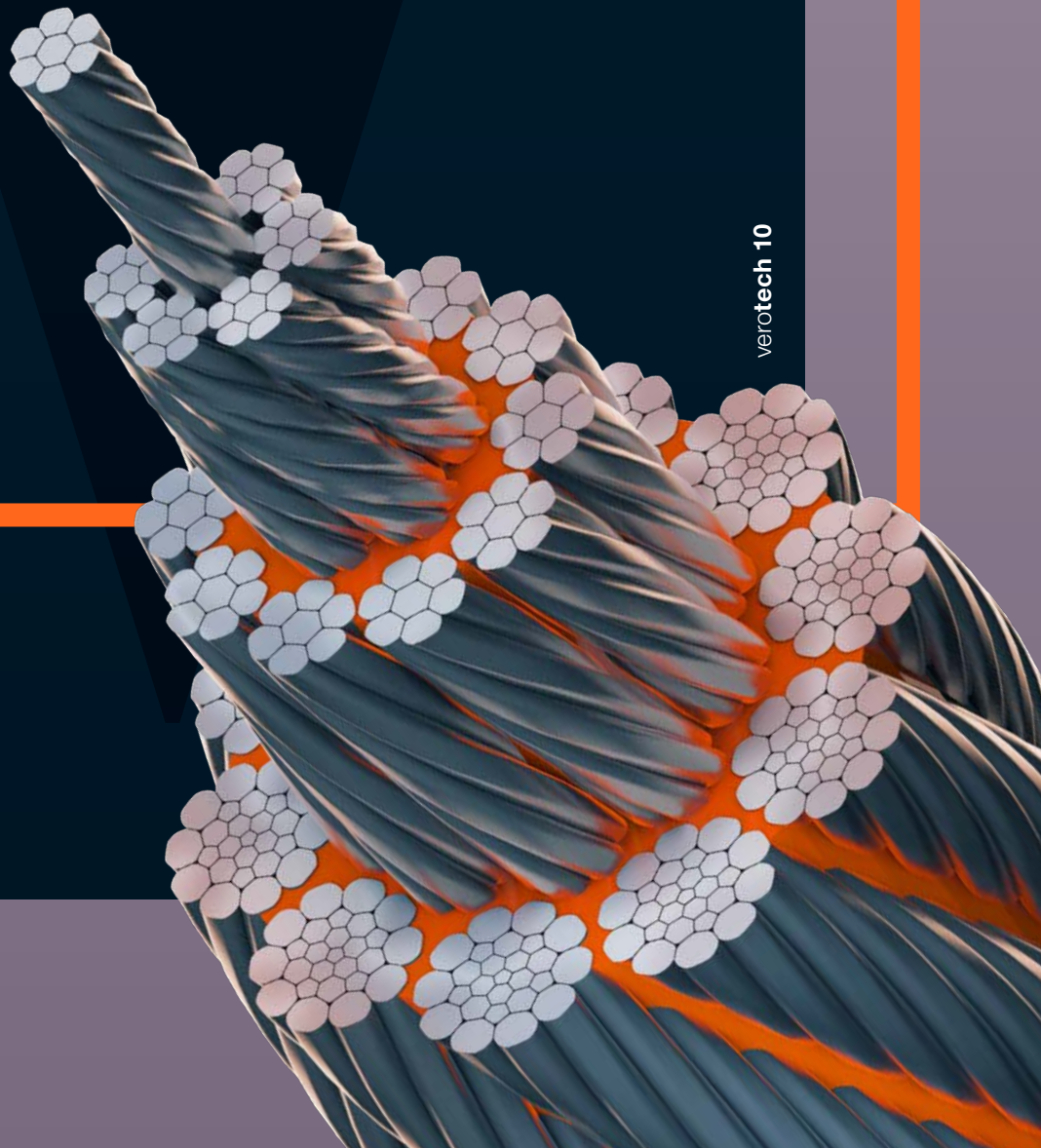


verope ®

# TECHNISCHE BROSCHÜRE

verope® **Spezialdrahtseile**



verotech 10

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. SEILTECHNIK – BASICS</b>  | <b>4</b>  |
| <b>1.1 Rund um den »Draht«</b>  | <b>4</b>  |
| 1.1.1 Vormaterial   | 4         |
| 1.1.2 Herstellung   | 4         |
| 1.1.3 Drahtoberflächen  | 4         |
| 1.1.4 Drahtformen   | 4         |
| 1.1.5 Drahtzugfestigkeit  | 4         |
| <b>1.2 Rund um die Litze</b>  | <b>5</b>  |
| 1.2.1 Schlaglänge der Litze   | 5         |
| 1.2.2 Schlagrichtung der Litze  | 5         |
| 1.2.3 Litzendurchmesser   | 6         |
| 1.2.4 Litzenmachart   | 6         |
| 1.2.5 Verdichtete Rundlitzen  | 8         |
| 1.2.6 Füllfaktor der Litze  | 8         |
| <b>1.3 Rund um das Seil</b>   | <b>10</b> |
| 1.3.1 Drahtseildurchmesser  | 10        |
| 1.3.2 Messmittel und ihre richtige Verwendung                                 | 10        |
| 1.3.3 Arten von Messmittel  | 11        |
| 1.3.4 Schlagrichtung des Drahtseiles  | 12        |
| 1.3.5 Drahtseilmachart  | 12        |
| 1.3.6 Füllfaktor des Drahtseiles  | 12        |
| 1.3.7 Schlagart des Drahtseiles   | 13        |
| 1.3.8 Spannungsarme Drahtseile  | 14        |
| 1.3.9 Arten der Seileinlage (Kurzbezeichnung nach EN 12385-2)                 | 14        |
| 1.3.10 Drehungsarme Drahtseile  | 14        |
| 1.3.11 Drehungsfreie Drahtseile   | 14        |
| 1.3.12 Drahtseilschmiermittel & Nachschmierung                                | 16        |
| <b>2. SEILEIGENSCHAFTEN</b>   | <b>17</b> |
| <b>2.1 Bruchkraft</b>   | <b>17</b> |
| <b>2.2 Biegewechselfestigkeit</b>   | <b>17</b> |
| <b>2.3 Flexibilität</b>   | <b>17</b> |
