mm²

L 25, für Normal-Betonklasse C 25/30
$f_{c,min}(t)$ = 22 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}
Bei T > 4ØA, wenden Sie sich an VSL für Details der Bewehrung
Betonüberdeckung der Hüllrohre darf nicht kleiner sein als der Aussendurchmesser der Hüllrohre

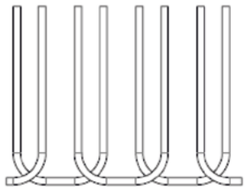
Anordnung mehrerer L Verankerungen in Abhängigkeit der verfügbaren Betondicke



T≥3·ØA $_{ext}$



T≥4·ØA $_{ext}$

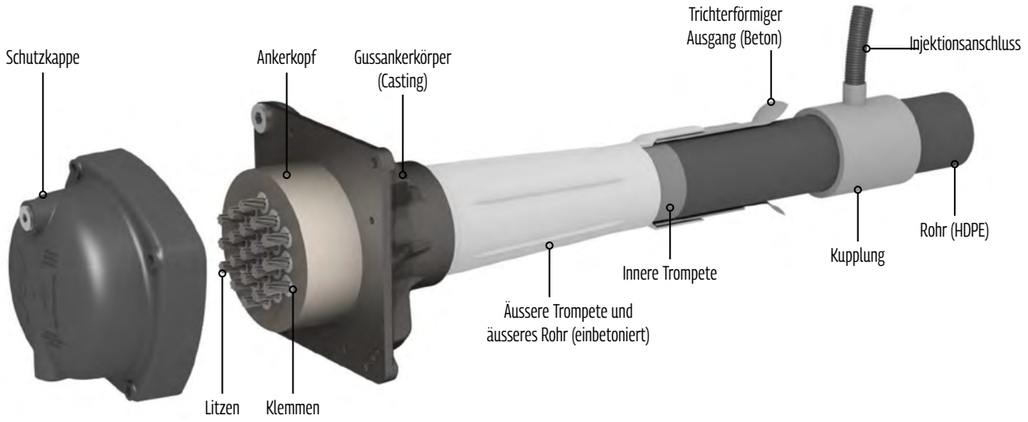


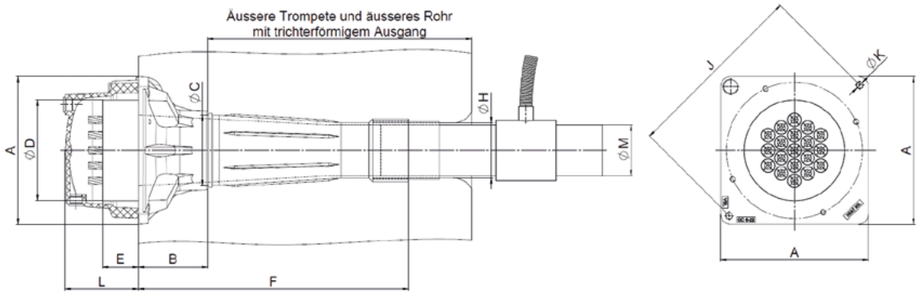
T≥4·ØA $_{ext}$

Externe Litzenvorspannkabel

Verankerung [-]	Datenblatt Typ [-]	Data Sheet No. VSLI-BDA	Seite
GC Extern	Geometrie	224	86
GC Extern	LZ Bewehrung	225	87

Litzenvorspannsystem Externe Spannglieder mit Füllgut
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP GC





Einheit	□A	B	ØC	ØD	E	F	ØH (2)	J (1)	K	L	ØM (3)
6-3	180	135	76	116	55	500	66	210	M12	120	50
6-4	180	135	76	116	55	500	66	210	M12	120	50
6-7	230	220	92	148	62	500	81	264	M16	135	75
6-12	260	240	113	186	68	500	99	316	M16	145	90
6-15	290	150	131	196	73	480	117	354	M16	155	110
6-19	320	150	153	218	78	605	117	400	M16	160	110
6-22	350	170	164	236	85	600	131	430	M16	170	125
6-27	375	170	173	248	90	580	131	470	M16	180	125
6-31	410	170	196	276	98	705	150	524	M16	200	140
6-37	470	180	230	316	105	935	150	420	M20	215	140
6-43	520	180	240	326	118	935	169	452	M20	230	160

