

**Allgemeine
bauaufsichtliche
Zulassung/
Allgemeine
Bauartgenehmigung**

Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten

Bautechnisches Prüfamt

Eine vom Bund und den Ländern
gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts

Mitglied der EOTA, der UEAtc und der WFTAO

Datum:

17.03.2021

Geschäftszeichen:

I 16-1.13.3-19/19

Nummer:

Z-13.3-133

Geltungsdauer

vom: **17. März 2021**

bis: **20. Dezember 2023**

Antragsteller:

BBV Systems GmbH

Industriestraße 98

67240 Bobenheim-Roxheim

Gegenstand dieses Bescheides:

BBV Externes Litzenspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Der oben genannte Regelungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich
zugelassen/genehmigt.

Dieser Bescheid umfasst 25 Seiten und 20 Anlagen.

Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/allgemeine Bauartgenehmigung ersetzt die allgemeine
bauaufsichtliche Zulassung/allgemeine Bauartgenehmigung Nr. Z-13.3-133 vom 6. Februar 2019.

DIBt

I ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Mit diesem Bescheid ist die Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Regelungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnungen nachgewiesen.
- 2 Dieser Bescheid ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.
- 3 Dieser Bescheid wird unbeschadet der Rechte Dritter, insbesondere privater Schutzrechte, erteilt.
- 4 Dem Verwender bzw. Anwender des Regelungsgegenstandes sind, unbeschadet weiter gehender Regelungen in den "Besonderen Bestimmungen", Kopien dieses Bescheides zur Verfügung zu stellen. Zudem ist der Verwender bzw. Anwender des Regelungsgegenstandes darauf hinzuweisen, dass dieser Bescheid an der Verwendungs- bzw. Anwendungsstelle vorliegen muss. Auf Anforderung sind den beteiligten Behörden ebenfalls Kopien zur Verfügung zu stellen.
- 5 Dieser Bescheid darf nur vollständig vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung des Deutschen Instituts für Bautechnik. Texte und Zeichnungen von Werbeschriften dürfen diesem Bescheid nicht widersprechen, Übersetzungen müssen den Hinweis "Vom Deutschen Institut für Bautechnik nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung" enthalten.
- 6 Dieser Bescheid wird widerruflich erteilt. Die Bestimmungen können nachträglich ergänzt und geändert werden, insbesondere, wenn neue technische Erkenntnisse dies erfordern.
- 7 Dieser Bescheid bezieht sich auf die von dem Antragsteller gemachten Angaben und vorgelegten Dokumente. Eine Änderung dieser Grundlagen wird von diesem Bescheid nicht erfasst und ist dem Deutschen Institut für Bautechnik unverzüglich offenzulegen.
- 8 Die von diesem Bescheid umfasste allgemeine Bauartgenehmigung gilt zugleich als allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für die Bauart.

II BESONDERE BESTIMMUNGEN

1 Regelungsgegenstand und Verwendungs- bzw. Anwendungsbereich

1.1 Zulassungsgegenstand und Anwendungsbereich

Zulassungsgegenstand sind Spannglieder und weitere Elemente des Spannverfahrens BBV Typ EW für externe Vorspannung ohne Verbund, die aus folgenden Teilen bestehen:

- Zugglieder: 7 bis 22 Spannstahllitzen St 1660/1860, Nenndurchmesser 15,7 mm (0,62" bzw. 150 mm²), deren Verankerungen, deren Umlenkungen und deren Korrosionsschutz.

Verankerungen (Endverankerungen, siehe Anlagen 1 und 2) in Normalbeton:

- 1) Spannanker (S) mit Ankerplatte und Lochscheibe für Spannglieder mit 7 und 9 Spannstahllitzen oder Mehrflächengussanker und Lochscheibe für Spannglieder mit 12, 15, 19 und 22 Spannstahllitzen.
- 2) Spannanker (S_{SP}) und Festanker (F_{SP}) mit aufgesetzter Ankerplatte und Lochscheibe mit Übergangsplatte auf zwischengelegter Schlitzplatte für Spannglieder mit 7 bis 22 Spannstahllitzen.
- 3) Einbetonierter Festanker (F_{ek}) mit aufgesetzter Ankerplatte und Lochscheibe mit Übergangsplatte für Spannglieder mit 7 bis 22 Spannstahllitzen.

Verankerungen (Endverankerungen) zur Auflagerung auf einem Stahlbauteil:

- 4) Festanker (F) mit aufgesetzter Ankerplatte und Lochscheibe sowie Übergangsplatte für Spannglieder mit 7 bis 22 Spannstahllitzen.
- 5) Spannanker (S_{SP}) und Festanker (F_{SP}) mit aufgesetzter Ankerplatte und Lochscheibe mit Übergangsplatte auf zwischengelegter Schlitzplatte für Spannglieder mit 7 bis 22 Spannstahllitzen.

Die Verankerung der Spannstahllitzen in den Lochscheiben erfolgt durch Keile.

1.2 Genehmigungsgegenstand und Anwendungsbereich

Genehmigungsgegenstand ist die Planung, Bemessung und Ausführung von Spannbetonbauteilen unter Anwendung der vorgespannten Spannglieder und des BBV externen Litzen-spannverfahrens Typ EW. Die Spannglieder dürfen zur externen Vorspannung ohne Verbund von Onshore- Spannbetontürmen aus Normalbeton für Windenergieanlagen (WEA) nach der Richtlinie für Windenergieanlagen verwendet werden. Die vorgespannten Türme mit kreisförmigem Querschnitt bestehen je nach Anlagentyp und Bauhöhe aus einer unterschiedlichen Anzahl von Betonsegmenten. Die Entwurfslebensdauer der WEA darf 25 Jahre nicht überschreiten; die Dauerhaftigkeit des Spannverfahrens ist dieser Entwurfslebensdauer angepasst.

Die Bemessung der Türme erfolgt nach der Richtlinie für Windenergieanlagen und DIN EN 1992-1-1:2011-01 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04. Die Spannglieder werden im Innern der Türme entlang der Turmwand geführt. Im Turminnenraum sind Temperaturen von -10 °C bis +40 °C zulässig. Die Spannglieder sind nicht nachspannbar.

2 Bestimmungen für das Bauprodukt/die Bauprodukte

2.1 Eigenschaften und Zusammensetzung

2.1.1 Allgemeines

Für die Spannglieder sind Zubehörteile entsprechend den Anlagen und den Technischen Lieferbedingungen, in denen Abmessungen, Material und Werkstoffkennwerte der Zubehörteile mit den zulässigen Toleranzen und die Materialien des Korrosionsschutzes angegeben sind, zu verwenden. Die Technischen Lieferbedingungen sind beim Deutschen Institut für Bautechnik, der Zertifizierungsstelle und der Überwachungsstelle hinterlegt.

2.1.2 Spannstahl

Es dürfen nur 7-drähtige Spannstahllitzen St 1660/1860 verwendet werden, die mit folgenden Abmessungen allgemein bauaufsichtlich zugelassen sind:

Spannstahllitze Ø 15,7 mm:

Litze:	Nenn Durchmesser $d_P \approx 3 d_A =$	15,7 mm bzw. 0,62"
	Nennquerschnitt	150 mm ²
Einzeldrähte:	Außendrahtdurchmesser d_A	
	Kerndrahtdurchmesser $d_K \geq$	1,03 d_A

Es dürfen nur Spannstahllitzen mit sehr niedriger Relaxation verwendet werden.

Folgende oder gleichwertige mit Korrosionsschutzsystem zugelassene Spannstahllitzen mit einem 1,5 mm, 2 mm oder 2,4 mm starken PE-Mantel und der Korrosionsschutzmasse Nontribos MP-2 dürfen verwendet werden:

Zulassungsnummer:	Name:
Z-12.3-91	ACOR 2
Z-12.3-113	GOLIAT
Z-12.3-133	EC-MONO

2.1.3 Keile

Für die Keilverankerungen sind die Keile Typ 30 ohne Rändel (siehe Anlage 9) zu verwenden. Die Keilsegmente der Keile für die Spannstahllitzen Ø 15,7 mm sind mit der Aufschrift "0,62" gekennzeichnet.

2.1.4 Lochscheiben

Die konischen Bohrungen der Lochscheiben müssen sauber und rostfrei und mit einer Korrosionsschutzmasse versehen sein.

2.1.5 Übergangsplatten K und G

Bei den Festankern befinden sich zwischen den Stahlringen und den Lochscheiben Übergangsplatten K (Anlage 5) zur Halterung der PE-Litzenmäntel. Die PE-Litzenmäntel werden mittels Halterungen in den Übergangsplatten K fixiert.

Alternativ können bei den Festankern Übergangsplatten G (Anlage 9) mit eingeschraubten Überschubröhrchen verwendet werden.

Beim Spannanker (S_{SP}) befinden sich zwischen den Ankerplatten und den Lochscheiben Übergangsplatten G mit eingeschraubten Überschubröhrchen.

2.1.6 Schlitzplatten

Bei den Verankerungen (S_{SP}) und (F_{SP}) befindet sich zwischen Ankerplatte und Lochscheibe mit Übergangsplatte Schlitzplatte. Mindestabmessungen von Schlitzplatten sind beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt.

2.1.7 Ankerplatten

Für 7 und 9 Spannstahlilitzen des Spannankers (S) kommen rechteckige oder runde Ankerplatten zur Verwendung.

Die Verankerungen mittels aufgesetzter Ankerplatten gelten für Spannglieder mit 7 bis 22 Spannlitzen.

2.1.8 Mehrflächengussanker

Für 12 bis 22 Spannstahlilitzen des Spannankers (S) kommen Mehrflächenanker (Anlage 7) aus Guss zur Verwendung.

2.1.9 Wendel und Bügelbewehrung

Die in den Anlagen angegebenen Abmessungen und Stahlsorten der Wendel und der Bügelbewehrung in den Verankerungsbereichen der Fest- und Spannanker sind einzuhalten. Die zentrische Lage ist entsprechend Abschnitt 3.2.5 zu sichern.

2.1.10 Korrosionsschutz im Bereich der Verankerungen und der freien Spanngliedlänge

Die Spannglieder einschließlich deren Verankerungen werden im Inneren von verschlossenen Spannbetonfertigteiltürmen für Windenergieanlagen verwendet. Sie unterliegen damit einer Innenraumbeanspruchung in Räumen, in denen Kondensation auftreten darf und damit einer geringen korrosiven Beanspruchung (Beanspruchungsstufe 2 nach DIN EN ISO 2081 bzw. Korrosivitätskategorie C2 nach DIN EN ISO 9223).

Es werden mit Korrosionsschutzsystem zugelassene Spannstahlilitzen mit PE-Mantel in einer Mindestwandstärke entsprechend dem jeweiligen Anwendungsfall und der Spanngliedführung (siehe Abschnitt 3.1.4 sowie Anlage 3) und mit der Korrosionsschutz-masse Nontribos MP-2 verwendet.

Als Korrosionsschutzmassen im Verankerungsbereich werden Vaseline FC 284, UNIGEL 128F-1 oder Nontribos MP-2 verwendet (siehe Anlage 19). Diese müssen den beim Deutschen Institut für Bautechnik durch die Hersteller der Massen hinterlegten Rezepturen entsprechen.

Die Verankerungen sind im Werk und nach dem Vorspannen entsprechend der Beschreibung in Anlage 20 und mit den in den Anlagen 11 bis 16 dargestellten Maßnahmen zu schützen.

Die Herstellung der Spannglieder mit den Festankern (F) oder (F_{SP}) erfolgt im Werk. Die PE-Mäntel werden durch Halterung in den Übergangsplatte K fixiert oder alternativ mit eingeschraubten Überschubröhrchen mit Konusmutter und O Ring in der Übergangsplatte G gehalten. Die Hohlräume werden vollständig mit Korrosionsschutzmasse verfüllt. Die Festanker werden mit Korrosionsschutzbinde (seitlich und oben an der Lochscheibe), flexibler Abdeckkappe und Sicherungsscheibe auf die Baustelle geliefert.

Beim einbetonierten Festanker (F_{ek}) werden die PE-Mäntel mit eingeschraubten Überschubröhrchen mit Konusmutter und O Ring in der Übergangsplatte G gehalten. Die Hohlräume werden vollständig mit Korrosionsschutzmasse verfüllt.

Beim Spannanker (S) werden die Spannstahlilitzen in das Aussparungsrohr bestehend aus Übergangsrohr, Übergangsmuffe und Aufweitungsrohr geführt. Nach den Vorspannarbeiten wird die Kopfseite der Verankerung mit Sicherungsscheibe, Dichtring und Schutzhaube versehen und der komplette Verankerungsbereich mit Korrosionsschutzmasse verfüllt. Die Mindesteinbindelänge der Monolitzenmäntel in die Korrosionsschutzmasse beträgt mind. 50 cm. Zum Schutz der Korrosionsschutzmasse vor äußeren Einflüssen wie z. B. Staub wird am oberen Ende des Aufweitungsrohrs eine Abdeckung mittels Faltenbalg und einer weichen, nachgiebigen Sortierscheibe aufgebracht. Die harte, feste Sortierscheibe verbleibt oberhalb des Faltenbalges und muss sich nach dem Spannen von Hand entlang der Litzen bewegen lassen. Damit wird eine unzulässig hohe Flächenpressung auf den Monolitzenmantel vermieden.

Anstelle der kompletten Verfüllung des Verankerungsbereichs mit Korrosionsschutzmasse kann unter der Lochscheibe die Übergangsplatte G mit eingeschraubten Überschubröhrchen (Länge ≥ 60 cm) eingebaut werden. Hohlräume werden mit Korrosionsschutzmasse gefüllt. Der Übergang von Überschubröhrchen auf Monolitzenmäntel wird mittels Konusmutter mit O-Ring gesichert. Eine Verschiebung des PE-Mantels (z.B. infolge Temperaturwechsel) wird dadurch verhindert.

Beim Spannanker (S_{SP}) wird zur Durchführung der Fertigspannglieder durch die Aussparungsrohre bzw. Öffnungen in Ankerplatte/Stahlbauteil eine Lochscheibe mit Übergangsplatte auf zwischengelegter Schlitzplatte verwendet (Anlage 2). Die Ausführung der Übergangsplatte G mit eingeschraubten Überschubröhrchen unter der Lochscheibe erfolgt wie beim Spannanker (S).

Nach den Vorspannarbeiten wird die Kontaktfläche zwischen Sicherungsscheibe und Lochscheibe und alle Hohlräume vollständig mit Korrosionsschutzmasse verfüllt. Die Lochscheibe ist mit DENSO-Binde umwickelt. Die gefetteten Litzenüberstände werden mittels Abdeckröhrchen überdeckt. Jedes Abdeckröhrchen wird in die Sicherungsscheibe eingesteckt und am freien Ende mit Stopfen verschlossen. Die Verankerung wird mittels PE-Schutzhaube abgedeckt.

2.1.11 Korrosionsschutz der freiliegenden Stahlteile

Die nicht ausreichend durch Betonüberdeckung (mindestens 5 cm) oder Korrosionsschutzmasse geschützten Flächen aller stählernen Teile sind mit einem Schutzsystem nach DIN EN ISO 12944-5 gegen Korrosion zu schützen.

Dabei ist zu beachten, dass das entsprechende Schutzsystem so ausgewählt wird, dass mindestens eine Korrosivitätskategorie C5 nach DIN EN ISO 12944-2 gewährleistet wird. Bei Stahlteilen der Verankerung, welche im Inneren einer abgeschlossenen Konstruktion liegen darf die Korrosivitätskategorie C3 nach DIN EN ISO 12944-2 zugrunde gelegt werden, wenn der Angriff von korrosiven Stoffen ausgeschlossen werden kann.

Die Oberflächenvorbereitung erfolgt nach DIN EN ISO 12944-4. Bei der Ausführung der Beschichtungsarbeiten ist DIN EN ISO 12944-7 zu beachten.

Die Übergangsplatten K und G erhalten galvanische Zinküberzüge Fe/Zn8/C, Fe/Zn8/D; Fe/Zn12/A, Fe/Zn12/F nach DIN EN ISO 2081.

2.1.12 Aussparungen an den Verankerungen

Die Verankerungen sind schematisch auf den Anlagen 11 bis 16 dargestellt. Am Ausgang aus dem Turmkopf und dem Turmfundament sind im Mindestabstand von min L1 trompetenartige Aufweitungen von $\Delta\alpha \geq 2^\circ$ vorzusehen, die knickfreie Abweichungen der Spanngliedachse von der planmäßigen Lage bis zu diesem Winkel ermöglichen. Der Mindestradius der trompetenartigen Aufweitung variiert in Abhängigkeit von der Spanngliedgröße. Beim Spannanker (S) krägt das Aufweitungrohr mindestens 20 cm und maximal 24 cm über das Fundament hinaus.

Die gerade Strecke min L1 in den Verankerungen ist für alle Spanngliedgrößen so zu berechnen, dass beim Anliegen der Monolitzen im Bereich der trompetenförmigen Aufweitung in der engst möglichen Lage diese Winkel nicht überschritten werden.

- Der zulässige Ablenkungswinkel der Spannstahlilitzen beim Festanker (F) und (F_{SP}) am Ende der Übergangsplatte K beträgt maximal $1,5^\circ$.
- Der zulässige Ablenkungswinkel der Spannstahlilitzen beim Spannanker (S) am Ende der Keile beträgt maximal $2,6^\circ$ bei Verwendung der Lochscheiben Typ 2.
- Der zulässige Ablenkungswinkel der Spannstahlilitzen beim Spannanker (S_{SP}) sowie beim Festanker (F_{ek}) am Ende der Übergangsplatte K beträgt maximal $2,6^\circ$ bei Verwendung der Lochscheiben Typ 2.

Mindesthöhen für das Betonsegment am Turmkopf und für das Fundament ergeben sich ggf. aus der Forderung der geraden Spanngliedführung im Bereich L1 hinter den Verankerungen. Auf die Umlenkreserve $\Delta\alpha$ am Ende der Aussparungsrohre der Verankerungen darf verzichtet werden, wenn im Zuge des Einbaus der Aussparungsrohre durch entsprechende Maßnahmen sichergestellt werden kann, dass Abweichungen der Spanngliedachse von der planmäßigen Lage ausgeschlossen werden können. In diesem Fall werden die Spannglieder am Austritt aus Aussparungsrohren nicht umgelenkt. Die Einhaltung dieser Bedingungen ist zu prüfen.

Zu berücksichtigen sind erforderlichenfalls auch Verformungen und Verdrehungen des Turmes, wodurch sich abweichend von Abschnitt 11.2.3 der Richtlinie für Windenergieanlagen Verformungsbegrenzungen ergeben können.

2.1.13 Beschreibung des Spannverfahrens

Der Aufbau der Spannglieder, die Ausbildung der Verankerungen, der Umlenkstellen, die Verankerungsteile und der Korrosionsschutz müssen der beiliegenden Beschreibung (siehe Anlage 20) und den Zeichnungen entsprechen. Die darin angegebenen Maße und Materialkennwerte sowie der darin beschriebene Herstellungsvorgang der Spannglieder und des Korrosionsschutzes sind einzuhalten.

2.2 Herstellung, Transport, Lagerung und Kennzeichnung

(siehe auch DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA)

2.2.1 Allgemeines

Die Spannglieder werden im Werk hergestellt.

Auf eine sorgfältige Behandlung der ummantelten Spannstahllitzen und Verankerungen bei der Herstellung von Fertigspanngliedern und bei Transport und Lagerung und bei allen Arbeiten auf der Baustelle ist zu achten.

Die Angaben der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der verwendeten Spannstahllitzen sind zu beachten.

2.2.2 Krümmungsradius beim Transport

Der Krümmungsradius darf 0,825 m nie unterschreiten. Die Angaben der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der verwendeten Spannstahllitzen sind zu beachten. Im Bereich der werkseitig montierten Festanker darf das Spannglied nicht gekrümmt werden.

2.2.3 Kennzeichnung

Jeder Lieferung der unter Abschnitt 2.3.2 angegebenen Zubehörteile ist ein Lieferschein mitzugeben, aus dem u.a. hervorgeht, für welche Spanngliedtypen die Teile bestimmt sind und von welchem Werk sie hergestellt wurden. Mit einem Lieferschein dürfen Zubehörteile nur für eine einzige im Lieferschein zu benennende Spanngliedtype geliefert werden.

Der Lieferschein des Bauprodukts muss vom Hersteller mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) nach den Übereinstimmungszeichen-Verordnungen der Länder gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung darf nur erfolgen, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 2.3 Übereinstimmungsbestätigung erfüllt sind.

Der Hersteller ist dafür verantwortlich, dass alle erforderlichen Komponenten des Spannverfahrens in Übereinstimmung mit der geltenden Zulassung auf die Baustelle geliefert und sachgemäß übergeben werden. Dies gilt auch für die zur Ausführung benötigte Spezialausrüstung (Pressen, Einpressgeräte usw.), sofern diese nicht durch die ausführende Spezialfirma selbst gestellt wird.

