

Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten

Bautechnisches Prüfamt

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



## Europäische Technische Bewertung

ETA-17/0775  
vom 8. Mai 2018

### Allgemeiner Teil

Technische Bewertungsstelle, die die Europäische Technische Bewertung ausstellt

Deutsches Institut für Bautechnik

Handelsname des Bauprodukts

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

Produktfamilie,  
zu der das Bauprodukt gehört

PAC 16, Spannsysteme (Litzenspannverfahren mit nachträglichem Verbund)

Hersteller

ENERCON GmbH  
Dreekamp 5  
26605 Aurich  
DEUTSCHLAND

Herstellungsbetrieb

Werk 1, D  
Werk 2, D  
Werk 3, TR

Diese Europäische Technische Bewertung enthält

26 Seiten, davon 19 Anhänge, die fester Bestandteil dieser Bewertung sind.

Diese Europäische Technische Bewertung wird ausgestellt gemäß der Verordnung (EU) Nr. 305/2011, auf der Grundlage von

EAD 160004-00-0301

Die Europäische Technische Bewertung wird von der Technischen Bewertungsstelle in ihrer Amtssprache ausgestellt. Übersetzungen dieser Europäischen Technischen Bewertung in andere Sprachen müssen dem Original vollständig entsprechen und müssen als solche gekennzeichnet sein.

Diese Europäische Technische Bewertung darf, auch bei elektronischer Übermittlung, nur vollständig und ungekürzt wiedergegeben werden. Nur mit schriftlicher Zustimmung der ausstellenden Technischen Bewertungsstelle kann eine teilweise Wiedergabe erfolgen. Jede teilweise Wiedergabe ist als solche zu kennzeichnen.

Die ausstellende Technische Bewertungsstelle kann diese Europäische Technische Bewertung widerrufen, insbesondere nach Unterrichtung durch die Kommission gemäß Artikel 25 Absatz 3 der Verordnung (EU) Nr. 305/2011.

## Besonderer Teil

### 1 Technische Beschreibung des Produkts

#### 1.1 Beschreibung des Bauprodukts

Die Europäische Technische Bewertung umfasst einen Bausatz zur Vorspannung von Tragwerken mit nachträglichem Verbund mit dem Handelsnamen:

##### **ENERCON-Litzenspannverfahren; Typ i**

bestehend aus 7 bis 15 Litzen mit einer Nenn-Zugfestigkeit von 1770 N/mm<sup>2</sup> oder 1860 N/mm<sup>2</sup> (Y1770S7 oder Y1860S7 nach prEN 10138-3:2009-08, Tabelle 4), Nenndurchmesser 15,3 mm (0,6" - 140 mm<sup>2</sup>) oder 15,7 mm (0,62" - 150 mm<sup>2</sup>) zur Verwendung in Normalbeton mit folgenden Ankern (Spann- und Festanker):

1. Spannanker Typ S und Festanker Typ F und Fe mit Ankerplatte und Lochscheibe für Spannglieder mit 7 und 9 Spannstahllitzen,
2. Spannanker Typ S und Festanker Typ F und Fe mit Mehrflächenanker und Lochscheibe für Spannglieder mit 12 und 15 Spannstahllitzen,

Weitere Bestandteile der vorliegenden Europäisch Technischen Bewertung sind:

3. Spaltzugbewehrung (Wendeln und Bügel),
4. Hüllrohre,
5. Korrosionsschutz.

Die Verankerung der Spannstahllitzen in den Lochscheiben erfolgt durch Keile.

Anhang A zeigt die Komponenten und den Systemaufbau des Produktes.

#### 1.2 Spannstahllitzen

Es werden nur 7-drähtige Spannstahllitzen verwendet, welche mit den nationalen Vorschriften sowie den in Tabelle 1 angegebenen Eigenschaften übereinstimmen:

Tabelle 1: Kennwerte der 7-drähtigen Spannstahllitzen

Kennwert	Symbol	Einheit	Wert	
Zugfestigkeit	R <sub>m</sub>	MPa	1770 oder 1860	

##### Litze

Nenndurchmesser	D	mm	15,3	15,7
Nennquerschnitt	A <sub>p</sub>	mm <sup>2</sup>	140	150
Nenngewicht	M	g/m	1093	1172

##### Einzeldrähte

Außendrahtdurchmesser	D	mm	5,0 ± 0,04	5,2 ± 0,04
Kerndrahtdurchmesser	d'	mm	1,02 bis 1,04 d	1,02 bis 1,04 d

Ein Spannglied besteht nur aus Litzen gleicher Durchmesser und gleicher Festigkeit. Weitere charakteristische Kennwerte der Spannstahllitzen sind in Anhang A6 zu finden.

### 1.3 Keile

Zur Verkeilung der Spannstahllitzen werden Keilen Typ 30, glatt oder gerändelt (siehe Anhang A3) eingesetzt. Die gerändelten Keile sind nur für vorverkeilte Festanker vorgesehen. Die Keilsegmente für Spannlitzen  $\varnothing$  15,7 mm sind mit "0,62" zu kennzeichnen.

### 1.4 Lochscheiben

Die Abmessungen der Lochscheiben müssen dem Anhang A2 entsprechen. Die konischen Bohrungen der Lochscheiben müssen sauber und rostfrei und mit einem Korrosionsschutzmittel versehen sein.

### 1.5 Ankerplatten

Für Spanglieder 7 und 9 Spannstahllitzen sind rechteckige Ankerplatten zu verwenden. Die lange Seite der Ankerplatte ist parallel zum größten Achs- oder Randabstand einzubauen (siehe Anhänge A2 und A 4).

### 1.6 Mehrflächenanker (Gussankerkörper)

Für Spanglieder mit 12 und 15 Spannstahllitzen sind Mehrflächenanker zu verwenden (siehe Anhang A4).

### 1.7 Wendel- und Bügelbewehrung

Die Stahlgüte und Abmessungen der Wendeln und der Bügel müssen mit den Angaben in den Anhängen übereinstimmen. Die zentrische Lage im Betonbauteil ist entsprechend Anhang B2, Abschnitt 3.3 sicherzustellen.

### 1.8 Hüllrohre

Es sind Hüllrohre entsprechend EN 523:2003 zu verwenden. Die Abmessungen der Hüllrohre müssen mit den im Anhang A2 angegebenen Werten übereinstimmen. Die Übergangsröhre an den Spann- und Festankern für Spanglieder L7 und L9 bestehen aus Stahl und für L12 und L15 bestehen aus 3,5 mm dickem PE-Material (siehe Anhänge A3 und A4). Im Bereich eines möglichen Kontakts zwischen Spannstahllitze und Stahlübergangsröhre (Krümmungsbereich) müssen PE-Röhre mit mindestens 4 mm Wanddicke und einer Länge von 120 mm eingebaut werden, um eine Berührung zwischen Spannstahllitze und dem Stahl zu vermeiden. Die PE-Röhre sind in der richtigen Position zu fixieren. Bei Verwendung von Trompeten aus Kunststoff mit einer Mindestdicke von 3,5 mm ist der Einbau des PE-Rohres nicht nötig. Es muss sichergestellt sein, dass an Ankern der Ablenkungswinkel der Spannstahllitzen maximal  $2,6^\circ$  beträgt (am Ende der Keile und im Krümmungsbereich zwischen Übergangs- und Hüllrohr).

### 1.9 Einpressmörtel

Es ist Einpressmörtel entsprechend EN 447:1996 zu verwenden.

## 2 Spezifizierung des Verwendungszwecks gemäß dem anwendbaren Europäischen Bewertungsdokument

Von den Leistungen in Abschnitt 3 kann nur ausgegangen werden, wenn das Spannverfahren entsprechend den Angaben und unter den Randbedingungen nach Anhang B verwendet wird.

### 2.1 Spezifizierung

Konkrete Angaben zum Einbau und zur Verwendung sind in den Anhängen B1 und B2 angegeben.

### 2.2 Nutzungsdauer

Die Prüf- und Bewertungsmethoden, die dieser ETA zu Grunde liegen, führen zur Annahme einer Nutzungsdauer des Spannverfahrens von mindestens 100 Jahren. Die Angaben zur Nutzungsdauer können nicht als Garantie des Herstellers ausgelegt werden, sondern sind lediglich ein Hilfsmittel zur Auswahl der richtigen Produkte im Hinblick auf die erwartete wirtschaftlich angemessene Nutzungsdauer des Bauwerks.

