

## Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

### Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten

#### Bautechnisches Prüfamnt

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

Mitglied der EOTA, der UEAtc und der WFTAO

Datum:

23.02.2017

Geschäftszeichen:

I 16-1.13.3-2/16

### Zulassungsnummer:

**Z-13.3-140**

### Antragsteller:

**ENERCON GmbH**

Dreekamp 5

26605 Aurich

### Geltungsdauer

vom: **20. Februar 2017**

bis: **19. Dezember 2018**

### Zulassungsgegenstand:

**ENERCON Externes Litzenspannverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen**

Der oben genannte Zulassungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich zugelassen.  
Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung umfasst 19 Seiten und zwölf Anlagen.

DIBt

## I ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Mit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist die Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Zulassungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnungen nachgewiesen.
- 2 Sofern in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Anforderungen an die besondere Sachkunde und Erfahrung der mit der Herstellung von Bauprodukten und Bauarten betrauten Personen nach den § 17 Abs. 5 Musterbauordnung entsprechenden Länderregelungen gestellt werden, ist zu beachten, dass diese Sachkunde und Erfahrung auch durch gleichwertige Nachweise anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union belegt werden kann. Dies gilt ggf. auch für im Rahmen des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) oder anderer bilateraler Abkommen vorgelegte gleichwertige Nachweise.
- 3 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.
- 4 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung wird unbeschadet der Rechte Dritter, insbesondere privater Schutzrechte, erteilt.
- 5 Hersteller und Vertreiber des Zulassungsgegenstandes haben, unbeschadet weiter gehender Regelungen in den "Besonderen Bestimmungen", dem Verwender bzw. Anwender des Zulassungsgegenstandes Kopien der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zur Verfügung zu stellen und darauf hinzuweisen, dass die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung an der Verwendungsstelle vorliegen muss. Auf Anforderung sind den beteiligten Behörden Kopien der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zur Verfügung zu stellen.
- 6 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung darf nur vollständig vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung des Deutschen Instituts für Bautechnik. Texte und Zeichnungen von Werbeschriften dürfen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung nicht widersprechen. Übersetzungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung müssen den Hinweis "Vom Deutschen Institut für Bautechnik nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung" enthalten.
- 7 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung wird widerruflich erteilt. Die Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung können nachträglich ergänzt und geändert werden, insbesondere, wenn neue technische Erkenntnisse dies erfordern.

## II BESONDERE BESTIMMUNGEN

### 1 Zulassungsgegenstand und Anwendungsbereich

Zulassungsgegenstand sind Spannglieder für externe Vorspannung aus 7 bis 15 Spannstahllitzen St 1660/1860, Nenndurchmesser 15,7 mm (0,62" bzw. 150 mm<sup>2</sup>), deren Verankerungen, deren Umlenkungen mit Umlenkformteilen und deren Korrosionsschutz.

Folgende Verankerungen (Endverankerungen für das Turmfundament, siehe Anlage 1) in Normalbeton sind zugelassen:

- 1 Spannanker Typ S mit Ankerplatte und Lochscheibe für Spannglieder mit 7 und 9 Spannstahllitzen,
- 2 Spannanker Typ S mit Mehrflächengussanker und Lochscheibe für Spannglieder mit 12 und 15 Spannstahllitzen.

Folgende Verankerungen (Endverankerungen für den Turmkopf, siehe Anlage 1) zur Auflagerung auf einen Stahlring sind zugelassen:

- 3 Festanker Typ F mit Übergangsplatte und Lochscheibe für Spannglieder mit 7, 9, 12 und 15 Spannstahllitzen.

Die Verankerung der Spannstahllitzen in den Lochscheiben erfolgt durch Keile.

#### 1.2 Anwendungsbereich

Die Spannglieder dürfen zur externen Vorspannung ohne Verbund von Onshore-Spannbetontürmen aus Normalbeton für Windenergieanlagen (WEA) nach der Richtlinie für Windenergieanlagen<sup>1</sup> 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 Turminnern sind Temperaturen von -10°C bis +40°C zulässig. Die Spannglieder sind nicht nachspannbar.

### 2 Bestimmungen für das Bauprodukt

#### 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:

<sup>1</sup> Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Fassung Oktober 2012, Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik, Reihe B, Heft 8 in Verbindung mit den zugehörigen Anlagen der Musterliste der Technischen Baubestimmungen.

## Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Nr. Z-13.3-140

Seite 4 von 19 | 23. Februar 2017

### Spannstahllitze Ø 15,7 mm:

Litze:	Nenn Durchmesser $d_P \approx 3 d_A =$	15,7 mm bzw. 0,62"
	Nennquerschnitt	150 mm <sup>2</sup>
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 2,4 mm starken PE-Mantel und der Korrosionsschutzmasse Nontribos MP-2 dürfen verwendet werden:

Zulassungsnummer:	Name:
Z-12.3-84	NEDRIMONO
Z-12.3-91	ACOR 2
Z-12.3-113	GOLIAT

### **2.1.3 Keile**

Für die Keilverankerungen sind die Keile Typ 30 ohne Rändel (siehe Anlage 3) zugelassen. 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**

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

### **2.1.6 Ankerplatten**

Für 7 und 9 Spannstahllitzen kommen runde Ankerplatten zur Anwendung.

### **2.1.7 Mehrflächengussanker**

Für 12 und 15 Spannstahllitzen kommen Mehrflächenanker aus Guss zur Anwendung.

### **2.1.8 Wendel und Bügelbewehrung**

Die in den Anlagen angegebenen Abmessungen und Stahlsorten der Wendel und der Bügelbewehrung im Verankerungsbereich der Spannanker (S) sind einzuhalten. Die zentrische Lage ist entsprechend Abschnitt 4.2.4 zu sichern.

### **2.1.9 Korrosionsschutz im Bereich der Verankerungen und der freien Spanngliedlänge**

Die Spannglieder einschließlich deren Verankerungen werden im Innern 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 Spannstahllitzen mit einem 2,4 mm starken PE-Mantel und der Korrosionsschutzmasse Nontribos MP-2 verwendet.

Als Korrosionsschutzmassen im Verankerungsbereich werden Vaseline FC 284, UNIGEL 128F-1 oder Nontribos MP-2 verwendet (siehe Anlage 11). 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 12 und mit den in den Anlagen 4, 6 und 7 dargestellten Maßnahmen zu schützen.

Die Herstellung der Spannglieder mit den Festankern (F) erfolgt im Werk. Die PE-Mäntel werden durch Halterungen in der Übergangsplatte befestigt. Alle Hohlräume werden vollständig mit Korrosionsschutzmasse verfüllt. Die Festanker (F) werden mit Korrosionsschutzbinde seitlich und oben, flexibler Abdeckkappe und Sicherungsscheibe auf die Baustelle geliefert.

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 50 cm. Zum Schutz der Korrosionsschutzmasse vor äußeren Einflüssen wie z.B. Staub wird am oberen Ende des Aufweitungsrohrs eine Abdeckung mittels Faltenbalg aufgebracht.

#### 2.1.10 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 der Festanker (F) erhalten galvanische Zinküberzüge Fe/Zn8/C, Fe/Zn8/D; Fe/Zn12/A, Fe/Zn12/F nach DIN EN ISO 2081.

#### 2.1.11 Aussparungen an den Verankerungen

Die Verankerungen sind schematisch auf den Anlagen 4, 6 und 7 dargestellt. Am Ausgang aus dem Turmkopf (Festanker (F)) und dem Turmfundament (Spannanker (S)) 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) kragt das Aufweitungsrohr mindestens 20 cm und maximal 24 cm über das Fundament hinaus.

Der zulässige Ablenkungswinkel der Spannstahlilitzen beim Festanker (F) am Ende der Übergangsplatte beträgt maximal  $1,5^\circ$ . Der zulässige Ablenkungswinkel der Spannstahlilitzen beim Spannanker (S) am Ende der Keile beträgt maximal  $2,2^\circ$ . Die gerade Strecke min L1 in den Verankerungen ist für alle Spanngliedgrößen so berechnet, dass beim Anliegen der Monolitzen im Bereich der trompetenförmigen Aufweitung in der engst möglichen Lage diese Winkel nicht überschritten werden. 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.

#### 2.1.12 Umlenkstellen und Spanngliedführung

Die Spannglieder werden durch Umlenkstellen entsprechend der Turmgeometrie umgelenkt. Im Umlenkbereich darf für alle Spannglieder der minimale Umlenkradius von  $R = 5,0$  m nicht unterschritten werden.

Die Ausbildung der Umlenkstellen ist auf Anlage 10 dargestellt. Die Umlenkstellen bestehen aus Umlenkformteilen, die auf der Innenseite der Türme befestigt werden. Zusätzlich zum planmäßigen Umlenkwinkel  $\alpha$  wird das Umlenkformteil 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 Spannstahllitzen werden in Lagen über das Umlenkformteil geführt. Die Ausrichtung der Verankerungen in Bezug auf die Turmgeometrie und die Sortierung der Litzen in den Verankerungen ist beim DIBt für alle Spanngliedgrößen hinterlegt.

#### **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 12) 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 Festanker (F) 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 Übereinstimmungsnachweis 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 Übereinstimmungsnachweis**

#### **2.3.1 Allgemeines**

Die Bestätigung der Übereinstimmung des Bauprodukts (Zubehörteile und Fertigspannglieder) mit den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung und den Technischen Lieferbedingungen muss für jedes Herstellwerk mit einem Übereinstimmungszertifikat auf der Grundlage einer werkseigenen Produktionskontrolle und 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 Erklärung, dass ein Übereinstimmungszertifikat erteilt ist, hat der Hersteller durch Kennzeichnung der Bauprodukte mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) unter Hinweis auf den Verwendungszweck abzugeben

Dem Deutschen Institut für Bautechnik ist von der Zertifizierungsstelle eine Kopie des von ihr erteilten Übereinstimmungszertifikats 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 dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entsprechen.