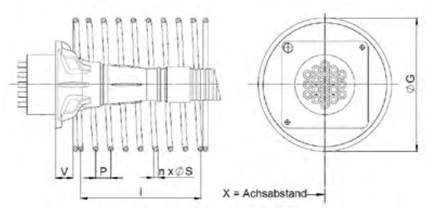
ANMERKUNGEN

Alle Dimensionen in [mm]

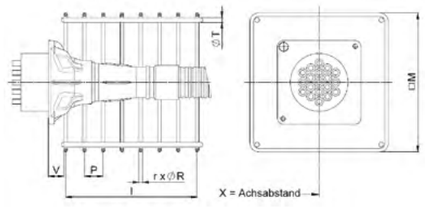
(1) J - Abstand der Schrauben zur Befestigung an der Schalung
(2) ØH - Innerer Durchmesser des äusseren Rohres
(3) ØM - Aussendurchmesser des Rohres

Litzenvorspannsystem Externe Spannglieder mit Füllgut
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP GC / BEWEHRUNG DER VERANKERUNGSZONE

OPTION A - Wendel Bewehrung



OPTION B - Bügel Bewehrung



GC 25, für Normal-Betonklasse C 25/30
$f_{c,min}(t)$ = 25 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

	Option A - Wendel Bewehrung							Option B - Bügel Bewehrung						
Einheit	l	P	øS	øG	n (1)	V_{max} (3)	X (4)	l	P	øR	M	r (2)	V_{max} (3)	X (4)
6-3	260	65	10	200	6	45	220	280	70	12	210	5	45	230
6-4	275	55	12	215	7	45	235	200	40	12	215	6	45	235
6-7	320	40	12	285	10	50	305	300	50	16	285	7	50	305
6-12	385	55	16	380	9	50	400	360	60	20	380	7	50	400
6-15	440	40	16	425	13	50	445	405	45	20	425	10	50	445
6-19	480	40	16	480	14	50	500	450	45	20	480	11	50	500
6-22	540	60	20	520	11	50	540	520	65	25	520	9	50	540
6-27	550	50	20	575	13	50	595	550	55	25	575	11	50	595
6-31	600	50	20	620	14	50	640	605	55	25	620	12	50	640
6-37	630	45	20	675	16	50	695	650	50	25	675	14	50	695
6-43	720	60	25	730	14	50	750	700	70	32	730	11	50	750

GC 28, für Normal-Betonklasse C 28/35
$f_{c,min}(t)$ = 28 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

	Option A - Wendel Bewehrung							Option B - Bügel Bewehrung						
Einheit	l	P	øS	øG	n (1)	V_{max} (3)	X (4)	l	P	øR	M	r (2)	V_{max} (3)	X (4)
6-3	210	70	10	200	5	45	220	280	70	12	210	5	45	230
6-4	260	65	12	210	6	45	230	350	70	16	220	6	45	240
6-7	280	40	12	265	9	50	285	250	50	16	265	6	50	285
6-12	400	50	16	350	10	50	370	330	55	20	350	7	50	370
6-15	400	40	16	395	12	50	415	360	45	20	395	9	50	415
6-19	440	40	16	445	13	50	465	420	70	25	445	7	50	465
6-22	495	55	20	480	11	50	500	480	60	25	480	9	50	500
6-27	540	45	20	530	14	50	550	500	50	25	530	11	50	550
6-31	550	50	20	575	13	50	595	550	55	25	575	11	50	595
6-37	630	45	20	625	16	50	645	640	80	32	625	9	50	645
6-43	660	60	25	675	13	50	695	630	70	32	675	10	50	695

GC 32, für Normal-Betonklasse C 32/40
$f_{c,min}(t)$ = 32 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