**3 Leistung des Produktes und Angabe der Methoden ihrer Bewertung**

No.	Wesentliches Merkmal	Leistung
<b>BWR 1: Mechanische Festigkeit und Standsicherheit</b>		
1	Widerstand gegenüber statischer Last	Das Akzeptanzkriterium nach EAD 160004-00-03-01 Abschnitt 2.2.1 ist erfüllt, siehe Anhang B
2	Widerstand gegenüber Ermüdung	Das Akzeptanzkriterium nach EAD 160004-00-03-01 Abschnitt 2.2.2 ist erfüllt, siehe Anhang B
3	Lastübertragung auf das Tragwerk	Das Akzeptanzkriterium nach EAD 160004-00-03-01 Abschnitt 2.2.3 ist erfüllt, siehe Anhang B
4	Reibungsbeiwert	Das Akzeptanzkriterium nach EAD 160004-00-03-01 Abschnitt 2.2.4 ist erfüllt, siehe Anhang C
5	Umlenkung / Verformung (Begrenzungen) für interne Spannverfahren mit und ohne Verbund	Das Akzeptanzkriterium nach EAD 160004-00-03-01 Abschnitt 2.2.5 ist erfüllt, siehe Anhang B
6	Umlenkung / Verformung (Begrenzungen) für externe Spannverfahren	Keine Leistung bestimmt
7	Ausführbarkeit / Zuverlässigkeit der Ausführung	Das Akzeptanzkriterium nach EAD 160004-00-03-01 Abschnitt 2.2.7 ist erfüllt
8	Widerstand gegenüber statischer Last unter Tieftemperaturanwendungen mit Verankerung oder Kopplung außerhalb der Kältezone	Keine Leistung bestimmt
9	Widerstand gegenüber statischer Last unter Tieftemperaturanwendungen mit Verankerung oder Kopplung innerhalb der Kältezone	Keine Leistung bestimmt
10	Material-, Komponenten- und Systemeigenschaften von Kunststoffhüllrohren	Keine Leistung bestimmt

**Leistung des Produktes und Angabe der Methoden ihrer Bewertung - Fortsetzung**

11	Material-, Komponenten- und Systemeigenschaften von Kunststoffhüllrohren für gekapselte Spannglieder	Keine Leistung bestimmt
12	Material-, Komponenten- und Systemeigenschaften von Kunststoffhüllrohren für elektrisch isolierte Spannglieder	Keine Leistung bestimmt
13	Korrosionsschutz	Keine Leistung bestimmt
Monolitzen, Grundmaterial für die Ummantelung		
14	Schmelzindex	Keine Leistung bestimmt
15	Dichte	Keine Leistung bestimmt
16	Rußgehalt	Keine Leistung bestimmt
17	Zugfestigkeit	Keine Leistung bestimmt
18	Dehnung	Keine Leistung bestimmt
19	Thermische Stabilität	Keine Leistung bestimmt
Monolitzen, gefertigte Ummantelung		
20	Zugfestigkeit	Keine Leistung bestimmt
21	Dehnung	Keine Leistung bestimmt
22	Ummantelungsoberfläche	Keine Leistung bestimmt
23	Umgebungsbeeinflusste Spannungsrissbildung	Keine Leistung bestimmt
24	Temperaturbeständigkeit	Keine Leistung bestimmt
25	Beständigkeit gegen von außen wirkende Einflüsse (Mineralöl, Säuren, Basen, Lösungsmittel und Salzwasser)	Keine Leistung bestimmt
26	Minstdicke der Ummantelung	Keine Leistung bestimmt
Monolitzen, gefertigte Monolitze		
27	Außendurchmesser	Keine Leistung bestimmt
28	Metergewicht der Ummantelung	Keine Leistung bestimmt
29	Metergewicht der enthaltenen Korrosionsschutzmasse	Keine Leistung bestimmt
30	Fertigungsbedingte Tropfpunktänderung der Korrosionsschutzmasse	Keine Leistung bestimmt

**Leistung des Produktes und Angabe der Methoden ihrer Bewertung - Fortsetzung**

31	Fertigungsbedingte Änderung der Ölabscheidung der Korrosionsschutzmasse	Keine Leistung bestimmt
32	Stoßfestigkeit	Keine Leistung bestimmt
33	Reibung zwischen Ummantelung und Litze	Keine Leistung bestimmt
34	Dichtheit	Keine Leistung bestimmt
<b>BWR 2: Sicherheit im Brandfall</b>		
35	Feuerwiderstand	Keine Leistung bestimmt
<b>BWR 3: Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz</b>		
36	Freisetzung von gefährlichen Substanzen	Keine Leistung bestimmt

**4 Angewandtes System zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit mit der Angabe der Rechtsgrundlage**

Gemäß des Europäischen Bewertungsdokuments EAD Nr. 160004-00-0301 gilt folgende Rechtsgrundlage: 98/465/EG  
Folgendes System ist anzuwenden: 1+

**5 Für die Durchführung des Systems zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit erforderliche technische Einzelheiten gemäß anwendbarem Europäischen Bewertungsdokument**

Technische Einzelheiten, die für die Durchführung des Systems zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit notwendig sind, sind Bestandteil des Prüf- und Überwachungsplans, der beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt ist.

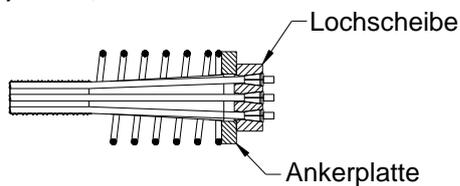
Ausgestellt in Berlin am 8. Mai 2018 vom Deutschen Institut für Bautechnik

BD Dipl.-Ing. Andreas Kummerow  
Abteilungsleiter

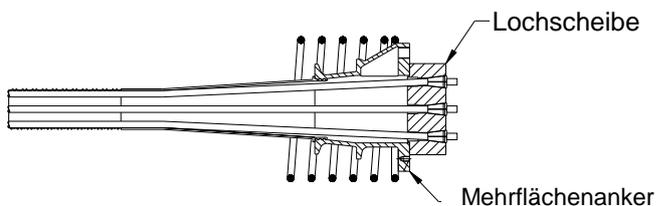
Beglaubigt

## ÜBERSICHT VERANKERUNGEN

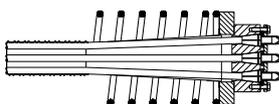
### 1. Spannanker (S) und Festanker (F) L7, L9



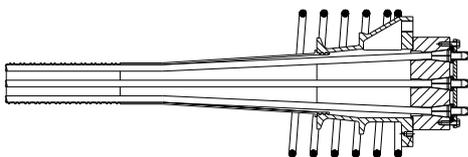
### 2. Spannanker (S) und Festanker (F) L12, L15



### 3. Festanker (Fe) L7, L9



### 4. Festanker (Fe) L12, L15



**TECHNISCHE ANGABEN**  
**Spannstahlgüte: Y1770S7**  
**Verankerungen (S), (F), (Fe)**

Spanngliedbezeichnung		L 7	L 9	L 12	L 15
<b>Lochbild</b>					
<b>Anzahl der Litzen</b>	n	7	9	12	15
<b>150mm<sup>2</sup> : Querschnitt A<sub>p</sub></b>	mm <sup>2</sup>	1050	1350	1800	2250
<b>150mm<sup>2</sup> : Gewicht</b>	kg/m	8.20	10.55	14.06	17.58
<b>150mm<sup>2</sup> : F<sub>pk</sub></b>	kN	1859	2390	3186	3983
<b>150mm<sup>2</sup> : P<sub>0max</sub> = 0.90 · f<sub>p0,1k</sub> · A<sub>p</sub> *</b>	kN	1436	1847	2462	3078
<b>150mm<sup>2</sup> : P<sub>m0(x)</sub> = 0.85 · f<sub>p0,1k</sub> · A<sub>p</sub> *</b>	kN	1357	1744	2326	2907
<b>140mm<sup>2</sup> : Querschnitt A<sub>p</sub></b>	mm <sup>2</sup>	980	1260	1680	2100
<b>140mm<sup>2</sup> : Gewicht</b>	kg/m	7.65	9.84	13,12	16,40
<b>140mm<sup>2</sup> : F<sub>pk</sub></b>	kN	1735	2230	2974	3717
<b>140mm<sup>2</sup> : P<sub>0max</sub> = 0.90 · f<sub>p0,1k</sub> · A<sub>p</sub> *</b>	kN	1341	1724	2298	2873
<b>140mm<sup>2</sup> : P<sub>m0(x)</sub> = 0.85 · f<sub>p0,1k</sub> · A<sub>p</sub> *</b>	kN	1266	1628	2171	2713
<b>Winkel der ungewollten Umlenkung k</b>	°/m	0.3	0.3	0.3	0.3
Bei Unterstützungsabstand max	m	1.80	1.80	1.80	1.80
Reibungsbeiwert μ	-	0.20 / 0.20 / 0.19	0.20 / 0.20 / 0.19	0.19/0.19/0.19	0.20/0.20 / 0.19
<b>Reibungsverluste</b>					
Spannanker Δ P <sub>p</sub> S	%	1.1	1.0	0.8	0.8
<b>Hüllrohrdurchmesser</b>					
innen	mm	55/60/65	65/70/75	75/80/90	80/85/90
außen	mm	61/67/72	72/77/82	82/87/97	87/92/97
<b>Exzentrizität, 150mm<sup>2</sup></b>	mm	5.7/9.0/12.1	8.4/12.1/15.4	10.3/13.9/20,2	9.0/12.4/15.8
<b>Exzentrizität, 140mm<sup>2</sup></b>	mm	7.2/10.4/14.2	10.5/13.9/17.1	11.7/14.9/21.1	10.1/14.0/17.7
<b>Litzenüberstände **</b>	cm	71	82	80	80
<b>Verankerungen ( S ), ( F ), ( Fe )</b>					
<b>mindest. Achs- / Randabstand *** , ****</b>					
f <sub>cmj,cube</sub> = 28/30 N/mm <sup>2</sup> *****	mm	325 x 285	370 x 325	405/225	450/245
f <sub>cmj,cube</sub> = 34 N/mm <sup>2</sup>	mm	305 x 270	345 x 305	370/205	415/230
f <sub>cmj,cube</sub> = 40 N/mm <sup>2</sup>	mm	280 x 245	320 x 275	340/190	380/210
f <sub>cmj,cube</sub> = 45 N/mm <sup>2</sup>	mm	260 x 230	295 x 265	325/185	360/200