Die werkseigene Produktionskontrolle soll mindestens die in den folgenden Abschnitten 2.3.2.2 bis 2.3.2.12 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,

## Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Nr. Z-13.3-140

Seite 8 von 19 | 23. Februar 2017

- 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 Qualitätssicherungsplan<sup>2</sup>
- Schulungsprogramm für das mit Vorspannarbeiten betraute Baustellenpersonal<sup>3</sup>.

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.

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).

### 2.3.2.4 Übergangsplatten

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 Übergangsplatte 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.

<sup>2</sup> 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

<sup>3</sup> 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

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 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.

#### 2.3.2.9 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).

#### 2.3.2.10 Hüllrohre

Der Nachweis der Material- und Hüllrohreigenschaften für die Aussparungsrohre, die Übergangsrohre, die Übergangsmuffen und die Aufweitungsrohre, ist durch Werkszeugnis "2.2" DIN EN 10204 zu erbringen.

#### 2.3.2.11 Umlenkformteile

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).

#### 2.3.2.12 PE-Manteldicke der Monolitzen

Die minimale Dicke des PE-Mantels der Monolitzen beträgt 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 (Bügel-messschraube) 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 Entwurf und Bemessung

#### 3.1 Allgemeines

Für Entwurf 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.

Das Stahlbauteil am Turmkopf zur Auflagerung der Festanker (F) ist nicht Bestandteil der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung. Für dessen Entwurf und Bemessung 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 Beanspruch (Design- bzw. Bemessungswert der Vorspannung  $F_{Ed} = 1,1 F_{pk}$  mit  $F_{pk}$  nach Anlage 3) anzusetzen. Die Durchmesser der Durchgangsbohrungen für die Spannglieder sind Anlage 5 zu entnehmen. Die Durchgangsbohrung und das anschließende Aussparungsrohr(F) sind senkrecht zum Festanker (F) auszuführen (siehe Anlage 4). Die Übergangsplatten müssen vollflächig und eben aufliegen.

#### 3.2 Zulässige Vorspannkraft

Am Spannende darf nach DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 5.10.2.1(1), Gleichung (5.41) die aufgebrachte 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: Zulässige Vorspannkkräfte für Litzen mit  $A_p = 150 \text{ mm}^2$

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

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

### 3.3 Dehnungsbehinderung des Spannglieds

Die Spannkraftverluste im Spannglied dürfen in der statischen Berechnung in der Regel mit dem in Anlage 3 angegebenen mittleren Reibungsbeiwert  $\mu = 0,1$  und einem ungewollten Umlenkwinkel von  $k = 0$  ermittelt werden.

### 3.4 Umlenkungen

Der kleinste zulässige Krümmungsradius an der Umlenkstelle beträgt für alle Spanngliedgrößen  $R = 5,0 \text{ m}$  (siehe Anlage 10).

Der kleinste zulässige Krümmungsradius für die unplanmäßige Umlenkung (trompetenartige Aufweitung)  $\Delta\alpha$  beim Austritt aus dem Fundament beim Spannanker (S) bzw. aus dem Betonsegment beim Festanker (F) beträgt in Abhängigkeit von der Spanngliedgröße  $R = 6,0 \text{ m}$  (L7 EW),  $R = 7,0 \text{ m}$  (L9 EW),  $R = 8,2 \text{ m}$  (L12 EW) und  $R = 9,5 \text{ m}$  (L15 EW) (siehe Anlagen 4, 6 und 7).

Der Nachweis der Stahlrandspannungen in Krümmungen braucht bei Einhaltung dieser Radien nicht geführt zu werden.

Die Aufnahme der Umlenkkkräfte durch das Bauwerk ist statisch nachzuweisen.

### 3.5 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  $150 \text{ mm}$  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:

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

Tabelle 2: Prüfkörperfestigkeit  $f_{cmj}$

$f_{cmj,cube}$ in N/mm <sup>2</sup>	$f_{cmj,cyl}$ in N/mm <sup>2</sup>
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.

### 3.6 Abstand der Spannliedverankerungen Typ S, Betondeckung

Die in den Anlagen in Abhängigkeit von der Mindestbetonfestigkeit angegebenen minimalen Abstände der Spannanker (S) dürfen nicht unterschritten werden.

Abweichend von den in den Anlagen angegebenen Werten dürfen die Achsabstände der Spannanker (S) 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.

### 3.7 Bewehrung im Verankerungsbereich für Spannanker Typ S

Die Eignung der Spannanker (S) 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 erforderlich.

### 3.8 Schlupf an den Verankerungen

Der Einfluss des Schlupfes an den Verankerungen (siehe Abschnitt 4.2.8) muss bei der statischen Berechnung bzw. bei der Bestimmung der Spannwege berücksichtigt werden.

### 3.9 Nachweis gegen Ermüdung

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

An Umlenkstellen gilt für das Spannglied eine Schwingbreite von  $35 \text{ N/mm}^2$  bei  $2 \times 10^6$  Lastspielen als nachgewiesen.

Ermüdungsrelevante Beanspruchungen der Spannglieder sind auszuschließen, so dass ein Nachweis gegen Ermüdung nicht erforderlich ist.

### 3.10 Führung der Spannglieder

Die Spannglieder werden im Innern des Turmes an der Turmwand entsprechend der Turmgeometrie umgelenkt. Ein Mindestabstand von 30 mm zur Turmwand durch die Anordnung von Umlenkstellen ist sicher zu stellen. Das Anliegen der Spannglieder an der Turmwand ist auszuschließen. Erforderlichenfalls sind die Vorgaben in Abschnitt 2.1.11 bei der Bemessung des Turmes zu beachten.

Der maximal zulässige Abstand zwischen dem Festanker (F) im 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 Spanngliederführung im Bereich  $\min L_1$  hinter den Verankerungen (siehe Anlagen 4, 6 und 7) sowie den trompetenförmigen Aufweitungen am Ende der Aussparungsrohre.

### 3.11 Verhinderung von Querschwingungen der Spannglieder

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

### 3.12 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  $-10^\circ\text{C}$  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 2.1.9).

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

### 3.13 Sicherung gegen Herausschießen

Das Herausschießen von Spannstählen bei einem angenommenen Spannstahlbruch 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.

## 4 Bestimmungen für die Ausführung

### 4.1 Anforderungen und Verantwortlichkeiten

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

<sup>4</sup> Veröffentlicht in den DIBt-Mitteilungen 37 (2006), Heft 4.

## 4.2 Ausführung

### 4.2.1 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"<sup>4</sup>.

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.

### 4.2.2 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.

### 4.2.3 Herstellung der Fertigspannglieder

Die Herstellung der Fertigspannglieder erfolgt nach der beim DIBt 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  $\alpha_{T\text{ PE}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ 1/K}$  angenommen werden, sofern kein genauerer 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 4.2.11 und Anlagen 6 und 7). Außerdem ist durch die entmantelte Länge  $l^*$  sicherzustellen, dass sich die PE-Mäntel vor dem Spannanker (S) nicht aufstauen.

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.

### 4.2.4 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 beim Spannanker (S) 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.

Im Bereich von min. L1 nach der Verankerung ist das Spannglied gerade zu führen (siehe Anlagen 4, 6 und 7).

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

#### 4.2.5 Einbau der Spannglieder

Der Einbau der Spannglieder erfolgt nach der beim DIBt 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 Spannstahllitzenenden frei von Korrosion sind.

Die Spannglieder werden von oben in den Turm abgelassen/eingezogen. Anhand der werkmäßig aufgetragenen Markierungen und Schlauchschellen auf den Monolitzenmänteln direkt unterhalb der Übergangsplatte des Festankers (F) ist zu überprüfen, dass die PE-Litzenmäntel fixiert sind und sich durch den Transport nicht verschoben haben. Ist dies nicht der Fall, muss ein neues Spannglied verwendet werden.

Die Spannstahllitzen werden vom Festanker (F) kommend in 2 oder 3 Lagen über jedes Umlenkformteil geführt. Die Ausrichtung der Verankerungen in Bezug auf die Turmwand und die Sortierung der Litzen in den Verankerungen ist beim DIBt für alle Spanngliedgrößen hinterlegt. Ein Überkreuzen der Litzen ist auszuschließen. Zum ordnungsgemäßen und parallelen Einbau der Litzen dienen die im Werk aufgetragenen Kennzeichnungen der Litzen oder gleichwertige Maßnahmen (siehe Abschnitt 4.2.3).

#### 4.2.6 Einbau des Spannankers Typ S

Ankerplatte bzw. Mehrflächenanker und Lochscheibe müssen senkrecht zur Aussparungsverrohrung (Übergangsrohr, Übergangsmuffe und Aufweitungsrohr) liegen. Das Spannglied ist im Bereich von min. L1 nach dem Spannanker (S) (siehe Anlagen 6 und 7) gerade zu führen.

Die konischen Bohrungen der Lochscheiben der Spannanker (S) müssen beim Einbau sauber und rostfrei und mit einem Korrosionsschutzmittel beschichtet sein. Die Lochscheibe wird deckungsgleich zu der des Festankers (F) im Turmkopf eingebaut. Die Litzen werden gemäß der festgelegten Sortierung in die Lochscheibe eingefädelt.

#### 4.2.7 Verhinderung von Querschwingungen der Spannglieder

Kritische Querschwingungen der Spannglieder sind auszuschließen. Es wird auf Abschnitt 3.12 verwiesen.

#### 4.2.8 Verkeilkraft, Schlupf und Keilsicherung

Die Keile der Festanker (F) werden im Werk mit  $1,1 P_{m0}(x)$  (siehe Abschnitt 3.2) vorverkeilt. Es tritt kein Schlupf mehr auf.

Werden die Keile der Spannanker (S) 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 werden mittels Stahlsicherungsscheiben gesichert.

#### 4.2.9 Unplanmäßiges Anliegen des Spannglieds und freies Abheben an Austrittspunkten

Ein unplanmäßiges Anliegen des Spannglieds an der Turmwand ist unzulässig. Es ist ein Mindestabstand von 30 mm zur Turmwand einzuhalten.