| <b>2.4 Wirkungsgrad</b>   | <b>18</b> |
| <b>2.5 Verschleißfestigkeit</b>   | <b>18</b> |
| <b>2.6 Verformungsverhalten</b>   | <b>20</b> |
| 2.6.1 Elastizitätsmodul   | 20        |
| 2.6.2 Querdruckstabilität   | 22        |
| 2.6.3 Gefügestabilität  | 22        |
| 2.6.4 Durchmesserreduzierung eines Drahtseiles                                | 22        |
| <b>3. WARUM SPEZIALDRAHTSEILE?</b>  | <b>23</b> |
| <b>3.1 Kunststoffzwischenlage</b>   | <b>23</b> |
| <b>3.2 Bruchkraft</b>   | <b>24</b> |
| 3.2.1 Bruchkraft bei Verwendung eines Wirbels                                 | 25        |
| <b>3.3 Biegewechselfestigkeit und Lebensdauer</b>                             | <b>25</b> |
| 3.3.1 Seillebensdauer bei Verwendung von Stahlscheiben und Kunststoffscheiben | 30        |
| 3.3.2 Seillebensdauer von blanken und verzinkten Seilen                       | 30        |
| 3.3.3 Seillebensdauer in Abhängigkeit vom Rillendurchmesser                   | 31        |
| 3.3.4 Seillebensdauer in Abhängigkeit von der Stranglast                      | 32        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3.5 Seillebensdauer in Abhängigkeit vom Scheibendurchmesser   | 32        |
| <b>3.4 Verformungsverhalten</b>   | <b>33</b> |
| 3.4.1 E-Modul   | 34        |
| 3.4.2 Dehnung   | 35        |
| 3.4.3 Durchmesserreduzierung  | 36        |
| 3.4.4 Querdruckstabilität mit und ohne Last   | 37        |
| <b>3.5 Drehverhalten</b>  | <b>39</b> |
| <b>3.6 Flexibilität</b>   | <b>40</b> |
| <b>3.7 Wirkungsgrad</b>   | <b>40</b> |
| <b>4. ABLEGEREIFE (ISO 4309)</b>  | <b>42</b> |
| <b>5. KRANKKOMponenten</b>  | <b>44</b> |
| <b>5.1 Seiltrommeln</b>   | <b>44</b> |