\* basierend auf f<sub>p0,1k</sub> = 1520 N/mm<sup>2</sup> (Grade Y1770S7)

\*\* Zum Ansetzen der Spannpresse ab Vorderkante Lochscheibe

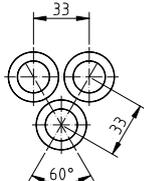
\*\*\* Die Verankerungsabstände können in einer Richtung auf 85 % der Tabellenwerte reduziert werden, wenn sie gleichzeitig in der anderen Richtung entsprechend vergrößert werden.

\*\*\*\* Minimale Randabstand: Achsabstand /2+20 mm

\*\*\*\*\* f<sub>cmj,cube</sub> ≥ 30 N/mm<sup>2</sup> gilt für L7 und L9 / f<sub>cmj,cube</sub> ≥ 28 N/mm<sup>2</sup> gilt für L12 und L15

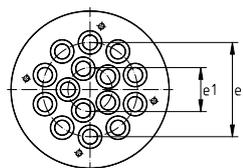
**Lochbild L 12**

Konen sind auf Geraden zu einem Raster angeordnet.



**L 7; 9; 15**

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



Beispiel: L15

ENERCON - Litzenstanzverfahren, Typ i

**Produktbeschreibung**  
Technische Angaben L7 – L15  
Spannstahlgüte: Y1770S7

Anhang A2  
Seit 1 von 2

**TECHNISCHE ANGABEN**  
**Spannstahlgüte Y1860S7**  
**Verankerungen (S), (F), (Fe)**

Spanngliedbezeichnung	Unit	L 7	L 9	L 12	L 15
<b>Lochbild</b>					
<b>Anzahl der Litzen</b>	n	7	9	12	15
<b>150mm<sup>2</sup> : Querschnitt A<sub>p</sub></b>	mm <sup>2</sup>	1050	1350	1800	2250
<b>150mm<sup>2</sup> : Gewicht</b>	kg/m	8.20	10.55	14.06	17.58
<b>150mm<sup>2</sup> : F<sub>pk</sub></b>	kN	1953	2511	3348	4185
<b>150mm<sup>2</sup> : P<sub>0max</sub> = 0.90 · f<sub>p0,1k</sub> · A<sub>p</sub> *</b>	kN	1512	1944	2592	3240
<b>150mm<sup>2</sup> : P<sub>m0(x)</sub> = 0.85 · f<sub>p0,1k</sub> · A<sub>p</sub> *</b>	kN	1428	1836	2448	3060
<b>140mm<sup>2</sup> : Querschnitt A<sub>p</sub></b>	mm <sup>2</sup>	980	1260	1680	2100
<b>140mm<sup>2</sup> : Gewicht</b>	kg/m	7.65	9.84	13.12	16.40
<b>140mm<sup>2</sup> : F<sub>pk</sub></b>	kN	1823	2344	3125	3906
<b>140mm<sup>2</sup> : P<sub>0max</sub> = 0.90 · f<sub>p0,1k</sub> · A<sub>p</sub> *</b>	kN	1411	1814	2419	3024
<b>140mm<sup>2</sup> : P<sub>m0(x)</sub> = 0.85 · f<sub>p0,1k</sub> · A<sub>p</sub> *</b>	kN	1333	1714	2285	2856
<b>Winkel der ungewollten Umlenkung k</b>	°/m	0.3	0.3	0.3	0.3
Bei Unterstützungsabstand max	m	1.80	1.80	1.80	1.80
Reibungsbeiwert μ	-	0.20 / 0.20 / 0.19	0.20 / 0.20 / 0.19	0.19 / 0.19 / 0.19	0.20 / 0.20 / 0.19
<b>Reibungsverluste</b>					
Spannanker Δ P <sub>pS</sub>	%	1.1	1.0	0.8	0.8
<b>Hüllrohrdurchmesser</b>					
innen	mm	55/60/65	65/70/75	75/80/90	80/85/90
außen	mm	61/67/72	72/77/82	82/87/97	87/92/97
<b>Exzentrizität, 150mm<sup>2</sup></b>	mm	5.7/9.0/12.1	8.4/12.1/15.4	10.3/13.9/20,2	9,0/12.4/15.8
<b>Exzentrizität, 140mm<sup>2</sup></b>	mm	7.2/10.4/14.2	10.5/13.9/17.1	11.7/14.9/21,1	10,1/14.0/17.7
<b>Litzenüberstände **</b>	cm	71	82	80	80
<b>Verankerungen ( S ), ( F ), ( Fe )</b>					
<b>mindest. Achs- / Randabstand *** , ****</b>					
f <sub>cmj,cube</sub> = 28/30 N/mm <sup>2</sup> *****	mm	325 x 285	370 x 325	405/225	450/245
f <sub>cmj,cube</sub> = 34 N/mm <sup>2</sup>	mm	305 x 270	345 x 305	370/205	415 /230
f <sub>cmj,cube</sub> = 40 N/mm <sup>2</sup>	mm	280 x 245	320 x 275	340/190	380/210
f <sub>cmj,cube</sub> = 45 N/mm <sup>2</sup>	mm	260 x 230	295 x 265	325/185	360/200

\* basierend auf f<sub>p0,1k</sub> = 1600 N/mm<sup>2</sup> (Grade Y1860S7)

\*\* Zum Ansetzen der Spannpresse ab Vorderkante Lochscheibe

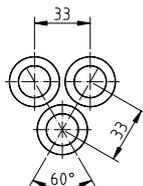
\*\*\* Die Verankerungsabstände können in einer Richtung auf 85 % der Tabellenwerte reduziert werden, wenn sie gleichzeitig in der anderen Richtung entsprechend vergrößert werden.

\*\*\*\* Minimale Randabstand: Achsabstand /2+20 mm

\*\*\*\*\* f<sub>cmj,cube</sub> ≥ 30 N/mm<sup>2</sup> gilt für L7 und L9 / f<sub>cmj,cube</sub> ≥ 28 N/mm<sup>2</sup> gilt für L12 und L15

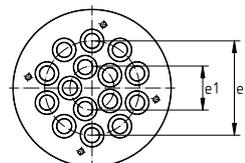
**Lochbild L 12**

Konen sind auf Geraden zu einem Raster angeordnet.



**L 7; 9; 15**

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



Beispiel: L15

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Produktbeschreibung**  
Technische Angaben L7 – L15  
Spannstahlgüte: Y1860S7

Anhang A2  
Seite 2 von 2

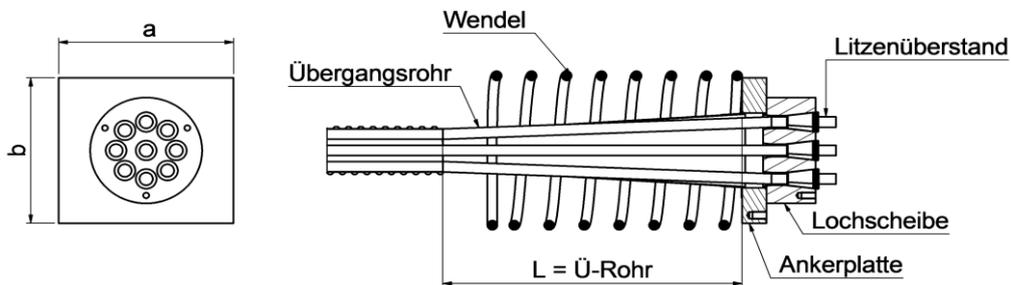
**DARSTELLUNG DER KEILVERANKERUNGSTYPEN**

**SPANNANKER (S)  
FESTANKER (F), (Fe)**

Spannanker (S) mit Ankerplatte und Lochscheibe  
Zugänglicher Festanker (F) mit Ankerplatte und Lochscheibe