An Austrittspunkten von Verankerungen (Unterkante Fertigteil beim Festanker (F) und Oberkante Fundament beim Spannanker (S)) 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 Spannstahllitzen und dem Aufweitungsrohr kontrolliert werden muss (siehe Anlagen 6 und 7).

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 Bauherren zu klären.

#### 4.2.10 Vorspannen und zulässiger Vorspannweg

Die Litzen eines Spanngliedes werden gemeinsam vorgespannt. Das litzenweise Vorspannen ist nur bei geraden Spanngliedern 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.

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 Vorspannweg über Umlenkstellen (auch unplanmäßige am Austritt aus dem Spannankerbereich) beträgt 830 mm. Hierbei ist planmäßig 100 % innere Gleitung vorgesehen. Bei innerer Gleitung bewegen sich die Litzenmängel 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 4 Stück um jeweils 90° versetzten Spanngliedern ist jeweils an 2 Litzen in unterschiedlicher Lage zur Turmwand an Ober- und Unterkante jeder Umlenkstelle und oberhalb des Fundamentes die Verschiebung der Monolitzenmängel (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 Monolitzenmängel um nicht mehr als 10% gedehnt oder 15% gestaucht werden (Gleichmaßstauchung, d.h. es dürfen keine örtlichen Ausbeulungen, Verformungen des PE-Mantels sichtbar sein).

#### 4.2.11 Maßnahmen nach dem Vorspannen

Sofern nicht vorher geschehen, wird am Festanker (F) eine Schutzhaube aufgebracht, die als mechanischer Schutz dient.

Anhand der werkmäßig auf zwei Litzenenden jedes Spanngliedes angebrachten Markierungen (siehe Anlagen 6 und 7 und Abschnitt 4.2.3) ist zu überprüfen, welche Lage die PE-Mantelenden im Spannankerbereich haben. Die Einbindelänge muss der mindestens erforderlichen Einbindelänge entsprechen ( $L_{\text{Einbinde}}^{\text{tatsächlich}} \geq L_{\text{Einbinde}}$ ). Gleichzeitig muss genügend Abstand zwischen den PE-Mantelenden und der Unterkante Lochscheibe des Spannankers (S) verbleiben, um ein Aufstauchen der PE-Mängel sicher auszuschließen. Dies ist gegeben wenn  $l^*_{\text{tatsächlich}} \geq l^*$  ist.

Am Spannanker (S) wird die Stahlsicherungsscheibe 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.

#### 4.2.12 Auswechseln von Spanngliedern

Der Ausbau von Spanngliedern und anschließende Einbau neuer Spannglieder ist möglich (siehe Anlage 12). Die Spannglieder werden mit ausreichendem Litzenüberstand am Spannanker (S) 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.

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

### 5 Bestimmungen für Nutzung, Unterhalt, Wartung

#### 5.1 Allgemeines

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

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

An jedem Festanker (F) 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 5.2 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  $40^{\circ}\text{C}$  überstiegen hat.

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

#### 5.2 Umfang der Wiederkehrenden Prüfung der Spannglieder

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

- Pro Himmelsrichtung ist die Unterseite mindestens eines Festankers (F) 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.

Bei den nächsten Wiederkehrenden Prüfungen sind bevorzugt diejenigen Festanker (F) 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 (F) abzunehmen und die Unversehrtheit der flexiblen Abdeckkappe und der Korrosionsschutzbinde augenscheinlich zu überprüfen. Werden Schäden festgestellt, so sind weitere Festanker (F) zu überprüfen und schadhafte Abdeckkappen und Korrosionsschutzbinden sind zu erneuern.

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

- Augenscheinliche Kontrolle der Fugendichtstoffe an den Oberseiten der Aufweitungsrohre bei den Spannankern (S) auf Unversehrtheit. Erforderlichenfalls ist der Fugendichtstoff zu erneuern.
- Augenscheinliche Kontrolle der Spannanker (S) auf Austritt von Korrosionsschutzmasse. Erforderliche Maßnahmen beim Austritt von Korrosionsschutzmasse sind im Einzelfall festzulegen.
- 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.

### 5.3 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
	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670, Berichtigung zu DIN 1045-3:2012-03
DIN 1045-4:2012-02	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen
DIN EN 1992-1-1:2011-01	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

**Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung**

**Nr. Z-13.3-140**

**Seite 19 von 19 | 23. Februar 2017**

DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04	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	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahl, Teile 1 bis 12
DIN EN 1993-1/NA	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahl, Teile 1 bis 12
DIN EN 10204:2005-01	Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen; Deutsche Fassung EN 10204:2004
DIN EN 13670:2011-03	Ausführung von Tragwerken aus Beton; Deutsche Fassung EN 13670:2009
DIN EN ISO 2081:2009-05	Metallische und andere anorganische Überzüge- Galvanische Zinküberzüge auf Eisenwerkstoffen mit zusätzlicher Behandlung (ISO 2081:2008; Deutsche Fassung EN ISO 2081:2008)
DIN EN ISO 9223:2012-05	Korrosion von Metallen und Legierungen- Korrosivität von Atmosphären- Klassifizierung, Bestimmung und Abschätzung (ISO 9223:2012); Deutsche Fassung EN ISO 9223:2012
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 12944-5:2008-01	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme -Teil 5: Beschichtungssysteme (ISO12944-5:2007); Deutsche Fassung EN ISO 12944-5:2007
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 Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Fassung Oktober 2012, Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik, Reihe B, Heft 8.

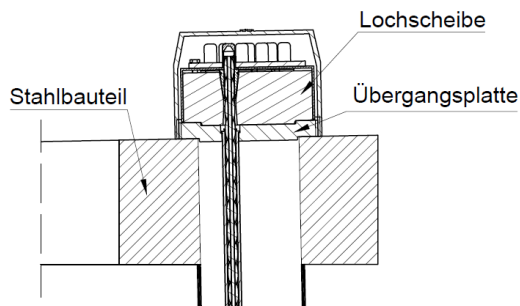
Dr.-Ing. Lars Eckfeldt  
Referatsleiter

Beglaubigt

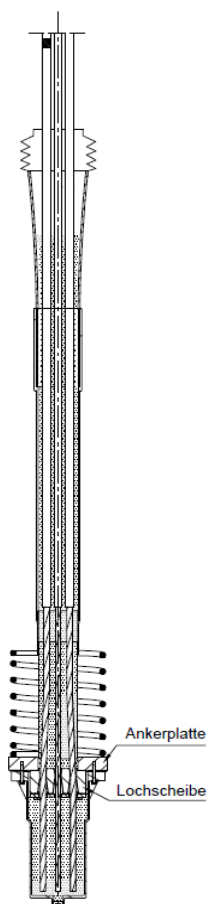
## Externes Litzenspannverfahren

### Übersicht Verankerungen

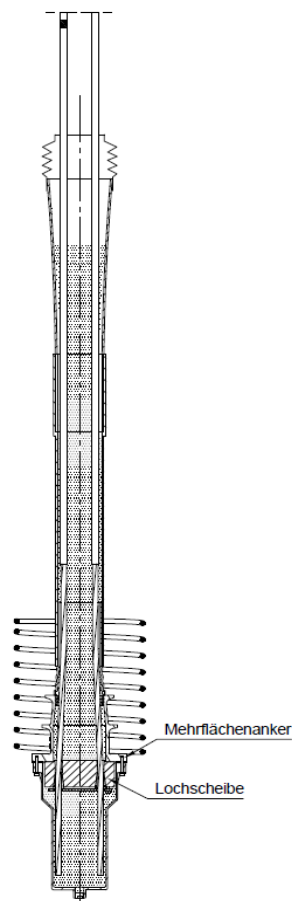
1. Festanker (F)  
L7 EW – L15 EW



2. Spannanker (S)  
L7 EW – L9 EW



3. Spannanker (S)  
L12 EW – L15 EW



ENERCON Externes Litzenspannverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

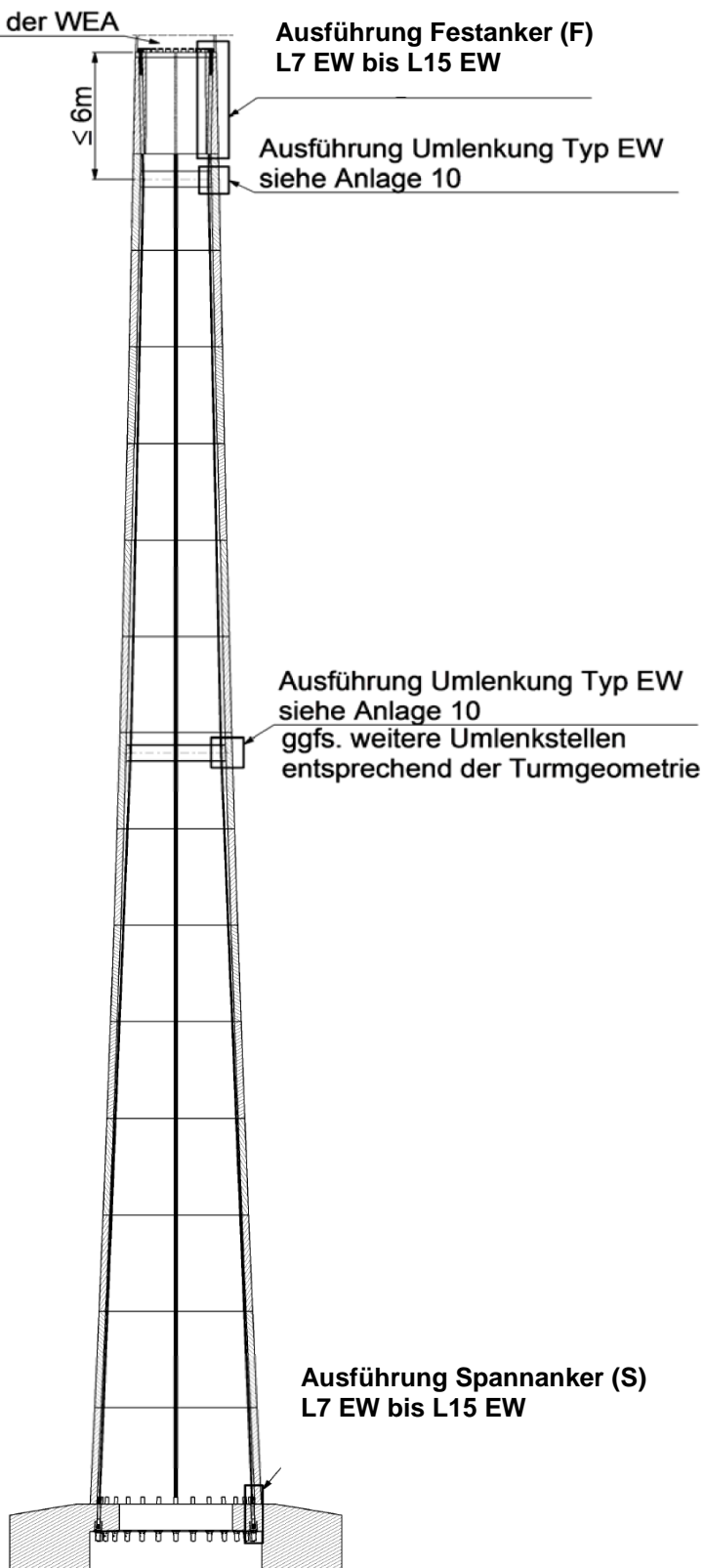
Übersicht Verankerungen  
Technische Angaben  
L7 EW – L15 EW