	Option A - Wendel Bewehrung							Option B - Bügel Bewehrung						
Einheit	l	P	øS	øG	n (1)	V_{max} (3)	X (4)	l	P	øR	M	r (2)	V_{max} (3)	X (4)
6-3	210	70	8	200	5	45	220	280	70	10	200	5	45	220
6-4	210	70	12	210	5	45	230	350	70	16	220	6	45	240
6-7	270	45	12	260	8	55	280	390	65	16	270	7	50	290
6-12	350	50	16	325	9	50	345	330	55	20	325	7	50	345
6-15	400	40	16	370	12	50	390	390	65	25	370	7	50	390
6-19	420	60	20	415	9	50	435	390	65	25	415	7	50	435
6-22	495	55	20	450	11	50	470	420	60	25	450	8	50	470
6-27	495	45	20	495	13	50	515	450	50	25	495	10	50	515
6-31	540	45	20	535	14	50	555	500	50	25	535	11	50	555
6-37	630	70	25	585	11	50	605	600	75	32	585	9	50	605
6-43	660	55	25	635	14	50	655	585	65	32	635	10	50	655

GC 35, für Normal-Betonklasse C 35/45
$f_{c,min}(t)$ = 35 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

	Option A - Wendel Bewehrung							Option B - Bügel Bewehrung						
Einheit	l	P	øS	øG	n (1)	V_{max} (3)	X (4)	l	P	øR	M	r (2)	V_{max} (3)	X (4)
6-3	210	70	8	200	5	45	220	280	70	8	200	5	45	220
6-4	220	55	10	200	6	45	220	325	65	12	210	6	45	230
6-7	275	55	12	260	7	55	280	350	70	16	270	6	50	290
6-12	350	50	16	310	9	50	330	330	55	20	310	7	50	330
6-15	360	40	16	350	11	55	370	325	65	25	350	6	50	370
6-19	400	40	16	395	12	50	415	390	65	25	395	7	50	415
6-22	440	55	20	425	10	55	445	420	60	25	425	8	50	445
6-27	495	45	20	470	13	55	490	450	50	25	470	10	50	490
6-31	495	45	20	505	13	55	525	500	50	25	505	11	50	525
6-37	585	65	25	550	11	55	570	525	75	32	550	8	50	570
6-43	605	55	25	600	13	55	620	585	65	32	600	10	50	620

GC 40, für Normal-Betonklasse C 40/50
$f_{c,min}(t)$ = 40 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

	Option A - Wendel Bewehrung							Option B - Bügel Bewehrung						
Einheit	l	P	øS	øG	n (1)	V_{max} (3)	X (4)	l	P	øR	M	r (2)	V_{max} (3)	X (4)
6-3	210	70	8	200	5	45	220	280	70	8	200	5	45	220
6-4	260	65	10	200	6	45	220	275	55	10	210	6	45	230
6-7	300	60	12	260	7	55	280	350	50	12	270	8	50	290
6-12	350	50	16	295	9	55	315	385	55	20	300	8	50	320
6-15	360	40	16	330	11	55	350	420	60	25	340	8	50	360
6-19	400	40	16	375	12	55	395	390	65	25	375	7	50	395
6-22	440	55	20	405	10	55	425	420	60	25	405	8	50	425
6-27	450	45	20	445	12	55	465	480	80	32	445	7	50	465
6-31	495	45	20	480	13	55	500	450	50	25	480	10	50	500
6-37	560	70	25	525	10	60	545	630	70	32	540	10	50	560
6-43	605	55	25	570	13	60	590	675	75	32	590	10	50	610

GC 50, für Normal-Betonklasse C 50/60
$f_{c,min}(t)$ = 50 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

	Option A - Wendel Bewehrung							Option B - Bügel Bewehrung						
Einheit	l	P	øS	øG	n (1)	V_{max} (3)	X (4)	l	P	øR	M	r (2)	V_{max} (3)	X (4)
6-3	210	70	8	200	5	45	220	280	70	8	200	5	45	220
6-4	210	70	8	200	5	45	220	275	55	8	200	6	45	220
6-7	300	60	10	250	7	55	270	375	75	12	260	6	50	280
6-12	300	60	16	300	7	55	320	390	65	20	300	7	50	320
6-15	325	65	20	330	7	55	350	450	75	25	340	7	50	360
6-19	360	60	20	360	8	60	380	490	70	25	370	8	50	390
6-22	385	55	20	390	9	60	410	480	60	25	400	9	50	420
6-27	420	70	25	430	8	55	450	560	80	32	440	8	50	460
6-31	490	70	25	460	9	60	480	595	85	32	480	8	50	500
6-37	490	70	25	520	9	60	540	595	85	32	540	8	50	560
6-43	600	75	25	570	10	60	590	680	85	32	590	9	50	610