2.3 Übereinstimmungsbestätigung

2.3.1 Allgemeines

Die Bestätigung der Übereinstimmung des Bauprodukts (Zubehörteile und Fertigspannglieder) mit den Bestimmungen der von dem Bescheid erfassten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung und den Technischen Lieferbedingungen muss für jedes Herstellwerk mit einer Übereinstimmungserklärung des Herstellers auf der Grundlage einer werkseigenen Produktionskontrolle und eines Übereinstimmungszertifikates einer hierfür anerkannten Zertifizierungsstelle sowie einer regelmäßigen Fremdüberwachung einschließlich einer Erstprüfung des Bauprodukts nach Maßgabe der folgenden Bestimmungen erfolgen.

Für die Erteilung des Übereinstimmungszertifikats und die Fremdüberwachung einschließlich der dabei durchzuführenden Produktprüfungen hat der Hersteller des Bauprodukts eine hierfür anerkannte Zertifizierungsstelle sowie eine hierfür anerkannte Überwachungsstelle einzuschalten.

Die Übereinstimmungserklärung, hat der Hersteller durch Kennzeichnung der Bauprodukte mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) unter Hinweis auf den Verwendungszweck abzugeben.

Dem Deutschen Institut für Bautechnik sind von der Zertifizierungsstelle eine Kopie des Erstprüfberichts und eine Kopie des von ihr erteilten Übereinstimmungszertifikates zur Kenntnis zu geben.

2.3.2 Werkseigene Produktionskontrolle

2.3.2.1 Allgemeines

In jedem Herstellwerk ist eine werkseigene Produktionskontrolle einzurichten und durchzuführen. Unter werkseigener Produktionskontrolle wird die vom Hersteller vorzunehmende kontinuierliche Überwachung der Produktion verstanden, mit der dieser sicherstellt, dass die von ihm hergestellten Bauprodukte den Bestimmungen dieses Bescheides entsprechen.

Die werkseigene Produktionskontrolle soll mindestens die in den folgenden Abschnitten 2.3.2.2 bis 2.3.2.14 aufgeführten Maßnahmen einschließen.

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle sind aufzuzeichnen und auszuwerten. Die Aufzeichnungen müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Bezeichnung des Bauprodukts bzw. des Ausgangsmaterials und der Bestandteile
- Art der Kontrolle oder Prüfung
- Datum der Herstellung und der Prüfung des Bauprodukts bzw. des Ausgangsmaterials oder der Bestandteile
- Ergebnis der Kontrollen und Prüfungen und, soweit zutreffend, Vergleich mit den Anforderungen
- Unterschrift des für die werkseigene Produktionskontrolle Verantwortlichen.

Die Aufzeichnungen sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren und der für die Fremdüberwachung eingeschalteten Überwachungsstelle vorzulegen. Sie sind dem Deutschen Institut für Bautechnik und der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

Bei ungenügendem Prüfergebnis sind vom Hersteller unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen zur Abstellung des Mangels zu treffen. Bauprodukte, die den Anforderungen nicht entsprechen, sind so zu handhaben, dass Verwechslungen mit übereinstimmenden ausgeschlossen werden. Nach Abstellung des Mangels ist - soweit technisch möglich und zum Nachweis der Mängelbeseitigung erforderlich - die betreffende Prüfung unverzüglich zu wiederholen.

Der technische Bereich des Herstellers muss über einen Ingenieur mit mindestens fünf Jahren Berufserfahrung im Spannbetonbau verfügen. Maßgebende technische Fachkräfte, die mit Arbeiten an dem Spannverfahren betraut sind, sollten mindestens über drei Jahre Berufserfahrung im Spannbetonbau verfügen.

Der Hersteller muss folgende Unterlagen in aktueller Fassung bereithalten:

Dokumentation über die betrieblichen Voraussetzungen, aus der mindestens folgende Punkte hervorgehen:

- Aufbau des technischen Bereichs und Verantwortlichkeiten der Mitarbeiter,
- Nachweis der Qualifikation des eingesetzten Personals,
- Nachweis der regelmäßig durchgeführten Schulungen,
- Ansprechpartner für das Spannverfahren,
- Kontroll- und Ablagesystem.

Allgemeine Verfahrensbeschreibung für die ausführende Spezialfirma, die mindestens Folgendes umfasst:

- Aktuelle Fassung der Zulassung und Beschreibung des Spannverfahrens,
- Vorgaben für Lagerung, Transport und Montage,
- Arbeitsanweisungen für Montage- und Vorspannprozesse einschließlich Maßnahmen zum Korrosionsschutz (auch temporär),
- Angaben zum Schweißen im Bereich der Spannglieder,
- Zusammenstellung der zu beachtenden Sicherheits- und Arbeitsschutzaspekte,
- Allgemeiner Qualitätssicherungsplan¹
- Schulungsprogramm für das mit Vorspannarbeiten betraute Baustellenpersonal².

Der Hersteller trägt die Verantwortung für die Autorisierung der ausführenden Spezialfirmen.

Kann der Hersteller die an ihn gerichteten Anforderungen nicht erfüllen, gelten sie für den Antragsteller. Antragsteller und Hersteller dürfen auch eine Aufgabenteilung vereinbaren.

2.3.2.2 Keile

Der Nachweis der Material- und der Keileigenschaften ist durch Abnahmeprüfzeugnis "3.1" nach DIN EN 10204 zu erbringen.

An mindestens 5 % aller hergestellten Keile sind folgende Prüfungen auszuführen:

- a) Prüfung der Maßhaltigkeit
- b) Prüfung der Oberflächenhärte

An mindestens 0,5 % aller hergestellten Keile sind die Einsatzhärte und die Kernhärte zu prüfen.

Alle Verankerungskeile sind mit Hilfe einer Ja/Nein-Prüfung nach Augenschein auf Beschaffenheit der Zähne, der Konusoberfläche und der übrigen Flächen zu prüfen (hierüber sind keine Aufzeichnungen erforderlich).

2.3.2.3 Lochscheiben

Der Nachweis der Materialeigenschaften ist durch Abnahmeprüfzeugnis "3.1" nach DIN EN 10204 zu erbringen. Die Mindestwerte für Streckgrenze und Zugfestigkeit sind beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt.

¹ Vorgaben hierzu siehe auch: ETAG 013 Guideline for European Technical Approval of post-tensioning kits for prestressing of structures, Anhang D.3, EOTA Brüssel Juni 2002

² siehe auch: CEN Workshop Agreement (CWA): Requirements for the installation of post-tensioning kits for prestressing of structures and qualification of the specialist company and its personnel, Anhang B, Brüssel 2002

Alle konischen Bohrungen zur Aufnahme der Litzen sind bezüglich Winkel, Durchmesser und Oberflächengüte zu überprüfen. An mindestens 5 % dieser Teile sind alle Abmessungen zu überprüfen.

Darüber hinaus ist jede Lochscheibe mit Hilfe einer Ja/Nein-Prüfung auf Abmessungen und grobe Fehler nach Augenschein zu überprüfen (hierüber sind keine Aufzeichnungen erforderlich).

Für die Lochscheiben vom Typ 2 gilt der beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegte Prüfplan.

2.3.2.4 Übergangsplatten K und G

Der Nachweis der Materialeigenschaften ist durch Abnahmeprüfzeugnis "3.1" nach DIN EN 10204 zu erbringen. Die Mindestwerte für Streckgrenze und Zugfestigkeit sind beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt.

Alle Bohrungen zur Aufnahme der PE-Mantelhalterungen sind bezüglich Winkel, Durchmesser und Oberflächengüte zu überprüfen. An mindestens 5 % dieser Teile sind alle Abmessungen zu überprüfen.

Darüber hinaus ist jede Übergangplatte mit Hilfe einer Ja/Nein-Prüfung auf Abmessungen und grobe Fehler nach Augenschein zu überprüfen (hierüber sind keine Aufzeichnungen erforderlich).

2.3.2.5 Halterungen für PE-Mäntel

Der Nachweis der Materialeigenschaften und der Geometrie ist durch Abnahmeprüfzeugnis "3.1" nach DIN EN 10204 zu erbringen.

Die Prüfungen sind gemäß hinterlegtem Prüfplan durchzuführen.

Darüber hinaus ist jede Halterung mit Hilfe einer Ja/Nein-Prüfung auf Abmessungen und grobe Fehler nach Augenschein zu überprüfen (hierüber sind keine Aufzeichnungen erforderlich).

2.3.2.6 Ankerplatten

Der Nachweis der Materialeigenschaften ist durch Werkszeugnis "2.2" nach DIN EN 10204 zu erbringen. An mindestens 3 % der Ankerplatten sind die Abmessungen zu prüfen.

Darüber hinaus ist jede Ankerplatte mit Hilfe einer Ja/Nein-Prüfung auf Abmessungen und grobe Fehler nach Augenschein zu überprüfen (hierüber sind keine Aufzeichnungen erforderlich).

2.3.2.7 Mehrflächengussanker

Der Nachweis der Materialeigenschaften sowie der äußeren und inneren Beschaffenheit der Gussteile ist durch Abnahmeprüfzeugnis "3.1" nach DIN EN 10204 zu erbringen.

Die äußere und innere Beschaffenheit der Gussteile muss den Gütestufen für die Beanspruchungszone M nach DIN EN 1993-1-8/NA, Tabelle NA.B.2 entsprechen.

Der Mindestprüfumfang zum Nachweis der Materialeigenschaften und der äußeren und inneren Beschaffenheit ist in einem Prüf- und Überwachungsplan hinterlegt.

An mindestens 5 % der Ankerkörper sind die Abmessungen zu überprüfen.

Darüber hinaus ist jeder Ankerkörper mit Hilfe einer Ja/Nein-Prüfung auf Abmessungen und grobe Fehler nach Augenschein zu prüfen (hierüber sind keine Aufzeichnungen erforderlich).

2.3.2.8 Schlitzplatten

Der Nachweis der Materialeigenschaften ist durch Werkzeugnis "2.2" nach DIN EN 10204 zu erbringen. An mindestens 3 % der Schlitzplatten sind die Abmessungen zu prüfen.

Darüber hinaus ist jede Schlitzplatte mit Hilfe einer Ja/Nein-Prüfung auf Abmessungen und grobe Fehler nach Augenschein zu überprüfen (hierüber sind keine Aufzeichnungen erforderlich).

2.3.2.9 Überschubröhrchen mit Konusmutter und Haltescheibe mit Feder beim einbetonierten Festanker F_{ek}

Im Hinblick auf den passgerechten Sitz (Dichtigkeit) sind die Abmessungen dieser Teile zu überprüfen (hierüber sind keine Aufzeichnungen erforderlich).

2.3.2.10 Materialien des Korrosionsschutzsystems

Der Nachweis der Materialeigenschaften aller beim Korrosionsschutz verwendeten Materialien ist durch Abnahmeprüfzeugnis "3.1" nach DIN EN 10204 des herstellenden Werkes zu erbringen. Aus dem Abnahmeprüfzeugnis muss insbesondere hervorgehen, dass die in der Beschreibung und den Technischen Lieferbedingungen festgelegten Anforderungen eingehalten sind. Falls die fremdüberwachende Stelle es für erforderlich hält, sind bei ihr Proben zu hinterlegen. Für Beschichtungsstoffe nach DIN EN ISO 12944-5 gilt DIN EN ISO 12944-7, Abschnitt 6.

2.3.2.11 Abmessungen der Zubehöerteile des Korrosionsschutzsystems

Die Abmessungen der Zubehöerteile (z. B. Schutzhauben, Abdeckkappen, Verschlussstopfen, Verrohrung beim Spannanker (S)) sind im Hinblick auf den passgerechten Sitz (Dichtheit) stichprobenweise je Lieferlos zu überprüfen (hierüber sind keine Aufzeichnungen erforderlich).

2.3.2.12 Hüllrohre und Schutzrohre

Der Nachweis der Material- und Hüllrohr- und Schutzrohreigenschaften für die Aussparungsrohre, die Übergangsrohre, die Übergangsmuffen und die Aufweitungsrohre sowie partielle und durchlaufende Schutzrohre, ist durch Werkszeugnis "2.2" DIN EN 10204 zu erbringen.

2.3.2.13 Umlenkformteile und -hülse

Der Nachweis der Materialeigenschaften ist durch Werkszeugnis "2.2" nach DIN EN 10204 zu erbringen. Die Abmessungen sind stichprobenweise je Lieferlos zu überprüfen (hierüber sind keine Aufzeichnungen erforderlich).

2.3.2.14 PE-Manteldicke der Monolitzen

Die minimale Dicke des PE-Mantels der Monolitzen beträgt je nach Spanngliedführung und der ausgeführten Umlenkungsart entweder 1,5 mm, 2 mm oder 2,4 mm.

Für die Kontrolle der Dicke des aufextrudierten PE-Mantels ist beim Ablängen der Monolitzen im Zuge der Spanngliedherstellung im Mittel alle 250 m ein 50 cm langes Probestück zu entnehmen und der Monolitzenmantel beidseitig durch einen Längsschnitt aufzutrennen. An beiden Enden der zwei Probestücke sind an den durch die Litzeneindrückungen entstandenen Vertiefungen die Mindestwandstärken mit einem Tiefenmesser (Bügelmessschraube) oder gleichwertigem Messgerät zu bestimmen. Die Messergebnisse sind zu dokumentieren.

2.3.3 Fremdüberwachung

In jedem Herstellwerk ist die werkseigene Produktionskontrolle durch eine Fremdüberwachung regelmäßig zu überprüfen, mindestens jedoch halbjährlich.

Im Rahmen der Fremdüberwachung ist eine Erstprüfung des Bauprodukts durchzuführen und können auch Proben für Stichprobenprüfungen entnommen werden. Die Probenahme und Prüfungen obliegen jeweils der anerkannten Überwachungsstelle.

Die Ergebnisse der Zertifizierung und Fremdüberwachung sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren. Sie sind von der Zertifizierungsstelle bzw. der Überwachungsstelle dem Deutschen Institut für Bautechnik und der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

3 Bestimmungen für Planung, Bemessung und Ausführung

3.1 Bestimmungen für Planung und Bemessung

3.1.1 Allgemeines

Für Planung und Bemessung von mit diesen Spanngliedern vorgespannten Spannbetontürmen gilt die Richtlinie für Windenergieanlagen und DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA.

Für Planung und Bemessung des Stahlbauteils am Turmkopf zur Auflagerung der Verankerungen gilt die Richtlinie für Windenergieanlagen und DIN EN 1993-1 in Verbindung mit DIN EN 1993-1/NA. Für die Bemessung des Lasteinleitungsbereiches (Stahlbauteil und das die Last abnehmende Betonsegment) ist für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit für den Fall der ungünstigen Wirkung der Vorspannkraft die 1,1-fache Nennbruchkraft des Spanngliedes als Design- bzw. Bemessungswert der Vorspannung $F_{Ed} = 1,1 F_{pk}$ mit F_{pk} nach Anlage 4 anzusetzen. Die Durchmesser der Durchgangsbohrungen für die Spannglieder sind Anlage 5 zu entnehmen. Die Durchgangsbohrung und das anschließende Aussparungsrohr sind senkrecht zur Verankerung auszuführen (siehe Anlage 11). Die Übergangsplatten müssen vollflächig und eben aufliegen.

Für Stahlbauteile zur Auflagerung der Spanngliedverankerungen gilt DIN EN 1993-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1993-1-1/NA und DIN EN 1993-1-8 in Verbindung mit DIN EN 1993-1-8/NA. Die Bauteile sind für die 1,1-fache Nennbruchkraft des Spanngliedes ($F_{Ed} = 1,1 F_{pk}$ mit F_{pk} nach Anlage 4) zu bemessen. Die Durchmesser der Durchgangsbohrungen für die Spannglieder sind Anlage 6 zu entnehmen. Spannungen und Verformungen in den tragenden Stahlbauteilen müssen bei der maximal auftretenden Vorspannkraft innerhalb der jeweils vorgegebenen zulässigen Grenzwerte liegen.

Für den Entwurf und die Bemessung der lastabtragenden Betonbauteile gilt DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA. Die Bauteile sind für die 1,1-fache Nennbruchkraft des Spanngliedes ($F_{Ed} = 1,1 F_{pk}$) zu bemessen.

Die Mindestabmessungen der Ankerplatte und Durchmesser der Durchgangsbohrungen für die Spannglieder sind den Anlagen zu entnehmen. Lochscheiben, Übergangsplatten ggf. Schlitzplatten sowie Ankerplatten müssen vollflächig und eben aufliegen. (siehe Anlagen 12 und 16).

Für die Planung und Bemessung der Schlitzplatten sind die Technischen Baubestimmungen, insbesondere für die Mindestabmessungen DIN EN 1993-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1993-1-1/NA zu berücksichtigen. Die Bauteile sind für die 1,1-fache Nennbruchkraft des Spanngliedes ($F_{Ed} = 1,1 F_{pk}$ mit F_{pk} nach Anlage 4) zu bemessen.

Neben den obligatorisch einzuhaltenden Spannungsbegrenzungen ist die maximale Durchbiegung von Schlitzplatten bei Festankern F_{SP} und Spannankern S_{SP} auf 0,9 mm zu begrenzen und dürfen nicht zu Spannverlusten aus plastischen Verformungen führen. Die Nachweise sind daher elastisch zu führen (z. B. unter Anwendung von EN 1993-1-1, Gl (6.1)). Plastische Verfahren und Tragreserven dürfen nicht in Ansatz gebracht werden.

Das Stahlrohr ringförmig umlaufender Konsolbänder und dessen Auflagerungspunkte sind nach den Technischen Baubestimmungen so zu bemessen, dass unter der maximalen Vorspannkraft in Bereich der anliegenden Spannglieder keine plastischen Vorformungen am Stahlrohr auftreten.

3.1.2 Begrenzung der Vorspannkkräfte und Spannstahlspannung

Am Spannende darf nach DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 5.10.2.1(1), Gleichung (5.41) die aufgebrauchte Höchstkraft P_{\max} die in der Tabelle 1 aufgeführte Kraft $P_{\max} = 0,9 A_p f_{p0,1k}$ nicht überschreiten. Der Mittelwert der Vorspannkraft $P_{m0}(x)$ unmittelbar nach dem Absetzen der Pressenkraft auf die Verankerung darf nach DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 5.10.3(2), Gleichung (5.43) die in Tabelle 1 aufgeführte Kraft $P_{m0}(x) = 0,85 A_p f_{p0,1k}$ an keiner Stelle überschreiten.

Tabelle 1: Begrenzung der Vorspannkkräfte für Litzen mit $A_p = 150 \text{ mm}^2$

Spannglied	Anzahl Litzen	Vorspannkraft St 1660/1860 $f_{p0,1k} = 1600 \text{ N/mm}^2$	
		$P_{m0}(x)$ [kN]	P_{\max} [kN]
BBV L7 EW	7	1428	1512
BBV L9 EW	9	1836	1944
BBV L12 EW	12	2448	2592
BBV L15 EW	15	3060	3240
BBV L19 EW	19	3876	4104
BBV L22 EW	22	4488	4752

Ein Überspannen nach DIN EN 1992-1-1, 5.10.2.1(2) ist nicht zulässig.

3.1.3 Dehnungsbehinderung des Spannglieds

Die Spannkraftverluste im Spannglied dürfen in der statischen Berechnung in der Regel mit dem in Anlage 4 angegebenen mittleren Reibungsbeiwert $\mu = 0,1$ und einem ungewollten Umlenkwinkel von $k = 0$ ermittelt werden.

3.1.4 Umlenkstellen und Spanngliedführung

In Anlage 3 sind Spanngliedführung und Umlenkungsarten dargestellt. Je nach Turmtypen gibt es keine Spanngliedumlenkung Typ A, punktuelle Spanngliedumlenkung mittels Umlenkkonstruktionen oder über ein Stahlrohr an einem ringförmig umlaufenden Konsolband Typ B und C sowie eine Umlenkung durch Turmwand Typ D.

3.1.4.1 Umlenkstellen mittels Umlenkformteil oder Umlenkgehäusen mit Umlenkwinkel $\alpha > 1,0^\circ$ für Spannstahllitzen mit einem 2,4 mm starken PE-Mantel der Monolitzen:

Die Spannglieder werden durch Umlenkstellen entsprechend der Turmgeometrie umgelenkt. In den Umlenkbereichen dürfen für alle Spannglieder die minimalen Umlenkradien nach Anlage 17 nicht unterschritten werden.

Die Ausbildung der Umlenkstellen ist auf Anlage 17 dargestellt. Die Umlenkstellen bestehen aus Umlenkformteilen und Umlenkgehäusen, die auf der Innenseite der Türme befestigt werden. Zusätzlich zum planmäßigen Umlenkwinkel α wird das Umlenkformteil/-hülse zu beiden Seiten der Umlenkstelle um $\Delta\alpha \geq 2^\circ$ nach oben und unten verlängert, so dass knickfreie Abweichungen der Spanngliedachsen von der planmäßigen Lage bis zu $\Delta\alpha$ möglich sind.