Anlage 1

## Windenergieanlage (WEA) (schematisch)

Die Spannglieder liegen außerhalb der Verankerungsbereiche nicht an der Turmwand an, sondern werden über Umlenkstellen geführt.

maschinentechnischer Teil der WEA







ENERCON Externes Litzenspannverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

Übersicht Windenergieanlage (WEA)  
Spanngliedführung

Anlage 2

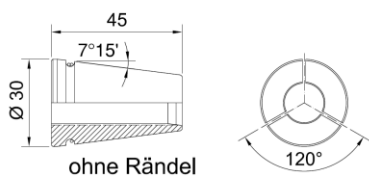
**Spannstahlgüte: St 1660/1860**  
**Technische Angaben L 7 EW – L15 EW**  
**Verankerungen Spannanker (S) und Festanker (F)**

Spanngliedbezeichnung	Einh.	L7 EW	L9 EW	L12 EW	L15 EW
		Ankerplatte		Mehrflächenanker	
<b>Lochbild</b>					
<b>Anzahl Litzen, St 1660/1860, 150mm<sup>2</sup></b>	<b>n</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>15</b>
<b>150 mm<sup>2</sup>: Querschnitt A<sub>p</sub></b>	<b>mm<sup>2</sup></b>	1050	1350	1800	2250
<b>150 mm<sup>2</sup>: Gewicht ohne PE-Mantel und Korrosionsschutzmasse</b>	<b>kg/m</b>	8,20	10,55	14,06	17,58
<b>150 mm<sup>2</sup>: Gewicht mit PE-Mantel und Korrosionsschutzmasse</b>	<b>kg/m</b>	9,49 - 9,58	12,20 – 12,31	16,27 – 16,42	20,34 - 20,52
<b>150 mm<sup>2</sup>: P<sub>max</sub> = 0.90 · f<sub>p0,1k</sub> · A<sub>p</sub> *</b>	<b>kN</b>	1512	1944	2592	3240
<b>150 mm<sup>2</sup>: P<sub>m0(x)</sub> = 0.85 · f<sub>p0,1k</sub> · A<sub>p</sub> *</b>	<b>kN</b>	1428	1836	2448	3060
<b>150 mm<sup>2</sup>: Bruchlast F<sub>pk</sub> = n · 150 · 1860 / 1000</b>	<b>kN</b>	1953	2511	3348	4185
<b>Reibungsverluste</b>					
Spannanker ΔP <sub>μS</sub>	%	1,1	1,0	0,8	0,8
mittlerer Reibungsbeiwert μ	-	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Litzenüberstände **</b>	<b>mm</b>	700	800	800	1200

\* basierend auf f<sub>p0,1k</sub> = 1600 N/mm<sup>2</sup> (St 1660/1860)

\*\* Zum Ansetzen der Spannprese ab Vorderkante Lochscheibe

Verankerungskeil Typ 30



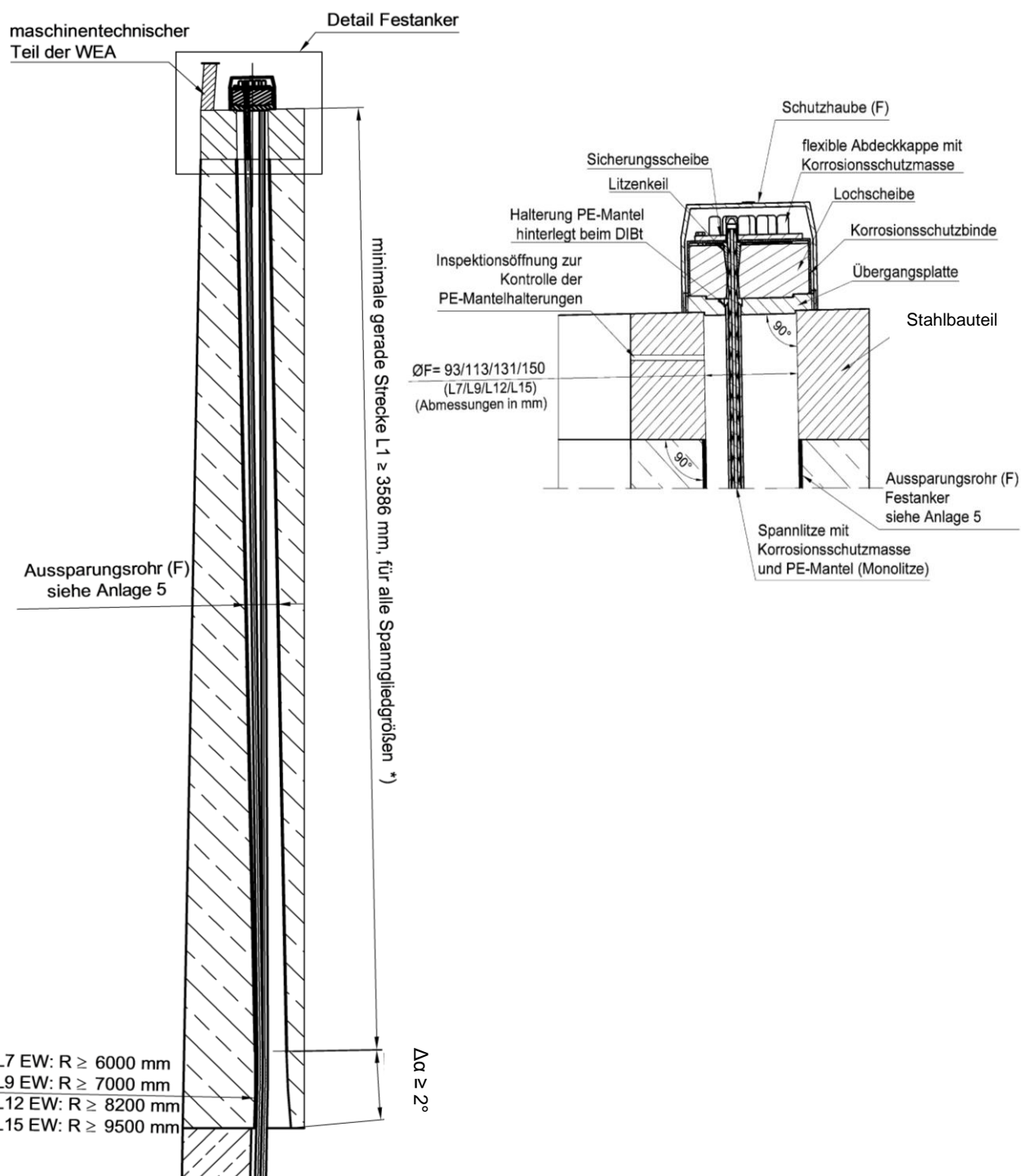
Keile für Litzen mit einer Querschnittsfläche von 150 mm<sup>2</sup> haben die Aufschrift „0,62“

ENERCON Externes Litzenspannverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

Spannstahlgüte St 1660/1860  
Technische Angaben  
L7 EW – L15 EW

Anlage 3

## Festanker (F) L7 EW – L15 EW



\*) gerade Verbindungslinie zwischen Oberkante Stahlbauteil und dem Beginn der trompetenförmigen Aufweitung des Aussparungsrohres (F). Die Öffnung im Stahlbauteil und das Aussparungsrohr (F) sind senkrecht zum Festanker.

ENERCON Externes Litzensternverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

Festanker (F)  
Technische Angaben  
L7 EW – L15 EW

Anlage 4

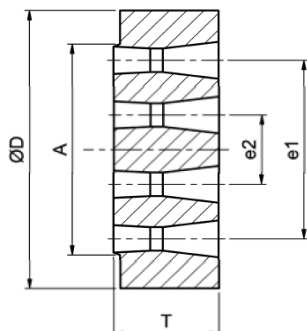
## Festanker (F) L7 EW – L15 EW

### Abmessungen der Einzelteile für die Verankerungen:

Spanngliedbezeichnung		Einh.	L7 EW	L9 EW	L12 EW	L15 EW
<b><u>Lochscheibe:</u></b>						
Durchmesser	ØD	mm	132	160	180	200
Dicke	T	mm	75	75	80	82
Durchmesser	A	mm	89	109	127	146
Lochkreis	e1	mm	66	86	Raster *)	120
Lochkreis	e2	mm	/	/		56
<b><u>Übergangsplatte: **)</u></b>						
Durchmesser	ØD	mm	145	170	190	215
Dicke	T	mm	30	30	30	30
Durchmesser	A	mm	91	112	129	148
Vertiefung	V	mm	93	113	131	150
<b><u>Stahlring:</u></b>						
Lochdurchmesser:	ØF	mm	93	113	131	150
<b><u>Aussparungsrohr (F)</u></b>						
Außendurchmesser		mm	103	123	141	160
Innendurchmesser		mm	93	113	131	150
Wandstärke		mm	5	5	5	5
Aufweitung Radius	R	mm	6000	7000	8200	9500

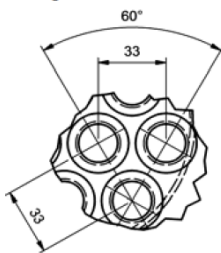
\*\*) Lochbild Übergangsplatte wie Lochbild Lochscheibe

#### Lochscheibe

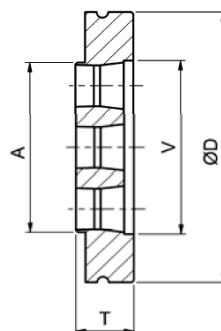


#### Lochbild Lochscheibe 12 EW

\*) Konen sind auf Geraden zu einem Raster angeordnet

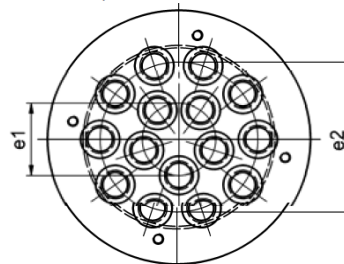


#### Übergangsplatte



#### Lochbild Lochscheibe 7 EW, 9 EW und 15 EW

Alle Konen liegen auf ein oder zwei Teilkreisen (e1 und e2).