| <b>5.2 Seilscheiben</b>   | <b>44</b> |
| <b>6. DIE RICHTIGE AUSWAHL FÜR IHRE SEILANWENDUNG</b>   | <b>46</b> |
| <b>6.1 Seilauswahl aus Sicht der Anwendung</b>  | <b>46</b> |
| <b>6.2 Seilauswahl aus Seilsicht</b>  | <b>46</b> |
| 6.2.1 »Hubfunktion«   | 46        |
| 6.2.1.1 Einsatz von Drallfänger/Wirbel bei Hubseilen  | 48        |
| 6.2.2 Weitere Kranseilanwendungen   | 50        |
| <b>6.3 Einsatz von Kreuz- und Gleichschlagseilen</b>  | <b>52</b> |
| 6.3.1 Kreuzschlagseile  | 52        |
| 6.3.2 Gleichschlagseile   | 52        |
| <b>7. ANFORDERUNGEN AN SEILE AUS KRANSICHT</b>  | <b>54</b> |
| <b>8. SEILENDVERBINDUNGEN</b>   | <b>56</b> |
| <b>8.1 Maßbezugspunkte zur exakten Seillängenbestimmung</b>   | <b>56</b> |
| <b>8.2 Wirkungsgradfaktor <math>K_T</math> von Seilendverbindungen</b>  | <b>57</b> |
| <b>9. ALLGEMEINE HINWEISE</b>   | <b>58</b> |
| <b>9.1 Seilhandhabung und Seillagerung</b>  | <b>58</b> |
| 9.1.1 Seilhaspelhandling  | 58        |
| 9.1.2 Seillagerung  | 58        |
| <b>9.2 Seilmontage</b>  | <b>59</b> |
| 9.2.1 Prüfung des neuen Seiles  | 59        |
| 9.2.2 Maßliche und visuelle Überprüfung der Seilrillen  | 60        |
| 9.2.3 Seilmontageprozess  | 61        |
| 9.2.4 Inbetriebnahme nach Seilmontage   | 62        |
| 9.2.5 Seilmontage bei Mehrlagenwicklung   | 62        |
| 9.2.6 Bedeutung der Seilvorspannung bei Mehrlagenwicklung   | 63        |
| <b>10. WARNUNG/SICHERHEITSHINWEISE</b>  | <b>64</b> |
| <b>11. VERWENDUNG VON METRISCHEN SEILEN AUF IMPERIAL-KRANEN UND VON IMPERIAL-SEILEN AUF METRISCHEN KRANEN</b> | <b>66</b> |
| <b>12. VEROPE® SERVICE UND R&amp;D CENTER</b>   | <b>68</b> |
| <b>13. VEROPE® WELTWEIT</b>   | <b>70</b> |