Die Ausrichtung der Verankerungen in Bezug auf die Turmgeometrie und die Sortierung der Litzen in den Verankerungen ist beim Deutschen Institut für Bautechnik für alle Spanngliedgrößen hinterlegt.

- 3.1.4.2 Umlenkstellen mit punktueller Umlenkung über Stahlrohre an ringförmig umlaufenden Konsolbändern mit Umlenkwickeln $\alpha \leq 1,0^\circ$ für Spannsthallitzen mit einem 1,5 mm, 2 mm oder 2,4 mm starken PE-Mantel der Monolitzen:

Spannglieder L15, L19 und L22 dürfen an Umlenkstellen über Stahlrohre mit einem Außendurchmesser $100 \text{ mm} \leq d_a \leq 200 \text{ mm}$ an ringförmigen umlaufenden Konsolbändern mit Umlenkwickeln, deren maximale Größe festgelegt und hinterlegt ist, punktuell umgelenkt werden. Dabei sind die Angaben in Anlage 18 zu beachten. Den Fachplanern und den Ausführenden sind diese hinterlegten Umlenkwinkel aus der "zur Aushändigung" gekennzeichneten Unterlage zugänglich zu machen. Die Wandstärke der Stahlrohre ist so festzulegen, dass im Bereich der Spanngliedumlenkungen sicher keine plastischen Verformungen auftreten. Die Monolitzen des Spannglieds verlaufen im Bereich der Umlenkung in einem partiellen Schutzrohr nach Anlage 18. Dieses partielle Schutzrohr dient dem zusätzlichen mechanischen Schutz des Spannglieds. Die Mindestlänge des partiellen Schutzrohrs l_{pS} nach Gleichung 1 entspricht dem zweifachen Nenndurchmesser DN (Außendurchmesser des Schutzrohrs) zuzüglich dem Dehnweg des Spannglieds Δl_{pU} an der Umlenkstelle, sofern äußere Gleitung nicht ausgeschlossen werden kann. Das partielle Schutzrohr ist durch geeignete Maßnahmen so am Spannglied oder Stahlrohr des ringförmigen umlaufenden Konsolbandes zu fixieren, dass die Überstände in Richtung des Festankers $l_{pS,F}$ bzw. in Richtung des Spannankers $l_{pS,S}$ nach dem Einbau der Spannglieder vor dem Beginn der Spannarbeiten den folgenden Anforderungen genügen (siehe auch Anlage 18).

$$l_{pS} = L_{pS,F} + L_{pS,S} \geq 850 \text{ mm} \quad (1)$$

- 3.1.4.3 Umlenkstellen ohne Umlenkkonstruktionen mit Umlenkwickeln entsprechend hinterlegtem Dokument für kleine Umlenkungen $\alpha \leq 1,0^\circ$ für Spannsthallitzen mit einem 2 mm oder 2,4 mm starken PE-Mantel der Monolitzen:

Spannglieder dürfen durch Anliegen an der Wand ohne besondere Umlenkkonstruktionen punktuell mit einem Umlenkwinkel entsprechend hinterlegtem Dokument für kleine Umlenkung $\alpha \leq 1,0^\circ$ an der Betonwand anliegend umgelenkt werden. In diesem Fall verlaufen die Monolitzen im Bereich des Anliegens an der Betonwand in einem gemeinsamen Schutzrohr. Dieses Schutzrohr dient dem zusätzlichen mechanischen Schutz des Spanngliedes (siehe Anlage 18).

Im durch die Art der Spannsthallitzen begrenzten Winkel α sind Imperfektionen und Zusatzwinkel infolge Fugenversatz an Fertigteilstößen bei Türmen in Segmentbauweise bzw. Schalungsversatz bei Türmen in Ortbetonbauweise zu berücksichtigen.

3.1.5 Anliegen des Spannglieds und freies Abheben an Austrittspunkten

Spannglieder dürfen kontinuierlich oder punktuell an der Turminnenwand anliegen, wenn durch geeignete Schalung glatte Innenflächen sichergestellt werden. Dieses Anliegen stellt kein unplanmäßiges Anliegen am Bauwerk dar. An Austrittspunkten von Verankerungen und Umlenkstellen muss sich das Spannglied frei abheben (es darf kein unplanmäßiges Anliegen (kein Knick) auftreten), somit kann die Abhebekontrolle an Austrittsstellen entfallen.

Der Versatz an Fugen (Segmentfugen bei Fertigteiltürmen oder Arbeitsfugen bei Ortbetonbauweise) darf maximal $\pm 4,0 \text{ mm}$ betragen. Die Fugen dürfen keine Grate, Betonnasen, Austritt von Schlempe oder erhabene Gesteinskörner aufweisen und sind in dieser Hinsicht ggf. vor dem Einbau der Spannglieder entsprechend nachzuarbeiten.

Sollte der Versatz unplanmäßig größer als 4 mm sein, muss rechnerisch nachgewiesen werden, dass der gesamte Umlenkwinkel aus planmäßiger und unplanmäßiger Umlenkung $\alpha \leq 1,0^\circ$ ist.

Bei Betonfertigteilen ist die maßgebende Segmentkante bzw. bei Ortbetonbauweise ist an der maßgebende Arbeitsfuge mit einer Abfasung (mindestens 30° Neigung in Wandebene) vorzusehen, so dass im Fall eines Fugenversatzes die Spannglieder über keine scharfe Kante gezogen werden. Die maßgebende Kante bzw. Fuge ist:

- Beim Spannen von unten die obere Segmentkante bzw. Arbeitsfuge,
- Beim Spannen von oben die untere Segmentkante bzw. Arbeitsfuge.

An Kontaktstellen der Spannglieder mit der Turmwand ohne Anordnung spezieller Umlenkelemente ist sicherzustellen, dass im Betriebszustand Relativverschiebungen zwischen Spannglied und Turmwand nicht auftreten. Hierzu ist im Rahmen der Tragwerksplanung der Nachweis für einen repräsentativen Betriebslastfall zu führen.

3.1.6 Betonfestigkeit

Zum Zeitpunkt der Eintragung der vollen Vorspannkraft muss der Normalbeton im Bereich der Spannanker Typ S eine Mindestfestigkeit von $f_{cmj,cube}$ bzw. $f_{cmj,cyl}$ entsprechend Tabelle 2 und den Anlagen aufweisen. Die Festigkeit ist durch mindestens drei Probekörper (Würfel mit 150 mm Kantenlänge oder Prüfzylinder), die unter den gleichen Bedingungen wie das vorzuspannende Bauteil zu lagern sind, als Mittelwert der Druckfestigkeit nachzuweisen, wobei die drei Einzelwerte um höchstens 5 % voneinander abweichen dürfen.

Sofern nicht genauer nachgewiesen, darf die charakteristische Festigkeit des Betons zum Zeitpunkt t_j der Eintragung der Vorspannkraft aus den Werten der Spalte 2 von Tabelle 2 wie folgt berechnet werden:

$$f_{ck,t_j} = f_{cmj,cyl} - 8$$

Tabelle 2: Prüfkörperfestigkeit f_{cmj}

$f_{cmj,cube}$ in N/mm ²	$f_{cmj,cyl}$ in N/mm ²
28/30	23/25
34	28
40	32
45	35

Für ein Teilvorspannen mit 30 % der vollen Vorspannkraft beträgt der Mindestwert der nachzuweisenden Betondruckfestigkeit $0,5 f_{cmj,cube}$ bzw. $0,5 f_{cmj,cyl}$; Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

3.1.7 Abstand der Spanngliedverankerungen im Bauwerksbeton

Die in den Anlagen in Abhängigkeit von der Mindestbetonfestigkeit angegebenen minimalen Abstände der Verankerungen dürfen nicht unterschritten werden.

Abweichend von den in den Anlagen angegebenen Werten dürfen die Achsabstände der Verankerungen in einer Richtung um bis zu 15 % verkleinert werden, jedoch nicht auf einen kleineren Wert als den minimalen Abstand der Stäbe der Bügelbewehrung bzw. den Wendelaußendurchmesser. Die Achsabstände in der anderen Richtung sind dann zur Beibehaltung der Flächengleichheit im Verankerungsbereich zu vergrößern.

Alle Achs- und Randabstände sind nur im Hinblick auf die statischen Erfordernisse festgelegt worden; daher sind zusätzlich die in anderen Normen und Richtlinien - insbesondere in DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA - angegebenen Betondeckungen der Bewehrung bzw. der stählernen Verankerungsteile zu beachten.

3.1.8 Bewehrung im Verankerungsbereich der Spannglieder im Bauwerk

Die Eignung der Verankerungen für die Überleitung der Spannkkräfte auf den Bauwerksbeton ist nachgewiesen.

Die Aufnahme der im Bauwerksbeton im Bereich der Verankerung außerhalb der Wendel auftretenden Kräfte ist nachzuweisen. Hierbei sind insbesondere die auftretenden Spaltzugkräfte durch geeignete Querbewehrung aufzunehmen (in den Anlagen nicht dargestellt).

Die in den Anlagen angegebenen Stahlsorten und Abmessungen der Zusatzbewehrung (Bügel) sind einzuhalten. Die in den Anlagen angegebene Zusatzbewehrung darf nicht auf eine statisch erforderliche Bewehrung angerechnet werden. Über die statisch erforderliche Bewehrung hinaus in entsprechender Lage vorhandene Bewehrung darf jedoch auf die Zusatzbewehrung angerechnet werden. Die Zusatzbewehrung besteht aus geschlossenen Bügeln (Bügel nach DIN EN 1992-1-1/NA, Bild NA.8.5 e) oder g)) oder einer gleichwertigen Bewehrung nach DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA. Die Bügelschlösser sind versetzt anzuordnen.

Auch im Verankerungsbereich sind lotrecht geführte Rüttelgassen vorzusehen, damit der Beton einwandfrei verdichtet werden kann.

Wenn im Ausnahmefall infolge einer Häufung von Bewehrung aus Betonstahl die Wendel oder die Zusatzbewehrung oder der Beton nicht einwandfrei eingebracht werden können, dürfen anders ausgebildete Bewehrungen aus Betonstahl verwendet werden, wenn nachgewiesen wird, dass die auftretenden Beanspruchungen einwandfrei aufgenommen werden. Hierfür ist eine Zustimmung im Einzelfall bzw. eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung erforderlich.

3.1.9 Schlupf an den Verankerungen

Der Einfluss des Schlupfes an den Verankerungen (siehe Abschnitt 3.2.9) muss bei der statischen Berechnung bzw. bei der Bestimmung der Spannwege berücksichtigt werden.

3.1.10 Nachweis gegen Ermüdung

Mit den an den Verankerungen (Lochscheiben mit verankerten Spannstahlilitzen) im Rahmen des Zulassungsverfahrens durchgeführten Ermüdungsversuchen wurde bei der Ober-spannung von $0,65 f_{pk}$ eine Schwingbreite von 35 N/mm^2 bei 2×10^6 Lastspielen nachgewiesen.

An Umlenkstellen gilt für das Spannglied eine Schwingbreite von 35 N/mm^2 bei 2×10^6 Lastspielen als nachgewiesen.

Für die Spannglieder im Umlenkbereich darf unter Ansatz von $\Delta\sigma_{Rsk} = 35 \text{ MPa}$ sowohl der vereinfachte Ermüdungsnachweis nach DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 6.8.5, sowie ein expliziter Betriebsfestigkeitsnachweis nach DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 6.8.4 unter Ansatz einer Wöhlerlinie mit Spannungsexponent $k_1 = 5$, Spannungsexponent $k_2 = 9$, $N^* = 10^6$, $\Delta\sigma_{Rsk} = 35 \text{ MPa}$ geführt werden.

3.1.11 Führung der Spannglieder

Die Spannglieder werden im Innern des Turmes an der Turmwand entsprechend der Turmgeometrie umgelenkt.

Bei Umlenkungen mittels Umlenkkonstruktionen nach Abschnitten 3.1.4.1 und 3.1.4.2 ist das Anliegen der Spannglieder an der Turmwand auszuschließen. Ein Mindestabstand zur Turmwand von 30 mm ist sicher zu stellen.

Bei Umlenkstellen ohne Umlenkkonstruktionen nach Abschnitt 3.1.4.3 dürfen die Spannglieder ohne besondere Umlenkkonstruktionen kontinuierlich oder punktuell an der Betonwand anliegend umgelenkt werden.

Die Angaben der maximal zulässigen Umlenkswinkeln für $\alpha \leq 1,0^\circ$ für die Umlenkung über ein Stahlrohr der ringförmig umlaufenden Konsolbänder nach Abschnitt 3.1.4.2 und bei Umlenkstellen ohne Umlenkstrukturen nach Abschnitt 3.1.4.3 sind beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt (Dokument A³).

Erforderlichenfalls sind die Vorgaben in Abschnitt 3.1.4 bei der Bemessung des Turmes zu beachten.

Die anwendbaren Krümmungsradien "R" für die unplanmäßige Umlenkung (trompetenartige Aufweitung) $\Delta\alpha$ beim Austritt des Spanngliedes aus dem Bauwerk (Fest- und Spannankerbereiche) dürfen die Werten in den Anlagen 11 bis 16 nicht unterschreiten. Der Nachweis der Stahlrandspannungen in Krümmungen braucht bei Einhaltung dieser Radien nicht geführt werden.

Die Aufnahme der Umlenkkräfte durch das Bauwerk ist statisch nachzuweisen.

Der maximal zulässige Abstand zwischen dem Festanker (F) am Turmkopf und der nächsten Umlenkstelle beträgt 6 m (Abstand zwischen der Übergangsplatte und der Umlenkstelle (Mittellinie)).

Mindesthöhen für das Fertigteil im Turmkopf und für das Fundament ergeben sich aus der Forderung der geraden Spanngliedführung im Bereich $\min L_1$ hinter den Verankerungen (siehe Anlagen 11 bis 16) sowie den trompetenförmigen Aufweitungen am Ende der Aussparungsrohre.

3.1.11 Verhinderung von Querschwingungen der Spannglieder

Kritische Querschwingungen der Spannglieder sind auszuschließen. Erforderlichenfalls ist dies zum Beispiel durch die Anordnung von Umlenkstellen sicherzustellen.

3.1.12 Schutz der Spannglieder

Die Spannglieder sind gegen Ausfall infolge äußerer Einwirkungen (z. B. Anprall von Fahrzeugen, erhöhte Temperaturen, Vandalismus) zu schützen. Spannglieder, die im Innern von Spannbetontürmen für Windenergieanlagen (WEA) geführt werden und bei denen im Turminnern Temperaturen von -10°C bis $+40^\circ\text{C}$ zuverlässig sichergestellt werden, gelten als ausreichend geschützt.

Spannglieder im Innern von Onshore-WEA können vor Korrosion als ausreichend geschützt angesehen werden (siehe Abschnitt 2.1.10).

Bei anderen Anwendungen, insbesondere bei korrosionsfördernder Umgebung, ist die Anwendbarkeit zu prüfen.

3.1.13 Sicherung gegen Herausschießen

Das Herausschießen von Spannstäben bei einem angenommenen Spannstaabbruch wird durch das Aufschrauben einer Stahlsicherungsscheibe auf die Lochscheibe der Verankerung, welche die Keile in ihrer Lage hält, verhindert. Beim Spannanker (S) darf auf den Einbau einer Stahlsicherungsscheibe verzichtet werden.

3.2 Bestimmungen für die Ausführung

3.2.1 Anforderungen und Verantwortlichkeiten

Für die Aufgaben und Verantwortlichkeiten der ausführenden Spezialfirma gelten die "DIBt-Grundsätze für die Anwendung von Spannverfahren"⁴.

³ Dokument A: Der Antragsteller/Hersteller hat das "zur Aushändigung" gekennzeichnete Dokument dem Fachplaner bzw. dem Weiterverarbeiter zugänglich zu machen und - soweit es für eine Fremdüberwachung benötigt wird - den dafür zuständigen Stellen zur Verfügung zu stellen.

⁴ Veröffentlicht in den DIBt-Mitteilungen 37 (2006), Heft 4.

3.2.2 Allgemeines

Neben den für Spannverfahren relevanten Anforderungen nach DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 gelten die "DIBt-Grundsätze für die Anwendung von Spannverfahren".

Für Fertigteile wird zusätzlich auf DIN 1045-4 verwiesen.

Ausführende Spezialfirmen müssen für die Anwendung dieses Spannverfahrens durch den Hersteller auf der Grundlage der allgemeinen Verfahrensbeschreibung nach Abschnitt 2.3.2.1 umfassend geschult und autorisiert sein.

3.2.3 Schweißen an den Verankerungen

Das Schweißen an den Verankerungen ist nur an folgenden Teilen zugelassen:

- a) Schweißen der Endgänge der Wendel zu einem geschlossenen Ring.
- b) Zur Sicherung der zentrischen Lage der Wendel darf der Endring an die Ankerplatte durch Schweißen angeheftet werden.

Nach dem Einbringen der Spannstahlilitzen dürfen an den Verankerungen keine Schweißarbeiten mehr vorgenommen werden.

3.2.4 Herstellung der Fertigspannglieder

Die Herstellung der Fertigspannglieder erfolgt nach der beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Arbeitsanweisung. Die Ablängung der PE-Monolitzenmäntel erfolgt im Werk. Dabei ist zu beachten, dass die PE-Litzenmäntel im Spannankerbereich nicht gehalten werden. Die erforderliche Länge der PE-Entmantelung im Spannankerbereich ist vom Hersteller unter Berücksichtigung von Bautoleranzen, der zu erwartenden PE-Mantelbewegung beim Vorspannen und den zu erwartenden Verformungen infolge Temperaturbeanspruchungen festzulegen. Als Wärmeausdehnungskoeffizient darf $\alpha_{T PE} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ 1/K}$ angenommen werden, sofern kein genauere Wert für die zur Anwendung kommenden PE-Mäntel verfügbar ist.

Die Einbindelänge der PE-Mäntel in die Korrosionsschutzmasse im Spannankerbereich ist zu beachten (siehe Abschnitt 3.2.12 und Anlagen 14 und 15). Außerdem ist durch die entmantelte Länge l^* sicherzustellen, dass sich die PE-Mäntel vor dem Spannanker (S) nicht aufstauchen.

Zum Einbau der Litzen in der vorgegebenen Sortierung und ohne Überkreuzungen werden alle Litzen am Festanker (F) und auf der Spannankerseite gekennzeichnet. Zur Kontrolle der Lage der PE-Mantelenden im Spannankerbereich werden zwei Spannstahlilitzen jedes Spanngliedes im Abstand von $H_{\text{Fundament}} + 200 \text{ mm}$ von den PE-Mantelenden mit Markierungen versehen (siehe Anlagen 14 und 15).

3.2.5 Einbau der Aussparungsrohre der Verankerungen, der Wendel und der Zusatzbewehrung

Die Aussparungsrohre müssen senkrecht zu den Verankerungen im Turmkopf und im Fundament eingebaut werden. Sie sind so zu befestigen, dass sie beim Betonieren nicht verschoben werden können. Stoßstellen zwischen Übergangsrohr und Übergangsmuffe sind sorgfältig mit PE-Klebeband abzudichten, um erst ein Eindringen von Beton und später den Austritt von Korrosionsschutzmasse zu verhindern. Das Aufweitungsrohr muss mindestens 200 mm und maximal 240 mm über die Oberkante des Fundamentes hinausragen.

Zum Nachweis der fluchtenden Spanngliedachse ist nach dem Spannen der Spalt zwischen den äußeren Litzen und der Innenwand des Aufweitungsrohres am oberen Rand des Aufweitungsrohres zu messen und zu kontrollieren.

Im Bereich von min. L1 nach der Verankerung ist das Spannglied gerade zu führen (siehe Anlagen 11 bis 16).

Die zentrische Lage der Wendel und der Zusatzbewehrung im Turmfundament ist durch Halterungen zu sichern.

3.2.6 Einbau der Spannglieder

Der Einbau der Spannglieder erfolgt nach der beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Arbeitsanweisung.

Vor dem Einbau ist noch einmal die exakte Lage der Aussparungsrohre in den Verankerungsbereichen zu kontrollieren. Knicke und Verschmutzungen sind nicht zulässig und erforderlichenfalls zu beseitigen. Unmittelbar vor dem Einbau ist zu kontrollieren, dass die entmantelten Spannstahtlitzenden frei von Korrosion sind.

Die Spannglieder werden von oben in den Turm abgelassen oder können von unten eingezogen werden. Anhand der werksmäßig aufgetragenen Markierungen und Schlauchschellen auf den Monolithenmänteln direkt unterhalb der Übergangsplatte K der Festanker ist zu überprüfen, dass die PE-Litzenmäntel fixiert sind und sich durch den Transport nicht verschoben haben. Ist dies nicht der Fall, muss der Festanker demontiert und neu zusammengesetzt werden.