**Beispiel: L15 EW**

ENERCON Externes Litzenstanzverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

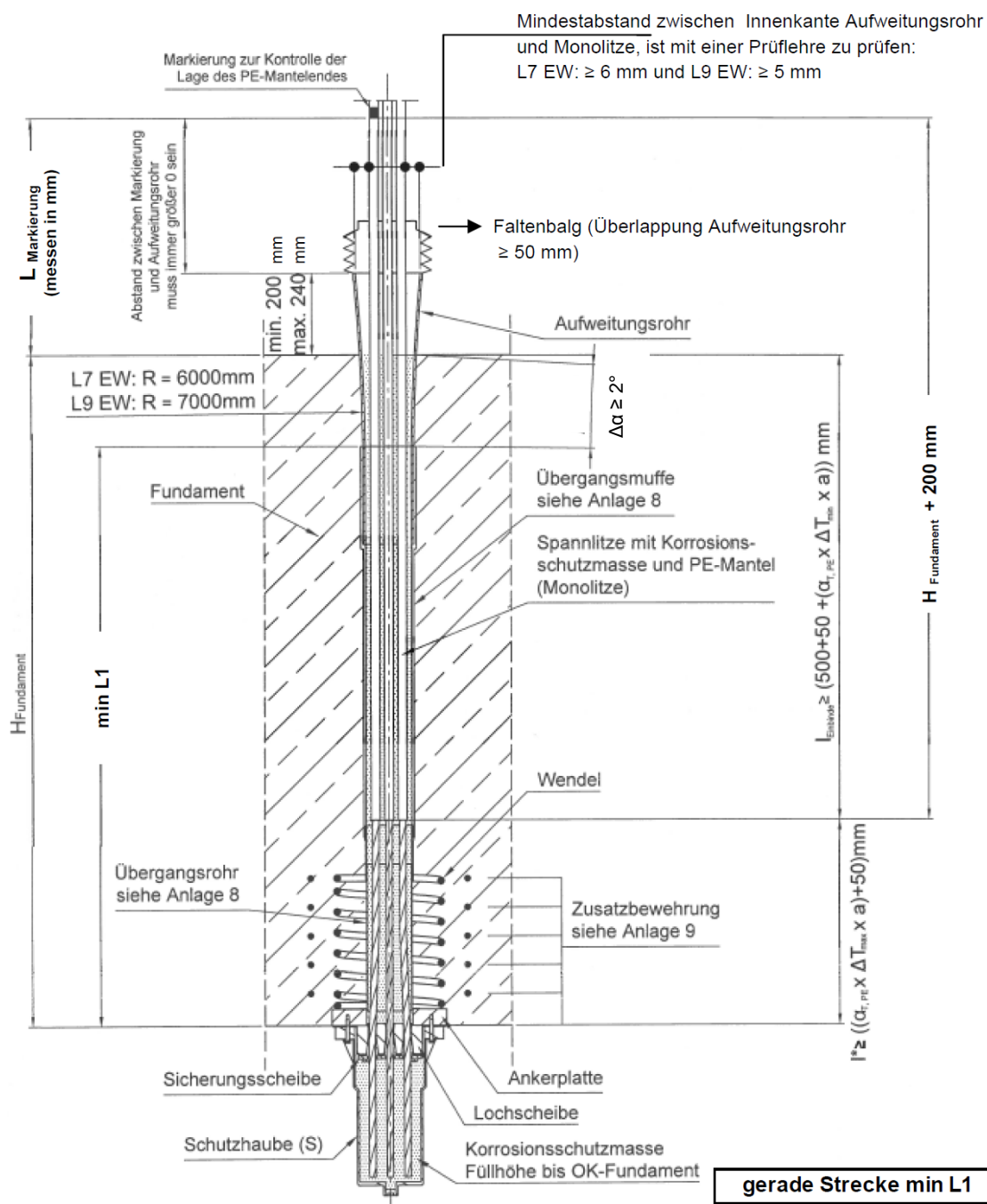
Festanker (F), Abmessung der Einzelteile  
Technische Angaben  
L7 EW – L15 EW

Anlage 5

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

**Kontrolle:**  
Bei Messung  $L_{\text{Markierung}}$  ergibt sich:  
 $I^*_{\text{tatsächlich}} = L_{\text{Markierung}} - 200 \text{ mm} \geq I^*$   
 $L_{\text{Einbinde,tatsächlich}} = H_{\text{Fundament}} + 200 \text{ mm} - L_{\text{Markierung}} \geq L_{\text{Einbinde}}$

Mindesteinbinde Länge PE-Mantel in die Korrosionsschutzmasse: 500 mm  
 $I^*$  = entmantelter Bereich von Hinterkante Lochscheibe  
 $a$  = Abstand zwischen Hinterkante Lochscheibe und nächster Umlenkstelle in mm  
 $\alpha_{T,PE}$  und  $\Delta T_{\text{max}}$  und  $\Delta T_{\text{min}}$  siehe Anlage 11



### gerade Strecke min L1

L 7 EW	L 9 EW
$\geq 1070 \text{ mm}$	$\geq 1580 \text{ mm}$

### Festlegungen zur geraden Strecke min L1:

Gerade Verbindungslinie zwischen Hinterkante Lochscheibe und dem Beginn der trompetenförmigen Aufweitung des Aufweitungsrohres.

ENERCON Externes Litzenspannverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

Spannanker (S) mit Ankerplatte L7 EW – L9  
Technische Angaben  
L7 EW – L15 EW

Anlage 6

## Spannanker (S) mit Mehrflächenanker nach dem Spannen L12 EW – L15 EW

### Kontrolle:

Bei Messung  $L_{\text{Markierung}}$  ergibt sich:

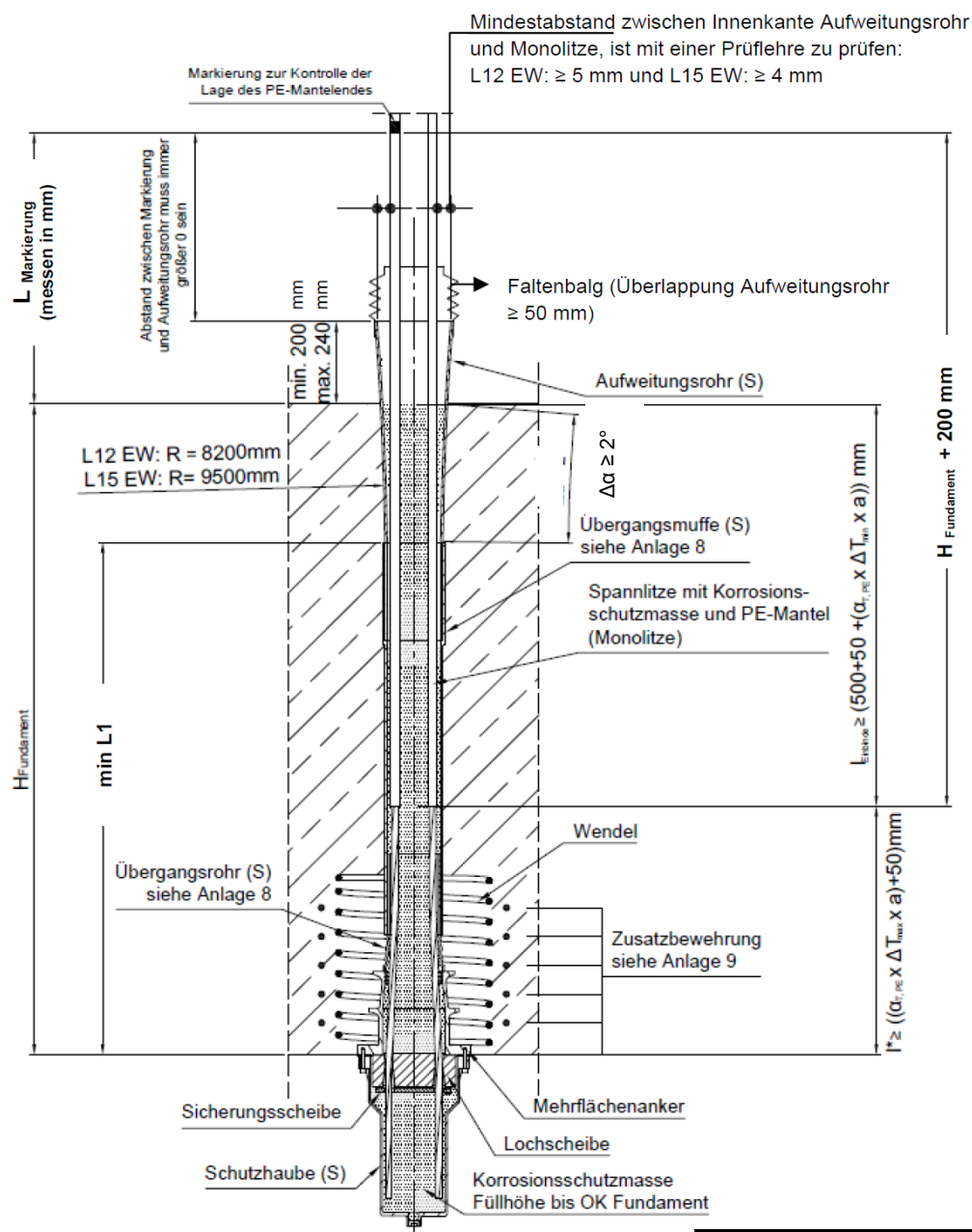
$l^*_{\text{tatsächlich}} = L_{\text{Markierung}} - 200 \text{ mm} \geq l^*$