# SEILTECHNIK BASICS

## 1.1 RUND UM DEN »DRAHT«

### → Vormaterial

Seildrähte werden üblicherweise aus beruhigtem, unlegiertem Kohlenstoffstahl mit vorgeschriebenem Reinheitsgrad hergestellt.

Der Kohlenstoffgehalt liegt zwischen 0,4 % und 1 %, der Gehalt von Mangan zwischen 0,3 % und 1 %, der von Silizium zwischen 0,1 % und 0,3 % und die Gehalte von Phosphor und Schwefel jeweils unter 0,45 %.

### → Herstellung

Durch Warmverformung wird zunächst Walzdraht von etwa 6 mm bis 9 mm Durchmesser hergestellt. Dieser wird anschließend in einem Kaltverformungsprozess durch Ziehen oder Walzen auf die gewünschte Festigkeit und den gewünschten Durchmesser oder in die gewünschte Form gebracht.

### → Drahtoberflächen

Verzinkte Drähte erhalten beim Durchlauf durch ein Bad aus flüssigem Zink eine Zinkauflage. Wenn nach dieser Behandlung der Draht nicht weiter gezogen wird, nennt man ihn »schlußverzinkt«. Wenn nach der Verzinkung der Drahtquerschnitt weiter reduziert wird, nennt man den Draht »nicht schlußverzinkt«.

Blanke Seildrähte ohne Überzug werden mit dem Buchstaben U gekennzeichnet, Seildrähte mit Zinküberzügen der Klasse B oder A mit den Buchstaben B oder A.

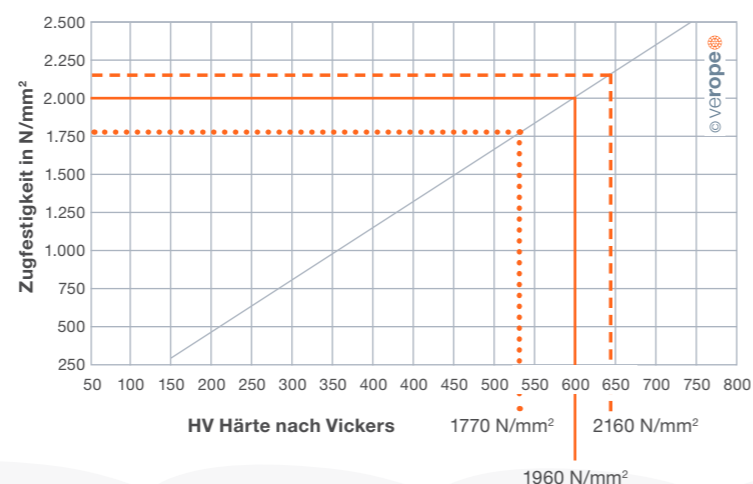
### → Drahtformen

Man unterscheidet zwischen Form- und Profildrähten. Unter einem Formdraht versteht man einen Draht mit einem runden Querschnitt, unter einem Profildraht versteht man jeden Draht mit einem nicht runden Querschnitt. Es gibt Ovaldrähte, Flachdrähte, Z- und S-Profildrähte, Taillendrähte, Keildrähte und Dreikantdrähte. Profildrähte werden durch Ziehen oder Walzen hergestellt.

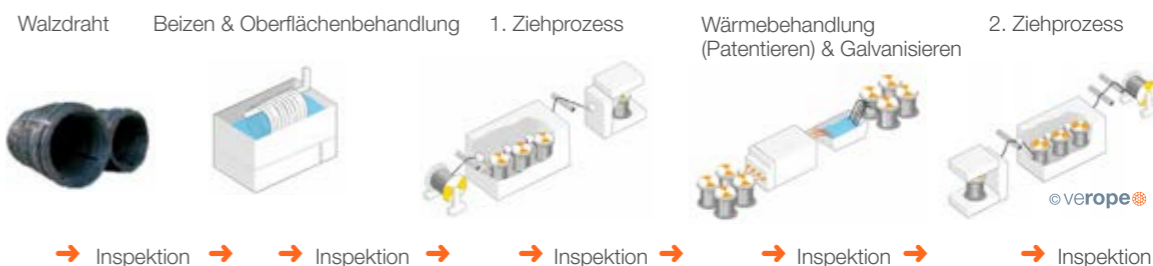
### → Drahtzugfestigkeit

Die Zugfestigkeit eines Drahtes ist definiert als die ertragbare Zugkraft in Drahtlängsrichtung, dividiert durch den Drahtquerschnitt. Die Drahtnennzugfestigkeit ist ein theoretischer Wert, den die Zugfestigkeit des Drahtes nicht unterschreiten und nur in definierten Grenzen überschreiten darf. Üblicherweise werden in modernen Drahtseilen Seildrähte der Nennfestigkeiten 1770 N/mm<sup>2</sup>, 1960 N/mm<sup>2</sup> und 2160 N/mm<sup>2</sup> eingesetzt.