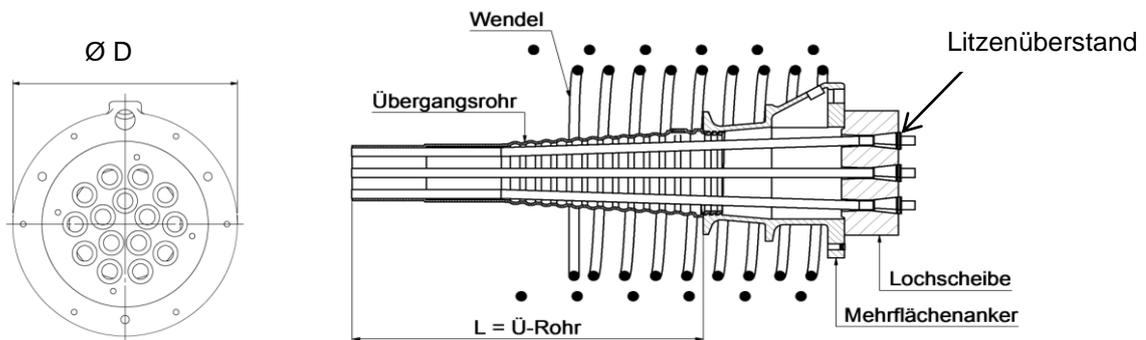
Beim einbetonierten Festanker (Fe) wird die Lochscheibe an der Ankerplatte angeheftet oder angeschraubt, die Keile werden abgedichtet und mit einer Sicherungsscheibe im Konus festgehalten. Der Keilbereich des einbetonierten Festankers (Fe) ist mit Korrosionsschutzmasse zu füllen und mit einer mit Korrosionsschutzmasse gefüllten Abdeckkappe zu versehen.

**L 7, L 9**



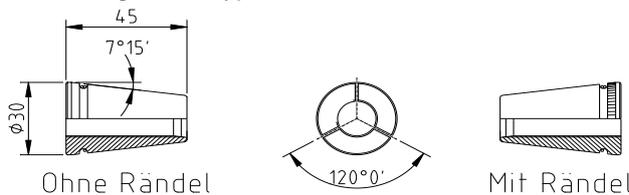
Spannanker und Festanker mit rechteckiger Ankerplatte a x b und Lochscheibe

**L 12, L 15**



Spannanker und Festanker mit Mehrflächenanker ØD und Lochscheibe

Verankerungskeile Typ 30



Bei vorverkeiltten Festankern sind wahlweise gerändelte Keile verwendbar

Keilsätze für die Verankerung der 150 mm<sup>2</sup> Litze "0,62" tragen an der Oberseite den Aufdruck 0,62

elektronische kopie der eta des dibt: eta-17/0775

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Produktbeschreibung**  
Darstellung der Keilverankerung

Anhang A3

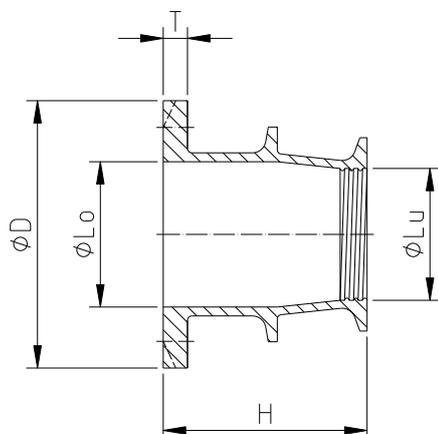
## ABMESSUNGEN DER EINZELTEILE

Spanngliedbezeichnung	Einheit	L7	L9	L12	L15
<b>Ankerplatte</b>					
Seitenlänge a	mm	215	250		
Seitenlänge b	mm	190	220		
Dicke T	mm	35	35		
Lochdurchmesser	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>Lochscheiben</b>					
Durchmesser D	mm	132	160	180	200
Dicke T	mm	75	75	80	82
Absatz A	mm	89	109	127	146
Lochkreis e1	mm	66	86	*Raster	56
Lochkreis e2	mm				120
<b>Übergangsrohr</b>					
Max. Durchmesser, außen	mm	91	111	131	147
Länge	mm	≥247	≥417	≥500	≥553

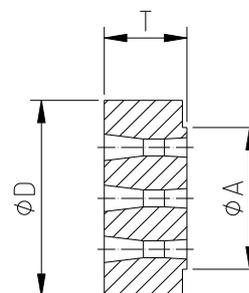
\* Raster nach Anhang A2

Ankerplatte siehe Anhang A3

**Mehrflächenanker**



**Lochscheibe**



ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Produktbeschreibung**  
Abmessung der Verankerungszubehörteile

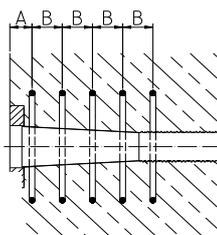
Anhang A4

## WENDEL UND ZUSATZBEWEHRUNG (BÜGEL)

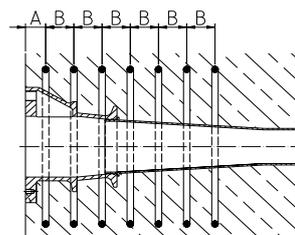
Spanngliedbezeichnung	Einheit	L7	L9	L12	L15
<b>Wendel*</b>					
<b>Stab Durchmesser</b>					
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^{2**}$	mm	14	14	14	14
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$	mm	14	14	14	16
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$	mm	14	14	14	14
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$	mm	14	14	14	14
<b>Außendurchmesser</b>					
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^{2**}$	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>					
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^{2**}$	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>Ganghöhe</b>					
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^{2**}$	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>					
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^{2**}$	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>					
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^{2**}$	mm	Anz. x Ø	Anz. x Ø	Anz. x Ø	Anz. x Ø
$f_{cmj,cube} \geq 34 \text{ N/mm}^2$	mm	4 Ø14	5 Ø14	6 Ø12	5 Ø14
$f_{cmj,cube} \geq 40 \text{ N/mm}^2$	mm	5 Ø12	5 Ø14	6 Ø14	8 Ø14
$f_{cmj,cube} \geq 45 \text{ N/mm}^2$	mm	5 Ø12	5 Ø14	5 Ø16	6 Ø16
	mm	4 Ø12	6 Ø12	5 Ø16	6 Ø16
<b>Anordnung hinter Ankerplatte bzw. Mehrflächenanker</b>					
		A/B	A/B	A/B	A/B
$f_{cmj,cube} \geq 28/30 \text{ N/mm}^{2**}$	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

\* Nennmaße, Toleranzen beim DIBt hinterlegt

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



L7, L9



L12, L15

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Produktbeschreibung**  
Wendel und Zusatzbewehrung

Anhang A5

### ABMESSUNGEN UND EIGENSCHAFTEN VON 7-DRÄHTIGEN SPANNSTAHLLITZEN

Bezeichnung	Symbol	Einh.	Wert	
Zugfestigkeit	$R_m/f_{pk}$	MPa	1770 oder 1860	
Litze				
Nenn Durchmesser	D	mm	15,3	15,7
Nennquerschnittsfläche	$A_p$	mm <sup>2</sup>	140	150
Nenngewicht	M	g/m	1093	1172
Oberflächenbeschaffenheit	-	-	glatt	
0,1% Dehngrenze	$f_{p0,1k}$	MPa	1520 oder 1600*	
0,2% Dehngrenze	$f_{p0,2}$	MPa	1570 oder 1660	
E-Modul	E	MPa	≈ 195.000	
Einzeldrähte				
Außendrahtdurchmesser	d	mm	$5,0 \pm 0,04$	$5,2 \pm 0,04$
Kerndrahtdurchmesser	d'	mm	1,02 bis 1,04 d	1,02 bis 1,04 d

\* Wenn am Ort der Verwendung zulässig, können Litzen mit höherer Festigkeit eingesetzt werden, jedoch nicht höher als  $f_{p0,1k} = 1560$  MPa (Y1770S7) bzw. 1640 MPa (Y1860S7).

So lange prEN 10138-3:2009 nicht eingeführt wurde, sind 7-drähtige Spannstahllitzen mit Übereinstimmung zu den nationalen Bestimmungen und den charakteristischen Werten in der obigen Tabelle zu verwenden.

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Produktbeschreibung**  
Abmessungen und Eigenschaften der 7-drähtigen Spannstahllitzen

Anhang A6

## 1 Verwendung

Das Spannverfahren ist zur Vorspannung von Spannbetonbauteilen aus Normalbeton mit nachträglichem Verbund vorgesehen.

Um Verwechslungen zu vermeiden, sollen auf einer Baustelle nur Spannstahllitzen eines Nenndurchmessers verwendet werden. Wenn Spannstahllitzen mit  $R_m = 1860$  MPa auf der Baustelle vorgesehen sind, sind dort ausschließlich diese zu verwenden.

Optionale Nutzungskategorien sind nicht vorgesehen. Die Bauteile sind gemäß den nationalen Regeln zu bemessen.

## 2 Nachweisverfahren

### 2.1 Allgemeines

Die tragenden Teile, die mit dem ENERCON-Litzenspannverfahren vorgespannt werden, sind in Übereinstimmung mit den nationalen Regelungen zu bemessen.