ANMERKUNGEN

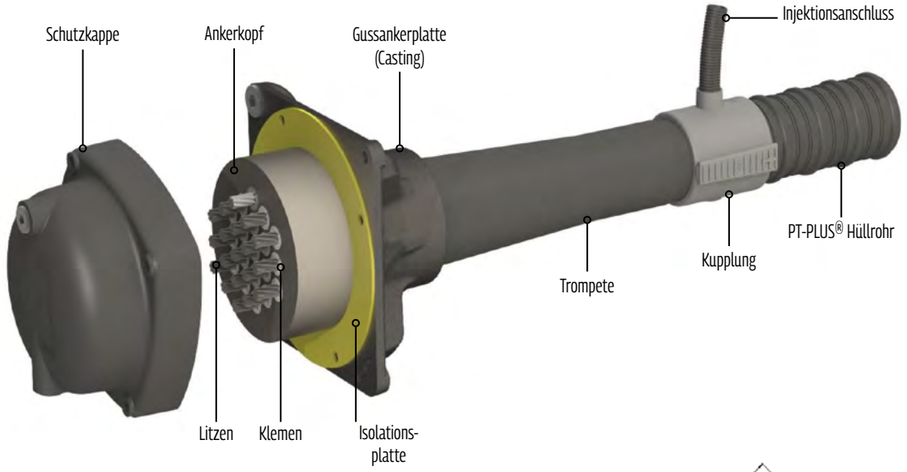
Alle Dimensionen in [mm]
Min. Streckgrenze für die Bewehrung der Verankerungszone fy = 500 N/mm²
(1) n = Anzahl der Windungen, einschliesslich der ersten und letzten Windung, die zur Verankerung der Wendel dienen. Erste Windung ist mit der nächsten verbunden.
(2) r = Anzahl der Bügel
(3) $V_{max} \geq V \geq V_{min}$; V_{min} ist die projektspezifische Betonüberdeckung. Ist V_{min} grösser als V_{max} wenden Sie sich an VSL.
(4) X = Min. Achsabstände zwischen den Verankerungen

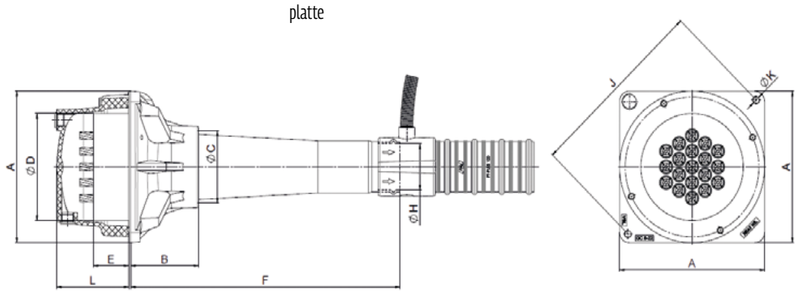
Für die Berechnung der minimalen Randabstände siehe Abschnitt C 1.4.1
Für die maximale Spannkraft und das temporäre Überspannen siehe Abschnitt C 1.1 und C 1.2.8
Bewehrung, Randabstand, Achsabstand können geändert werden, wenden Sie sich an VSL

Elektrisch Isolierte Litzenvorspannkabel (EIT)

Verankerung [-]	Datenblatt Typ [-]	Data Sheet No. VSLI-BDA	Page
GC EIT	Geometrie	226	90
GC EIT	Lokale Bewehrung	227	91
CS 2000 Super EIT	Geometrie	228	92
CS 2000 Super EIT	Lokale Bewehrung	229	93

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund EIT (Elektrisch isoliertes Spannglied)
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP GC