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

Mindesteinbinde Länge PE-Mantel 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  $\Delta T_{\text{max}}$  und  $\Delta T_{\text{min}}$  siehe Anlage 11



Mindestabstand zwischen Innenkante Aufweitungsrohr und Monolitze, ist mit einer Prüflöhre zu prüfen:  
L12 EW:  $\geq 5 \text{ mm}$  und L15 EW:  $\geq 4 \text{ mm}$

### gerade Strecke min L1

L 12 EW	L 15 EW
$\geq 1410 \text{ mm}$	$\geq 1700 \text{ mm}$

### Festlegungen zur geraden Strecke min L1:

Gerade Verbindungslinie zwischen Hinterkante Lochscheibe und dem Beginn der trompetenförmigen Aufweitung des Aufweitungsrohres.

ENERCON Externes Litzenspannverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

Spannanker (S) mit Ankerplatte L12 EW – L15  
Technische Angaben  
L7 EW – L15 EW

Anlage 7

## Spannanker (S) L7 EW – L15 EW

### Achs- und Randabstände

Spanngliedbezeichnung		L7 EW	L9 EW	L12 EW	L15 EW
	Einh.	Ankerplatte		Mehrflächenanker	
<b>Mindest-Achsabstand ***</b>					
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)****	mm	305	350	405	450
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	290	325	370	415
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	265	300	340	380
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	245	280	325	360
<b>Mindest-Randabstand</b>					
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)****	mm	175	195	225	245
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	165	185	205	230
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	155	170	190	210
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$ (quadratisch)	mm	145	160	185	200

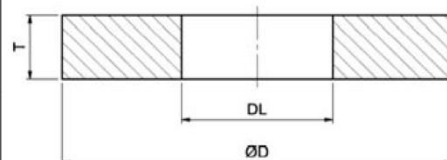
\*\*\* Die Achsabstände können in einer Richtung auf 85% der Tabellenwerte reduziert werden, wenn sie gleichzeitig in der anderen Richtung entsprechend vergrößert werden (siehe Abschnitt 3.6 der Besonderen Bestimmungen).

\*\*\*\*  $f_{cmj,cube} \geq 30 \text{ N/mm}^2$  gilt für L7 EW und L9 EW;  $f_{cmj,cube} \geq 28 \text{ N/mm}^2$  gilt für L12 EW und L15 EW

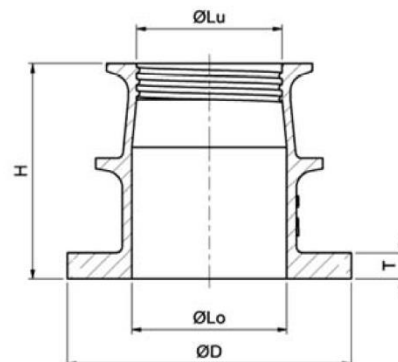
### Abmessungen der Einzelteile für die Verankerungen:

Spanngliedbezeichnung	Einh.	L7 EW	L9 EW	L12 EW	L15 EW
<b>Ankerplatte</b>					
Durchmesser	ØD mm	230	265		
Dicke	T mm	35	35		
Lochdurchmesser	DL mm	93	113		
<b>Mehrflächenanker</b>					
Durchmesser	D mm			240	270
Höhe	H mm			182	203
Dicke 1. Fläche	T mm			22	23
Loch – Ø, oben	Lo mm			131	150
Loch – Ø, unten	Lu mm			123	139
<b>Lochscheibe</b>					
Abmessungen siehe Anlage 5 Festanker (F) BBV L7 EW - BBV L15 EW					
<b>Übergangsrohr</b>					
Maximaler Durchmesser, außen	mm	91	111	131	147
Minimale Länge	mm	≥650	≥740	≥810	≥900
<b>Übergangsmuffe</b>					
minimaler Innendurchmesser	mm	80	90	100	110
Wandstärke	mm	5	5	5	5
<b>Aufweitungsrohr</b>					
Aufweitung Radius	R mm	6000	7000	8200	9500

#### Ankerplatte



#### Mehrflächenanker



ENERCON Externes Litzenstanzverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

Spannanker (S), Verankerungen der Einzelteile  
Technische Angaben  
L7 EW – L15 EW

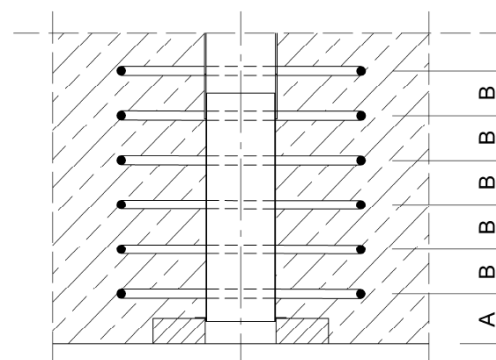
Anlage 8

## Spannanker (S) L7 EW – L15 EW

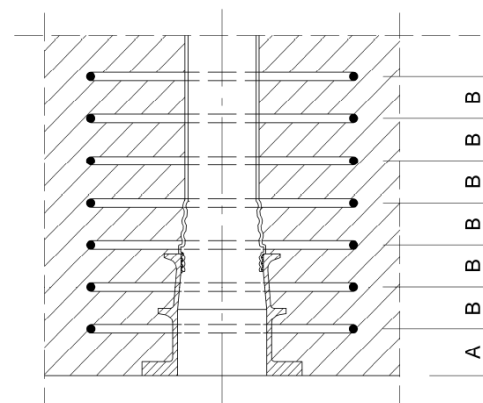
### Wendel und Zusatzbewehrung

Spanngliedbezeichnung	Einh.	L7 EW	L9 EW	L12 EW	L15 EW
		Ankerplatte		Mehrflächenanker	
<b>Wendel</b>					
<b>Stabdurchmesser</b>					
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2 \text{ **})$	mm	14	14	14	14
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$	mm	14	14	14	16
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$	mm	14	14	14	14
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$	mm	14	14	14	14
<b>min. d außen*)</b>					
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2 \text{ **})$	mm	200	240	300	345
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$	mm	190	230	300	340
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$	mm	190	225	285	320
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$	mm	180	220	270	315
<b>min. Länge</b>					
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2 \text{ **})$	mm	300	350	350	400
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$	mm	270	310	300	350
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$	mm	250	290	300	300
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$	mm	250	275	250	250
<b>min. Ganghöhe*)</b>					
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2 \text{ **})$	mm	50	50	50	50
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$	mm	50	50	50	50
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$	mm	50	50	50	50
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$	mm	50	50	50	50
<b>Windungen</b>					
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2 \text{ **})$	n	7	8	8	9
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$	n	6,5	7	7	8
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$	n	6	7	7	7
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$	n	6	6,5	6	6
<b>Zusatzbewehrung/Bügel***)</b>					
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2 \text{ **})$	Anz. x Ø	4 Ø 14	5 Ø 14	6 Ø 12	5 Ø 14
$f_{cmj,cube} \geq 30 \text{ N/mm}^2$	Anz. x Ø	5 Ø 12	5 Ø 14	6 Ø 14	8 Ø 14
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$	Anz. x Ø	5 Ø 12	5 Ø 14	5 Ø 16	6 Ø 16
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$	Anz. x Ø	4 Ø 12	6 Ø 12	5 Ø 16	6 Ø 16
<b>Anordnung hinter Ankerplatte</b>					
		A / B	A / B	A / B	A / B
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^2 \text{ **})$	mm	55 / 95	55 / 80	50 / 70	50 / 95
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$	mm	55 / 65	55 / 75	50 / 65	50 / 55
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$	mm	55 / 60	55 / 70	50 / 70	50 / 65
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$	mm	55 / 75	55 / 50	50 / 65	50 / 60

L 7 EW – L 9 EW



L 12 EW – L 15 EW



\*) Nennmaße, Toleranzen bei DIBt hinterlegt

\*\*)  $f_{cmj,cube} \geq 30 \text{ N/mm}^2$  gilt für L7 EW und L9 EW;  $f_{cmj,cube} \geq 28 \text{ N/mm}^2$  gilt für L12 EW und L15 EW

