

## 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: 24.09.2018      Geschäftszeichen:  
I 16-1.13.71-22/17

**Nummer:**  
**Z-13.71-170775**

**Antragsteller:**  
**ENERCON GmbH**  
Dreekamp 5  
26605 Aurich

**Geltungsdauer**  
vom: **24. September 2018**  
bis: **24. September 2023**

### Gegenstand dieses Bescheides:

**Anwendungsregeln für das ENERCON Litzenspannverfahren Typ i mit nachträglichem Verbund nach ETA 17/0775 vom 08.05.2018**

Der oben genannte Regelungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich genehmigt.  
Dieser Bescheid umfasst zehn Seiten und drei Anlagen.

DIBt

## I ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Mit der allgemeinen Bauartgenehmigung ist die 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 Anwender des Regelungsgegenstandes sind, unbeschadet weitergehender Regelungen in den "Besonderen Bestimmungen", Kopien dieses Bescheides zur Verfügung zu stellen. Zudem ist der Anwender des Regelungsgegenstandes darauf hinzuweisen, dass dieser Bescheid an der 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 im Genehmigungsverfahren zum Regelungsgegenstand gemachten Angaben und vorgelegten Dokumente. Eine Änderung dieser Genehmigungsgrundlagen 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 Anwendungsbereich

#### 1.1 Regelungsgegenstand

Diese allgemeine Bauartgenehmigung enthält Anwendungsregeln für das Litzenspannverfahren mit nachträglichem Verbund unter dem Handelsname "ENERCON-Litzenspannverfahren, Typ i" mit 7 bis 15 Litzen nach der Europäischen Technischen Bewertung ETA-17/0775 vom 8. Mai 2018. Diese allgemeine Bauartgenehmigung gilt grundsätzlich nur gemeinsam mit der genannten Europäischen Technischen Bewertung.

#### 1.2 Anwendungsbereich

Das durch ETA-17/0775 bewertete Litzenspannverfahren darf zur Vorspannung von Onshore-Spannbetonfertigteiltürmen für Windenergieanlagen (WEA) aus Normalbeton gemäß der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen verwendet werden. Die vorgespannten Türme bestehen aus einer unterschiedlichen Anzahl von Betonsegmenten.

Die Bemessung der Türme erfolgt nach der Richtlinie für Windenergieanlagen, DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA und den Regeln der Europäischen Technische Bewertung ETA-17/0775. Die Spannliedlänge beträgt maximal 120 m.

### 2 Bestimmungen für Planung, Bemessung und Ausführung

#### 2.1 Planung

##### 2.1.1 Spannstahl

Es dürfen nur zugelassene 7-drähtige Spannstahlitzen St 1570/1770 bzw. St 1660/1860 verwendet werden, die mit den folgenden Abmessungen allgemein bauaufsichtlich zugelassen sind.

##### Spannstahlitze $\varnothing$ 15,3 mm:

Litze: Nenndurchmesser  $d_p \approx 3 d_A = 15,3 \text{ mm}$  bzw. 0,6"  
Nennquerschnitt 140 mm<sup>2</sup>

Einzeldrähte: Außendrahtdurchmesser  $d_A$   
Kerndrahtdurchmesser  $d_K \geq 1,03 d_A$

##### Spannstahlitze $\varnothing$ 15,7 mm:

Litze: Nenndurchmesser  $d_p \approx 3 d_A = 15,7 \text{ mm}$  bzw. 0,62"  
Nennquerschnitt 150 mm<sup>2</sup>

Einzeldrähte: Außendrahtdurchmesser  $d_A$   
Kerndrahtdurchmesser  $d_K \geq 1,03 d_A$

Mit diesem Spannverfahren dürfen nur Spannstahlitzen mit sehr niedriger Relaxation vorgespannt werden. In einem Spannlied sind nur gleichsinnig verseilte Litzen derselben Festigkeit einzubauen. Um Verwechslungen zu vermeiden, dürfen auf einer Baustelle nur Spannstahlitzen einer Festigkeit zur Anwendung kommen.

##### 2.1.2 Wendel- und Zusatzbewehrung

Für gerippte Wendel und die Zusatzbewehrung ist gerippter Betonstahl B500B nach DIN 488-1 oder einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung anzubauen.

Die Zusatzbewehrung nach ETA-17/0775, Abschnitt 1.7 besteht aus geschlossenen Bügeln (Bügel nach DIN EN 1992-1-1/NA, Bild 8.5DE e) oder g) – die Bügelschlösser sind versetzt anzuordnen) oder einer gleichwertigen Bewehrung mit nach DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA, Abschnitt 8.4 verankerten Bewehrungsstäben.

Die zentrische Lage der Bügel ist durch Halterungen zu sichern.