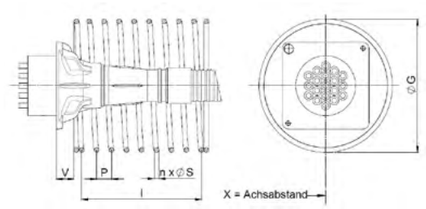


Einheit	□A	B	ØC	ØD	E	F	ØH (2)	J (1)	K	L
6-3	180	135	76	116	55	245	58	210	M12	120
6-4	180	135	76	116	55	245	58	210	M12	120
6-7	230	220	92	156	62	370	58	264	M16	135
6-12	260	240	113	186	68	400	76	316	M16	145
6-15	290	150	131	198	73	475	85	354	M16	155
6-19	320	150	153	226	78	595	100	400	M16	160
6-22	350	170	164	246	85	595	100	430	M16	170
6-27	375	170	173	258	90	575	115	470	M16	180
6-31	410	170	196	286	98	800	130	524	M16	200
6-37	470	180	230	326	105	1035	130	420	M20	215
6-43	520	180	240	336	118	1035	150	452	M20	230

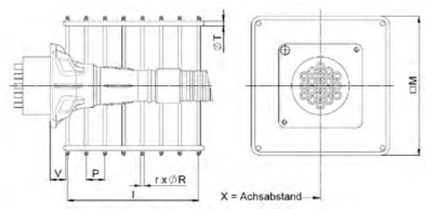
ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
(1) J- Abstand der Schrauben zur Befestigung an der Schalung
(2) ØH-Innerer Durchmesser der Trompete
Elektrische Anschlüsse zur Überwachung sind nicht dargestellt

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund EIT (Elektrisch isoliertes Spannglied)
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP GC / BEWEHRUNG DER VERANKERUNGSZONE

OPTION A - Wendel Bewehrung



OPTION B - Bügel Bewehrung



GC 25, für Normal-Betonklasse C 25/30
$f_{c,min}(t)$ = 25 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

	Option A - Wendel Bewehrung							Option B - Bügel Bewehrung						
Einheit	l	P	øS	øG	n (1)	V_{max} (3)	X (4)	l	P	øR	M	r (2)	V_{max} (3)	X (4)
6-3	260	65	10	200	6	45	220	280	70	12	210	5	45	230
6-4	275	55	12	215	7	45	235	200	40	12	215	6	45	235
6-7	320	40	12	285	10	50	305	300	50	16	285	7	50	305
6-12	385	55	16	380	9	50	400	360	60	20	380	7	50	400
6-15	440	40	16	425	13	50	445	405	45	20	425	10	50	445
6-19	480	40	16	480	14	50	500	450	45	20	480	11	50	500
6-22	540	60	20	520	11	50	540	520	65	25	520	9	50	540
6-27	550	50	20	575	13	50	595	550	55	25	575	11	50	595
6-31	600	50	20	620	14	50	640	605	55	25	620	12	50	640
6-37	630	45	20	675	16	50	695	650	50	25	675	14	50	695
6-43	720	60	25	730	14	50	750	700	70	32	730	11	50	750

GC 28, für Normal-Betonklasse C 28/35
$f_{c,min}(t)$ = 28 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

	Option A - Wendel Bewehrung							Option B - Bügel Bewehrung						
Einheit	l	P	øS	øG	n (1)	V_{max} (3)	X (4)	l	P	øR	M	r (2)	V_{max} (3)	X (4)
6-3	210	70	10	200	5	45	220	280	70	12	210	5	45	230
6-4	260	65	12	210	6	45	230	350	70	16	220	6	45	240
6-7	280	40	12	265	9	50	285	250	50	16	265	6	50	285
6-12	400	50	16	350	10	50	370	330	55	20	350	7	50	370
6-15	400	40	16	395	12	50	415	360	45	20	395	9	50	415
6-19	440	40	16	445	13	50	465	420	70	25	445	7	50	465
6-22	495	55	20	480	11	50	500	480	60	25	480	9	50	500
6-27	540	45	20	530	14	50	550	500	50	25	530	11	50	550
6-31	550	50	20	575	13	50	595	550	55	25	575	11	50	595
6-37	630	45	20	625	16	50	645	640	80	32	625	9	50	645
6-43	660	60	25	675	13	50	695	630	70	32	675	10	50	695