Bei Umlenkstellen mittels Umlenkkonstruktionen (UP) werden die Spannlitzen in 2 oder 3 Lagen über jede Umlenkplatte geführt. Ein Überkreuzen der Litzen ist auszuschließen. Zum ordnungsmäßigen und parallelen Einbau der Litzen dienen im Werk aufgetragene Markierungen der Litze oder gleichwertige Maßnahmen (siehe Abschnitt 3.2.4).

Bei Umlenkstellen mittels Umlenkkonstruktion (UH) werden die Spannlitzen als Bündel durch jede/s Umlenk-hülse/-formteil geführt. Die Umlenkformteile sind ausreichend an der Turmwand zu befestigen.

Bei Umlenkstellen mittels Umlenkkonstruktionen (UP und UH) ist unplanmäßiges Anlegen des Spanngliedes zu vermeiden und freies Abheben an Austrittspunkten zu gewährleisten. Es ist ein Mindestabstand von 30 mm zur Turmwand einzuhalten. An Austrittspunkten von Verankerungen und an beiden Enden der Umlenkstellen muss sich das Spannglied frei abheben. Das freie Abheben sollte bereits nach dem Straffen, spätestens jedoch nach dem Vorspannen, kontrolliert werden.

Bei Umlenkstellen ohne Umlenkkonstruktionen werden die Spannlitzen im Schutzrohr punktuell mit einem Umlenkwinkel entsprechend den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Angaben (Dokument A³) an der Betonwand anliegend umgelenkt. Dieses Anlegen stellt kein unplanmäßiges Anlegen am Bauwerk dar, somit können Abhebekontrollen an Austrittspunkten entfallen.

Es ist beim Entmanteln der Litzen darauf zu achten, dass in allen Einbau- und Betriebs-situationen (max. Spannweg, max. Wärmedehnung des Litzenmantels etc.) der Litzenmantel am Spannanker immer ausreichend Abstand zum unteren Ende des Übergangsrohres aufweist, um hierdurch eine unzulässige zusätzliche Vergrößerung des Ablenkwinkels (durch Einziehen des Litzenmantels) beim Spannen zu vermeiden.

3.2.7 Einbau der Verankerungen

Ankerplatte/Mehrflächenanker bzw. aufgesetzte Ankerplatte sowie Schlitzplatte und Lochscheibe müssen senkrecht zur Aussparungsverrohrung (Übergangsrohr, Übergangsmuffe und Aufweitungsrohr) liegen. Das Spannglied ist im Bereich von min. L1 der Lochscheibe bzw. der Übergangsplatte der Verankerungen (siehe Anlagen 11 bis 16) gerade zu führen.

Die konischen Bohrungen der Lochscheiben müssen beim Einbau sauber und rostfrei und mit einem Korrosionsschutzmittel beschichtet sein. Die Verankerungen (Fest- und Spannanker) werden deckungsgleich eingebaut. Die Litzen werden gemäß der festgelegten Sortierung in die Lochscheibe eingefädelt.

3.2.8 Verhinderung von Querschwingungen der Spannglieder

Kritische Querschwingungen der Spannglieder sind auszuschließen. Es wird auf Abschnitt 3.1.11 verwiesen.

3.2.9 Verkeilkraft, Schlupf und Keilsicherung

Die Keile der Festanker werden im Werk mit $1,1 P_{m0}(x)$ (siehe Abschnitt 3.1.2) vorverkeilt. Es tritt kein Schlupf mehr auf.

Werden die Keile der Spannanker nach dem Vorspannen mit $0,1 P_{m0}(x)$ eingedrückt, beträgt der Schlupf 3 mm. Werden die Keile nicht eingedrückt, beträgt der Schlupf 6 mm.

Die Keile der einbetonierten Festanker F_{ek} werden nicht eingedrückt. Hier beträgt der Schlupf 6 mm.

Die Keile werden mittels Sicherungsscheiben gesichert.

3.2.10 Unplanmäßiges Anliegen des Spannglieds und freies Abheben an Austrittspunkten

Ein unplanmäßiges Anliegen des Spannglieds an der Turmwand ist bei Umlenkstellen mittels Umlenkkonstruktionen und Umlenkstellen mit Umlenkung über das Stahlrohr ringförmig umlaufender Konsolbänder unzulässig. Es ist ein Mindestabstand von 30 mm zur Turmwand einzuhalten.

An Austrittspunkten von Verankerungen aus dem Bauwerk und an beiden Enden der Umlenkstellen muss sich das Spannglied frei abheben (es darf kein unplanmäßiges Anliegen (kein Knick) auftreten). Das freie Abheben sollte bereits nach dem Straffen - spätestens jedoch nach dem Vorspannen - kontrolliert werden.

Beim Spannanker (S) krägt das Aufweitungsrohr mindestens 200 mm und maximal 240 mm über die Oberkante des Fundamentes hinaus, so dass der knickfreie Austritt nicht direkt sondern über mindestens einzuhaltende Abstände zwischen den Spannstahlitzen und dem Aufweitungsrohr kontrolliert werden muss (siehe Anlagen 14 und 15).

Ist das freie Abheben eines Spanngliedes nicht gegeben, so ist das Spannglied wieder auszubauen und die betreffenden Stellen sind nachzuarbeiten. Ob das ausgebaute Spannglied nochmals verwendet werden kann oder durch das Anspannen über Knicke bereits beschädigt wurde, ist im Einzelfall und in Absprache mit dem Bauherrn zu klären.

3.2.11 Vorspannen und zulässiger Vorspannweg

Die Litzen eines Spanngliedes werden gemeinsam vorgespannt. Das litzenweise Vorspannen ist bei geraden und an der Turmwand anliegenden, kontinuierlich oder punktuell umgelenkten Spanngliedern sowie bei Spanngliedern mit Umlenkung über ein Stahlrohr an ringförmig umlaufenden Konsolbändern zulässig. Dabei ist die Reihenfolge der Litzen beim Vorspannen so zu wählen, dass höchstens die Exzentrizität der Spannkraft einer Litze an der Verankerung auftritt, um die exzentrische Beanspruchung der Lochscheibe möglichst gering zu halten.

Das Vorspannen muss andererseits so erfolgen, dass im Bereich von planmäßigen und unplanmäßigen Umlenkungen eine Überkreuzung der Monolitzen, die zu zusätzlichen Querpressungen führen, vermieden wird. Dazu wird zunächst die an der Umlenkstelle mittig innenliegenden Litze vorgespannt, gefolgt von punktsymmetrisch gegenüberliegender Litze bezogen auf den Schwerpunkt der Lochscheibe. Die weitere Vorspannreihenfolge folgt dem Grundsatz von innen (bezogen auf die Umlenkstelle) nach außen jeweils gefolgt von der punktsymmetrisch gegenüberliegenden Litze.

Ein schrittweises Anspannen der Spannglieder, verbunden mit dem Lösen der Keile und unter Wiederverwendung der Keile, ist zugelassen. Die beim vorausgegangenen Anspannen sich ergebenden Klemmstellen müssen nach dem Spannen und dem Verankern um mindestens 15 mm in den Keilen nach außen verschoben liegen. Vorspannwege < 15 mm sind unzulässig.

Der maximal zulässige Dehnweg an Umlenkstellen mit besonderen Umlenkstrukturen beträgt 830 mm. Hierbei ist planmäßig 100 % innere Gleitung vorgesehen. Bei innerer Gleitung bewegen sich die Litzenmäntel beim Vorspannen nicht gemeinsam mit den Spannstahlilitzen, sondern verbleiben unverschieblich in ihrer Lage. Ebenfalls zulässig ist äußere Gleitung (PE-Mantel verschiebt sich gemeinsam mit der Spannstahlilitze) oder eine Mischung von innerer und äußerer Gleitung.

An vier Stück um jeweils 90° versetzten Spanngliedern ist jeweils an zwei Litzen in unterschiedlicher Lage zur Turmwand an Ober- und Unterkante jeder Umlenkstelle und oberhalb des Fundamentes die Verschiebung der Monolitzenmäntel (äußere Gleitung) zu messen und im Spannprogramm zu protokollieren.

Zur Feststellung der Gleitwege sind die zwischen 10 % F_{pk} und 100 % der Vorspannkraft gemessenen Werte zu Grunde zu legen. Der Litzenziehweg ist am Spannanker (S) im Spannprogramm anzugeben. Tritt neben innerer Gleitung auch äußere Gleitung auf, so ist rechnerisch zu überprüfen, dass die Monolitzenmäntel um nicht mehr als 10 ‰ gedehnt oder 15 ‰ gestaucht werden (Gleichmaßstauchung, d.h. es dürfen keine örtlichen Ausbeulungen, Verformungen des PE-Mantels sichtbar sein).

Bei Umlenkstellen über ein Stahlrohr an ringförmig umlaufendem Konsolband mit Umlenkwinkeln $\alpha \leq 1,0^\circ$ beträgt der maximal zulässige Dehnweg 830 mm. Eine Messung und Protokollierung der Verschiebung der Monolitzenmäntel ist nicht erforderlich.

Erfolgt die Umlenkung an der Turmwand anliegenden Spannglieder kontinuierlich oder punktuell mit $\alpha \leq 1,0^\circ$, so wird beim Spannvorgang eine innere Gleitung von 100 % vorausgesetzt. Auch hier beträgt der maximal zulässige Dehnweg 830 mm. Eine Messung und Protokollierung der Verschiebung der Monolitzenmäntel ist nicht erforderlich.

3.2.12 Maßnahmen nach dem Vorspannen

Festanker (F) und (F_{SP}): Sofern nicht vorher geschehen, wird an den Verankerungen eine Schutzhaube aufgebracht, die als mechanischer Schutz dient.

Spannanker (S): anhand der werkmäßig auf zwei Litzenenden jedes Spanngliedes angebrachten Markierungen (siehe Anlagen 14 und 15 und Abschnitt 3.2.4) ist zu überprüfen, welche Lage die PE-Mantelenden im Spannankerbereich haben. Die Einbindelänge muss der mindestens erforderlichen Einbindelänge entsprechen ($L_{\text{Einbinde tatsächlich}} \geq L_{\text{Einbinde}}$). Gleichzeitig muss genügend Abstand zwischen den PE-Mantelenden und der Unterkante Lochscheibe des Spannankers (S) verbleiben, um ein Aufstauchen der PE-Mäntel sicher auszuschließen. Dies ist gegeben, wenn $l^*_{\text{tatsächlich}} \geq l^*$ ist.

An der Verankerung wird die Sicherungsscheibe aufgeschraubt und die Litzenüberstände bis zum erforderlichen Litzenüberstand abgetrennt. Anschließend wird eine Schutzhaube mit Dichtring auf die Ankerplatte bzw. den Mehrflächenanker geschraubt. Der gesamte Verankerungsbereich wird von unten mittels fließfähiger Korrosionsschutzmasse vollständig bis Oberkante Fundament vollständig verfüllt. An der Austrittsstelle muss noch flüssige Korrosionsschutzmasse austreten. Die Einfüll- und Entlüftungsöffnungen werden mittels Stopfen verschlossen.

Zur Kontrolle der vollständigen Verfüllung ist ein Volumenvergleich zwischen dem zu verfüllenden Hohlraum und der eingepressten Menge Korrosionsschutzmasse durchzuführen. Die Verfüllung der Schutzhaube wird außerdem mittels Abklopfen überprüft.

Zum Schutz des mit Korrosionsschutzmasse verfüllten Bereiches beim Spannanker (S) wird am Ende des Aufweitungsrohrs eine Abdeckung mittels Faltenbalg aufgebracht.

Spannanker (S_{SP}): die Schlitzplatte wird unter die Lochscheibe gelegt. Die Kontaktfläche zwischen Sicherungsscheibe und Lochscheibe wird mit Korrosionsschutzmasse bestrichen. Die Lochscheibe ist mit DENSO-Binde umgewickelt. Die gefetteten Litzenüberstände werden mittels Abdeckröhrchen (PE-Litzenmäntel) überdeckt. Jedes Abdeckröhrchen wird in die Sicherungsscheibe und am freien Ende mit Stopfen verschlossen. Die Verankerung wird mit Schutzhaube abgedeckt und verschraubt.

3.2.13 Auswechseln von Spanngliedern

Der Ausbau von Spanngliedern und anschließende Einbau neuer Spannglieder ist möglich (siehe Anlage 20). Die Spannglieder werden mit ausreichendem Litzenüberstand am Spannanker eingebaut, so dass ein Ablassen der Spannkraft möglich ist. Die Bedingungen, unter denen Spannglieder ausgetauscht werden können, die Anzahl der Spannglieder, die gleichzeitig ausgetauscht werden dürfen, sowie die bauseitigen Vorkehrungen, die schon bei der Bauwerksplanung vorgesehen werden müssen, sind im Einzelfall festzulegen.

Bei einem Austausch der Spannglieder ist der Zustand der partiellen Schutzrohre sowie der Umlenkkonstruktionen zu überprüfen und im Hinblick auf weitere Verwendbarkeit zu bewerten.

Für jeden Anwendungsfall sind die beim Ausbau der Spannglieder zu beachtenden Arbeitsanweisungen und Arbeitsschutzmaßnahmen vom Ausführenden festzulegen und mit dem Bauherrn abzustimmen.

3.3 Übereinstimmungserklärung

Die bauausführende Firma⁵ hat zur Bestätigung der Übereinstimmung der Bauart mit der allgemeinen Bauartgenehmigung eine Übereinstimmungserklärung gemäß §§ 16 a Abs. 5, 21 Abs. 2 MBO abzugeben. Diese Bescheinigung ist dem Bauherrn zur ggf. erforderlichen Weiterleitung an die zuständige Bauaufsichtsbehörde auszuhändigen.

4 Bestimmungen für Nutzung, Unterhalt und Wartung

4.1 Allgemeines

Ins Wartungspflichtenbuch der WEA gemäß Abschnitt 3, Ziffer L der Richtlinie für Windenergieanlagen sind folgende Bestimmungen aufzunehmen:

Im Turminnern sind Temperaturen von -10 °C bis $+40\text{ °C}$ zulässig, deren Einhaltung zuverlässig sicherzustellen ist.

An jedem Festanker sind Inspektionsöffnungen vorzusehen, die die visuelle und/oder endoskopische Sichtkontrolle der Verankerungsunterseite ermöglichen.

Außer zu Prüf- und Wartungszwecken der Spannglieder dürfen sich keine Personen hinter den Verankerungen aufhalten.

Ergänzend zum Abschnitt 15.1 der Richtlinie für Windenergieanlagen sind wiederkehrende Prüfungen der Spannglieder im Abstand von höchstens 1 Jahr durchzuführen. Der Umfang der Prüfungen ist Abschnitt 4.2 zu entnehmen.

Außerplanmäßige Prüfungen der Spannglieder auf Beschädigungen und Austritt von Korrosionsschutzmasse insbesondere im Bereich von Umlenkungen und am Austritt aus dem Festankerbereich sind erforderlich, wenn die Temperatur im Turminnern 40 °C überstiegen hat.

Prüfung und Wartung sind durch geschultes Personal unter Berücksichtigung des Zustandes der Spannglieder durchzuführen.

⁵ Dazu muss der bauausführende Firma eine Kopie der beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegte Unterlage (Dokument A) zur Verfügung gestellt werden.

4.2 Umfang der Wiederkehrenden Prüfung der Spannglieder

Ergänzend zum Abschnitt 15.2 der Richtlinie für Windenergieanlagen wird Folgendes festgelegt:

- Prüfung (mit der Hand), ob alle Litzen gespannt sind und keine ausgefallen sind.
- Pro Himmelsrichtung ist die Unterseite mindestens eines Festankers bzw. die Oberseite eines einbetonierten Festankers zu kontrollieren. Dabei ist zu überprüfen, dass die PE-Mäntel in der Übergangsplatte gehalten/ nicht verrutscht sind und dass keine Korrosionsschutzmasse austritt. Außerdem sind die Unterseiten der Übergangsplatten auf Korrosionserscheinungen zu überprüfen. Bei Auffälligkeiten sind alle Verankerungen zu überprüfen. Das Herausrutschen von PE-Mänteln aus der Übergangsplatte macht den Austausch des betroffenen Spanngliedes erforderlich. Ob der Austritt von Korrosionsschutzmasse oder Korrosion an der Übergangsplatte einen Austausch des Spanngliedes erforderlich macht oder die schadhafte Stelle repariert werden kann, ist im Einzelfall gemäß dem Zustand des Spanngliedes zu entscheiden. In welchem Zeitraum der Austausch erfolgen muss, ist im Einzelfall gemäß dem Zustand des betroffenen Spanngliedes zu entscheiden. Die Betonoberflächen der einbetonierten Anker sind auf Rissbildung und die Spannglieder sind auf atypische Verformungen zu prüfen, die ein Ausziehen ankündigen würden.

Bei den nächsten Wiederkehrenden Prüfungen sind bevorzugt diejenigen Festanker zu überprüfen, die bei vorhergehenden Prüfungen noch nicht untersucht wurden bzw. deren Prüfung längere Zeit zurückliegt.

- Pro Himmelsrichtung ist die Schutzhaube (F) mindestens eines Festankers abzunehmen und die Unversehrtheit der flexiblen Abdeckkappe und der Korrosionsschutzbinde augenscheinlich zu überprüfen. Werden Schäden festgestellt, so sind weitere Festanker zu überprüfen und schadhafte Abdeckkappen und Korrosionsschutzbinden sind zu erneuern.

Bei den nächsten Wiederkehrenden Prüfungen sind bevorzugt diejenigen Festanker zu überprüfen, die bei vorhergehenden Prüfungen noch nicht untersucht wurden bzw. deren Prüfung längere Zeit zurückliegt.

- Augenscheinliche Kontrolle der Spannanker auf Austritt von Korrosionsschutzmasse. Erforderliche Maßnahmen beim Austritt von Korrosionsschutzmasse sind im Einzelfall festzulegen.
- Je Himmelsrichtung einmal Demontage des Faltenbalges, Hochschieben der weichen, nachgiebigen Sortierscheibe und Sichtkontrolle der Korrosionsschutzmasse auf Feuchtigkeit, Kondenswasseransammlung o. ä. und Sichtkontrolle der Monolitzenmäntel im Spannankerbereich. Bei den nächsten Wiederkehrenden Prüfungen sind bevorzugt die Spannanker zu überprüfen, welche bei vorhergehenden Prüfungen noch nicht untersucht wurden bzw. deren Prüfung längere Zeit zurückliegt.
- Sichtkontrolle der Spannglieder auf Beschädigungen und Austritt von Korrosionsschutzmasse insbesondere im Bereich von Umlenkungen und am Austritt aus dem Festankerbereich (Unterseite des obersten Fertigteils). Ob der Austritt von Korrosionsschutzmasse einen Austausch des Spanngliedes erforderlich macht oder die schadhafte Stelle repariert werden kann, ist im Einzelfall gemäß dem Zustand des Spanngliedes zu entscheiden.
- Kontrolle, ob sich die harte, festen Sortierscheibe bewegen lässt und ob diese einen Abdruck im Monolitzenmantel hinterlassen hat.

4.3 Dokumentation

Das Ergebnis der Wiederkehrenden Prüfung der Spannglieder ist gemäß Abschnitt 15.5 der Richtlinie für Windenergieanlagen zu dokumentieren.