### 2.1.3 Verankerungen

Die Verankerung am Turmkopf erfolgt auf einem umlaufenden Stahlring. Der Festanker (FS) – Spannglied L9 besteht aus der Lochscheibe, welche direkt auf dem Stahlring aufsitzt. Beim Festanker (FS) – Spannglied L7, L12 und L15 wird zwischen Lochscheibe und Stahlring eine Verpressplatte mit Nuten angeordnet. Der Stahlring überträgt die Ankerkräfte direkt in den Beton. Der Stahlring und die Kraffein- und Weiterleitung der Vorspannkkräfte in den Beton sind nicht Gegenstand der allgemeinen Bauartgenehmigung sondern im Rahmen der Tragwerksplanung nach den technischen Baubestimmungen nachzuweisen. Vorgegeben ist jedoch der Durchmesser der Bohrung im Stahlring zum Aufsetzen des Festankers FS (siehe Anlage 1).

### 2.1.4 Hüllrohre und Hüllrohrversatz bei der Montage

Für das Verfahren sind Hüllrohre aus Bandstahl nach DIN EN 523 nur in den Größen 60/67, 75/82 und 90/97 (Innendurchmesser/Außendurchmesser) zugelassen.

Der Hüllrohrversatz bei der Montage ist durch geeignete Maßnahmen auf 9 mm nach außen und 17 mm nach innen zu beschränken. Dies ist bei der Montage zu überwachen. Die Überwachung muss dokumentiert werden. Die beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegte Montageanweisung ist zu beachten.

### 2.1.5 Segmentfugenabdichtung

Die Abdichtung der Hüllrohrübergänge im Fugenbereich wird entsprechend Anlage 2 mit einer elastischen Kunststoffdichtung ausgeführt. Die Ausführung und das Material sind der Montageanweisung (hinterlegte Unterlagen) zu entnehmen.

### 2.1.6 Korrosionsschutz der freiliegenden oder nicht genügend mit Beton bedeckten 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.

### 2.1.7 Transport und Lagerung

Die Zubehörteile und die Spannglieder sind vor Feuchtigkeit und Verschmutzung zu schützen. Die Spannglieder sind von Bereichen fernzuhalten, in denen Schweißarbeiten durchgeführt werden.

DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 und DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA sowie die Angaben der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der verwendeten Spannsthallitzen sind zu beachten.

Für den kleinsten anwendbaren Krümmungsradius sind die Angaben der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der verwendeten Spannsthallitzen zu beachten.

## 2.2 Bemessung

### 2.2.1 Allgemeines

Für Entwurf und Bemessung von mit diesen Spanngliedern vorgespannten Bauteilen gilt DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA. Die Begrenzung der planmäßigen Vorspannkraft nach DIN EN 1992-1-1/NA, NCI Zu 5.10.2.1 ist zu beachten.

Zusätzlich gilt für die Planung und Bemessung von Windenergieanlagen die Richtlinie für Windenergieanlagen des Deutschen Instituts für Bautechnik.

## 2.2.2 Begrenzung der Vorspannkkräfte

(zu ETA-17/0775, Anhang B1 Abschnitt 2.2 sowie Anhang A2)

Am Spannende darf nach DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 5.10.2.1, Gleichung (5.41) die aufgebrauchte Höchstkraft  $P_{\max}$  die in den Tabellen 1 und 2 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, Gleichung (5.43) die in den Tabellen 1 und 2 aufgeführte Kraft  $P_{m0}(x) = 0,85 A_p f_{p0,1k}$  an keiner Stelle überschreiten.

Tabelle 1: Begrenzung der Vorspannkkräfte für Litzen mit  $A_p = 140 \text{ mm}^2$

Spannglied	Anzahl Litzen	Vorspannkraft St 1570/1770 $f_{p0,1k} = 1500 \text{ N/mm}^2$		Vorspannkraft St 1660/1860 $f_{p0,1k} = 1600 \text{ N/mm}^2$	
		$P_{m0}(x)$ [kN]	$P_{\max}$ [kN]	$P_{m0}(x)$ [kN]	$P_{\max}$ [kN]
L7	7	1250	1323	1333	1411
L9	9	1607	1701	1714	1814
L12	12	2142	2268	2285	2419
L15	15	2678	2835	2856	3024

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

Spannglied	Anzahl Litzen	Vorspannkraft St 1570/1770 $f_{p0,1k} = 1500 \text{ N/mm}^2$		Vorspannkraft St 1660/1860 $f_{p0,1k} = 1600 \text{ N/mm}^2$	
		$P_{m0}(x)$ [kN]	$P_{\max}$ [kN]	$P_{m0}(x)$ [kN]	$P_{\max}$ [kN]
L7	7	1339	1418	1428	1512
L9	9	1721	1823	1836	1944
L12	12	2295	2430	2448	2592
L15	15	2869	3038	3060	3240

Für das Überspannen gemäß ETA-17/0775 gilt DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 5.10.2.1 (2).