### 2.2 Spannglieder

Vorspann- und Überspannkräfte sind in den jeweiligen nationalen Bestimmungen angegeben.

Die auf ein Spannglied aufgebrachte Höchstkraft  $P_{max}$  darf die angegebene Kraft  $P_{max} = 0,9 A_p f_{p0,1k}$  nicht überschreiten (siehe Tabelle B 1 (140 mm<sup>2</sup>) bzw. Tabelle B 2 (150 mm<sup>2</sup>) für  $f_{p0,1k} = 1520$  N/mm<sup>2</sup> bzw. 1600 N/mm<sup>2</sup>). Die Vorspannkraft  $P_{m0}(x)$ , die unmittelbar nach dem Spannen und Verankern auf den Beton aufgebracht wird, darf den angegebenen Wert  $P_{m0}(x) = 0,85 A_p f_{p0,1k}$  nicht überschreiten (siehe Tabelle B 1 (140 mm<sup>2</sup>) bzw. Tabelle B 2 (150 mm<sup>2</sup>) für  $f_{p0,1k} = 1520$  N/mm<sup>2</sup> bzw. 1600 N/mm<sup>2</sup>).

Tabelle B 1: Maximale Vorspannkräfte<sup>1</sup> für Spannglieder mit  $A_p = 140$  mm<sup>2</sup>

Bezeichnung des Spannglieds	Anzahl Litzen	Querschnittsfläche $A_p$ [mm <sup>2</sup> ]	Vorspannkraft Y1770 S7 $f_{p0,1k} = 1520$ N/mm <sup>2</sup>		Vorspannkraft Y1860 S7 $f_{p0,1k} = 1600$ N/mm <sup>2</sup>	
			$P_{m0}(x)$ [kN]	$P_{max}$ [kN]	$P_{m0}(x)$ [kN]	$P_{max}$ [kN]
L7	7	980	1266	1341	1333	1411
L9	9	1260	1628	1724	1714	1814
L12	12	1680	2171	2298	2285	2419
L15	15	2100	2713	2873	2856	3024

<sup>1</sup> Die in Tabellen B 1 bis B 3 angegebenen Kräfte sind Höchstwerte basierend auf  $f_{p0,1k} = 1520$  N/mm<sup>2</sup> bzw. 1600 N/mm<sup>2</sup>. Die tatsächlich zu verwendenden Vorspannkräfte sind den am Ort der Verwendung geltenden nationalen Regeln zu entnehmen. Wenn am Ort der Verwendung zulässig, können auch Spannstahllitzen mit höheren charakteristischen Streckgrenzen eingesetzt werden, aber mit maximal  $f_{p0,1k} = 1560$  N/mm<sup>2</sup> (Y1770 S7) bzw. 1640 N/mm<sup>2</sup> (Y1860 S7). In diesem Fall dürfen die Vorspannkräfte der Tabellen B 1 bis B 3 vergrößert werden durch Multiplikation mit dem Faktor ( $f_{p0,1k}/1520$ ) bzw. ( $f_{p0,1k}/1600$ ).

Die Einhaltung des Stabilisierungs- und Rissbreitenkriteriums wurde im Lastübertragungsversuch auf einer Laststufe von  $0,80 \cdot F_{pk}$  nachgewiesen.

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Verwendungszweck**  
Verwendung und Nachweisverfahren

Anhang B1  
Seite 1 von 3

Tabelle B 2: Maximale Vorspannkraft<sup>1</sup> für Spannglieder mit  $A_p = 150 \text{ mm}^2$

Bezeichnung des Spannglieds	Anzahl Litzen	Querschnittsfläche $A_p$ [mm <sup>2</sup> ]	Vorspannkraft Y1770 S7 $f_{p0,1k} = 1520 \text{ N/mm}^2$		Vorspannkraft Y1860 S7 $f_{p0,1k} = 1600 \text{ N/mm}^2$	
			$P_{m0}(x)$ [kN]	$P_{max}$ [kN]	$P_{m0}(x)$ [kN]	$P_{max}$ [kN]
L7	7	1050	1357	1436	1428	1512
L9	9	1350	1744	1847	1836	1944
L12	12	1800	2326	2462	2448	2592
L15	15	2250	2907	3078	3060	3240

Die Anzahl der Litzen in den Spanngliedern darf durch Fortlassen radialsymmetrisch in der Verankerung liegender Litzen vermindert werden (um maximal vier Litzen). Die Bestimmungen für Spannglieder mit vollbesetzten Verankerungen (Grundtypen) gelten auch für Spannglieder mit teilbesetzten Verankerungen. In die leeren Bohrungen der Lochscheibe sind kurze Litzenstücke mit Keilen einzupressen, damit ein Herausrutschen verhindert wird. Die zulässige Vorspannkraft ist je fortgelassener Litze zu vermindern wie in Tabelle B 3 aufgeführt.

Tabelle B 3: Verminderung der Vorspannkraft<sup>1</sup> bei Weglassen einer Litze

$A_p$	Y1770 S7		Y1860 S7	
	$\Delta P_{m0}(x)$ [kN]	$\Delta P_{max}$ [kN]	$\Delta P_{m0}(x)$ [kN]	$\Delta P_{max}$ [kN]
140 mm <sup>2</sup>	181	192	190	201
150 mm <sup>2</sup>	194	205	204	216

Weitere Kennwerte der Spannglieder (Gewicht je Meter, charakteristische Spanngliedkraft  $F_{pk}$ ) sind im Anhang A2 zu finden.

### 2.3 Krümmungsradius der Spannglieder im Bauteil

Die kleinsten zulässigen Krümmungsradien sind Anhang B 3, Abschnitt 4.2. zu entnehmen.

### 2.4 Betonfestigkeit

Es ist Beton nach EN 206-1:2001, EN 206-1/A1:2004 und EN 206-1/A2:2005 zu verwenden.

Zum Zeitpunkt der Eintragung der vollen Vorspannkraft muss die mittlere Betondruckfestigkeit des Normalbetons  $f_{cmj,cube}$  oder  $f_{cmj,cyl}$  im Verankerungsbereich mindestens die Werte nach Tabelle B 4 aufweisen. Die mittlere Betondruckfestigkeit ist durch Prüfungen an mindestens drei Prüfkörpern (Würfel mit 150 mm Kantenlänge oder Zylinder mit 150 mm Durchmesser und 300 mm Höhe) nachzuweisen, welche unter den gleichen Bedingungen wie das Betonbauteil zu lagern sind und deren drei Einzelwerte nicht mehr als 5 % voneinander abweichen dürfen.

Tabelle B 4: Erforderliche mittlere Betondruckfestigkeit  $f_{cmj}$  der Prüfkörper zum Zeitpunkt der Vorspannung

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

\*) 12 und 15 Spannstahllitzen

\*\*) 7 und 9 Spannstahllitzen

Bei Teilvorspannung mit 30 % der vollen Vorspannkraft muss ein Mindestwert der Betondruckfestigkeit von 0,5  $f_{cmj,cube}$  oder 0,5  $f_{cmj,cyl}$  nachgewiesen werden; Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Verwendungszweck**  
Verwendung und Nachweisverfahren

Anhang B1  
Seite 2 von 3

## 2.5 Achs- und Randabstände der Spanngliedverankerungen, Betondeckung

Die Achs- und Randabstände der Spannglieder dürfen die in den Anhängen angegebenen Werte in Abhängigkeit der Mindestbetondruckfestigkeit nicht unterschreiten. Bei Verwendung der Verankerungen L7 und L9 ist die lange Seite der Ankerplatte (Seitenlänge  $a$  nach Anhang A4) parallel zur langen Betonseite (maximaler Achsabstand) einzubauen.

Die in den Anhängen angegebenen Achs- und Randabstände der Verankerungen dürfen in einer Richtung um bis zu 15 % reduziert werden, jedoch nicht auf einen kleineren Wert als die äußeren Abmessungen der Zusatzbewehrung (Bügel oder Außendurchmesser der Wendel, Anhang A5). Die Achs- und Randabstände in der anderen Richtung sind dann zur Beibehaltung der Betonflächengleichheit im Verankerungsbereich zu vergrößern.

## 2.6 Bewehrung im Verankerungsbereich

Die Leistung der Verankerungen (einschließlich Bewehrung) für die Übertragung der Spannkkräfte auf den Bauwerksbeton ist durch Versuche zu bestimmen. Die Aufnahme der im Bauwerksbeton auftretenden Kräfte im Verankerungsbereich außerhalb (hinter) der Wendel ist rechnerisch nachzuweisen. Hier ist eine ausreichende Querbewehrung insbesondere für die auftretenden Querkkräfte vorzusehen (in den Anhängen nicht dargestellt).