### → Draht Härte



### → Drahtziehprozess



### Einzigartige Spezialdrahtseile:

- hochwertiges Rohmaterial,
- modernes Design,
- kompetente Produktion & innovative Seilprüfung
- einzigartiges Design
- Erfahrung von Spezialisten wie Roland Verreet
- sorgfältige Entwicklung aufgrund rechnergestützter Seildimensionierung
- produziert von dem weltweit größten Drahtprodukt hersteller mittels modernster Maschinen
- aufgrund des eigenen Drahtzuges von Kiswire ist schon das Rohmaterial von einzigartiger Qualität.

## 1.2 RUND UM DIE LITZE

Eine Litze besteht aus einer oder mehreren Lagen von Drähten, die schraubenlinienförmig um eine Einlage gewunden sind (Abb. 1).

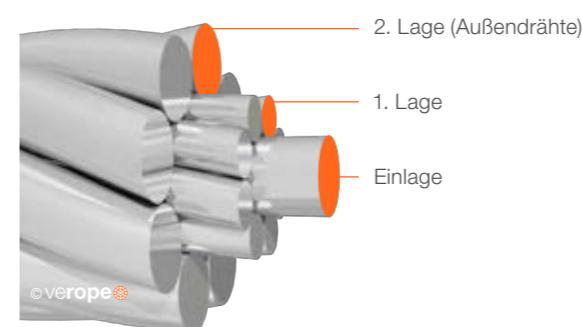


Abb. 1: Litzenaufbau

### → Schlaglänge der Litze

Unter der Schlaglänge einer Litze versteht man die Ganghöhe der helixförmig geschlagenen Drähte, also die Litzenlänge, bei der der Draht einmal vollständig umläuft.

Durch Veränderung der Schlaglängen können die Berührungsverhältnisse benachbarter Drähte, die elastischen Eigenschaften und die Bruchkräfte der Litze verändert werden.

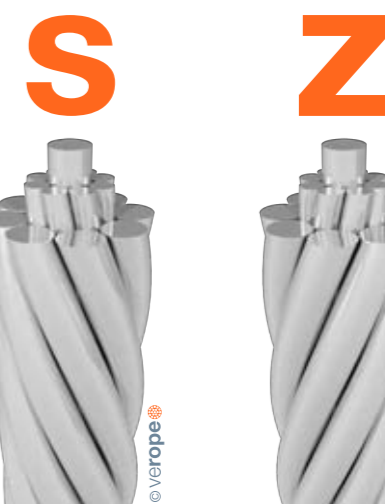


Abb. 2: Linksgängig    Abb. 3: Rechtsgängig

### → Schlagrichtung der Litze

Man unterscheidet zwischen linksgängig und rechtsgängig geschlagenen Litzen. Die Schlagrichtung einer Litze ist linksgängig, wenn ihre Drähte (sich vom Betrachter wegbewegend) entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht sind (Abb. 2).

Die Schlagrichtung einer Litze ist rechtsgängig, wenn ihre Drähte (sich vom Betrachter wegbewegend) im Uhrzeigersinn gedreht sind (Abb. 3). Die Schlagrichtung der Litzen wird häufig mit dem Kleinbuchstaben s für die linksgängige Litze und dem Kleinbuchstaben z für die rechtsgängige Litze angegeben.