## 2.2.3 Verankerung

Der Stahlring am Turmkopf zur Auflagerung der Festanker (FS) ist nicht Bestandteil der allgemeinen Bauartgenehmigung. 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 (Stahlring und das die Last abnehmende Fertigteilstegsegment) ist für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit für den Fall der ungünstigen Wirkung der Vorspannkraft die 1,1-fache Nennbruchkraft des Spanngliedes als Beanspruchung (Design- bzw. Bemessungswert der Vorspannung  $F_{Ed} = 1,1 F_{pk}$  mit  $F_{pk}$  entsprechend ETA-17/0775, Anhang A2) anzusetzen. Die Durchmesser der Durchgangsbohrungen für die Spannglieder sind Anlage 1 zu entnehmen. Die Durchgangsbohrung und das anschließende Übergangsrohr sind senkrecht zum Festanker (FS) auszuführen (siehe Anlage 1). Die Verpressplatten müssen vollflächig und eben aufliegen.

## 2.2.4 Krümmungsradius der Spannglieder und Umlenkung der Spannglieder

Durch die in der beim DIBt hinterlegten Montageanweisung beschriebenen Methoden zum Setzen und Ausrichten der Segmente (Kunststoffformteil mit Hüllrohrfuß an den Segmentstößen entsprechend Anlage 2) wird sichergestellt, dass die maximalen Ablenkwinkel der Spannstahllitzen  $\alpha$  gemäß der europäischen technischen Bewertung ETA-17/0775 eingehalten sind.

Im Winkel  $\alpha$  sind Imperfektionen sowie Zusatzwinkel infolge Fugenversatz an Fertigteilstößen berücksichtigt.

An den Umlenkpunkten ist die Aufnahme der Umlenkkräfte durch das Bauteil statisch nachzuweisen.

### 2.2.5 Betonfestigkeit

(zu ETA-17/0775, Abschnitt 2.4, Anhang B1 und Anhänge A2 und A5)

Es ist Beton nach DIN EN 206-1 zu anzuwenden. Bei der Anwendung dieser Betone ist DIN 1045-2 zu beachten.

Zum Zeitpunkt der Eintragung der vollen Vorspannkraft muss der Normalbeton im Bereich der Verankerung eine Mindestfestigkeit von  $f_{cmj,cube}$  bzw.  $f_{cmj,cyl}$  entsprechend Tabelle 3 dieser allgemeinen Bauartgenehmigung und den Anhängen A2 und A5 von ETA-17/0775 aufweisen. Die Festigkeit ist durch mindestens drei Probekörper (Prüfzylinder oder Würfel mit 150 mm Kantenlänge), 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 3 wie folgt berechnet werden:

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

Tabelle 3: Prüfkörperfestigkeit  $f_{cmj}$

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

\*) L12 und L15 Spannlitzen

\*\*\*) L7 und L9 Spannlitzen

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 (siehe auch DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 5.10.2.2 (4)).

## 2.3 Ausführung

### 2.3.1 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", Fassung April 2006<sup>1</sup> für die Ausführung sinngemäß unter Berücksichtigung der jeweils eingeführten Technischen Baubestimmungen der Länder.

Für Fertigteile wird zusätzliche auf DIN 1045-4 verwiesen.

<sup>1</sup> Veröffentlicht in den DIBt-Mitteilungen 37 (2006), Heft 4

### 2.3.2 Beschreibung des Spannverfahrens

Die Hüllrohre sind im Fertigteil angeordnet und werden bei der Herstellung des Fertigteils in Ihrer Lage fixiert. Die Lagesicherheit der Fertigteile zueinander wird über die konstruktive Anordnung von Zentrierhilfsmitteln gewährleistet. An den Stoßstellen der Fertigteile kommen Formteile gemäß Anlage 2 zum Einsatz. Die Verankerung am Festanker erfolgt auf einem umlaufenden Stahlring am Turmkopf (Anlage 1). Die Spannglieder werden nach Abschluss der Turmherstellung von oben als Litzenbündel in den Turm abgelassen und auf dem umlaufenden Stahlring verankert. Zum Herstellen des nachträglichen Verbunds und zum Schutz der Spannstäbe gegen Korrosion wird das Hüllrohr nach dem Vorspannen von unten nach oben mit Einpressmörtel verpresst.

Anlage 3 und die beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegte Montageanweisung sind zu beachten.

### 2.3.3 Einbau der Spannglieder

Nach Abschluss der Turmherstellung werden die aufgetrommelten Spannglieder von oben als vorgefertigtes Litzenbündel in den Turm abgelassen und auf dem umlaufenden Stahlring verankert. Die Montage der Spannglieder erfolgt gemäß der Beschreibung in Anlage 3 sowie den beim DIBt hinterlegten Montageanweisungen.