Die Stahlsorten und Abmessungen der Zusatzbewehrung (Bügel) sind den Anhängen zu entnehmen. Diese Bewehrung darf nicht auf die statisch erforderliche Bewehrung angerechnet werden. Über die statisch erforderliche Bewehrung hinaus in entsprechender Lage vorhandene Bewehrung darf jedoch auf die erforderliche Zusatzbewehrung angerechnet werden. Die Zusatzbewehrung besteht aus geschlossenen Bügeln (schließen der Bügel mit Winkelhaken oder Haken oder einer gleichwertigen Methode). Die Bügelschlösser (Winkelhaken oder Haken) sind versetzt anzuordnen.

Im Verankerungsbereich sind vertikal verlaufende Rüttelgassen vorzusehen, um ein einwandfreies Einbringen des Betons zu gewährleisten. Sollte in Ausnahmefällen<sup>2</sup> - infolge eines hohen Bewehrungsgehaltes - die Wendel oder der Beton nicht einwandfrei eingebaut werden können, so darf die Wendel durch eine gleichwertige Bewehrung ersetzt werden.

## 2.7 Schlupf an den Verankerungen

Der Schlupf an den Verankerungen (siehe Anhang B2, Abschnitt 3.4) ist in der statischen Berechnung und der Ermittlung der Spannwege zu berücksichtigen.

## 2.8 Nachweis gegen Ermüdung

Mit den Ermüdungsversuchen, die entsprechend EAD 160004-00-0301 durchgeführt wurden, wurde eine Spannungsschwingbreite der Spannstahlilitzen von  $80 \text{ N/mm}^2$  bei einer Oberspannung von  $0,65 f_{pk}$  bei  $2 \times 10^6$  Lastzyklen nachgewiesen.

<sup>2</sup> Dies erfordert eine Zustimmung im Einzelfall entsprechend den nationalen Regelungen und Verwaltungsvorschriften.

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Verwendungszweck**  
Verwendung und Nachweisverfahren

Anhang B1  
Seite 3 von 3

### 3 Einbau

#### 3.1 Allgemeines

Der Zusammenbau der Spannglieder kann auf der Baustelle oder im Herstellwerk (vorfertigte Spannglieder) erfolgen. Der Zusammenbau und Einbau der Spannglieder darf nur von qualifizierten und für die Vorspannung spezialisierten Unternehmen durchgeführt werden, die die erforderliche Sachkenntnis und Erfahrung mit diesem ENERCON-Spannverfahren haben. CWA 14646:2003 ist zu beachten.

Der vom Unternehmen eingesetzte Bauleiter muss eine vom Hersteller ausgestellte Bescheinigung besitzen, dass er vom Hersteller eingewiesen wurde und die erforderliche Sachkenntnis und Erfahrung mit dem Vorspannsystem aufweist. Auf der Baustelle geltende Normen und Regelungen müssen berücksichtigt werden.

Der Hersteller ist dafür verantwortlich, alle Beteiligten über die Anwendung des ENERCON-Vorspannsystems zu informieren. Ergänzende technische Unterlagen müssen beim Hersteller verfügbar sein und bei Bedarf ausgehändigt werden.

Mit den Spanngliedern und deren Zubehörteilen ist sorgsam umzugehen.

#### 3.2 Schweißen

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

- Schweißen der Endgänge der Wendel zu einem geschlossenen Ring.
- Zur Sicherstellung der zentrischen Lage darf die Wendel an der Ankerplatte oder dem Mehrflächenanker mittels Schweißung angeheftet werden.

Nach dem Einbau der Spannstahlritzen in die Hüllrohre sind an den Verankerungen keine Schweißarbeiten mehr vorzunehmen.

#### 3.3 Einbau des Spannglieds

Die zentrische Lage der Wendel oder der Bügel ist mittels Schweißung an die Ankerplatte oder den Mehrflächenanker oder durch Halterungen sicherzustellen. Die Ankerplatte oder der Mehrflächenanker und die Lochscheibe müssen senkrecht zur Spanngliedachse liegen.

Das Spannglied ist innerhalb des ersten Meters nach der Verankerung geradlinig zu verlegen.

Die PE-Rohre sind in der richtigen Position zu fixieren und die Länge der Übergangsrohre muss den richtigen Ablenkungswinkel der Spannstahlritzen gewährleisten (siehe Abs. 1.8 der Europäischen Technischen Bewertung).

Die Verbindung zwischen Übergangsrohr und Hüllrohr ist sorgfältig mit Klebeband zu umwickeln, um ein Eindringen von Beton zu verhindern.

#### 3.4 Verkeilkraft, Verankerungsschlupf, Keilsicherung und Korrosionsschutzmasse

Wenn die rechnerische Spannkraft  $0,7 P_{m0}(x)$  unterschreitet oder gerändelte Keile Typ 30 verwendet werden, sind die Keile der Festanker mit  $1,1 P_{m0}(x)$  vorzuverkeilen (siehe Anhang B1, Abschnitt 2.2).

Ohne Vorverkeilung ist bei der Bestimmung der Längenänderung ein Schlupf innerhalb der Verankerung von 4 mm beim Festanker zu berücksichtigen. Bei einer hydraulischen Vorverkeilung mit  $1,1 P_{m0}(x)$  braucht kein Schlupf für die Bestimmung der Längenänderung berücksichtigt zu werden.

Die Keile aller Verankerungen (Festanker), die während des Spannens nicht mehr zugänglich sind, müssen mit Sicherungsscheiben und Schrauben gesichert werden. Der Keilbereich der einbetonierten Festanker ist mit Korrosionsschutzmasse zu füllen (Denso-Jet, Vaseline FC 284 oder Nontribos MP-2) und mit einer mit Korrosionsschutzmasse gefüllten Abdeckkappe zu versehen (siehe Anhang A3). Die Korrosionsschutzmassen sind von den Herstellern beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt.

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Verwendungszweck**  
Einbau

Anhang B2  
Seite 1 von 2

Die Keile der Spannanker sind nach dem Spannen mit mindestens  $0,1 P_{m0}(x)$  vorzuverkeilen. In diesem Fall beträgt der Schlupf 3 mm. Werden die Keile nicht eingedrückt, beträgt der Schlupf 6 mm (zum Halten der Keile wird eine Resetscheibe verwendet).

### 3.5 Aufbringen der Vorspannung

Vor Aufbringen der Vorspannung muss die mittlere Mindestbetondruckfestigkeit mit den in Anhang B1 Abschnitt 2.4 angegebenen Werten übereinstimmen.

Ein Nachspannen der Spannglieder verbunden mit dem Lösen der Keile und unter Wiederverwendung der Keile ist unter Berücksichtigung der Nebenbedingungen möglich. Die beim vorausgegangenen Anspannen sich ergebenden Klemmstellen auf der Litze müssen nach dem Nachspannen und dem Verankern um mindestens 15 mm in den Keilen nach außen verschoben liegen.

Die kleinste gerade Länge zum Spannen hinter den Verankerungen (Litzenüberstand) ist im Anhang A2 angegeben. Alle Spannstahllitzen eines Spannglieds sind gleichzeitig zu spannen. Dies kann mit zentral gesteuerten Einzelpressen oder mit einer Sammelpresse geschehen.

### 3.6 Einpressen

#### 3.6.1 Einpressmörtel und Einpressvorgang

Es ist Einpressmörtel entsprechend Abschnitt 1.9 der Europäischen Technischen Bewertung zu verwenden. Der Einpressvorgang ist entsprechend EN 446:1996 auszuführen.

#### 3.6.2 Wasserspülung

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

#### 3.6.3 Einpressgeschwindigkeit

Die Einpressgeschwindigkeit soll im Bereich zwischen 3m/min und 12m/min liegen.

#### 3.6.4 Einpressabschnitte und Nachpressen

Die Länge eines Einpressabschnittes darf 120 m nicht überschreiten. Wenn diese Spanngliedlängen überschritten werden, sind zusätzliche Einpressöffnungen vorzusehen. Bei Spanngliedern mit ausgeprägten Hochpunkten sind zur Vermeidung von Fehlstellen Nachverpressungen vorzunehmen. Für die Nachverpressung sind Maßnahmen erforderlich, die bereits bei der Planung berücksichtigt werden müssen.

#### 3.6.5 Überwachung

Es ist eine Überwachung entsprechend EN 446:1996 durchzuführen.

### 3.7 Verpackung, 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.

Für den Transport und die Handhabung der Spannstahllitzen sind die Vorschriften des Herstellers der Spannstahllitzen zu beachten.

Während des Transports beträgt der kleinste zulässige Krümmungsdurchmesser für Spannglieder im Hüllrohr und ohne Hüllrohr 1,65 m.

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Verwendungszweck**  
Einbau

Anhang B2  
Seite 2 von 2

## 4 Beschreibung des BBV Litzenspannverfahrens

### 4.1 Spannglieder

Für die Spannglieder werden 7-drähtige Spanndrahtlitzen mit einem Nenndurchmesser von 0.6" (15,3 mm) und einem Nennquerschnitt von 140 mm<sup>2</sup> oder mit einem Nenndurchmesser von 0.62" (15,7 mm) und einem Nennquerschnitt von 150 mm<sup>2</sup> verwendet. Als Stahlsorten kommen Y1770S7 oder Y1860S7 zur Anwendung. Die Verankerungen sind für beide Stahlsorten identisch.