Folgende Normen und Richtlinien werden in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung in Bezug genommen:

DIN 1045-3: 2012-03	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung - Anwendungsregeln zu DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 Berichtigung 1:2013-07
DIN 1045-4: 2012-02	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung - Anwendungsregeln zu DIN EN 13670, Berichtigung zu DIN 1045-3:2012-03
DIN EN 1992-1-1: 2011-01	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen
DIN EN 1992-1-1/A1:2015-03	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004+AC:2010
DIN EN 1992-1-1/NA: 2013-04	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004/A1:2014
DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
DIN EN 1993-1:2010	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
DIN EN 1993-1/NA	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahl, Teile 1 bis 12
DIN EN 1993-1-8:2010-12	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahl, Teile 1 bis 12
DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
DIN EN 10204: 2005-01	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
DIN EN 13670: 2011-03	Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen; Deutsche Fassung EN 10204:2004
DIN EN ISO 2081: 2009-05	Ausführung von Tragwerken aus Beton; Deutsche Fassung EN 13670:2009
DIN EN ISO 9223: 2012-05	Metallische und andere anorganische Überzüge- Galvanische Zinküberzüge auf Eisenwerkstoffen mit zusätzlicher Behandlung (ISO 2081:2008; Deutsche Fassung EN ISO 2081:2008)
	Korrosion von Metallen und Legierungen - Korrosivität von Atmosphären - Klassifizierung, Bestimmung und Abschätzung (ISO 9223:2012); Deutsche Fassung EN ISO 9223:2012

**Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/
Allgemeine Bauartgenehmigung
Nr. Z-13.3-133**

Seite 25 von 25 | 17. März 2021

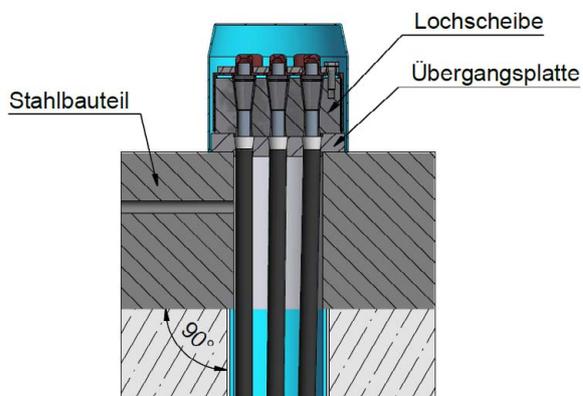
DIN EN ISO 12944-2: 1998-07	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen (ISO 12944-2:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-2:1998
DIN EN ISO 12944-4: 1998-07	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung (ISO 12944-4:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-4:1998
DIN EN ISO 12944-5:2020-03	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 5: Beschichtungssysteme (ISO12944-5:2019); Deutsche Fassung EN ISO 12944-5:2019
DIN EN ISO 12944-7:1998-07	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 7: Ausführung und Überwachung der Beschichtungsarbeiten (ISO 12944-7:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-7:1998
Richtlinie für Windenergieanlagen	Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Stand-sicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Fassung Oktober 2012, Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik, Reihe B, Heft 8

Dr.-Ing. Lars Eckfeldt
Referatsleiter

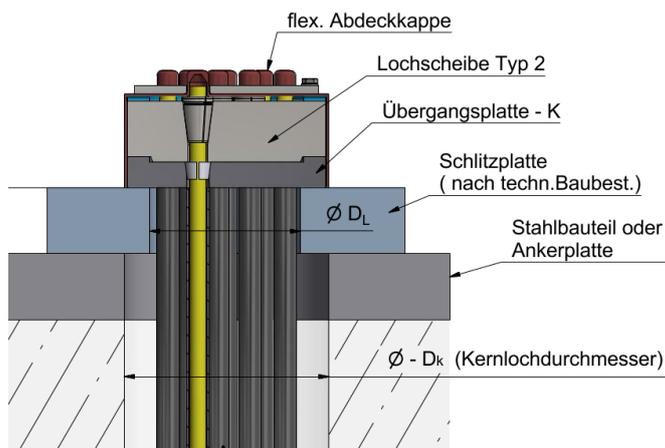
Beglaubigt
Sultani

Übersicht Verankerungen, Festanker

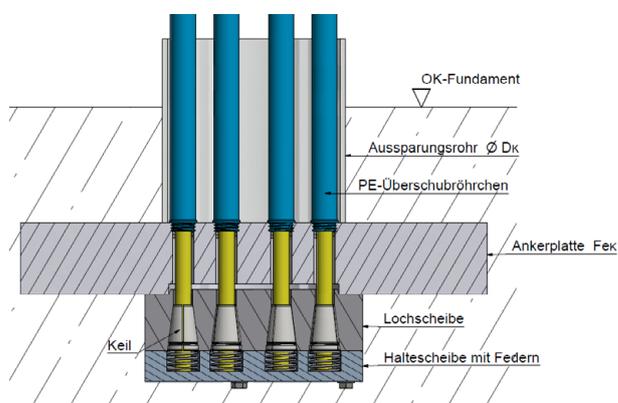
1. Festanker (F), BBV L7 EW – L22 EW



2. Festanker (F_{SP}), BBV L7 EW – L22 EW mit Schlitzplatte



3. Einbetonierter Festanker (F_{Ek}), BBV L7 EW – L22 EW im Fundament



Elektronische Kopie der abZ des DIBt: Z-13.3-133

BBV Externes Lizensspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

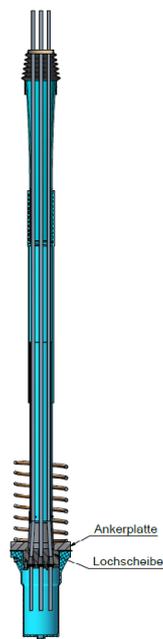
Übersicht Verankerungen
 BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 1

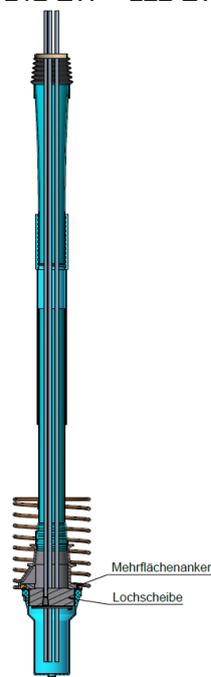
Übersicht Verankerungen, Spannanker

1. Spannanker (S)

BBV L7 EW – L9 EW

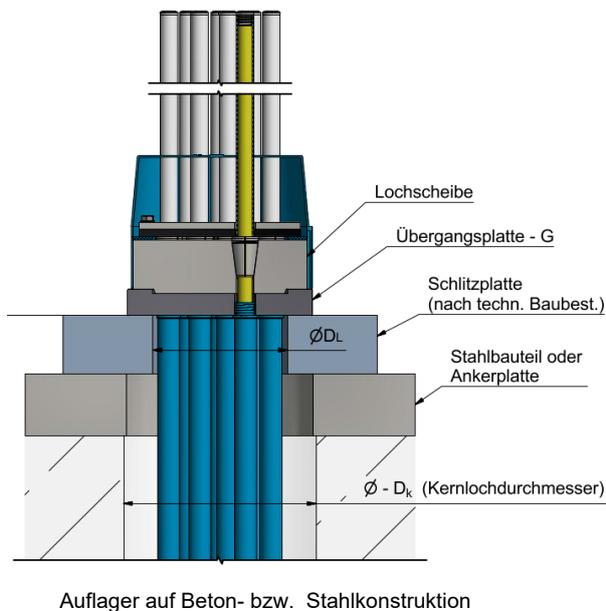


BBV L12 EW – L22 EW



Alternativ: Anstelle des mit Korrosionsschutzmittel gefüllten Aussparungsrohres können zum Schutz der entmantelten Monolitzen auch Übergangsplatten G mit eingeschraubten Überschubröhrchen verwendet werden.

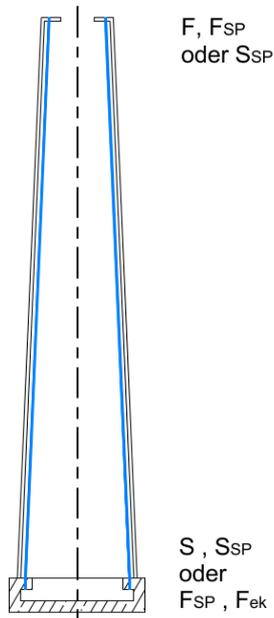
2. Spannanker (S_{SP}), BBV L7 EW – L22 EW mit Schlitzplatte



Windenergieanlagen (WEA): Turmtypen und Spanngliedführung (schematisch)

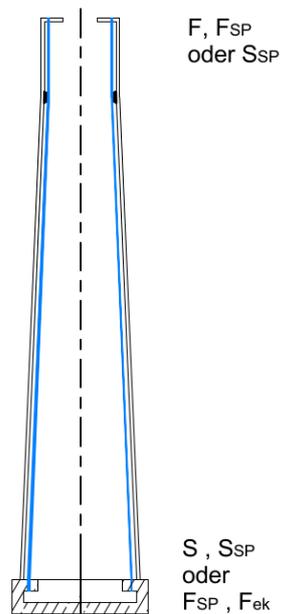
Typ A

Spanngliedführung ohne Umlenkung
mit Abstand zur Turmwand



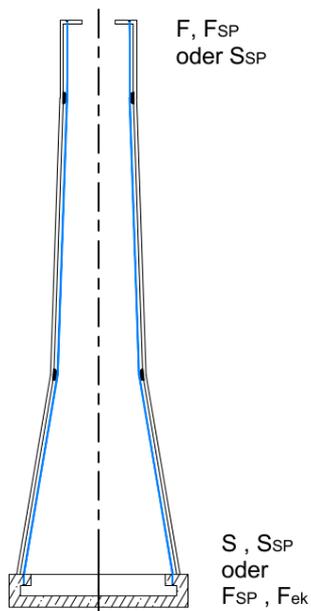
Typ B

Umlenkung mit Umlenkstruktur $U_P, U_H \alpha > 1^\circ$
oder ohne besondere Umlenkstruktur $\alpha \leq 1^\circ$



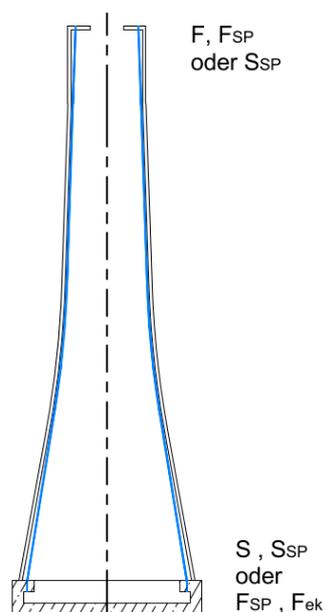
Typ C

wie Typ B
jedoch mit mehreren Umlenkstellen



Typ D

Spanngliedführung ohne besondere Umlenkstruktur
an der Turmwand anliegend



Elektronische Kopie der abZ des DIBt: Z-13.3-133

BBV Externes Lizenzspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Übersicht Turmtypen und Spanngliedführung
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 3

Technische Angaben BBV L 7 EW – BBV L22 EW

Spannstahlgüte: St 1660/1860

Spanngliedbezeichnung	Einheit	BBV L7EW	BBV L9EW	BBV L12EW	BBV L15EW	BBV L19EW	BBV L22EW
Lochbild							
Anzahl der Litzen	n	7	9	12	15	19	22
150mm² : Querschnitt A_p	mm ²	1050	1350	1800	2250	2850	3300
150mm² : Gewicht (ohne PE und Korrosionsschutzmasse)	kg/m	8,20	10,55	14,06	17,58	22,27	25,78
150mm² : F_{pk} (f_{pk}=1860N/mm²)	kN	1953	2511	3348	4185	5301	6138
150 mm² : P_{max} = 0,90·f_{p0,1k}·Ap *	kN	1512	1944	2592	3240	4104	4752
150 mm² : P_{m0}(x) = 0,85·f_{p0,1k}·Ap*	kN	1428	1836	2448	3060	3876	4488
Reibungsverluste							
Spannanker Δ P _{μS}	%	1,1	1,0	0,8	0,8	0,8	0,6
Reibungsbeiwert μ		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Litzenüberstände **)	mm	700	800	800	800	1100	1100

*) basierend auf f_{p0,1k} = 1600 N/mm² (St 1660/1860)

***) zum Ansetzen der Spannpresse ab Vorderkante Lochscheibe. Nach Rücksprache mit BBV Systems GmbH sind in Abhängigkeit des verwendeten Pressentyps auch andere Überstände möglich.

BBV Externes Litzenspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Technische Angaben
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 4

Abmessungen der Einzelteile für die Verankerungen

Festanker (F): BBV L7 EW – BBV L22 EW

Spanngliedbezeichnung		Einheit	L 7EW	L 9EW	L 12EW	L 15EW	L 19EW	L 22EW
Lochscheibe: BBV-Typ 2								
Durchmesser	ØD	mm	133	160	180	194***	220	245
Dicke	T	mm	50	50	61	60	77	77
Absatz	ØA	mm	91	111	129	148	159	179
Lochkreis	e1	mm	66	86	* Raster	56	*Raster	*Raster
Lochkreis	e2	mm				120		
Übergangsplatte-K **								
Durchmesser	a	mm	133	160	180	194***	220	245
Dicke	T	mm	30	30	30	30	30	30
Durchmesser	ØA	mm	91	111	129	148	159	179
Vertiefung	ØV	mm	93	113	131	150	161	181
Stahlbauteil am Turmkopf								
Lochdurchmesser	ØDL	mm	93	113	131	150	163	183
Aussparungsrohr (F)								
Innendurchmesser		mm	93	113	131	150	163	183
Innendurchmesser, alternativ		mm					131 ⁴ /143 ⁴	131 ⁴ /143 ⁴
Aussendurchmesser		mm	103	123	141	160	173	193
Wandstärke		mm	5	5	5	5	5	5
Aufweitungsradius	R	mm	5.200	5.500	6.300	6.800	8.000	8.200
Aufweitungsradius, alternativ	R	mm					10.100/9.000	12.300/10.900

Einbetonierter Festanker (Fe_k): BBV L7 EW – BBV L22 EW im Fundament

Spanngliedbezeichnung		Einheit	L 7EW	L 9EW	L 12EW	L 15EW	L 19EW	L 22EW
Ankerplatte Fe_k (quadr./rund)								
Seitenlänge	a	mm	310	345	390	435	485	515
Seitenlänge	b	mm	310	345	390	435	485	515
Dicke	T	mm	55	60	65	70	75	80
Lochdurchmesser	ØDL	mm	93	113	131	150	163	183
Vertiefung	ØV	mm	10					
Aussparung / Kernloch hinter der Ankerplatte Fe_k								
max. Durchmesser	ØD _k	mm	170	190	200	225	230	250
Mindestfestigkeit des Betons beim Vorspannen: f_{cmj,cube} = 38 MPa								
Achs-/Randabstand *****		mm	405/225	450/245	520/280	580/310	660/350	720/380
Betonaufleger mit Zusatzbewehrung / Bügel *****								
Stabdurchmesser Ø		mm	8	8	8	10	10	10
Anzahl n		---	5	6	8	7	9	10
Abstand Bügel B		mm	80	75	65	83	73	72
Haltescheibe Fe_k								
max. Durchmesser	ØD	mm	133	160	180	194***	220	245
Dicke	T	mm	30					

BBV Externes Litzenverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Abmessungen der Einzelteile für die Verankerungen
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 5

Festanker (F_{SP}): BBV L7 EW – BBV L22 EW

Spanngliedbezeichnung		Einheit	L 7EW	L 9EW	L 12EW	L 15EW	L 19EW	L 22EW
Ankerplatte (quadr./rund) ****								
Seitenlänge	a	mm	310	345	390	435	485	515
Seitenlänge	b	mm	310	345	390	435	485	515
Dicke	T	mm	55	60	65	70	75	80
Lochdurchmesser	\varnothing_{DL}	mm	93	113	131	150	163	183
Aussparung / Kernloch hinter der Ankerplatte								
max. Durchmesser	\varnothing_{DK}	mm	170	190	200	225	230	250
min. Durchmesser	\varnothing_{DK}	mm	145	170	190	205	230	250
Mindestfestigkeit des Betons beim Vorspannen: $f_{cmj,cube} = 38 \text{ MPa}$								
Achs-/Randabstand ****		mm	405/225	450/245	520/280	580/310	660/350	720/380
Betonaufleger mit Zusatzbewehrung / Bügel *****								
Stabdurchmesser \varnothing		mm	8	8	8	10	10	10
Anzahl n		---	5	6	8	7	9	10
Abstand Bügel B		mm	80	75	65	83	73	72
Lochscheibe: BBV-Typ 2		siehe Tabelle Festanker (F)						
Schlitzplatte		Mindestabmessungen der Schlitzplatte sind beim DIBt hinterlegt.						

- *) Raster siehe Anlage 9, Lochbild Lochscheibe BBV L12, L19, L22
 **) Lochbilder der Übergangsplatte-K und G wie Lochbilder der jeweiligen Lochscheibe
 ***) alternativ 200 mm möglich
 ****) Bei runder Ausführung entspricht der Durchmesser der Seitenabmessung a/b
 *****) Randabstand: Achsabstand/2 + 20mm (Aufrunden in 5er Schritten)
 Die Achs-/Randabstände können von quadratisch auf rechteckig flächengleich umgerechnet werden, wobei die kürzere Seite minimal 85% der quadratischen Seitenlänge betragen darf. Die Verankerungsabstände können in einer Richtung auf 85% der Tabellenwerte reduziert werden, wenn sie gleichzeitig in der anderen Richtung entsprechend vergrößert werden.
 *****) Seitenlänge Bügel = Mindestachsabstand – 20 mm
 Auf die Zusatzbewehrung kann verzichtet werden, wenn der Nachweis der Überleitung der Spannkraft auf den Bauwerksbeton nach technischen Baubestimmungen erfolgt.

BBV Externes Litzenverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Abmessungen der Einzelteile für die Verankerungen
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 6

Abmessungen der Einzelteile für die Verankerungen

Spannanker (S): BBV L7 EW – BBV L22 EW

Spanngliedbezeichnung	Einheit	L 7EW	L 9EW	L 12EW	L 15EW	L 19EW	L 22EW
Ankerplatte							
Durchmesser	ØD	mm	230	265			
Dicke	T	mm	35	35			
Lochdurchmesser	ØDL	mm	93	113			
Mehrflächenanker							
Durchmesser	ØD	mm		240	270	300	327
Höhe	H	mm		182	203	227	248
Dicke 1. Fläche	T	mm		22	23	27	28
Loch - ø, oben	ØLo	mm		131	150	163	183
Loch - ø, unten	ØLu	mm		123	139	148	165
Lochscheibe: BBV Typ 2		<i>siehe Tabelle Festanker (F)</i>					
Übergangsrohr							
max. Durchmesser, außen	mm	91	111	131	147	165	185
Länge, min L	mm	≥ 650	≥ 740	≥ 810	≥ 900	≥ 305	≥ 765
Übergangsmuffe							
min. Innendurchmesser	mm	80	90	100	110		
Auweitungsrohr							
min. Innendurchmesser	mm	---	---	---	---	115 ⁴ /131 ⁴	131 ⁴
Aufweitung Radius	R	mm	6.000	6.800	8.200	9.500	10.100/12.200

Spannanker (S): Achs- und Randabstände (ohne Aussparung hinter der Ankerplatte/Mehrflächenanker)

Spanngliedbezeichnung	Einheit	L 7EW	L 9EW	L 12EW	L 15EW	L 19EW	L 22EW
		Ankerplatte			Mehrflächenanker		
Mindest-Achsabstand *							
$f_{cmj,cube}^3 \geq 28 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch) **	mm	305	350	405	450	505	545
$f_{cmj,cube}^3 \geq 34 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	290	325	370	415	465	500
$f_{cmj,cube}^3 \geq 40 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	265	300	340	380	430	460
$f_{cmj,cube}^3 \geq 45 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	245	280	325	360	405	435
Mindest-Randabstand ***							
$f_{cmj,cube}^3 \geq 28 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch) **	mm	175	195	225	245	275	295
$f_{cmj,cube}^3 \geq 34 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	165	185	205	230	255	270
$f_{cmj,cube}^3 \geq 40 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	155	170	190	210	235	250
$f_{cmj,cube}^3 \geq 45 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	145	160	185	200	225	240

*) Die Achsabstände können in einer Richtung auf 85% der Tabellenwerte reduziert werden, wenn sie gleichzeitig in der anderen Richtung entsprechend vergrößert werden.