\*\*\*) Seitenlänge Bügel = Mindest-Achsabstand – 20 mm

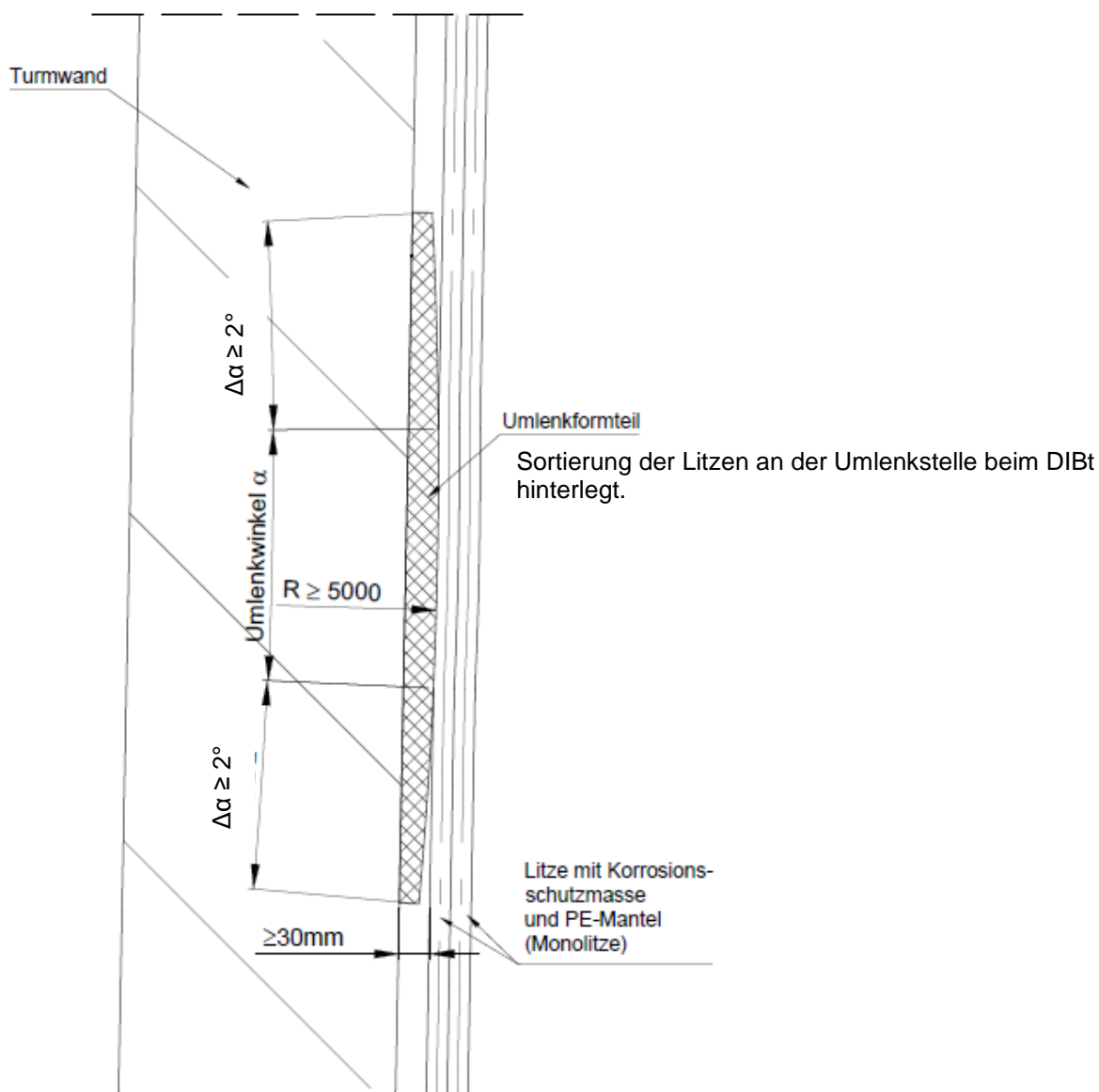
ENERCON Externes Litzenstanzverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

Spannanker (S), Wendel und Zusatzbewehrung  
Technische Angaben  
L7 EW – L15 EW

Anlage 9

## Umlenkung Typ L7 EW – L15 EW

- Ziehweg der Litzen über den Umlenksattel  $\leq 830$  mm
- Umlenkradius  $R \geq 5000$  mm
- Abstand der ersten Umlenkstelle nach dem Festanker (Abstand zwischen der Übergangsplatte und der Umlenkstelle (Mittellinie))  $\leq 6000$  mm
- Der Mindestabstand zwischen der Turmwand und dem Spannglied beträgt 30 mm.



ENERCON Externes Litzenspannverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

Umlenkung Typ EW  
Technische Angaben  
L7 EW – L15 EW

Anlage 10

## Verwendete Werkstoffe und Hinweise aus Normen

Bezeichnung	Werkstoff	Nummer	Norm
<b>Verankerung</b>			
Ankerplatte für S	Beim DIBt hinterlegt		DIN EN 10025-2:2005-04
Mehrflächenanker S	Beim DIBt hinterlegt		
Keil für S, F	Beim DIBt hinterlegt		
Lochscheibe für S, F	Beim DIBt hinterlegt		DIN EN 10083-2:2006-10
Übergangsplatte, F	Beim DIBt hinterlegt		DIN EN 10083-2:2006-10
Wendel für S	B 500 B	1.0439	DIN 488-1:2009-08
Zusatzbewehrung für S	B 500 B	1.0439	DIN 488-1:2009-08
Sicherungsscheibe für S, F	S235JR	1.0038	
Schutzhaube für S, F	PE, beim DIBt hinterlegt		
Flexible Abdeckkappe für F	Beim DIBt hinterlegt		
Halterung für PE-Mantel für F	Beim DIBt hinterlegt		
<b>Umlenkformteil</b>			
Umlenkformteil	PUR, beim DIBt hinterlegt		
<b>Aussparungsrohr</b>			
Aussparungsrohr (F) für F	PE, beim DIBt hinterlegt		
Übergangsrohr für S	PE, beim DIBt hinterlegt		
Übergangsmuffe für S	PE, beim DIBt hinterlegt		
Ausweitungsrohr für S	PE, beim DIBt hinterlegt		
<b>Korrosionsschutz für Spann- und Festanker</b>			
Nontribos MP-2 <sup>*)</sup> für F, S	Korrosionsschutzmasse beim DIBt hinterlegt		
Vaseline FC 284 <sup>*)</sup> für S	Korrosionsschutzmasse beim DIBt hinterlegt		
UNIGEL 128F-1 <sup>*)</sup> für S	Korrosionsschutzmasse beim DIBt hinterlegt		
Korrosionsschutzbinde für F	Beim DIBt hinterlegt		
<b>Fugendichtstoff</b>			
Fugendichtstoff für S	Beim DIBt hinterlegt		

S = Spannanker, F = Festanker

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

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

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

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

<sup>\*)</sup> gemäß der vom Hersteller beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Rezeptur.

ENERCON Externes Litzenspannverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

Verwendete Werkstoffe  
Technische Angaben  
L7 EW – L15 EW

Anlage 11

## Beschreibung des Spannverfahrens

### Anwendungsbereich

Das Eenercon 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 Betonfertigteilstegmenten. 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 Nennquerschnitt von 150 mm<sup>2</sup> 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 beträgt 2,4 mm. Die Monolitzen werden ohne umschließendes Hüllrohr in Spanngliedbündeln mit 7, 9, 12 oder 15 Litzen zusammengefasst und als Fertigspannglieder mit Festanker auf die Baustelle geliefert.

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 wiedergeben.

### Verankerungen

Der Festanker (F) ist zweiteilig und besteht aus Lochscheibe und Übergangsplatte, welche auf einem Stahlbauteil der WEA aufgesetzt werden. Die Herstellung mit den auf Länge geschnittenen Spannlitzen erfolgt im Werk.

Der Spannanker (S) ist ebenfalls zweiteilig. Er besteht aus Ankerplatte/Ankerkörper (Mehrflächenanker) und Lochscheibe.

Die Lochscheiben besitzen konische Bohrungen, in denen die Litzen mit dreiteiligen Rundkeilen verankert werden und haben einen Absatz, der sich in das Loch der Ankerplatte/des Mehrflächenankers/ 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 (S) darf auf den Einbau einer Stahlsicherungsscheibe verzichtet werden.

### Festanker Typ F am Turmkopf

Beim Festanker (F) befindet sich unter der Lochscheibe eine Übergangsplatte, in der die PE-Mäntel durch spezielle Halterungen fixiert werden. Die Keile werden werkseitig hydraulisch vorverkeilt.

Das Korrosionsschutzsystem der Verankerung ist in Anlage 4 dargestellt. Alle Hohlräume des Festankers werden mit Korrosionsschutzmasse verfüllt. Die Lochscheibe wird seitlich und über den oberen Rand reichend mit einer Korrosionsschutzbinde umwickelt. Die Oberfläche der Lochscheibe, die Keile und die Litzenüberstände werden satt mit Korrosionsschutzmasse bestrichen. Die Häubchen der flexiblen Abdeckkappe werden vor dem Überstülpen über den Festanker mit Korrosionsschutzmasse gefüllt. Danach wird die Sicherungsscheibe auf dem Festanker montiert.

ENERCON Externes Litzenspannverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

Beschreibung des Verfahrens  
Technische Angaben  
L7 EW – L15 EW

Anlage 12  
Seite 1 von 4

Die Festankermontage einschließlich Konfektionierung der Spannglieder und das Ablängen der PE-Mäntel im Spannankerbereich erfolgt im Werk. Zur Auslieferung auf die Baustelle werden die vorfertigten Spannglieder aufgetrommelt.

Planmäßig wird das Spannglied senkrecht zum Stahlbauteil und parallel zum Aussparungsrohr (F) geführt. Am Ende des Aussparungsrohrs ist eine trompetenförmige Aufweitung mit  $\Delta\alpha \geq 2^\circ$  vorhanden. Diese ermöglicht allseitig einen unplanmäßigen Umlenkwinkel der Spanngliedachse bis  $\Delta\alpha$  ohne Knick von Spannstahllitzen am Austritt aus dem Betonsegment. Die Spannstahllitzen dürfen am Ende der Übergangsplatte um maximal  $1,5^\circ$  umgelenkt werden.

Nach Einbau der Spannglieder in der WEA wird zum mechanischen Schutz über die Verankerungselemente des Festankers (F) eine Schutzhaube aufgesetzt.

Das Stahlbauteil am Turmkopf, auf den der Festanker (F) aufgesetzt wird, überträgt die Ankerkräfte direkt in den Beton. Das Stahlbauteil und die Kraftein- und Weiterleitung der Vorspannkräfte in den Beton sind nicht Gegenstand der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung sondern sind im Rahmen der Tragwerksplanung nach den technischen Baubestimmungen nachzuweisen. Vorgegeben ist jedoch der Durchmesser der Bohrung im Stahlring zum Aufsetzen des Festankers (siehe Anlage 4).