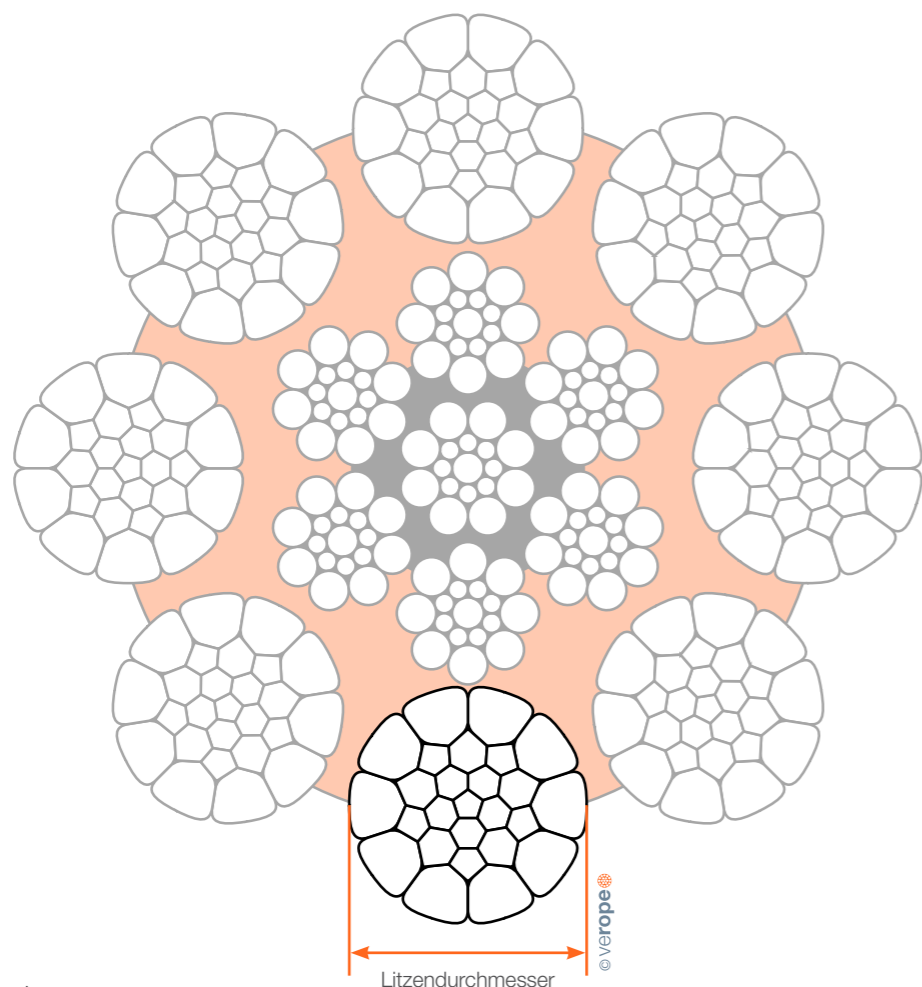


Abb. 4: Litzendurchmesser

#### → Litzendurchmesser

Unter dem Litzendurchmesser versteht man den Durchmesser des kleinsten, alle Drähte umschließenden Hüllkreises. Der Litzendurchmesser wird üblicherweise mit Mikrometerschrauben gemessen und auf 1/100 mm genau angegeben. (Abb. 4)

#### → Litzenmachart

Unter der Machart einer Litze versteht man das Bildungsgesetz, nach dem die Drähte relativ zueinander angeordnet sind. So besitzen zum Beispiel alle Litzen der Machart Seale den Aufbau 1 - n - n (mit n = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ...). Drahtlagen, die im gleichen Arbeitsgang parallel miteinander verlitzt werden, werden gemäß EN 12385-3 in der Bezeichnung durch ein Minuszeichen » - « verbunden. Die Bezeichnung einer Litze der Machart Seale 17 ist somit 1 - 8 - 8, die Bezeichnung einer Litze der Machart Seale 19 ist 1 - 9 - 9.

Die wichtigsten Litzenmacharten sind die ein-, zwei- und dreilagigen Standardlitzen (Abb. 5), sowie die Parallelschlaglitzen der Macharten Seale, Filler, Warrington und Warrington-Seale (Abb. 6 und 7).

Die zwei- und dreilagigen Standardlitzen weisen Überkreuzungen zwischen den Drähten der verschiedenen Drahtlagen auf (Abb. 5). Hier werden die Drahtlagen in getrennten Arbeitsgängen in gleicher Richtung (Kurzzeichen N) mit gleichem Verlitzwinkel, aber unterschiedlicher Schlaglänge verlitzt.