### 2.3.4 Einpressen

(zu ETA-17/0775, Anhang B2, Abschnitt 3.6)

#### 2.3.4.1 Einpressmörtel und Einpressverfahren

Es ist Einpressmörtel nach DIN EN 447:1996-07 oder nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung anzuwenden. Für das Einpressverfahren gilt DIN EN 446:1996-07 bzw. die Zulassung. Die Anlagen zur Bauregelliste A Teil 1 sind zu beachten.

Das Einpressen hat nach den beim DIBt hinterlegten Montageanweisungen zu erfolgen. Die Länge des Einpressabschnitts ist bei annähernd gerader Spanngliedführung bis 120 m anwendbar.

Der Einpressmörtel wird über den Einpressstutzen der Stahlglocke oder des Mehrflächenankers am Spannanker von unten in den Spannkanal bis zum Festanker nach oben gepresst. Die verdrängte Luft und der Einpressmörtel können durch Verpressbohrungen der Lochscheibe bzw. durch Nuten in den Verpressplatten entweichen. Durch geeignete Maßnahmen und Materialwahl (siehe Montageanweisung, hinterlegte Unterlagen) ist sicherzustellen, dass sich keine Hohlräume innerhalb der Spanngliedlänge bilden können. Durch Nachkontrollen der Verpressung im Bereich der oberen Verankerung ist eine vollständige Verfüllung des gesamten Spannkanals sicherzustellen und zu dokumentieren.

Beim Verpressen ist an den Segmentfugen innen und außen zu überprüfen, ob Mörtel ausgetreten ist. Sollte Mörtel ausgetreten sein, muss dies dokumentiert werden und mit dem Planer und dem Inhaber der allgemeinen Bauartgenehmigung geklärt werden, wie sicherzustellen ist, dass das Spannglied komplett vermörtelt ist. Die beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegte Montageanweisung ist zu beachten. Die Maßnahmen sind mit dem Prüfenieur abzustimmen und vollständig zu dokumentieren.

#### 2.3.4.2 Wasserspülung

In der Regel sind die Spannglieder nicht mit Wasser zu spülen.

#### 2.3.4.3 Einpressgeschwindigkeiten

Die Einpressgeschwindigkeiten sollen im Bereich zwischen 3 m/min und 12 m/min liegen.

#### 2.3.4.4 Einpressabschnitte und Nachverpressungen

Die Länge eines Einpressabschnittes darf 120 m nicht überschreiten. Bei Überschreitung dieser Spanngliedlängen müssen zusätzliche Einpressöffnungen vorgesehen werden.

## Allgemeine Bauartgenehmigung

Nr. Z-13.71-170775

Seite 8 von 10 | 24. September 2018

Bei Spanngliedern mit ausgeprägten Hochpunkten sind zur Vermeidung von Fehlstellen besondere Nachverpressungen vorzunehmen. Für die Nachverpressungen sind Maßnahmen erforderlich<sup>2</sup>, die bereits bei der Planung berücksichtigt werden müssen.

### 2.3.4.5 Überwachung

Es ist eine Überwachung nach der "Richtlinie zur Überwachung des Herstellens und Einpressen von Zementmörtel in Spannkanäle"<sup>3</sup> durchzuführen.

## 2.3.5 Anforderungen und Verantwortlichkeiten

### 2.3.5.1 Inhaber der allgemeinen Bauartgenehmigung

(1) Der technische Bereich des Inhabers der allgemeinen Bauartgenehmigung 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.

(2) Der Inhaber der allgemeinen Bauartgenehmigung muss folgende Unterlagen in jeweils aktueller Fassung bereithalten:

(2.1) 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 in Bezug auf das Spannverfahren,
- Kontroll- und Ablagesystem.

(2.2) Allgemeine Verfahrensbeschreibung für die ausführende Spezialfirma, die mindestens folgendes umfasst:

- Aktuelle Fassung der ETA-17/0775 und dieser Bauartgenehmigung 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 Qualitätssicherungsplan<sup>4</sup>,
- Schulungsprogramm für das mit Vorspannarbeiten betraute Baustellenpersonal<sup>5</sup>.

(3) Kann der Inhaber der allgemeinen Bauartgenehmigung die an ihn gerichteten Anforderungen nicht erfüllen, gelten sie für den Hersteller. Der Inhaber der allgemeinen Bauartgenehmigung und der Hersteller dürfen auch eine Aufgabenteilung vereinbaren.

### 2.3.5.2 Hersteller

Der Hersteller ist dafür verantwortlich, dass alle erforderlichen Komponenten des Spannverfahrens in Übereinstimmung mit der geltenden ETA-17/0775 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.