**) $f_{cmj,cube} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ gilt für L7 EW und L9 EW; $f_{cmj,cube} \geq 28 \text{ N/mm}^2$ gilt für L12 EW bis L 22 EW

BBV Externes Litzenspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

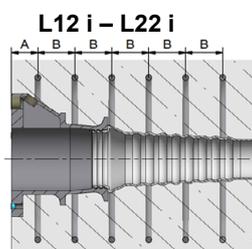
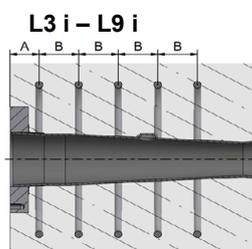
Abmessungen der Einzelteile für die Verankerungen
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 7

Spannanker (S): Wendel und Zusatzbewehrung

Spanngliedbezeichnung		L 7EW	L 9EW	L 12EW	L 15EW	L 19EW	L 22EW
		Ankerplatte		Mehrfächenanker			
Wendel*	Einheit						
Stabdurchmesser							
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2$ **	mm	14	14	14	14	16	16
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	14	14	14	16	16	16
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	14	14	14	14	16	16
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	14	14	14	14	16	16
d außen *)							
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2$ **	mm	200	240	300	345	390	430
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	190	230	300	340	380	410
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	190	225	285	320	360	380
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	180	220	270	315	340	365
min. Länge							
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2$ **	mm	300	350	350	400	450	450
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	270	310	300	350	400	450
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	250	290	300	300	350	350
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	250	275	250	250	300	300
min. Ganghöhe							
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2$ **	mm	50	50	50	50	50	50
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	50	50	50	50	50	50
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	50	50	50	50	50	50
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	50	50	50	50	50	50
Windungen							
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2$ **	n	7	8	8	9	10	10
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	n	6,5	7	7	8	9	10
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	n	6	7	7	7	8	8
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	n	6	6,5	6	6	7	7
Zusatzbewehrung/Bügel***							
Anzahl n / Durchmesser \varnothing							
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2$ **	n x \varnothing	4 \varnothing 14	5 \varnothing 14	6 \varnothing 12	5 \varnothing 14	6 \varnothing 16	7 \varnothing 16
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	n x \varnothing	5 \varnothing 12	5 \varnothing 14	6 \varnothing 14	8 \varnothing 14	7 \varnothing 16	8 \varnothing 16
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	n x \varnothing	5 \varnothing 12	5 \varnothing 14	5 \varnothing 16	6 \varnothing 16	7 \varnothing 16	6 \varnothing 20
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	n x \varnothing	4 \varnothing 12	6 \varnothing 12	5 \varnothing 16	6 \varnothing 16	8 \varnothing 16	8 \varnothing 16
Anordnung:							
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2$ **	mm	A / B	A / B	A / B	A / B	A / B	A / B
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	55 / 95	55 / 80	50 / 70	50 / 95	50 / 90	50 / 80
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	55 / 65	55 / 75	50 / 65	50 / 55	50 / 70	50 / 65
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	55 / 60	55 / 70	50 / 70	50 / 65	50 / 60	50 / 75
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	55 / 75	55 / 50	50 / 65	50 / 60	50 / 55	50 / 50

Prinzipskizzen:



*) Nennmaße, Toleranzen beim DIBt hinterlegt **) $f_{cmj,cube} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ gilt für L7 und L9 EW; $f_{cmj,cube} \geq 28 \text{ N/mm}^2$ gilt für L12 bis L 22 EW
 ***) Seitenlänge Bügel = Mindeststabsabstand – 20 mm

BBV Externes Litzenverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Abmessungen der Einzelteile für die Verankerungen
BBV L7 EW – BBV L22 EW

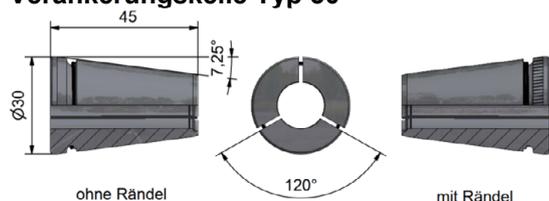
Anlage 8

Spannanker (S_{SP}): BBV L7 EW – BBV L22 EW

Spanngliedbezeichnung			L 7EW	L 9EW	L 12EW	L 15EW	L 19EW	L 22EW	
Übergangsplatte-G									
Durchmesser	a	mm	133	160	180	194***	220	245	
Dicke	T	mm	30	30	30	30	30	30	
Durchmesser	ØA	mm	91	111	129	148	159	179	
Vertiefung	ØD ₁	mm	93	113	131	150	161	181	
Ankerplatte (quadratisch/rund) Aussparung / Kernloch hinter der Ankerplatte Mindestfestigkeit des Betons beim Vorspannen Zusatzbewehrung und Achs-/Randabstände Lochscheibe BBV-Typ 2 Gewindelochscheibe und Gewindemuffe			<i>siehe Tabelle Anlage 6, Festanker (F_{SP})</i>						
Schlitzplatte			<i>Mindestabmessungen der Schlitzplatte sind beim DIBt hinterlegt.</i>						

Darstellung der Komponenten

Verankerungskeile Typ 30

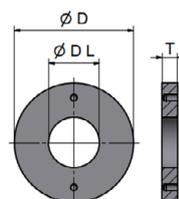
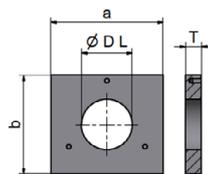
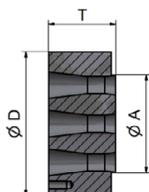
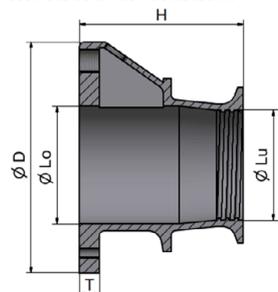


Keilsätze für die Verankerung der 150 mm² Litze (Ø0,62") tragen an der Oberseite den Aufdruck 0,62

Mehrflächenanker

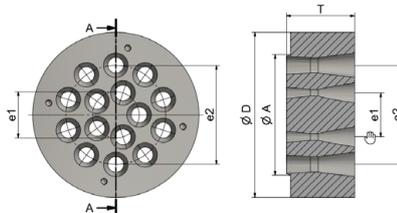
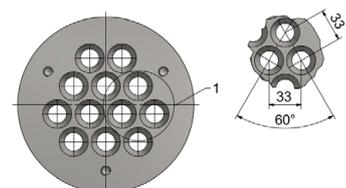
Lochscheibe

Ankerplatte rund und eckig



Lochbild Lochscheibe: BBV L12, L19, L22 EW
Konen sind auf Geraden zu einem Raster angeordnet

Lochbild Lochscheibe: BBV L7, L9, L15 EW
Alle Konen liegen auf ein oder zwei Teilkreisen (e1 und e2)



Beispiel: BBV L15 EW

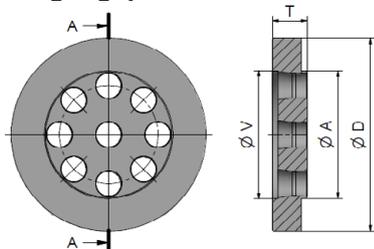
BBV Externes Lizenzspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Abmessungen der Einzelteile für die Verankerungen
BBV L7 EW – BBV L22 EW

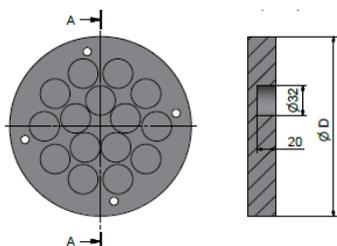
Anlage 9

Darstellung der Komponenten

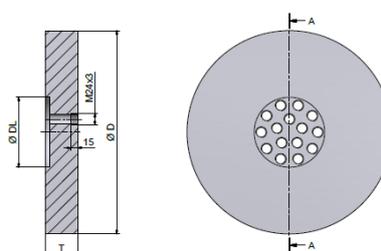
Übergangsplatte: K und G



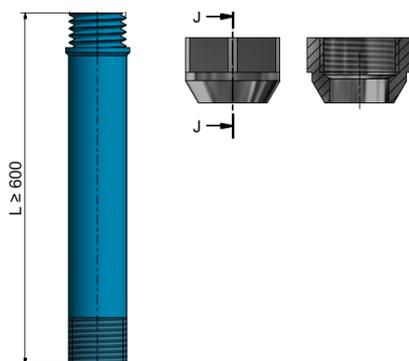
Haltescheibe F_{EK}



Ankerplatte F_{EK}



Überschubröhrchen mit z.B. Konusmutter (o.glw.)



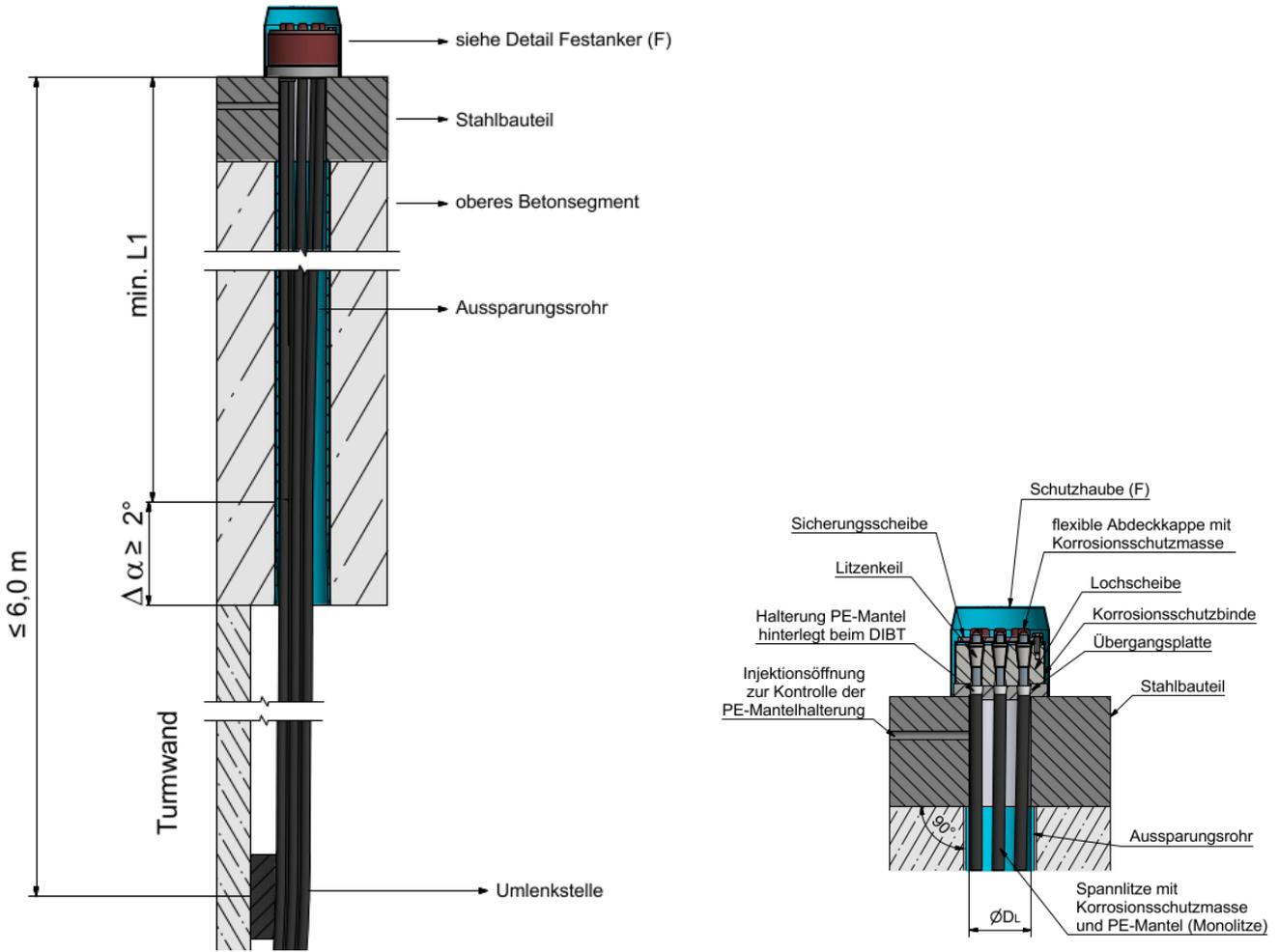
Bei vertikal, nach oben offenen Überschubröhrchen sind die Übergänge zum Monolitzenmantel sorgfältig mit Klebeband o.glw. zu umwickeln. Auf die Konusmutter darf verzichtet werden.

BBV Externes Litzenstrahlverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Abmessungen der Einzelteile für die Verankerungen
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 10

Festanker (F): BBV L7 EW – BBV L22 EW



Festanker (F): Aufweitungsradius R^{*} und gerade Strecke min. L1^{} und *** [mm]**

Festlegung min. L1: gerade Verbindungslinie zwischen Oberkante Stahlbauteil und dem Beginn der trompetenförmigen Aufweitung des Aussparungsrohres mit Innendurchmesser di.

L 7 EW	L 9 EW	L 12 EW	L 15 EW	L 19 EW	L 22 EW
di= 93	di= 113	di= 131	di= 150	di= 163/143 ⁴ /131 ⁴	di= 183/143 ⁴ /131 ⁴
R ≥ 5.200	R ≥ 5.500	R ≥ 6.300	R ≥ 6.800	R ≥ 8.000/9.000/10.100	R ≥ 8.200/10.900/12.3000
min. L1 ≥ 1.520 (2.280)	min. L1 ≥ 2.160 (3.360)	min. L1 ≥ 2.940 (3.850)	min. L1 ≥ 3.300 (4.670)	min. L1 ≥ 3.950/3.070/2.680 (5.210/4.510/4.270)	min. L1 ≥ 5.190/3.310/2.630 (6.660/5.060/4.550)

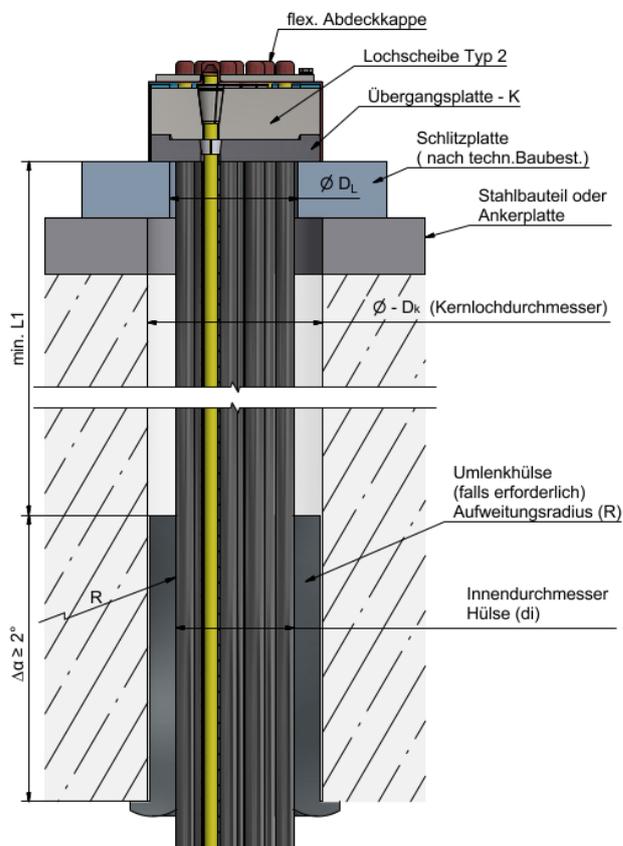
*) , **) und ***) siehe Anmerkungen Anlage 12

BBV Externes Litzenspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Festanker (F)
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 11

Festanker (F_{SP}): BBV L7 EW – BBV L22 EW



Kernloch-Durchmesser D_k siehe Anlage 6

Festanker (F_{SP}): Aufweitungsradius $R^*)$ und gerade Strecke min. $L1^{**})$ und $L1^{***})$						
Spanngliedbezeichnung	L 7 EW	L 9 EW	L 12 EW	L 15 EW	L 19 EW	L 22 EW
Hülsen-Innendurchmesser d_i [mm]	80	90	100	110	120	125
Aufweitungsradius R [mm]	≥ 6.000	≥ 6.800	≥ 8.200	≥ 9.500	≥ 11.500	≥ 13.200
min. $L1$ [mm]	≥ 1.180 (2.210)	≥ 1.780 (2.890)	≥ 2.510 (3.200)	≥ 2.120 (3.900)	≥ 2.350 (4.100)	≥ 2.380 (4.280)
Alternativ:						
Hülsen-Innendurchmesser d_i , alternativ [mm]					115	120
Aufweitungsradius R [mm]	---	---	---	---	≥ 12.200	≥ 13.900
min. $L1$ [mm]					≥ 1.950 (3.910)	≥ 2.180 (4.140)

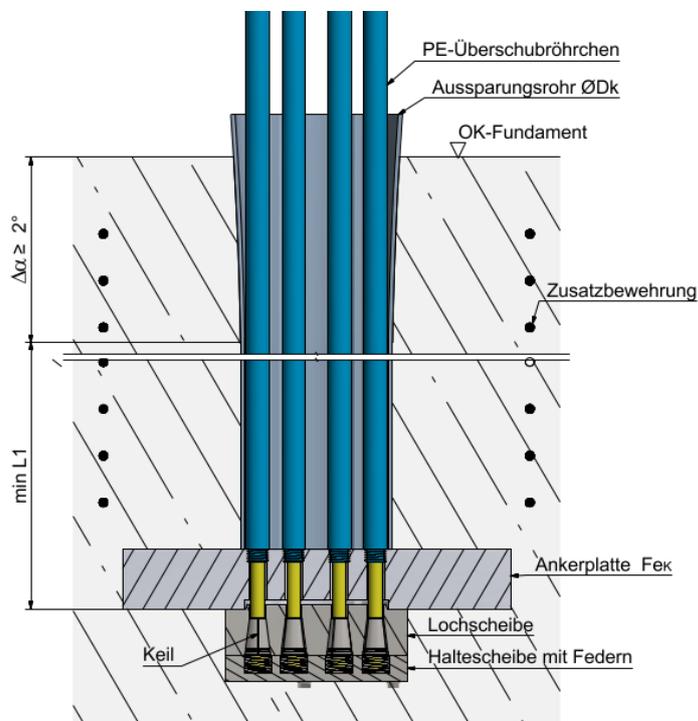
- *) Bei Anwendung von Monolitzen mit 1,5 mm dickem PE- Mantel sind die Werte für den minimalen Krümmungsradius um 40% zu vergrößern.
- **) Auf die Umlenkreserve $\Delta\alpha$ am Ende der Aussparungsrohre der Verankerungen darf verzichtet werden, wenn im Zuge des Einbaus der Aussparungsrohre durch entsprechende Maßnahmen sichergestellt werden kann, dass Abweichungen der Spanngliedachse von der planmäßigen Lage ausgeschlossen werden können. Für diesen Fall werden die Spannglieder am Austritt aus den Aussparungsrohren nicht umgelenkt.
- ***) Werte in Klammern gelten beim litzeweisen Vorspannen des Spanngliedbündels und für kleine Umlenkungswinkel $\alpha \leq 1^\circ$ nach Anlage 18.

BBV Externes Lizenzspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Festanker (F_{SP})
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 12

Einbetonierter Festanker (Fe_k), BBV L7 EW – BBV L22 EW



Beim einbetonierten Festanker (Fe_k) wird die Lochscheibe an der Ankerplatte angeheftet oder angeschraubt. Die Litzenenden des Spanngliedes werden in den konischen Bohrungen mit Keilen in der Lochscheibe verankert. Die Keile werden durch einen Federsitz im Konus gehalten. Die Verankerung ist vormontiert und besteht aus der Ankerplatte mit Überschubhörnchen und angehefteter/angeschraubter Lochscheibe, den Keilen und der Haltescheibe als Federrückhaltung. Die Konen und die Bohrungen der Haltescheibe sind mit Korrosionsschutzmittel gefüllt.

Der ordnungsgemäße Sitz der Litzen in der Verkeilung wird durch eine entsprechende Markierung auf den Litzenmännel gewährleistet. Beim Anspannen dieser Litzen entsteht durch das Einziehen der Keile ein Schlupf von 6 mm.