GC 32, für Normal-Betonklasse C 32/40
$f_{c,min}(t)$ = 32 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

	Option A - Wendel Bewehrung							Option B - Bügel Bewehrung						
Einheit	l	P	øS	øG	n (1)	V_{max} (3)	X (4)	l	P	øR	M	r (2)	V_{max} (3)	X (4)
6-3	210	70	8	200	5	45	220	280	70	10	200	5	45	220
6-4	210	70	12	210	5	45	230	350	70	16	220	6	45	240
6-7	270	45	12	260	8	55	280	390	65	16	270	7	50	290
6-12	350	50	16	325	9	50	345	330	55	20	325	7	50	345
6-15	400	40	16	370	12	50	390	390	65	25	370	7	50	390
6-19	420	60	20	415	9	50	435	390	65	25	415	7	50	435
6-22	495	55	20	450	11	50	470	420	60	25	450	8	50	470
6-27	495	45	20	495	13	50	515	450	50	25	495	10	50	515
6-31	540	45	20	535	14	50	555	500	50	25	535	11	50	555
6-37	630	70	25	585	11	50	605	600	75	32	585	9	50	605
6-43	660	55	25	635	14	50	655	585	65	32	635	10	50	655

GC 35, für Normal-Betonklasse C 35/45
$f_{c,min}(t)$ = 35 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

	Option A - Wendel Bewehrung							Option B - Bügel Bewehrung						
Einheit	l	P	øS	øG	n (1)	V_{max} (3)	X (4)	l	P	øR	M	r (2)	V_{max} (3)	X (4)
6-3	210	70	8	200	5	45	220	280	70	10	200	5	45	220
6-4	210	70	12	210	5	45	230	350	70	16	220	6	45	240
6-7	270	45	12	260	8	55	280	390	65	16	270	7	50	290
6-12	350	50	16	325	9	50	345	330	55	20	325	7	50	345
6-15	400	40	16	370	12	50	390	390	65	25	370	7	50	390
6-19	420	60	20	415	9	50	435	390	65	25	415	7	50	435
6-22	495	55	20	450	11	50	470	420	60	25	450	8	50	470
6-27	495	45	20	495	13	50	515	450	50	25	495	10	50	515
6-31	540	45	20	535	14	50	555	500	50	25	535	11	50	555
6-37	630	70	25	585	11	50	605	600	75	32	585	9	50	605
6-43	660	55	25	635	14	50	655	585	65	32	635	10	50	655

GC 40, für Normal-Betonklasse C 40/50
$f_{c,min}(t)$ = 40 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

	Option A - Wendel Bewehrung							Option B - Bügel Bewehrung						
Einheit	l	P	øS	øG	n (1)	V_{max} (3)	X (4)	l	P	øR	M	r (2)	V_{max} (3)	X (4)
6-3	210	70	8	200	5	45	220	280	70	8	200	5	45	220
6-4	260	65	10	200	6	45	220	275	55	10	210	6	45	230
6-7	300	60	12	260	7	55	280	350	50	12	270	8	50	290
6-12	350	50	16	295	9	55	315	385	55	20	300	8	50	320
6-15	360	40	16	330	11	55	350	420	60	25	340	8	50	360
6-19	400	40	16	375	12	55	395	390	65	25	375	7	50	395
6-22	440	55	20	405	10	55	425	420	60	25	405	8	50	425
6-27	450	45	20	445	12	55	465	480	80	32	445	7	50	465
6-31	495	45	20	480	13	55	500	450	50	25	480	10	50	500
6-37	560	70	25	525	10	60	545	630	70	32	540	10	50	560
6-43	605	55	25	570	13	60	590	675	75	32	590	10	50	610