Tabelle B 5: Die Litzen werden zu folgenden Spanngliedern und Spannkraften zusammengefasst:

Spannstahlgüte		Y1770	Y1770	Y1860	Y1860
Nenndurchmesser		0,60"	0,62"	0,60"	0,62"
Spanngliedtyp	Anzahl der Litzen	P <sub>m0</sub> (x) [kN]	P <sub>m0</sub> (x) [kN]	P <sub>m0</sub> (x) [kN]	P <sub>m0</sub> (x) [kN]
L7	7	1266	1357	1333	1428
L9	9	1628	1744	1714	1836
L12	12	2171	2326	2285	2448
L15	15	2713	2907	2856	3060

Basierend auf  $f_{p0,1k} = 1520 \text{ N/mm}^2$  (Sorte Y1770), bzw.  $1600 \text{ N/mm}^2$  (Sorte Y1860)

$$P_{m0}(x) = 0,85 \times f_{p0,1k} \times A_p$$

Die Anzahl der Litzen in den Spanngliedern darf durch Fortlassen radialsymmetrisch in der Verankerung liegender Litzen vermindert werden (siehe Anhang B1, Abschnitt 2.2, Tabelle B3).

Die Litzen der Spannglieder werden ohne Abstandhalter in einem Hüllrohr zusammengefasst. Sie werden gemeinsam angespannt und danach einzeln mit Keilen in den Lochscheiben verankert.

Als Hüllrohre werden runde profilierte Wellrohre nach EN 523 verwendet, die mittels Schraubmuffen verbunden werden. Alle Anschlüsse werden sorgfältig mit PVC Dichtband abgedichtet.

### 4.2 Krümmungsradius der Spannglieder im Bauteil

Der minimale zulässige Krümmungsradius der Spannglieder mit kreisrundem Hüllrohr ist nach EAD 160004-00-0301 in Abhängigkeit von der Spannstahllitzenfestigkeit, dem Litzenquerschnitt und dem Hüllrohrdurchmesser in den Tabellen B 6 bis B 11 angegeben (am Ort der Verwendung muss geprüft werden, ob diese zulässig sind).

$$R_{\min} = \frac{2 \cdot F_{pm0} \cdot d_{\text{strand}}}{P_{R,\max} \cdot d_{\text{duct},i}} \geq 2,50 \text{ m} \quad (1)$$

Dabei sind:

$R_{\min}$  minimaler zulässiger Krümmungsradius in [m]

$F_{pm0}$   $F_{pm0} = P_{m0}(x) = 0.85 A_p f_{p0,1k}$  nach Anhang B1, Abschnitt 2.2 in [kN]

$d_{\text{strand}}$  Litzendurchmesser in [mm]

$P_{R,\max}$  maximal zulässige Pressung unter einer Litze in [kN/m] (= 130, 150 oder 230 kN/m)

$d_{\text{duc},i}$  Hüllrohrinnendurchmesser in [mm]

$R_{\min}$  ist mit einer Genauigkeit von 0,1 m anzugeben (es ist aufzurunden).

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Verwendungszweck**  
Beschreibung des Spannverfahrens

Anhang B3  
Seite 1 von 4

Tabelle B 6: Minimale Krümmungsradius<sup>3</sup> für Litzen Y1770S7 mit  $A_p = 140$  und  $150 \text{ mm}^2$  und mit einer maximalen zulässigen Pressung  $p_{R,max} = 130 \text{ kN/m}$

Spannglied	Krümmungsradius $R_{min}$ [m] (Hüllrohrinnendurchmesser $d_{duc,i}$ [mm])					
	$A_p = 140 \text{ mm}^2$			$A_p = 150 \text{ mm}^2$		
L7	5,50 (55)	5,00 (60)	4,60 (65)	6,00 (55)	5,50 (60)	5,10 (65)
L9	5,90 (65)	5,50 (70)	5,20 (75)	6,50 (65)	6,10 (70)	5,70 (75)
L12	6,90 (75)	6,40 (80)	5,70 (90)	7,50 (75)	7,10 (80)	6,30 (90)
L15	8,00 (80)	7,60 (85)	7,10 (90)	8,80 (80)	8,30 (85)	7,90 (90)

Tabelle B 7: Minimale Krümmungsradius<sup>3</sup> für Litzen Y1770S7 mit  $A_p = 140$  und  $150 \text{ mm}^2$  und mit einer maximalen zulässigen Pressung  $p_{R,max} = 150 \text{ kN/m}$

Spannglied	Krümmungsradius $R_{min}$ [m] (Hüllrohrinnendurchmesser $d_{duc,i}$ [mm])					
	$A_p = 140 \text{ mm}^2$			$A_p = 150 \text{ mm}^2$		
L7	4,70 (55)	4,40 (60)	4,00 (65)	5,20 (55)	4,80 (60)	4,40 (65)
L9	5,20 (65)	4,80 (70)	4,50 (75)	5,70 (65)	5,30 (70)	4,90 (75)
L12	6,00 (75)	5,60 (80)	5,00 (90)	6,50 (75)	6,10 (80)	5,50 (90)
L15	7,00 (80)	6,60 (85)	6,20 (90)	7,70 (80)	7,20 (85)	6,80 (90)

Tabelle B 8: Minimale Krümmungsradius<sup>3</sup> für Litzen Y1770S7 mit  $A_p = 140$  und  $150 \text{ mm}^2$  und mit einer maximalen zulässigen Pressung  $p_{R,max} = 230 \text{ kN/m}$

Spannglied	Krümmungsradius $R_{min}$ [m] (Hüllrohrinnendurchmesser $d_{duc,i}$ [mm])					
	$A_p = 140 \text{ mm}^2$			$A_p = 150 \text{ mm}^2$		
L7	3,10 (55)	2,90 (60)	2,60 (65)	3,40 (55)	3,10 (60)	2,90 (65)
L9	3,40 (65)	3,10 (70)	2,90 (75)	3,70 (65)	3,50 (70)	3,20 (75)
L12	3,90 (75)	3,70 (80)	3,30 (90)	4,30 (75)	4,00 (80)	3,60 (90)
L15	4,60 (80)	4,30 (85)	4,10 (90)	5,00 (80)	4,70 (85)	4,50 (90)

Tabelle B 9: Minimale Krümmungsradius<sup>3</sup> für Litzen Y1860S7 mit  $A_p = 140$  und  $150 \text{ mm}^2$  und mit einer maximalen zulässigen Pressung  $p_{R,max} = 130 \text{ kN/m}$

Spannglied	Krümmungsradius $R_{min}$ [m] (Hüllrohrinnendurchmesser $d_{duc,i}$ [mm])					
	$A_p = 140 \text{ mm}^2$			$A_p = 150 \text{ mm}^2$		
L7	5,80 (55)	5,30 (60)	4,90 (65)	6,30 (55)	5,80 (60)	5,40 (65)
L9	6,30 (65)	5,80 (70)	5,40 (75)	6,90 (65)	6,40 (70)	6,00 (75)
L12	7,20 (75)	6,80 (80)	6,00 (90)	7,90 (75)	7,40 (80)	6,60 (90)
L15	8,50 (80)	8,00 (85)	7,50 (90)	9,30 (80)	8,70 (85)	8,30 (90)

<sup>3</sup> Die angegebenen kleinsten zulässigen Krümmungsradien basieren auf den maximalen Vorspannkräften  $P_{max}$  gemäß Tabellen B 1 und B 2. Wenn es am Ort der Verwendung zulässig ist und wenn Spannstahlitzen mit höheren charakteristischen Streckgrenzen genommen werden, sind die angegebenen Krümmungsradien durch Multiplikation mit dem Faktor  $(f_{p0,1k}/1520)$  bzw.  $(f_{p0,1k}/1600)$  zu vergrößern und auf volle 0,1 m aufzurunden. Siehe auch Anhang B1, Abschnitt 2.2 und Fußnote 1.