Festanker (Fe_k): Aufweitungsradius R^* und gerade Strecke min. $L1^{}$ und $L1^{***}$) [mm]**

L 7 EW	L 9 EW	L 12 EW	L 15 EW	L 19 EW	L 22 EW
di= 93	di= 113	di= 131	di= 150	di= 163	di= 183
$R \geq 5.200$	$R \geq 5.500$	$R \geq 6.300$	$R \geq 6.800$	$R \geq 8.000$	$R \geq 8.200$
min. $L1 \geq 750$ (1.020)	min. $L1 \geq 1.170$ (1.910)	min. $L1 \geq 1.150$ (2180)	min. $L1 \geq 1.630$ (2.660)	min. $L1 \geq 2.160$ (2.980)	min. $L1 \geq 2.830$ (3.760)

*) , **) und **) siehe Anmerkungen Anlage 12

BBV Externes Litzenspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Festanker (Fe_k)
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 13

Spannanker (S) mit Ankerplatte nach dem Spannen BBV L7 EW – BBV L9 EW

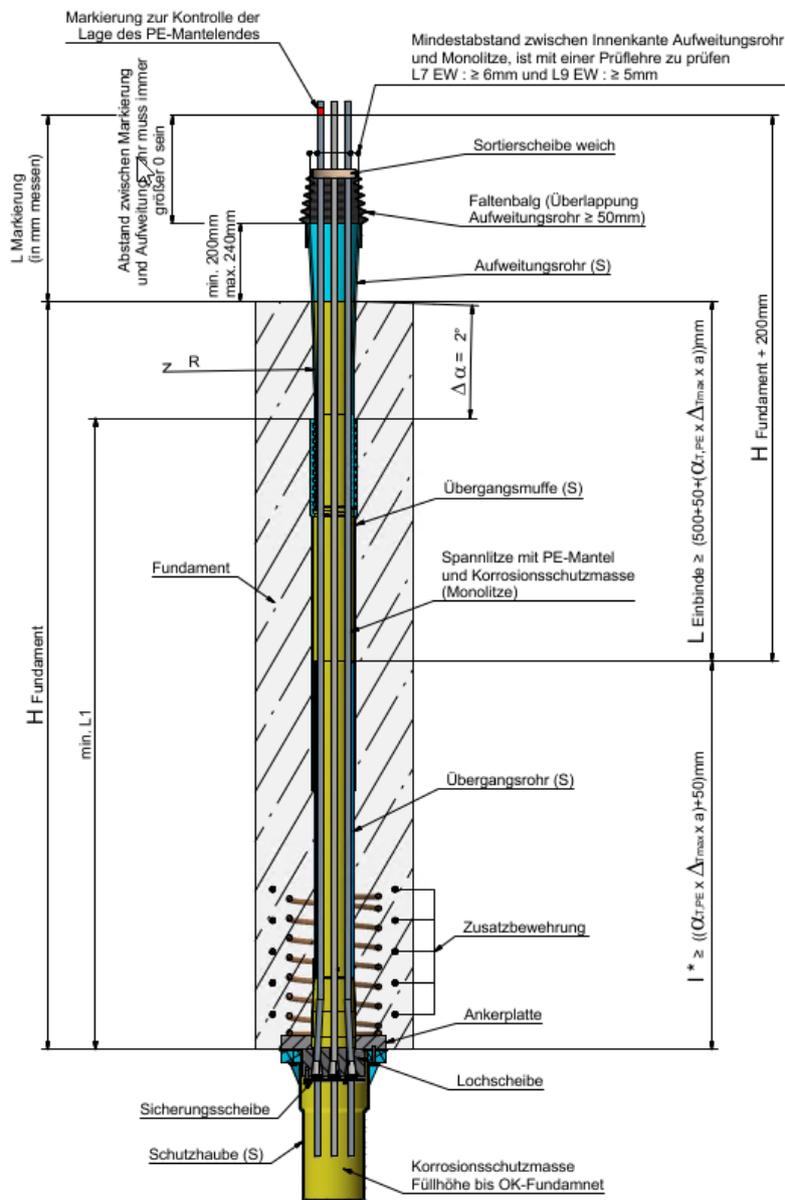
Mindesteinbindelänge PE-Mäntel in die Korrosionsschutzmasse: 500 mm
 l^* = entmantelter Bereich von Hinterkante Lochscheibe
 a = Abstand zwischen Hinterkante Lochscheibe und nächster Umlenkstelle in mm
 $\alpha_{T,PE}$ und ΔT_{max} und ΔT_{min} siehe Anlage 11

Kontrolle :

Bei Messung $L_{Markierung}$ ergibt sich:

l^* tatsächlich = $L_{Markierung} - 200\text{mm} \geq l^*$

$L_{Einbinde,tatsächlich} = H_{Fundament} + 200\text{mm} - L_{Markierung} \geq L_{Einbinde}$



Spannanker (S): Aufweitungsradius $R^*)$ und gerade Strecke min. $L1^{**})$ und $L1^{***})$ [mm]	
Festlegung min. $L1$: gerade Verbindungslinie zwischen Hinterkante der Lochscheibe und dem Beginn der trompetenförmigen Aufweitung des Aufweitungsrohres mit Innendurchmesser d_i .	
L7 EW	L9 EW
$d_i = 80$	$d_i = 90$
$R \geq 6.000$	$R \geq 6.800$
min. $L1 \geq 680$ (1.270)	min. $L1 \geq 1.030$ (1.660)

*) , **) und ***) siehe Anmerkungen Anlage 12

BBV Externes Lizenzspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Spannanker (S) mit Ankerplatte
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 14

Spannanker (S) mit Mehrflächenanker nach dem Spannen BBV L12 EW – BBV L22 EW

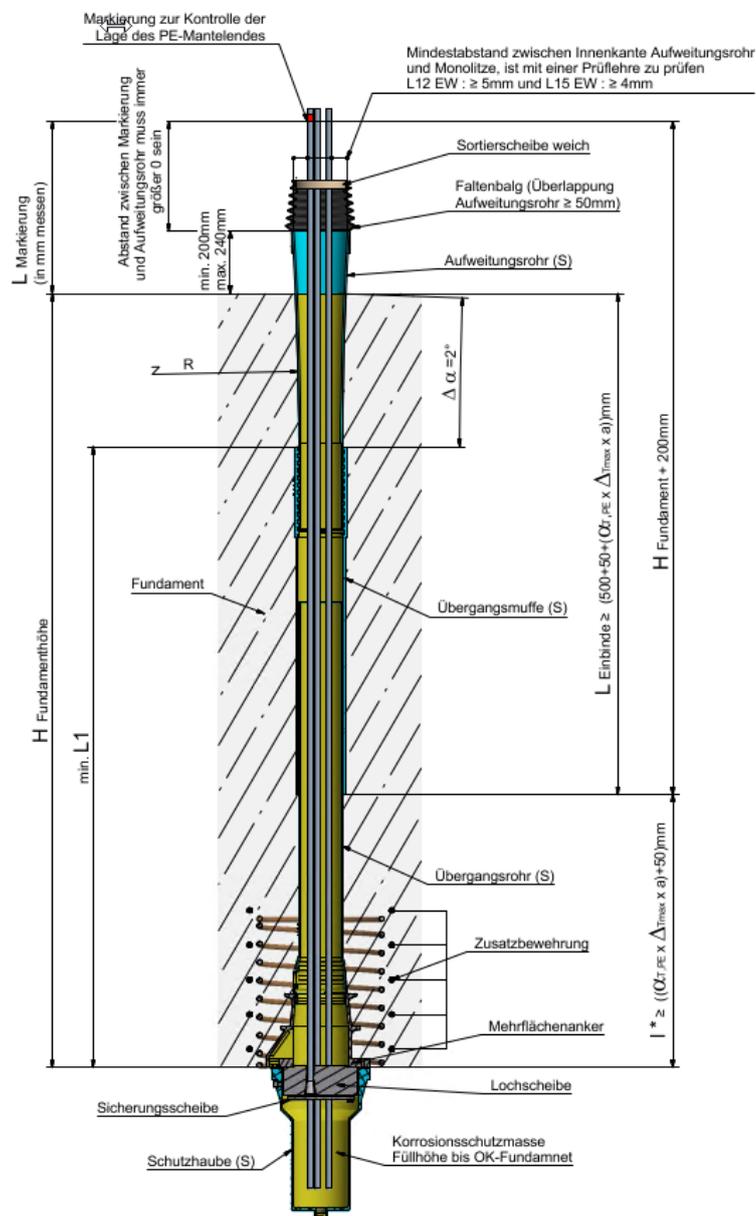
Mindesteinbindelänge PE-Mäntel in die Korrosionsschutzmasse: 500 mm
 l^* = entmantelter Bereich von Hinterkante Lochscheibe
 a = Abstand zwischen Hinterkante Lochscheibe und nächster Umlenkstelle in mm
 $\alpha_{T,PE}$ und ΔT_{max} und ΔT_{min} siehe Anlage 11

Kontrolle:

Bei Messung $L_{Markierung}$ ergibt sich:

l^* tatsächlich = $L_{Markierung} - 200\text{mm} \geq l^*$

$L_{Einbinde,tatsächlich} = H_{Fundament} + 200\text{mm} - L_{Markierung} \geq L_{Einbinde}$



Spannanker (S): Aufweitungsradius $R^*)$ und gerade Strecke min. $L1^{**})$ und $L1^{***})$ [mm]			
Festlegung min. $L1$: gerade Verbindungslinie zwischen Hinterkante der Lochscheibe und dem Beginn der trompetenförmigen Aufweitung des Aufweitungsrohres mit Innendurchmesser d_i .			
L12 EW	L15 EW	L19 EW	L22 EW
$d_i = 100$	$d_i = 110$	$d_i = 131^4/115^4$	$d_i = 131^4$
$R \geq 8.200$	$R \geq 9.500$	$R \geq 10.100/12.200$	$R \geq 12.300$
min. $L1 \geq 1.450$ (1.850)	min. $L1 \geq 1.220$ (2.250)	min. $L1 \geq 1.550/1.120$ (2.460/2.260)	min. $L1 \geq 1.520$ (2.620)

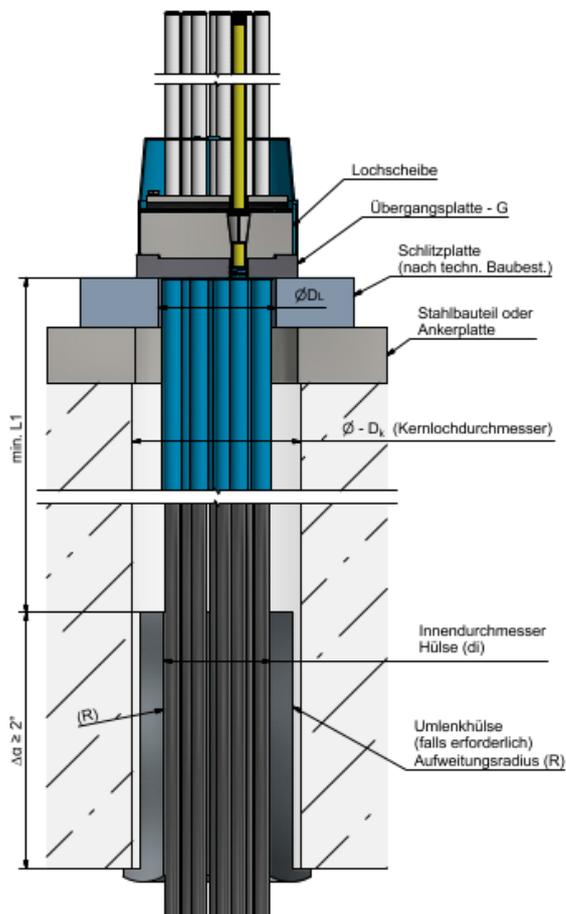
*) , **) und ***) siehe Anmerkungen Anlage 12

BBV Externes Lizenzspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Spannanker (S) mit Mehrflächenanker
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 15

Spannanker (S_{SP}): BBV L7 EW – L22 EW



Kernloch-Durchmesser D_k siehe Anlage 6

Spannanker (S _{SP}): Aufweitungsradius R [*] und gerade Strecke min. L1 ^{**} und ^{***})						
Spanngliedbezeichnung	L 7 EW	L 9 EW	L 12 EW	L 15 EW	L 19 EW	L 22 EW
Hülsen-Innendurchmesser di [mm]	80	90	100	110	120	125
Aufweitungsradius R [mm]	≥ 6.000	≥ 6.800	≥ 8.200	≥ 9.500	≥ 11.500	≥ 13.200
min. L1 [mm]	≥ 680 (1.270)	≥ 1.030 (1.660)	≥ 1.450 (1.850)	≥ 1.220 (2.250)	≥ 1.360 (2.360)	≥ 1.370 (2.470)
Alternativ:						
Hülsen-Innendurchmesser di [mm]					115	120
Aufweitungsradius R [mm]	---	---	---	---	≥ 12.200	≥ 13.900
min. L1 [mm]					≥ 1.120 (2.260)	≥ 1.260 (2.390)

*) , **) und **) siehe Anmerkungen Anlage 12

BBV Externes Lizenzspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Spannanker (F_{SP})
BBV L7 EW – BBV L22 EW

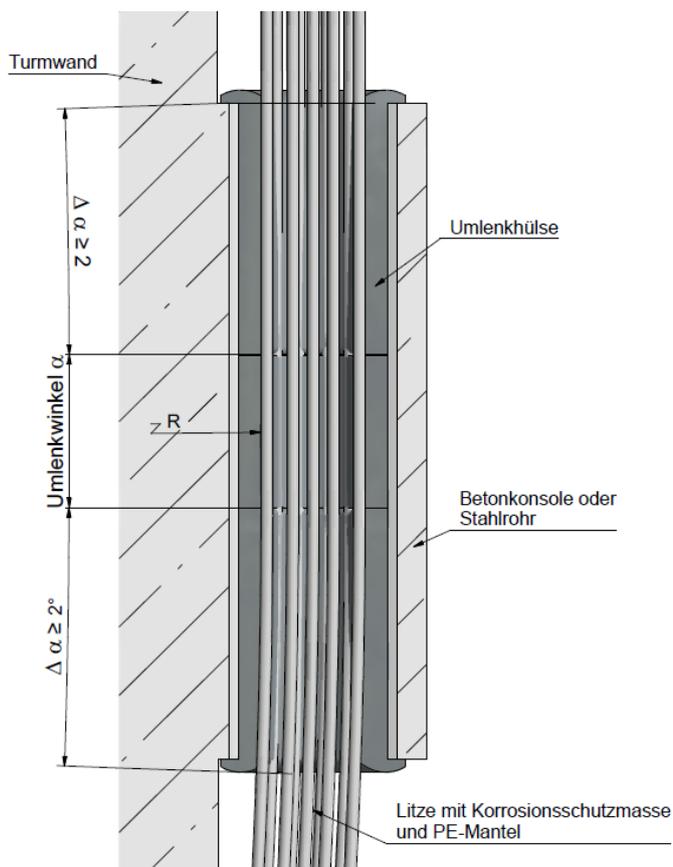
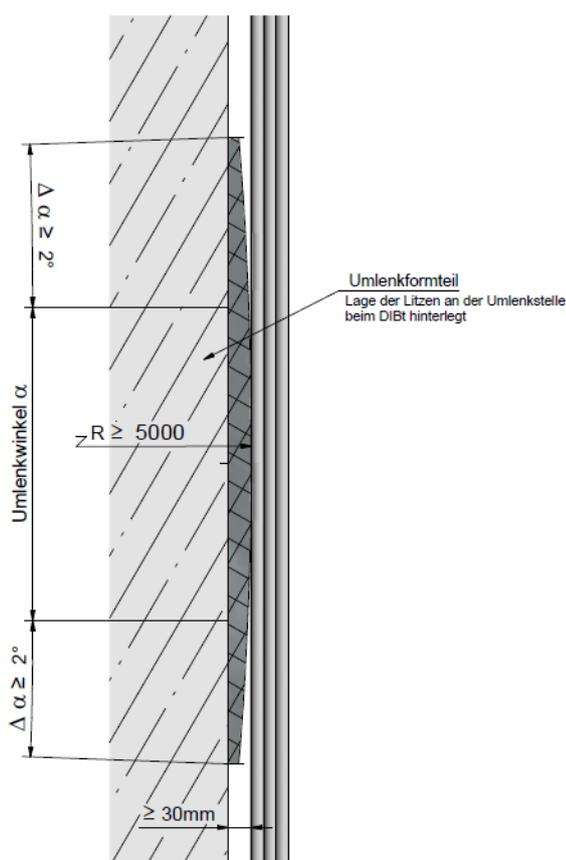
Anlage 16

Umlenkstellen mittels Umlenkstrukturen mit großen Umlenkwinkeln $\alpha > 1^\circ$

- Ziehweg der Litzen über den Umlenksattel ≤ 830 mm
- Abstand der ersten Umlenkstelle nach dem Festanker (Abstand zwischen der Übergangsplatte und der Umlenkstelle (Mittellinie) ≤ 6000 mm
- Der Mindestabstand zwischen der Turmwand und dem Spannglied beträgt 30 mm.
- Die Dicke der PE-Mäntel der Monolitzen beträgt min. 2,4 mm

Typ U_P: BBV L7 EW – BBV L22 EW

Typ U_H: BBV L7 EW – BBV L22 EW



Umlenkradius R [mm] für Umlenkformteil	Umlenkradien R [mm] für Umlenk-hülsen					
	L 7 EW bis L 15 EW	L 7 EW	L 9 EW	L 12 EW	L 15 EW	L 19 EW
≥ 5000	di = 80	di = 90	di = 100	di = 110	di = 120/115	di = 125/120
<i>Radius gilt bei maximal dreilagiger Litzenanordnungen</i>	≥ 6000	≥ 6800	≥ 8200	≥ 9500	$\geq 11.500/12.200$	$\geq 13.200/13.900$

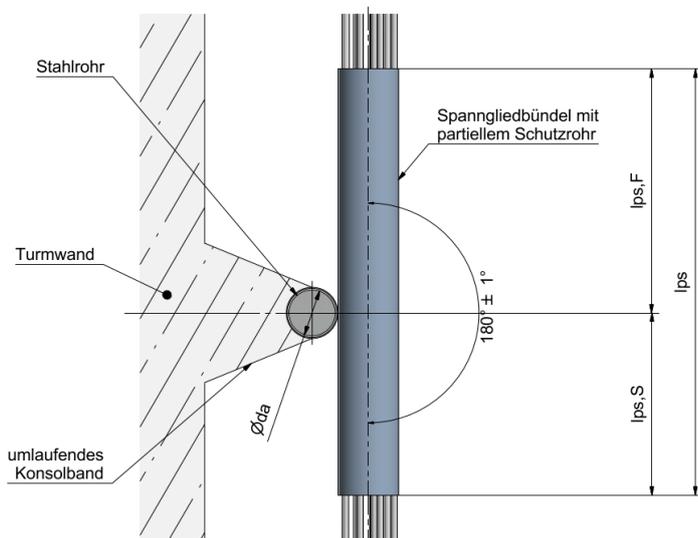
BBV Externes Litzen-spannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Umlenkung mittels Umlenkstruktur Typ U_P und U_H mit großen Umlenkwinkel $\alpha > 1^\circ$
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 17

1- Umlenkstellen mit punktueller Umlenkung z.B. über Stahlrohre an umlaufenden Konsolenbänder mit kleinen Umlenkwinkeln $\alpha \leq 1,0^\circ$.

Spannglieder L15 EW bis L22 EW im partiellen Schutzrohr punktuell anliegend.



Die Mindestlänge des partiellen Schutzrohrs ergibt sich nach Gleichung 1 (siehe Abs. 3.1.4.2). Schutzrohr als PE-Rohr ist beim DIBt hinterlegt

In Abhängigkeit des Durchmessers d_a vom Anliegepunkt, den Abmessungen des partiellen Schutzrohrs $DN \times t$, dem zulässigen Maß der inneren Gleitung l_{ig} und den Wanddicken t_0 der PE- Mäntel der Monolitzen ergeben sich die erforderlichen Umlenkwinkel α (α -Werte).

Die Werte der größten genehmigten kleinen Umlenkwinkel α für Wanddicken der PE- Mäntel der Monolitzen sind für diesen Anwendungsfall beim DIBt als Dokument A hinterlegt und beim Zulassungsinhaber zu erfragen.

2- Umlenkstellen ohne Umlenkkonstruktionen mit kleinem Umlenkwinkel $\alpha \leq 1,0^\circ$.

Spannglieder L7 EW bis L22 EW im Schutzrohr kontinuierlich an der Turmwand anliegend

PE-Schutzrohre [mm] für Umlenkwinkel $\alpha \leq 1^\circ$ und zulässige Krümmungsradien R					
L 7 EW	L 9 EW	L 12 EW	L 15 EW	L 19 EW	L 22 EW
DN 90	DN 110	DN 110	DN 125	DN 145	DN 145
di = 75	di = 91	di = 91	di = 106	di = 123	di = 123
R \geq 6.400	R \geq 6.800	R \geq 9.300	R \geq 10.000	R \geq 11.100	R \geq 13.500

Schutzrohr als PE- Ripprohr beim DIBt hinterlegt

In Abhängigkeit von der Spanngliedergröße, dem zulässigen Maß der inneren Gleitung l_{ig} und der gewählten Wanddicke t_0 der PE- Mäntel der Monolitzen ergeben sich die maximal zulässigen Umlenkwinkel α .

Die Werte der größten genehmigten kleinen Umlenkwinkel α für Wanddicken der PE- Mäntel der Monolitzen sind für diesen Anwendungsfall beim DIBt als Dokument A hinterlegt und beim Zulassungsinhaber zu erfragen.

BBV Externes Litzenverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Umlenkung mit / ohne Umlenkkonstruktion mit kleinen Umlenkwinkeln $\alpha \leq 1,0^\circ$
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 18

Verwendete Werkstoffe und Hinweise auf Normen

Bezeichnung	Werkstoff	Nummer	Norm
Verankerung			
Ankerplatte	beim DIBt hinterlegt		DIN EN 10025-2:2005-04
Mehrflächenanker	beim DIBt hinterlegt		
Keil Typ 30	beim DIBt hinterlegt		
Lochscheibe BBV Typ 2	beim DIBt hinterlegt		DIN EN 10083-2:2006-10
Übergangsplatte-K/-G	beim DIBt hinterlegt		DIN EN 10083-2:2006-10
Wendel	B 500 B	1.0439	DIN 488-1:2009-08
Zusatzbewehrung	B 500 B	1.0439	DIN 488-1:2009-08
Sicherungsscheibe	S235JR	1.0038	
Schutzhaube	PE, beim DIBt hinterlegt		
flexible Abdeckkappe	beim DIBt hinterlegt		
Halterung für PE-Mantel	beim DIBt hinterlegt		
Umlenkformteil			
Umlenkplatte	PUR, beim DIBt hinterlegt		
Umlenkchülse	PE, beim DIBt hinterlegt		
Aussparungsrohr			
Aussparungsrohr (F)	PE, beim DIBt hinterlegt		
Übergangsrohr (S)	PE, beim DIBt hinterlegt		
Übergangsmuffe (S)	PE, beim DIBt hinterlegt		
Aufweitungsrohr (S)	PE, beim DIBt hinterlegt		
Korrosionsschutz für Spann- und Festanker			
Nontribos MP-2 *)	Korrosionsschutzmasse beim DIBt hinterlegt		
Vaseline FC 284 *)	Korrosionsschutzmasse beim DIBt hinterlegt		
Unigel 128F-1*)	Korrosionsschutzmasse beim DIBt hinterlegt		
Korrosionsschutzbinde	beim DIBt hinterlegt		
Fugendichtstoff			
Fugendichtstoff	beim DIBt hinterlegt		

S = Spannanker / F = Festanker

*) gemäß der vom Hersteller beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Rezeptur.