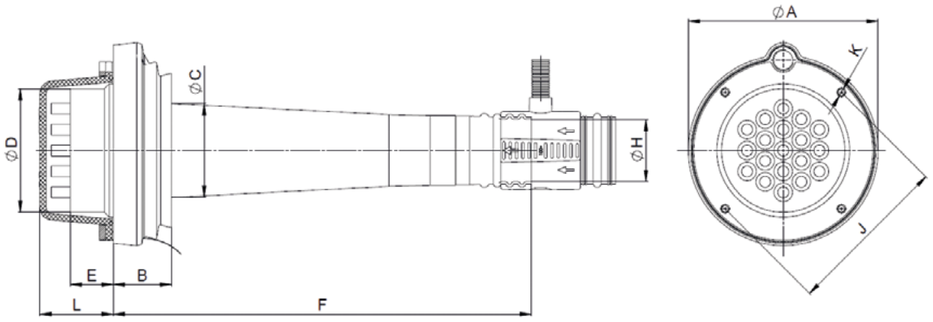
GC 50, für Normal-Betonklasse C 50/60
$f_{c,min}(t)$ = 50 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf $P_ü$=0.75 P_{pk}

	Option A - Wendel Bewehrung							Option B - Bügel Bewehrung						
Einheit	l	P	øS	øG	n (1)	V_{max} (3)	X (4)	l	P	øR	M	r (2)	V_{max} (3)	X (4)
6-3	210	70	8	200	5	45	220	280	70	8	200	5	45	220
6-4	210	70	8	200	5	45	220	275	55	8	200	6	45	220
6-7	300	60	10	250	7	55	270	375	75	12	260	6	50	280
6-12	300	60	16	300	7	55	320	390	65	20	300	7	50	320
6-15	325	65	20	330	7	55	350	450	75	25	340	7	50	360
6-19	360	60	20	360	8	60	380	490	70	25	370	8	50	390
6-22	385	55	20	390	9	60	410	480	60	25	400	9	50	420
6-27	420	70	25	430	8	55	450	560	80	32	440	8	50	460
6-31	490	70	25	460	9	60	480	595	85	32	480	8	50	500
6-37	490	70	25	520	9	60	540	595	85	32	540	8	50	560
6-43	600	75	25	570	10	60	590	680	85	32	590	9	50	610

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
Min. Streckgrenze für die Bewehrung der Verankerungszone fy = 500 N/mm²
(1) n = Anzahl der Windungen, einschliesslich der ersten und letzten Windung, die zur Verankerung der Wendel dienen. Erste Windung ist mit der nächsten verbunden.
(2) r = Anzahl der Bügel
(3) $V_{max} \geq V \geq V_{min}$; V_{min} ist die projektspezifische Betonüberdeckung. Ist V_{min} grösser als V_{max} wenden Sie sich an VSL.
(4) X = Min. Achsabstände zwischen den Verankerungen

Für die Berechnung der minimalen Randabstände siehe Abschnitt C 1.4.1
Für die maximale Spannkraft und das temporäre Überspannen siehe Abschnitt C 1.1 und C 1.2.8
Bewehrung, Randabstand, Achsabstand können geändert werden, wenden Sie sich an VSL

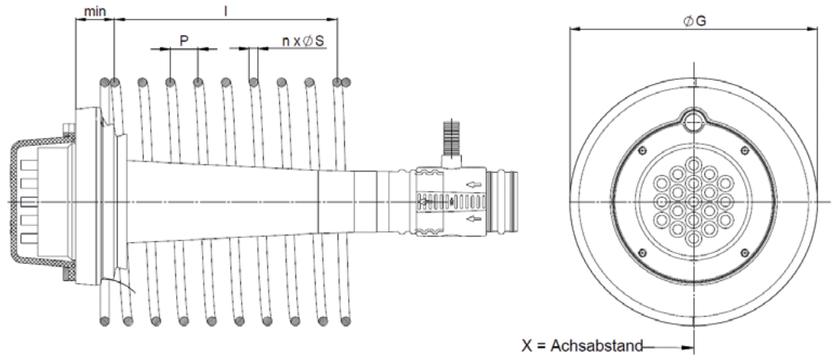
Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund EIT (Elektrisch isoliertes Spannglied)
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP CS 2000