### Litzenüberstand und PE-Entmantelung

Die erforderliche Länge der PE-Entmantelung hinter der Lochscheibe des Spannankers ist vom Hersteller der Fertigspannglieder unter Berücksichtigung von Bauleranzen, der PE-Mantelbewegungen beim Vorspannen und den zu erwartenden Längenänderungen infolge Temperaturbeanspruchungen bauwerksbezogen festzulegen. Es ist zu beachten, dass die Bewegung der PE-Mäntel im Spannankerbereich auch nach Abschluss aller Arbeiten auf der Baustelle nicht behindert wird. An den Umlenkstellen werden die PE-Mäntel nach dem Vorspannen gehalten. Die PE-Entmantelung erfolgt bereits im Werk, im Zuge der Spanngliedkonfektionierung.

Am Spannanker (S) ist ein Litzenüberstand zum Ansetzen der Spannpresse erforderlich.

Nach dem Spannen der Spannglieder muss ab Vorderkante Ankerplatte/Mehrflächenanker eine Entmantelungslänge von  $l^*$  gemäß Anlage 6 und 7 gegeben sein. Die Mindesteinbindelänge der PE-Mäntel in die Korrosionsschutzmasse des Aussparungsrohres beträgt 50 cm. Die Einbindelänge muss mögliche Verkürzungen der PE-Mäntel infolge von Temperatureinflüssen berücksichtigen. Außerdem dürfen sich die PE-Mäntel an den Verankerungen nicht aufstauchen. Hierbei sind mögliche Verlängerungen des PE-Mäntels infolge Temperaturerhöhung im Turm zu berücksichtigen.

Am Spannanker ist anhand der werkmäßig an zwei Litzenende jedes Spanngliedes angebrachten Markierung zu dokumentieren, welche tatsächlich entmantelte Länge  $l^*$  und tatsächliche Einbindelänge  $L_{\text{Einbinde}}$  vorhanden sind (siehe Anlage 6 und 7). Mit der Markierung

$L_{\text{Markierung}}$  ist zu kontrollieren, dass  $l^*_{\text{tatsächlich}}$  und  $L_{\text{Einbinde tatsäclich}}$  den Vorgaben entsprechen.

### Montage der Spannglieder

Nach Abschluss der Segmentmontage werden die aufgetrommelten Fertigspannglieder von oben als vorgefertigtes Spanngliedbündel in den Turm abgelassen/eingezogen und am oberen Turmsegment auf das Stahlbauteil aufgesetzt (Festanker (F)).

Innerhalb des Bauwerks werden die Spannglieder, entlang der Turmwand, durch das Aussparungsrohr ins Fundament zum Spannanker (S) geführt. Die Anordnung der Monolitzen an Spann (S)- und Festanker (F) ist deckungsgleich. Dazu sind die Litzen an den entsprechenden Stellen für den Einbau markiert. Die Monolitzen dürfen sich über die gesamte Spanngliedlänge nicht kreuzen. An den Umlenkstellen müssen sich die Monolitzen in einer zwei- oder dreilagigen Anordnung befinden. Die Sortierung erfolgt nach der beim DIBt hinterlegten Arbeitsanweisung. Der Einbau ist mit besonderer Sorgfalt vorzunehmen. Eine Beschädigung der Monolitzen ist auszuschließen. Vor dem Spannen wird an Spann (S)-, Festanker (F) und Umlenkstellen kontrolliert, ob die Anordnung der Monolitzen den Vorgaben entspricht.

ENERCON Externes Litzenspannverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

Beschreibung des Verfahrens  
Technische Angaben  
L7 EW – L15 EW

Anlage 12  
Seite 2 von 4

## Spannanker Typ S im Turmfundament

Im Verankerungsbereich werden Wendel- und Zusatzbewehrung aus Betonstahl B 500 B zur Aufnahme der Spaltzugkräfte der eingetragenen Vorspannkraft eingelegt. Der Nachweis der außerhalb der Wendel auftretenden Kräfte ist im Rahmen der Tragwerksplanung nachzuweisen.

Am Spannanker (S) wird das Spanngliedbündel durch das Aussparungsrohr, bestehend aus Übergangsrohr, Übergangsmuffe und Aufweitungsrohr ins Fundament geführt. Planmäßig wird das Spannglied senkrecht zur Ankerplatte/zur Oberfläche Mehrflächenanker und parallel zum Aussparungsrohr geführt. Das Aufweitungsrohr ermöglicht jedoch allseitig einen unplanmäßigen Umlenkwinkel der Spanngliedachse von  $\Delta\alpha \leq 2^\circ$  ohne Knick von Litzen an der Oberkante des Fundamentes. Die Litzen dürfen am Ende der Lochscheibe um maximal  $2,2^\circ$  umgelenkt werden.

Nach den Vorspannarbeiten und der Montage der Schutzhaube wird der komplette Verankerungsbereich von unten mittels fließfähiger Korrosionsschutzmasse bis Oberkante Fundament vollständig verfüllt. An der Austrittsstelle muss noch flüssige Korrosionsschutzmasse austreten. Die Einfüll- und Entlüftungsöffnungen werden mittels Stopfen verschlossen.

Die Füllung der Schutzhaube mit Korrosionsschutzmasse gewährleistet den Korrosionsschutz von Lochscheibe, Keilen, Sicherungsscheibe und Litzenüberständen. Zwischen Schutzhaube und Ankerplatte/Mehrflächenanker wird jeweils eine Flachdichtung angeordnet.

Zum Schutz der Korrosionsschutzmasse vor äußeren Einflüssen wird am oberen Ende des Aufweitungsrohres eine Abdeckung mittels Faltenbalg aufgebracht. Das Korrosionsschutzsystem der Verankerung ist in den Anlagen 6 und 7 dargestellt.

## Umlenkstellen

Die Spanngliedbündel werden so umgelenkt, dass sie der Turmgeometrie folgen, ohne an der Turmwand anzuliegen. Jede Umlenkstelle besteht aus einem Umlenkformteil im Turminnern über welches alle Spannglieder umgelenkt werden. Mit den Umlenkformteilen wird

das Spannglied auf Abstand zur Betonoberfläche gehalten. Ein Mindestabstand von  $\geq 30$  mm zum Bauwerk ist einzuhalten.

Eine Überkreuzung der Spannstahllitzen eines Bündels ist auszuschließen. Zusätzlich zum planmäßigen Umlenkwinkel  $\alpha$  wird vor und hinter der Umlenkstelle ein unplanmäßiger Umlenkwinkel von  $\Delta\alpha \geq 2^\circ$  vorgesehen. Der minimale Umlenkradius von  $R = 5$  m darf nicht unterschritten werden. Für die Spannglieder ist innere Gleitung vorgesehen. Der maximal zulässige Ziehweg der Spannstahllitzen an Umlenkungen (auch im Spannankerbereich) beträgt 830 mm.

An 4 Stück um jeweils  $90^\circ$  versetzten Spanngliedern ist jeweils an 2 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 zu protokollieren. Gemessen wird die Veränderung des Abstandes der vorab aufgetragenen Markierungen zur Referenzstelle (siehe Abschnitt 4.2.10).

## Vorspannen

Zum Vorspannen der Spannglieder werden ein hydraulisches Pumpenaggregat und eine Spannpresse verwendet. Alle Litzen eines Spanngliedes werden gleichzeitig gefasst und angespannt. Bei geraden (nicht umgelenkten) Spanngliedern kann alternativ eine Einzellitzen Spannpresse verwendet werden. Stufenweises Vorspannen und umsetzen der Presse ist möglich. Werden die Keile der Spannanker (S) beim Verankern nach dem Spannen mittels Verkeileinrichtung mit mindestens  $0,1 P_{m0}(x)$  eingedrückt, beträgt der Schlupf 3 mm. Werden der Keile nicht eingedrückt, so beträgt der Schlupf 6 mm. Der Einzug (Schlupf) ist bei der statischen Berechnung zu berücksichtigen. Die Keile werden mit Stahlsicherungsscheiben gesichert.

Beim Spannanker (S) darf auf den Einbau einer Stahlsicherungsscheibe verzichtet werden.

ENERCON Externes Litzenspannverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

Beschreibung des Verfahrens  
Technische Angaben  
L7 EW – L15 EW

Anlage 12  
Seite 3 von 4

### Kontrolle auf unplanmäßiges Anliegen

An den Enden der Umlenkstellen und beim Austritt des Spanngliedes aus dem Bauwerk (Fest- und Spannankerbereiche) sind unplanmäßige Umlenkungen 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 Spanngliedes am Bauwerk ist unzulässig.

Dazu muss beim Austritt der Monolitzen aus dem Aufweitungsrohr des Fundamentes eine Prüflöhre (siehe Anlage 6 und 7) einführbar sein, um das freie Abheben der Monolitzen an der Fundamentoberkante zu dokumentieren.

Die Kontrolle des freien Abhebens des Spanngliedes am Austritt aus dem Bauwerk und an Umlenkstellen erfolgt nach dem Vorspannen. Ist das freie Abheben nicht der Fall, so ist das Spannglied auszubauen und die betreffenden Stellen sind nachzuarbeiten. Ob das ausgebaute Spannglied nochmals verwendet werden kann oder am Knick durch den Vorspannvorgang bereits unzulässig beschädigt wurde, ist im Einzelfall zu klären.

### Kontrolle der Vorspannkraft

Falls erforderlich kann eine Kontrolle der Vorspannkraft z.B. erfolgen, indem die Lochscheibe mit Hilfe einer Spannprese um etwa 1-2 mm von Ankerplatte/Mehrflächenanker abgehoben wird. Die dazu notwendige Spannkraft gilt als die aktuelle Spannkraft. Die Spannprese 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 (S) 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 von Ausführenden festzulegen und mit dem Bauherrn abzustimmen.

Alle beweglichen Ankerkomponenten werden ausgebaut. Im Aussparungsrohr des Spannankers ist die Korrosionsschutzmasse zu entfernen. 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.

ENERCON Externes Litzenspannverfahren TYP EW für Türme von Windenergieanlagen

Beschreibung des Verfahrens  
Technische Angaben  
L7 EW – L15 EW

Anlage 12  
Seite 4 von 4