Weitere Angaben (z.B. Mindestfestigkeit) zu den Zubehöerteilen in hinterlegten technischen Lieferbedingungen.

$\alpha_{T,PE} = 2 \cdot 10^{-4} [1/K]$ (darf auf der sicheren Seite liegend verwendet werden, sofern keine genaueren Werte für den zur Anwendung kommenden Monolitzenmantel verfügbar sind.)

$\Delta T_{max} = (50^\circ C - \text{Herstelltemperatur})$ und

$\Delta T_{min} = (\text{Herstelltemperatur} - (-20^\circ C)) = (\text{Herstelltemperatur} + 20^\circ C)$

BBV Externes Litzenspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Verwendete Werkstoffe
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 19

Beschreibung des Spannverfahrens

Anwendungsbereich

Das BBV externe Litzenspannverfahren Typ EW ist für die externe Vorspannung von Onshore- Betontürmen für Windenergieanlagen (WEA) zugelassen. Der vorgespannte Turm besteht je nach Anlagentyp und Bauhöhe aus einer unterschiedlichen Anzahl von Betonfertigteilstegmenen. Die Entwurfslebensdauer der WEA darf nicht mehr als 25 Jahre betragen, die Dauerhaftigkeit des Spannverfahrens ist dieser Entwurfslebensdauer angepasst. Die Spannglieder werden im Inneren der Spannbetontürme geführt. Im Turminnern sind Temperaturen von -10°C bis 40°C zulässig.

Spannglieder

Für die Spannglieder werden 7-drähtige Spannstahllitzen St 1660/1860 mit einem Nenndurchmesser von 15,7 mm und einem Nennquerschnitt von 150 mm² verwendet. Das Korrosionsschutzsystem besteht aus dem Korrosionsschutzmittel Nontribos MP-2 und einem aufextrudiertem PE-Mantel (Monolitze). Es dürfen nur Monolitzen verwendet werden, die allgemein bauaufsichtlich zugelassen sind. Die minimale Dicke des PE-Mantels variiert je nach Anwendungsfall 1,5 mm, 2 mm und 2,4 mm. Die Monolitzen werden in Spanngliedbündeln zusammengefasst und als Fertigspannglieder ggfs. mit Verankerungen auf die Baustelle geliefert.

Die Montage der Verankerung (Fest- oder Spannanker) einschließlich Konfektionierung der Spannglieder erfolgt im Werk. Auf die Baustelle werden die vorgefertigten Spannglieder aufgetrommelt oder körperlos transportiert. Die Vorfertigung der Fertigspannglieder, Einbau und Montage der Spannglieder auf der Baustelle sowie die abschließenden Arbeiten nach dem Vorspannen müssen der, beim DIBt hinterlegten, Arbeitsanweisung entsprechen. In der nachfolgenden Beschreibung wird dies nur grob wiedergegeben.

Verankerungen

Die Verankerungen sind zweiteilig und bestehen prinzipiell aus Ankerplatte/Ankerkörper (Mehrfächenanker) und Lochscheibe. Die Lochscheibe besitzt konische Bohrungen, in denen die Litzen mit dreiteiligen Rundkeilen verankert werden und hat einen Absatz, der sich in das Loch der Ankerplatte/ des Mehrflächenanker/ oder der Übergangsplatte zur Zentrierung einfügt. Es dürfen nur Keile mit einem Aufdruck „0,62“ verwendet werden. Der Sitz der Keile in den Konen wird mit einer Stahlsicherungsscheibe sichergestellt. Beim Spannanker darf auf den Einbau einer Stahlsicherungsscheibe verzichtet werden.

Zur Ausführung kommen folgende Verankerungsvarianten:

- Festanker (F), (F_{SP}) und (F_{ek})
- Spannanker (S) und (S_{SP})

Umlenkstellen

Die Spannglieder werden im Innern des Turmes an der Turmwand entsprechend der Turmgeometrie umgelenkt. Spann- und Festanker können am Turmkopf oder im Turmfundament ausgeführt werden. Dabei kann zwischen folgenden Ausführungsvarianten unterschieden werden:

- Umlenkstellen mittels Umlenkformteil (U_P) oder Umlenkgehülsen (U_H) mit Umlenkwinkel $\alpha > 1,0^\circ$ für Spannstahllitzen mit einem 2,4 mm starken PE-Mantel:

Die Umlenkstellen bestehen aus Umlenkformteilen und/oder Umlenkgehülsen, die auf der Innenseite der Türme befestigt werden. Durch die Anordnung der Umlenkstellen ist ein Mindestabstand von 30 mm zur Turmwand sicher zu stellen. Der maximale, zulässige Abstand zwischen dem Festanker und der nächsten Umlenkstelle mittels Umlenkformteilen beträgt 6 m.

Zusätzlich zum planmäßigen Umlenkwinkel $\alpha > 1,0^\circ$ wird das Umlenkformteil/-hülse zu beiden Seiten der Umlenkstelle um $\Delta\alpha \geq 2^\circ$ verlängert, so dass knickfreie Abweichungen der Spanngliedachsen von der planmäßigen Lage bis zu $\Delta\alpha$ möglich sind.

- Umlenkstellen mit punktueller Umlenkung z.B. über Stahlrohre an ringförmig umlaufenden Konsolbändern mit Umlenkwickeln $\alpha \leq 1,0^\circ$ für Spannstahllitzen mit einem 1,5 mm, 2 mm oder 2,4 mm starken PE-Mantel:

BBV Externes Litzenspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Beschreibung des Verfahrens
 BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 20
 Seite 1 von 4

Spannglieder L15, L19 und L22 dürfen an Umlenkstellen über Stahlrohre mit einem Außendurchmesser $100 \text{ mm} \leq d_a \leq 200 \text{ mm}$ an ringförmigen umlaufenden Konsolbändern mit Umlenkwinkel $\alpha \leq 1,0^\circ$ punktuell umgelenkt werden. Die Wandstärke der Stahlrohre ist so festzulegen und zu bemessen, dass im Bereich der Spanngliedumlenkungen keine plastischen Verformungen auftreten.

Die Monolitzen des Spannglieds verlaufen im Bereich der Umlenkung in einem partiellen Schutzrohr. Dieses partielle Schutzrohr dient dem zusätzlichen mechanischen Schutz des Spannglieds. Die Mindestlänge des partiellen Schutzrohrs l_{ps} entspricht dem zweifachen Nenndurchmesser DN (Außendurchmesser des Schutzrohrs) zuzüglich dem Dehnweg des Spannglieds Δl_{pU} an der Umlenkstelle, sofern äußere Gleitung nicht ausgeschlossen werden kann.

- Umlenkstellen ohne Umlenkkonstruktionen mit Umlenkwinkel $\alpha \leq 1,0^\circ$ für Spannstrahlitzen mit einem 2 mm oder 2,4 mm starken PE-Mantel:
 Spannglieder dürfen durch Anliegen an der Wand ohne besondere Umlenkkonstruktionen punktuell mit einem Umlenkwinkel $\alpha \leq 1,0^\circ$ an der Betonwand anliegend umgelenkt werden. In diesem Fall verlaufen die Monolitzen im Bereich des Anliegens an der Betonwand in einem Schutzrohr. Dieses Schutzrohr dient dem zusätzlichen mechanischen Schutz des Spanngliedes.

Einbau der Spannglieder

Nach Abschluss der Segmentmontage werden die aufgetrommelten Fertigspannglieder von oben als vorgefertigtes Spanngliedbündel in den Turm abgelassen bzw. können auch von unten eingezogen werden. Beim Einbau der Verankerungen müssen Ankerplatte/Mehrflächenanker oder Stahlbauteil und Lochscheibe senkrecht zur Aussparungsverrohrung liegen.

Am Ausgang aus dem Segment am Turmkopf und dem Turmfundament sind im Abstand von min L1 trompetenartige Aufweitungen von $\Delta\alpha \geq 2^\circ$ vorzusehen, die knickfreie Abweichungen der Spanngliedachse von der planmäßigen Lage ermöglichen. Der Mindestradius der trompetenartigen Aufweitung variiert in Abhängigkeit von der Spanngliedgröße. Der zulässige Ablenkwinkel der jeweiligen Verankerung ist der abZ zu entnehmen. Ggf. ergeben sich Mindesthöhen für das Betonsegment am Turmkopf und für das Fundament aus der Forderung der geraden Spanngliedführung im Bereich min L1 hinter den Verankerungen.

Das Spannglied ist im Bereich von min. L1 nach der Verankerung gerade zu führen. Auf die Umlenkreserve $\Delta\alpha$ am Ende der Aussparungsrohre darf an den Verankerungen verzichtet werden, wenn durch entsprechende Maßnahmen Abweichungen der Spanngliedachse von der planmäßigen Lage ausgeschlossen werden können, das Spannglied nicht anliegt und frei abhebt.

In diesem Fall werden die Spannglieder am Austritt aus den Aussparungsrohren nicht umgelenkt. Die Einhaltung dieser Bedingungen ist zu prüfen.

Anhand werkmäßig aufgebrachter Markierungen auf den PE- Litzenmänteln direkt unterhalb der Übergangsplatte K wird geprüft, ob die PE- Litzenmäntel fixiert sind und sich durch den Transport nicht verschoben haben. Der Einbau ist mit besonderer Sorgfalt vorzunehmen. Eine Beschädigung der Monolitzen ist auszuschließen.

Nach Abschluss der Segmentmontage werden die aufgetrommelten Fertigspannglieder von oben als vorgefertigtes Spanngliedbündel in den Turm abgelassen oder können von unten eingezogen werden.

Ausführungsvarianten:

Bei Umlenkstellen mit Umlenkwinkeln $\alpha > 1,0^\circ$, ist unplanmäßiges Anliegen des Spannglieds zu vermeiden und freies Abheben an Austrittspunkten zu gewährleisten. Das freie Abheben sollte bereits nach dem Straffen, spätestens jedoch nach dem Vorspannen, kontrolliert werden. Es ist ein Mindestabstand von 30 mm zur Turmwand einzuhalten. Der maximale, zulässige Abstand zwischen dem Festanker und der nächsten Umlenkstelle mittels Umlenkformteilen beträgt 6 m.

Bei Umlenkstellen mittels Umlenkkonstruktionen (U_P) $\alpha > 1,0^\circ$, werden die Spannstrahlitzen in 2 oder 3 Lagen über jede Umlenkplatte geführt. Ein Überkreuzen der Litzen ist auszuschließen. Zum ordnungsgemäßen Einbau dienen im Werk aufgebrachte Markierungen oder gleichwertige Maßnahmen.

Bei Umlenkstellen mittels Umlenkkonstruktionen (U_H) $\alpha > 1,0^\circ$, werden die Spannstrahlitzen als Bündel durch jede Umlenkchülse geführt.

BBV Externes Litzenspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Beschreibung des Verfahrens
 BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 20
 Seite 2 von 4

Bei Umlenkstellen mit kleinen Umlenkwinkeln $\alpha \leq 1,0^\circ$ werden die Spannstahllitzen im umschließenden Schutzrohr punktuell an ringförmig umlaufenden Konsolenbänder oder kontinuierlich an der Betonwand anliegend umgelenkt. Dieses Anliegen stellt kein unplanmäßiges Anliegen am Bauwerk dar, somit können Abhebekontrollen an Austrittspunkten entfallen.

Vorspannen

Zum Vorspannen der Spannglieder wird ein hydraulisches Pumpenaggregat und eine Spannpresse verwendet. Alle Litzen eines Spanngliedes werden gleichzeitig gefasst und angespannt. Ein litzenweises Vorspannen ist bei planmäßig nicht umgelenkten Spanngliedern sowie Spanngliedern mit kleinen Umlenkwinkeln $\alpha \leq 1,0^\circ$ zulässig. Stufenweises Vorspannen mit Umsetzen der Presse ist möglich. Die sich beim vorausgegangenen Anspannen ergebenden Klemmstellen müssen nach dem Spannen und dem Verankern um mindestens 15 mm in den Keilen nach außen verschoben liegen. Vorspannwege < 15 mm sind unzulässig. Der maximal zulässige Dehnweg an Umlenkstellen mit besonderen Umlenkstrukturen beträgt 830 mm. Hierbei ist planmäßig 100 % innere Gleitung vorgesehen.

Angaben zum Schlupf: Werden die Keile der Spannanker beim Verankern nach dem Spannen mittels Verkeileinrichtung mit mindestens 0,1 Pmo(x) eingedrückt, beträgt der Schlupf 3 mm. Werden die Keile nicht eingedrückt, so beträgt der Schlupf 6 mm. Der Einzug (Schlupf) ist bei der statischen Berechnung zu berücksichtigen. Beim Festanker werden die Keile mit Sicherungsscheiben gesichert.

Spanngliedführung mit Umlenkstellen mittels Umlenkformteil (U_P) oder Umlenkgehäusen (U_H) mit Umlenkwinkel $\alpha > 1,0^\circ$ für Spannstahllitzen mit einem 2,4 mm starken PE-Mantel:

An vier Stück um jeweils 90° versetzten Spanngliedern ist jeweils an zwei Litzen in unterschiedlicher Lage zur Turmwand an Ober- und Unterkante jeder Umlenkstelle und oberhalb des Fundamentes die Verschiebung der Monolitzenmäntel (äußere Gleitung) zu messen und im Spannprogramm zu protokollieren. Zur Feststellung der Gleitwege sind die zwischen 10 % F_{pk} und 100 % der Vorspannkraft gemessenen Werte zu Grunde zu legen. Der Litzenziehweg ist am Spannanker (S) im Spannprogramm anzugeben. Tritt neben innerer Gleitung auch äußere Gleitung auf, so ist rechnerisch zu überprüfen, dass die Monolitzenmäntel um nicht mehr als 10‰ gedehnt oder 15‰ gestaucht werden.

Spanngliedführung mit Umlenkstellen mit punktueller Umlenkung z.B. über Stahlrohre an ringförmig umlaufenden Konsolbändern mit Umlenkwinkeln $\alpha \leq 1,0^\circ$ für Spannstahllitzen mit einem 1,5 mm, 2 mm oder 2,4 mm starken PE-Mantel:

Bei Umlenkstellen z. B. über ein Stahlrohr an ringförmig umlaufendem Konsolband mit Umlenkwinkeln $\alpha \leq 1^\circ$ beträgt der maximal zulässige Dehnweg 830 mm. Eine Messung und Protokollierung der Verschiebung der Monolitzenmäntel ist nicht erforderlich.

Spanngliedführung mit Umlenkstellen ohne Umlenkstrukturen mit Umlenkwinkel $\alpha \leq 1,0^\circ$ für Spannstahllitzen mit einem 2 mm oder 2,4 mm starken PE-Mantel:

Erfolgt die Umlenkung an der Turmwand anliegenden Spannglieder kontinuierlich oder punktuell mit $\alpha \leq 1,0^\circ$, so wird beim Spannvorgang eine innere Gleitung von 100 % vorausgesetzt. Auch hier beträgt der maximal zulässige Dehnweg 830 mm. Eine Messung und Protokollierung der Verschiebung der Monolitzenmäntel ist nicht erforderlich.

Kontrolle auf unplanmäßiges Anliegen

An den Enden der Umlenkstellen mittels Umlenkstrukturen und beim Austritt des Spanngliedes aus dem Bauwerk (Fest- und Spannankerbereiche) sind Umlenkreserven von $\Delta\alpha \geq 2^\circ$ vorgesehen. Beim Austritt aus dem Bauwerk und an den Umlenkstellen dürfen keine Knicke von Litzen auftreten und das Spannglied muss sich frei abheben. Ein unplanmäßiges Anliegen des Spannglieds am Bauwerk ist unzulässig.

Beim Spannanker (S) sollte das Aufweitungsrohr mindestens 200 mm und maximal 240 mm über die Oberkante des Fundamentes hinausragen. Zum Nachweis der fluchtenden Spanngliedachse ist nach dem Spannen der Spalt zwischen den äußeren Litzen und der Innenwand des Aufweitungsrohres am oberen Rand zu messen und

BBV Externes Litzenspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Beschreibung des Verfahrens
 BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 20
 Seite 3 von 4

zu kontrollieren. Die Kontrolle des freien Abhebens des Spanngliedes am Austritt aus dem Bauwerk und an Umlenkstellen erfolgt nach dem Vorspannen.

Auf diese Umlenkreserve $\Delta\alpha$ darf verzichtet werden, wenn durch *entsprechende Maßnahmen* sichergestellt werden kann, dass Abweichungen der Spanngliedachse von der planmäßigen Lage ausgeschlossen werden können.

Bei Umlenkstellen mit kleinen Umlenkwinkeln $\alpha \leq 1^\circ$ werden die Spannstahllitzen im umschließenden Schutzrohr punktförmig oder an der Betonwand anliegend umgelenkt. Dieses Anliegen stellt kein unplanmäßiges Anliegen am Bauwerk dar, somit können vorbeschriebene Abhebekontrollen an Austrittspunkten entfallen.

Weitere Maßnahmen nach dem Vorspannen

Festanker (F) und (F_{SP}): Sofern nicht vorher geschehen, wird an den Verankerungen am Festanker ggf. eine Schutzhaube aufgebracht, die als mechanischer Schutz dient.

Spannanker (S): Anhand der werkmäßig auf zwei Litzenenden jedes Spanngliedes angebrachten Markierungen ist zu überprüfen, welche Lage die PE-Mantelenden im Spannankerbereich haben. Die Einbindelänge muss der mindestens erforderlichen Einbindelänge entsprechen ($L_{\text{Einbinde tatsächlich}} \geq L_{\text{Einbinde}}$). Gleichzeitig muss genügend Abstand zwischen den PE-Mantelenden und der Unterkante Lochscheibe des Spannankers verbleiben, um ein Aufstauchen der PE-Mäntel sicher auszuschließen. Dies ist gegeben, wenn $l^*_{\text{tatsächlich}} \geq l^*$ ist.

An der Verankerung wird die Sicherungsscheibe aufgeschraubt und die Litzenüberstände auf ein erforderliches Maß abgetrennt. Anschließend wird eine Schutzhaube mit Dichtring auf die Ankerplatte bzw. den Mehrflächenanker geschraubt und der gesamte Verankerungsbereich wird von unten mittels fließfähiger Korrosionsschutzmasse vollständig bis Oberkante Fundament verfüllt.

Spannanker (S_{SP}): Die Schlitzplatte wird unter die Lochscheibe gelegt. Die Kontaktfläche zwischen Sicherungsscheibe und Lochscheibe wird mit Korrosionsschutzmasse bestrichen. Die Lochscheibe ist mit DENSO-Binde umgewickelt. Die gefetteten Litzenüberstände werden mittels Abdeckröhrchen (PE-Litzenmäntel) überdeckt. Jedes Abdeckröhrchen wird in die Sicherungsscheibe gesteckt und am freien Ende mit Stopfen verschlossen. Die Verankerung wird mit einer Schutzhaube abgedeckt.

Kontrolle der Vorspannkraft

Falls erforderlich kann eine Kontrolle der Vorspannkraft z.B. erfolgen, indem die Lochscheibe mit Hilfe einer Spannpresse um etwa 1-2 mm von der Ankerplatte/ Mehrflächenanker abgehoben wird. Die dazu notwendige Spannkraft gilt als die aktuelle Spannkraft. Die Spannpresse stützt sich über einen Spannstuhl auf die Ankerplatte/ den Mehrflächenanker ab. Die Keile werden dabei nicht gelöst.

Auswechseln von Spanngliedern

Der Ausbau von Spanngliedern und anschließende Einbau neuer Spannglieder ist möglich. Die Spannglieder werden mit ausreichendem Litzenüberstand am Spannanker eingebaut, so dass ein Ablassen der Spannkraft möglich ist. Die Bedingungen, unter denen Spannglieder ausgetauscht werden dürfen, sowie die bauseitigen Vorkehrungen, die schon bei der Bauwerksplanung vorgesehen werden müssen, sind im Einzelfall festzulegen. Für jeden Anwendungsfall sind die beim Ausbau der Spannglieder zu beachtenden Arbeitsanweisungen und Arbeitsschutzmaßnahmen vom Ausführenden festzulegen und mit dem Bauherrn abzustimmen.

Alle beweglichen Ankerkomponenten werden ausgebaut. Ankerplatte/Mehrflächenanker, Aussparungsrohre und sonstige bauwerksverbundene Einbauteile verbleiben im Bauwerk. Das neue Spannglied kann dann in gleicher Weise wie das ursprüngliche Spannglied eingebaut werden. Vor dem Einziehen des neuen Fertigspanngliedes sind die Verankerungsbereiche und Umlenkstellen auf Schäden zu untersuchen und erforderlichenfalls zu reparieren.

BBV Externes Litzenspannverfahren Typ EW für Türme von Windenergieanlagen

Beschreibung des Verfahrens
BBV L7 EW – BBV L22 EW

Anlage 20
Seite 4 von 4