Die sogenannten Parallelschlaglitzen (Seale, Filler, Warrington, Warrington-Seale) vermeiden die Überkreuzungen und erzeugen statt dessen Linienberührungen der Drähte (Abb. 6 und 7) durch Verlitzung aller Drahtlagen mit unterschiedlichem Verlitzwinkel, aber der gleichen Schlaglänge.

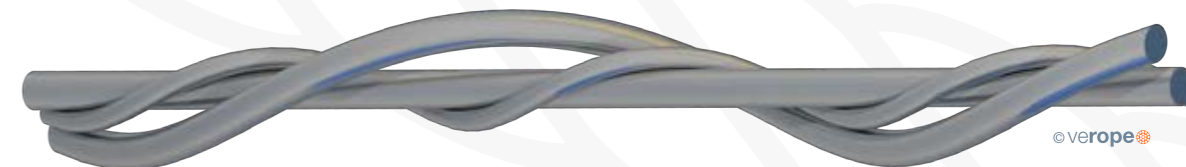
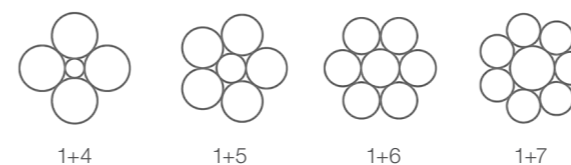


Abb. 5: Standardlitze

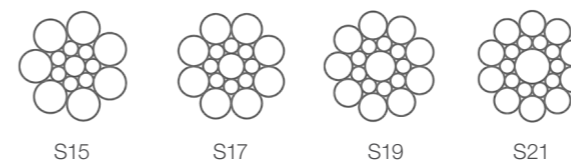


Abb. 6: Parallelschlaglitze

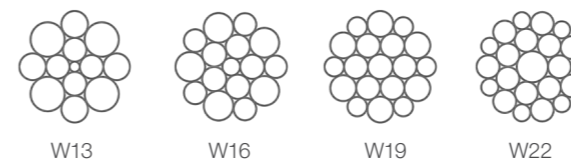
#### 1+N



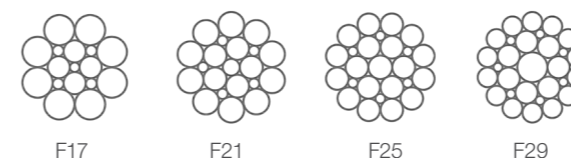
#### Seale



#### Warrington



#### Filler



#### Warrington-Seale

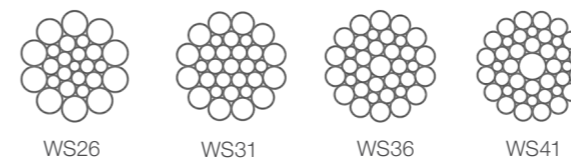


Abb. 7: Litzenmacharten

→ **Verdichtete Rundlitzen**

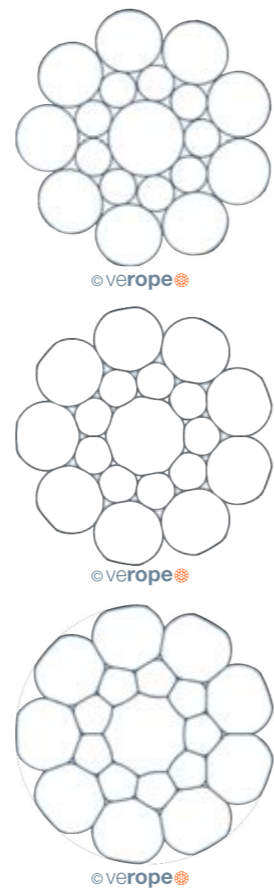
Verdichtete Rundlitzen werden zunächst konventionell aus torsionsfrei verlitzen Runddrähten hergestellt. Anschließend werden sie entweder im gleichen oder in einem separaten Arbeitsgang, beispielsweise mit Hilfe von Ziehsteinen oder Walzen, auf einen kleineren Durchmesser komprimiert, wobei sich die ursprünglich runden Drähte am Verdichtungswerkzeug und an den Nachbardrähten stark verformen (**Abb. 8**).