<sup>2</sup> siehe Mitteilungen des Instituts für Bautechnik, Heft 6/1979 Zur Einpresstechnik bei Spanngliedern mit mehr als 1500 kN Spannkraft, Engelke, Jungwirth, Manns

<sup>3</sup> Veröffentlicht in den DIBt-Mitteilungen 33 (2002), Heft 3; erhältlich bei Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG

<sup>4</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>5</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



**2.3.5.3 Spezialfirma**

Für die Aufgaben und Verantwortlichkeiten der ausführenden Spezialfirma gelten die "DIBt-Grundsätze für die Anwendung von Spannverfahren", Fassung April 2006<sup>6</sup>.

Ausführende Spezialfirmen müssen für die Anwendung dieses Spannverfahrens durch den Inhaber der allgemeinen Bauartgenehmigung auf Grundlage der allgemeinen Verfahrensbeschreibung nach Abschnitt 2.3.4.1 umfassend geschult und autorisiert sein.

**2.3.6 Übereinstimmungserklärung**

Die bauausführende Firma 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.

Folgende Normen und Veröffentlichungen, sofern nicht anders angegeben, werden in der allgemeinen Bauartgenehmigung in Bezug genommen:

ETA-17/0775 vom 08.05.2018	ENERCON – Litzenspannverfahren, Typ i
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
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/A1:2014
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 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; Änderung A1
DIN 488-1:2009-08	Betonstahl - Teil 1: Sorten, Eigenschaften, Kennzeichen
DIN 1045-2:2008-08	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton, Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität - Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
DIN EN 206-1:2001-07	Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000
	in Verbindung mit:
DIN EN 206-1/A1:2004-10	Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000/A1:2004
DIN EN 206-1/A2:2005-09	Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000/A2:2005
DIN 1045-3:2012-03	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung Anwendungsregeln zu DIN EN 13670
DIN EN 446:1996-07	Einpreßmörtel für Spannglieder - Einpreßverfahren

<sup>6</sup> Veröffentlicht in den DIBt-"Mitteilungen" 37 (2006), Heft 4

**Allgemeine Bauartgenehmigung**

**Nr. Z-13.71-170775**

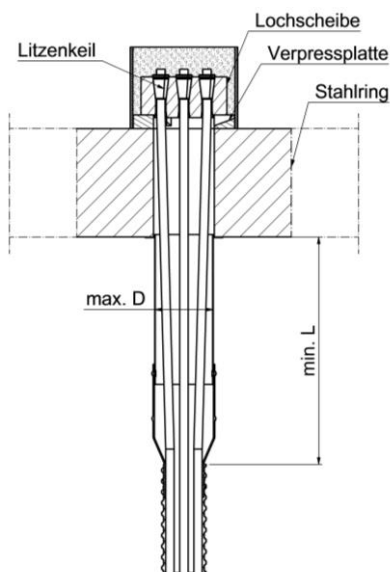
**Seite 10 von 10 | 24. September 2018**

DIN EN 447:1996-07	Einpreßmörtel für Spannglieder - Anforderungen für übliche Einpreßmörtel
DIN EN 523:2003-11	Hüllrohre aus Bandstahl für Spannglieder
DIN EN 13670: 2011-03	Ausführung von Tragwerken aus Beton; Deutsche Fassung EN 13670:2009
DAfStB-Heft 600:2012	Erläuterung zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA
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.

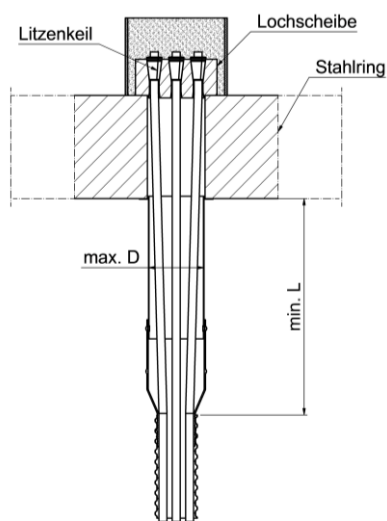
Dr.-Ing. Lars Eckfeldt  
Referatsleiter

Beglaubigt

### Festanker (FS) L7, L12 und L15



### Festanker (FS) L9



#### Abmessungen der Einzelteile der Verankerungen

Spanngliedbezeichnung	Einheit	L7	L9	L12	L15
Lochscheibe		entsprechend ETA-17/0775			
Stahlring / Verpressplatte Lochdurchmesser ØF	mm	93	113	131	150
Übergangsrohr					
Max. Durchmesser, außen	mm	93	113	131	150
Länge, min L	mm	≥ 455	≥ 615	≥ 420	≥ 551