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Verwendungszweck**  
Beschreibung des Spannverfahrens

Anhang B3  
Seite 2 von 4

Tabelle B 10: Minimale Krümmungsradius<sup>3</sup> für Litzen Y1860S7 mit  $A_p = 140$  und  $150 \text{ mm}^2$  und mit einer maximalen zulässigen Pressung  $p_{R,max} = 150 \text{ kN/m}$

Spannglied	Krümmungsradius $R_{min}$ [m] (Hüllrohrinnendurchmesser $d_{duc,i}$ [mm])					
	$A_p = 140 \text{ mm}^2$			$A_p = 150 \text{ mm}^2$		
L7	5,00 (55)	4,60 (60)	4,20 (65)	5,50 (55)	5,00 (60)	4,60 (65)
L9	5,40 (65)	5,00 (70)	4,70 (75)	6,00 (65)	5,50 (70)	5,20 (75)
L12	6,30 (75)	5,90 (80)	5,20 (90)	6,90 (75)	6,50 (80)	5,70 (90)
L15	7,30 (80)	6,90 (85)	6,50 (90)	8,10 (80)	7,60 (85)	7,20 (90)

Tabelle B 11: Minimale Krümmungsradius<sup>3</sup> für Litzen Y1860S7 mit  $A_p = 140$  und  $150 \text{ mm}^2$  und mit einer maximalen zulässigen Pressung  $p_{R,max} = 230 \text{ kN/m}$

Spannglied	Krümmungsradius $R_{min}$ [m] (Hüllrohrinnendurchmesser $d_{duc,i}$ [mm])					
	$A_p = 140 \text{ mm}^2$			$A_p = 150 \text{ mm}^2$		
L7	3,30 (55)	3,00 (60)	2,80 (65)	3,60 (55)	3,30 (60)	3,00 (65)
L9	3,60 (65)	3,30 (70)	3,10 (75)	3,90 (65)	3,60 (70)	3,40 (75)
L12	4,10 (75)	3,80 (80)	3,40 (90)	4,50 (75)	4,20 (80)	3,80 (90)
L15	4,80 (80)	4,50 (85)	4,30 (90)	5,30 (80)	5,00 (85)	4,70 (90)

## 5 Verankerungen

Der Verankerung mit Ankerplatte oder Mehrflächenanker (Gussankerkörper) und Lochscheibe wird üblicherweise als Spannanker oder zugänglicher Festanker eingesetzt. Sie kann aber auch mit an die Ankerplatte/Mehrflächenanker befestigter Lochscheibe und Abdichtung als einbetonierter Festanker eingesetzt werden. Im Verankerungsbereich wird das Hüllrohr durch ein im Durchmesser größeres Übergangsrohr (PE oder Stahl) ersetzt, in dem die Litzen um maximal  $2,6^\circ$  (siehe Abschnitt 1.8 der Europäischen Technischen Bewertung) abgelenkt werden können. Wird ein Stahlübergangsrohr verwendet, muss dieses mit einem PE-Innenrohr ausgeführt werden. Darauf folgt die Ankerplatte/der Mehrflächenanker und die Lochscheibe mit je nach Spanngliedgröße 7, 9, 12 oder 15 konischen Bohrungen, in denen die Litzen mit einem dreiteiligen runden Keil verankert werden. Zur Verankerung der Litzen mit dem Durchmesser  $0,62''$  müssen Keile mit einem Aufdruck „0,62“ an der Oberseite verwendet werden. Die Keile von einbetonierten Festankern werden abgedichtet und mit einer Sicherungsscheibe festgehalten.

Die Spaltzugkräfte, die durch die Übertragung der Spannkraft auf den Beton entstehen, werden von der Wendel aus Rippenstahl aufgenommen. Außerdem ist eine Zusatzbewehrung aus geraden Stäben oder Bügeln erforderlich. Der Keilschlupf am Festanker ohne Vorverkeilung beträgt 4 mm.

Beim Spannanker ist ein Schlupf von 3 mm vorhanden (siehe Anhang B2, Abschnitt 3.4).

## 6 Spannen

Zum Spannen der Spannglieder werden ein hydraulisches Pumpenaggregat und eine Spezialpresse verwendet. Es werden alle Litzen eines Spanngliedes angespannt. Stufenweises Vorspannen und Umsetzen der Presse ist ohne Weiteres möglich. Nach dem Spannen werden die Rundkeile durch eine vorgeschaltete Verkeilpresse verkeilt. Beim Ablassen der Spannkraft entsteht ein Keilschlupf von ca. 3 mm.

Bei geraden Spanngliedern können die Litzen auch mit einer Einzellitzenspannpresse vorgespannt werden.

## 7 Einpressen

Zum Herstellen des nachträglichen Verbundes und zum Schutz der Spannstahlitzen gegen Korrosion wird das Hüllrohr nach dem Vorspannen mit Einpressmörtel verpresst. Das Verpressen erfolgt durch eine Verpresskappe oder durch Einpressröhrchen.

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Verwendungszweck**  
Beschreibung des Spannverfahrens

Anhang B3  
Seite 3 von 4

Die Entlüftung der Spannkänäle erfolgt an den Enden der Spannglieder durch angebrachte Entlüftungsrohre oder Verpresskappen. Bei langen Spanngliedern sind aufgesetzte Zwischenöffnungen erforderlich. Die Einpressarbeiten müssen entsprechend den geltenden Vorschriften und Normen ausgeführt werden.

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Verwendungszweck**  
Beschreibung des Spannverfahrens

Anhang B3  
Seite 4 von 4

## 1 Leistung des Produkts

### 1.1 Spannkraftverluste infolge Reibung und ungewollter Umlenkung

Die Spannkraftverluste infolge Reibung sind in der statischen Berechnung mit den im Anhang A2 angegeben Reibungsbeiwerten  $\mu$  und ungewollten Umlenk winkeln  $k$  zu bestimmen. Die Werte  $\mu$  und  $k$  gelten für die angegebenen Hüllrohrdurchmesser und Unterstützungsabstände der Spannglieder.

Die angegebenen Werte für  $k$  gelten nur, wenn die Spannstahllitzen zum Zeitpunkt des Betonierens bereits in den Hüllrohren liegen.

Wenn die Spannstahllitzen erst nach dem Betonieren eingebaut werden, gelten die gegebenen Werte für  $\mu$  nur bei entsprechender Aussteifung der Hüllrohre während des Betonierens, z. B. durch PE und/oder PVC Rohre oder bei Verwendung verstärkter Hüllrohre in Verbindung mit geringeren Abständen zwischen den Spanngliedunterstützungen.

Bei der Ermittlung der Spannwege und der im Spannglied vorhandenen Spannkraft ist die Verschiebungsbehinderung  $\Delta P_{\mu,S}$  im Bereich des Spannkankers zu berücksichtigen (siehe Anhang A2).

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Leistung des Produkts**  
Spannkraftverluste infolge Reibung und ungewollter Umlenkung

Anhang C

### Verwendete Werkstoffe

Bezeichnung	Werkstoff	Nummer	Norm
Ankerplatten	S235JR	1.0038	EN 10025-2:2004
Mehrflächenanker (Gussankerkörper)	beim DIBt hinterlegt		
Keile	beim DIBt hinterlegt		
Lochscheiben	C45+N	1.0503	EN 10083-2:2006
Wendeln für: S, F, Fe <sup>1</sup>	R <sub>e</sub> =500 MPa f <sub>yk</sub> ≥ 500 MPa, ε <sub>uk</sub> ≥ 50 ‰		am Ort der Verwendung geltende Normen und Vorschriften
Zusatzbewehrung S, F, Fe (Bügel) <sup>1</sup>	R <sub>e</sub> =500 MPa		
Sicherungsscheiben	S235JR	1.0038	EN 10025-2:2004
Übergangsrohr	Stahl oder PE beim DIBt hinterlegt		
PE Rohre und Hauben	PE beim DIBt hinterlegt		
Korrosionsschutzmasse Nontribus MP-2 <sup>2</sup> (Fett)	beim DIBt hinterlegt		
Korrosionsschutzmasse Vaseline FC 284 <sup>2</sup> (Wachs)	beim DIBt hinterlegt		
Korrosionsschutzmasse Denso – Jet <sup>2</sup> (Wachs)	beim DIBt hinterlegt		

Die technischen Dokumentationen dieser Werkstoffe der Europäischen Zulassung sind beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt.

<sup>1</sup> beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt

<sup>2</sup> Korrosionsschutzmassen (Wachs oder Fett) gemäß den Zusammensetzungen des Herstellers, die er beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt hat. Die charakteristischen Materialeigenschaften müssen EAD 160027-00-0301 entsprechen.

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Werkstoffe und Verweise**  
Verwendete Werkstoffe

Anhang D

## Normen und Verweise

prEN 10138-3:2009-08	Spannstähle - Teil 3: Litze
EAD 160004-00-0301:2016-09	Post-tensioning kits for prestressing of structures
EAD 160027-00-0301:2016-09	Post-tensioning kits for prestressing of structures
EN 523:2003-11	Hüllrohre aus Bandstahl für Spannglieder
EN 447:1996	Einpressmörtel für Spannglieder – Allgemeine Anforderungen
EN 206-1:2001-07	Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
EN 206-1/A1:2004-10	Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:200/A1:2004
EN 206-1/A2:2005-09	Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:200/A2:2005
EN 446:1996	Einpressmörtel für Spannglieder – Einpressverfahren
EN 10204:2005-01	Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen
EN 10025-2:2005-04	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle
EN 10083-2:2006-10	Vergütungsstähle – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle
CWA 14646:2003-01	Anforderungen an die Ausführung von Arbeiten von Spannverfahren mit nachträglichem Verbund in Tragwerken und die Qualifizierung von Spezialfirmen und deren Personal

ENERCON - Litzenspannverfahren, Typ i

**Werkstoffe und Verweise**  
Normen und Verweise

Anhang E