Einheit	□A	B	ØC	ØD	E	F	ØH (2)	J (1)	K	L
6-7	222	60	85	143	50	360	57	188	M12	112
6-12	258	80	117	178	60	530	74	220	M12	113
6-19	300	90	148	210	70	660	98	260	M12	114
6-22	320	100	165	228	70	740	100	274	M12	115
6-27	360	110	181	256	69	810	111	310	M16	140
6-31	390	122	188	274	69	740	126	330	M16	150
6-37	420	130	211	300	82	925	126	357	M16	160

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
(1) J - Abstand der Schrauben zur Befestigung an der Schalung
(2) ØH - Innerer Durchmesser der Trompete

Litzenvorspannsystem Interne Spannglieder mit Verbund EIT (Elektrisch isoliertes Spannglied)
BEWEGLICHE VERANKERUNG TYP CS 2000 / BEWEHRUNG DER VERANKERUNGSZONE



CS 2000-30, für Normal-Betonklasse C 30/37
$f_{c,min}(t)$ = 28 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf P_u=0.75 P_{pk}

	Wendel					X (3)
Einheit	ØS	n (1)	P	ØG	l (2)	
6-7	16	6	65	290	260	310
6-12	18	8	60	390	360	410
6-19	20	11	55	495	495	515
6-22	22	10	60	530	480	550
6-27	22	12	55	590	550	610
6-31	22	13	55	635	605	655
6-37	26	12	65	695	650	715

CS 2000-40, für Normal-Betonklasse C 40/50
$f_{c,min}(t)$ = 36 N/mm² (Zylinder) beim Spannen auf P_u=0.75 P_{pk}

	Wendel					X (3)
Einheit	ØS	n (1)	P	ØG	l (2)	
6-7	16	6	65	270	260	290
6-12	18	8	55	355	330	375
6-19	20	10	55	455	440	475
6-22	22	10	60	490	480	510
6-27	22	11	55	545	495	565
6-31	22	12	55	590	550	610
6-37	26	11	65	645	585	665

ANMERKUNGEN
Alle Dimensionen in [mm]
Min. Streckgrenze der Wendel für die Bewehrung der Verankerungszone fy = 500 N/mm²
Für die Berechnung der minimalen Randabstände siehe Abschnitt C 1.4.1
Für die maximale Spannkraft und das temporäre Überspannen siehe Abschnitt C 1.1 und C 1.2.8
Bewehrung, Randabstand, Achsabstand können geändert werden, wenden Sie sich an VSL

(1) n=Anzahl der Windungen,einschliesslich der ersten und letzten Windung,die zur Verankerung der Wendel dienen. Erste Windung ist mit der nächsten verbunden.
(2) l deckt den erforderlichen Bereich der statisch wirksamen Umschnürung ab (Wendel)
(3) X = Min. Achsabstände zwischen den Verankerungen.

Copyright 10/2019, VSL International Ltd.

Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen, einschliesslich technischer Daten, dienen nur der allgemeinen Information. Obwohl alle Anstrengungen unternommen wurden, um die Richtigkeit dieser Informationen zu gewährleisten, sollten diese Informationen nicht ohne unabhängige Überprüfung ihrer Richtigkeit und Eignung für eine Nutzung verwendet werden. Jeder, der dieses Material verwendet, übernimmt jegliche Haftung, die sich aus einer solchen Nutzung ergibt. VSL lehnt alle ausdrücklichen oder impliziten Garantien der Marktfähigkeit für allgemeine oder besondere Nutzungen oder die Freiheit von Verletzungen von Patenten, Marken oder Urheberrechten in Bezug auf die hierin enthaltenen oder erwähnten Informationen oder Produkte ab. Nichts hierin Enthaltenes darf als Gewährung einer Lizenz ausgelegt werden, die ausdrücklich oder implizit für Patente erteilt wird.

VSL, eine Spezialbaufirma, die zur Bouygues Gruppe gehört, macht Gebrauch von den neuesten Baumethoden und Technologien um komplexe Strukturen zu bauen und zu unterhalten. VSL kreiert innovative und für seine Kunden massgeschneiderte Lösungen, vom Konzept bis zur Ausführung.

VSL

A member of
Bouygues Construction

Keep in touch with VSL on vsl.com and VSL International Ltd.