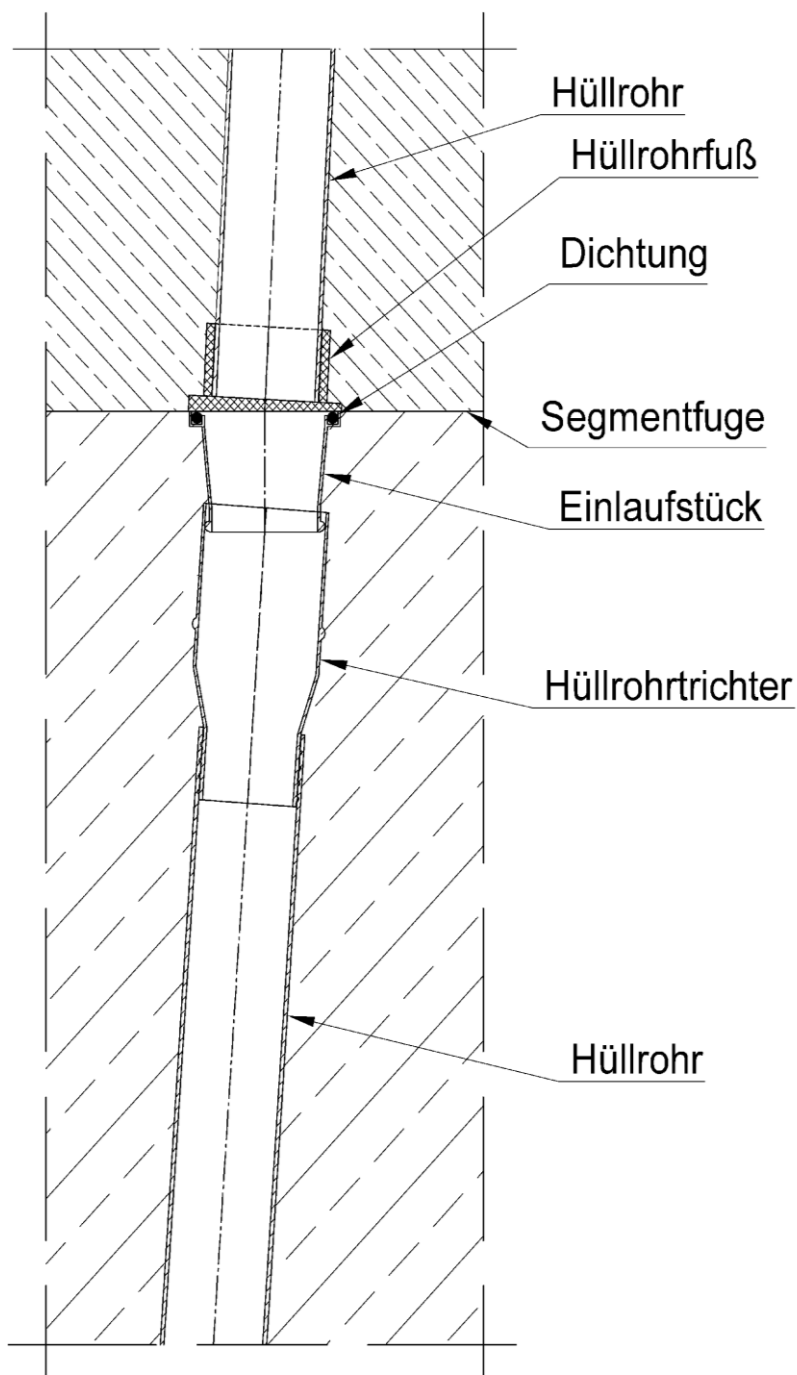
elektronische Kopie der ab des dibt: z-13.71-170775

Anwendungsregeln für das ENERCON Litzen Spannverfahren Typ i mit nachträglichem Verbund nach ETA 17/0775 vom 08.05.2018

Festanker (FS)  
 Technische Angaben  
 L7, L9, L12 und L15

Anlage 1

I



elektronische Kopie der Abz des DIBt: Z-13.71-170775

Anwendungsregeln für das ENERCON Lizenzspannverfahren Typ i mit nachträglichem Verbund nach ETA 17/0775 vom 08.05.2018

Fertigteilstöße der Betonsegmente  
Technische Angaben  
L7, L9, L12 und L15

Anlage 2

## Beschreibung des Spannverfahrens

### Anwendungsbereich

Das ENERCON Lizenzspannverfahren Typ i ist für die interne Vorspannung mit nachträglichem Verbund von Onshore-Betonfertigteiltürmen, entsprechend der Richtlinie für Windenergieanlagen (WEA) zugelassen. Der vorgespannte Betonturm besteht je nach Anlagentyp und Bauhöhe aus einer unterschiedlichen Anzahl von Betonfertigteilstegmenten oder aus Ortbeton. Die Spannglieder werden im Inneren des Betonquerschnitts geführt.

### Spannglieder, Herstellung und Transport

Für die Spannglieder werden 7-drähtige Spanndrahtlitzen mit einem Nenndurchmesser von 15,3 mm (Nennquerschnitt 140 mm<sup>2</sup>) oder mit einem Nenndurchmesser von 15,7 mm (Nennquerschnitt 150 mm<sup>2</sup>) verwendet. Als Stahlgüten kommen St 1570/1770 oder St 1660/1860 zur Anwendung. Die Verankerungen sind für beide Stahlgüten identisch.

Die Anzahl der Litzen in den Spanngliedern darf durch Fortlassen radialsymmetrisch in der Verankerung liegender Litzen vermindert werden. In die leeren Bohrungen sind kurze Litzenstücke mit Keilen einzupressen.

Die Litzen der Spannglieder werden ohne Abstandhalter in Hüllrohren zusammengefasst. Sie werden gemeinsam angespannt und danach einzeln mit Rundkeilen in der Lochscheibe verankert.

Die Herstellung mit den auf Länge geschnittenen Spannstahllitzen einschließlich der Montage des Festankers (FS) erfolgt im Werk oder unter werksmäßigen Bedingungen (entsprechend den hinterlegten Unterlagen) auf der Baustelle. Zur Auslieferung auf die Baustelle werden die vorgefertigten Spannglieder unter Beachtung des minimalen Krümmungsradius (siehe ETA-17/0775, Anhang B2 Abschnitt 3.7) einzeln oder zu mehreren auf Trommeln aufgerollt. Die Spannglieder werden durch Folie, Planen oder glw. vor direktem Feuchtigkeitzutritt geschützt.

### Hüllrohre und Spanngliedführung in den Betonbauteilen

Als Hüllrohre werden runde profilierte Falz- oder Wellrohre nach DIN EN 523:2003-11 verwendet, die bei Bedarf mittels Schraubmuffen verbunden werden können.

Die Hüllrohre werden in ihrer Lage und Stabilität fixiert, dadurch wird beim späteren Versetzen der Fertigteile die Genauigkeit der Hüllrohrübergänge von einem Fertigteil in das nächste gesichert. Die Lagesicherung der Fertigteile zueinander wird über die konstruktive Anordnung von Zentrierhilfsmittel gewährleistet.

An den Stoßstellen der Fertigteile wird oben im Fertigteil eine Aufweitung des Spannkanals durch ein Kunststoffformteil (Hüllrohrtrichter mit Einlaufstück) erreicht. Unten im Fertigteil wird ein Kunststoffhüllrohrfuß eingebaut, so dass die Spannstahllitzen im Knickbereich nicht an den Stahlhüllrohren anliegen. Die Abdichtung der Hüllrohrübergänge im Fugenbereich wird mit einer elastischen Kunststoffdichtung ausgeführt (siehe Anlage 2).

Anwendungsregeln für das ENERCON Lizenzspannverfahren Typ i mit nachträglichem Verbund nach ETA 17/0775 vom 08.05.2018

Beschreibung des Spannverfahrens  
L7, L9, L12 und L15

Anlage 3  
Seite 1/3

## Verankerungen

### Festanker (FS)

Der Festanker (FS) - Spannglied L9 besteht aus der Lochscheibe, welche direkt auf einem Stahlring des obersten Betonsegmentes der WEA aufsitzt. Beim Festanker (FS) - Spannglieder L7, L12 und L15 befindet sich zwischen Lochscheibe und Stahlring eine Verpressplatte. Die Lochscheiben L7, L12 und L15 haben keine Verpressbohrung, so dass durch die Verpressplatte eine vollständige Füllung der Spannglieder mit Einpressmörtel sichergestellt ist.

Die Lochscheibe hat je nach Spanngliedtyp 7 bis 15 konische Bohrungen, in denen die Litzen mit einem dreigeteilten Rundkeil verankert werden. Zur Verankerung der 150 mm<sup>2</sup> Litzen müssen Keile mit einem Aufdruck "0.62" verwendet werden. Die Keile werden werksseitig hydraulisch vorverkeilt.

Der Stahlring überträgt die Ankerkräfte direkt in den Beton. Der Stahlring, die Kraftein- und Weiterleitung der Vorspannkräfte in den Beton sind nicht Gegenstand der allgemeinen Bauartgenehmigung sondern sind im Rahmen der Tragwerksplanung nach den technischen Baubestimmungen zu bemessen. Vorgegeben ist jedoch der Durchmesser der Bohrung im Stahlring zum Aufsetzen des Festankers (siehe Anlage 1).

Über die Lochscheibe wird ein Einpressmörtelstutzen (HDPE) gesetzt. Dieser gewährleistet, dass beim Einpressvorgang durch Verpressbohrungen der Lochscheibe L9 bzw. durch Nuten in der Verpressplatte L7, L12 und L15 Einpressmörtel im Überschuss eingefüllt wird.

### Spannanker (S)

Der Spannanker (S) ist zweiteilig. Er besteht aus Ankerplatte oder Ankerkörper (Mehrfächenanker) und Lochscheibe. Im Verankerungsbereich wird das Hüllrohr durch ein im Durchmesser größeres Übergangsrohr ersetzt, in dem die Litzen um maximal 2,6° abgelenkt werden. Darauf folgt die Ankerplatte oder der Ankerkörper und Lochscheibe mit je nach Spanngliedtyp 7 bis 15 konischen Bohrungen, in denen die Litzen mit einem dreigeteilten Rundkeil verankert werden. Zur Verankerung der 150 mm<sup>2</sup> Litzen müssen Keile mit einem Aufdruck "0.62" verwendet werden.

Bei der Übertragung der Spannkraft auf den Beton entstehen Spaltzugkräfte, die von einer Wendel aus B500B aufgenommen werden. Zusätzlich wird eine Zusatzbewehrung eingelegt. Der Nachweis der außerhalb der Wendel auftretenden Kräfte infolge Spannkrafteinleitung ist im Rahmen der Tragwerksplanung nachzuweisen.

Für den Einpressvorgang wird auf die Lochscheibe eine temporäre Stahlglocke mit Einpressstutzen aufgeschraubt. Nach Erhärtung der Einpressmörtelplombe im Keilbereich wird die Stahlglocke bei Bedarf abgenommen, eine Kunststoffkappe über die Lochscheibe gesetzt und mittels Schlauchschelle befestigt. Die Seitenfläche der Lochscheibe wird vor dem Aufsetzen der Kunststoffkappe mit Korrosionsschutzmasse oder Korrosionsschutzbinde bestrichen bzw. umwickelt.

## Montage der Spannglieder

Nach Abschluss der Turmherstellung werden die aufgetrommelten Spannglieder von oben als vorgefertigtes Litzenbündel in den Turm abgelassen und auf dem umlaufenden Stahlring (Festanker FS) verankert. Innerhalb des Bauwerks werden die Spannglieder nahezu vertikal in den Hüllrohren ins Fundament zu den Spannankern geführt.

Anwendungsregeln für das ENERCON Litzenspannverfahren Typ i mit nachträglichem Verbund nach ETA 17/0775 vom 08.05.2018

Beschreibung des Spannverfahrens  
L7, L9, L12 und L15

Anlage 3  
Seite 2/3

### Vorspannen

Zum Vorspannen der Spannglieder werden ein hydraulisches Pumpenaggregat und eine Bündelspannpresse verwendet. Alle Litzen eines Spanngliedes werden gleichzeitig gefasst und angespannt. Bei geraden Spanngliedern kann alternativ eine Einzellitzenspannpresse 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  $0,1 P_{mo}(x)$  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.

### Einpressen

Zum Herstellen des nachträglichen Verbunds und zum Schutz der Spannstähle gegen Korrosion wird das Hüllrohr nach dem Vorspannen mit Einpressmörtel verpresst.

Der Einpressmörtel wird über den Einpressstutzen der Stahlglocke oder des Mehrflächenankers am Spannanker von unten in den Spannkanal gepresst. Durch die nahezu vertikale Anordnung der Hüllrohre wird der Einpressmörtel ohne zusätzliche Entlüftung bis zum Festanker nach oben gepresst. Die verdrängte Luft und der Einpressmörtel können durch Verpressbohrungen der Lochscheibe bzw. durch Nuten in den Verpressplatten entweichen.

Der erforderliche Einpressdruck richtet sich nach der Länge des Einpressabschnitts. Durch geeignete Maßnahmen und Materialwahl ist sicherzustellen, dass sich keine Hohlräume innerhalb der Spanngliedlänge bilden können. Durch Nachkontrollen der Verpressung im Bereich der oberen Verankerung ist eine vollständige Verfüllung des gesamten Spannkanals sicherzustellen und zu dokumentieren. (siehe Abschnitt 2.3.3 und hinterlegte Montageanweisung)

Die Einpressarbeiten werden entsprechend den gültigen Vorschriften ausgeführt. Der Zementmörtel ist nach DIN EN 447 unter zusätzlicher Beachtung von DIN EN 445 und DIN EN 446 herzustellen.

elektronische Kopie der abZ des dibt: z-13.71-170775

Anwendungsregeln für das ENERCON Litzenspannverfahren Typ i mit nachträglichem Verbund nach ETA 17/0775 vom 08.05.2018

Beschreibung des Spannverfahrens  
L7, L9, L12 und L15

Anlage 3  
Seite 3/3