→ **Füllfaktor der Litze**

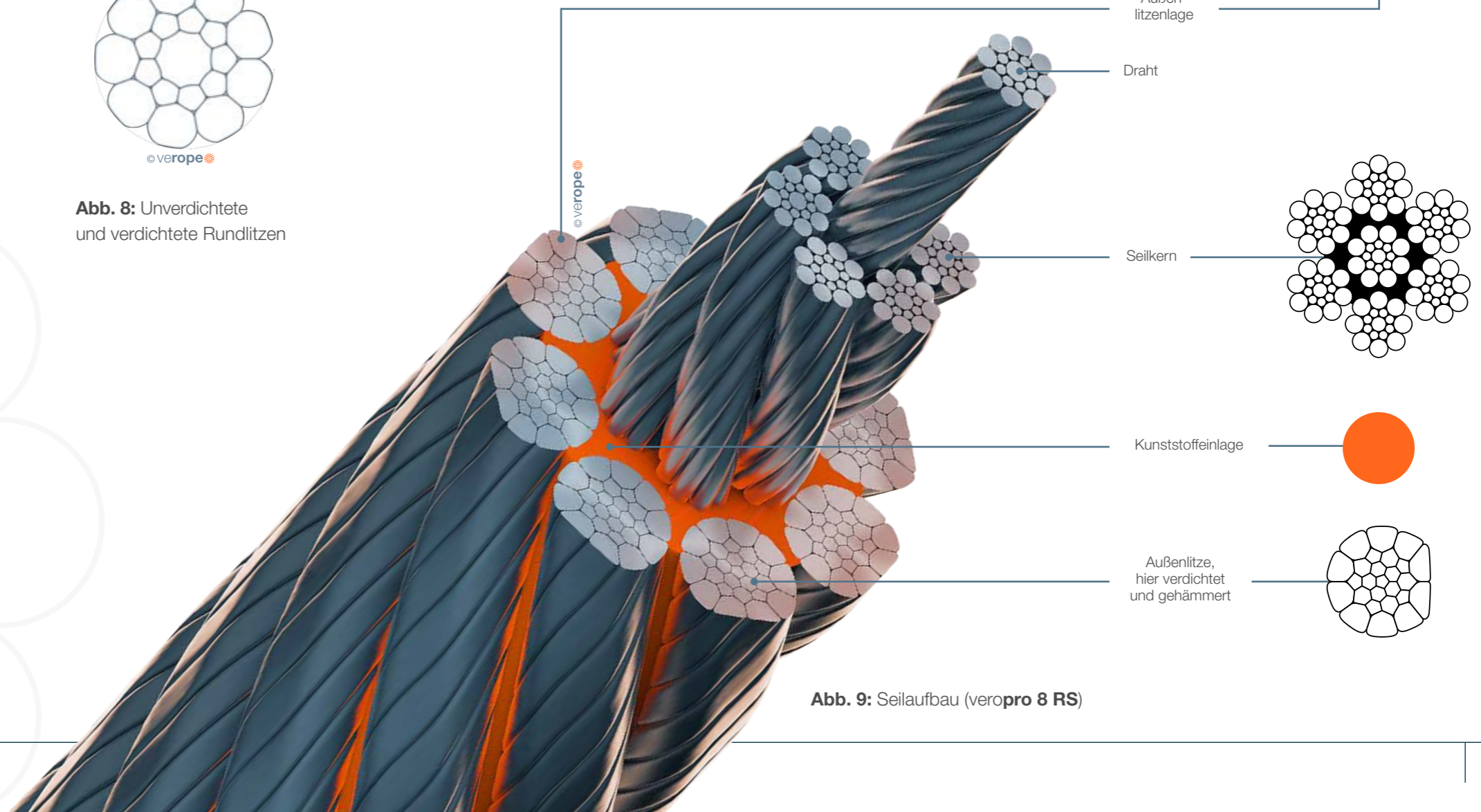
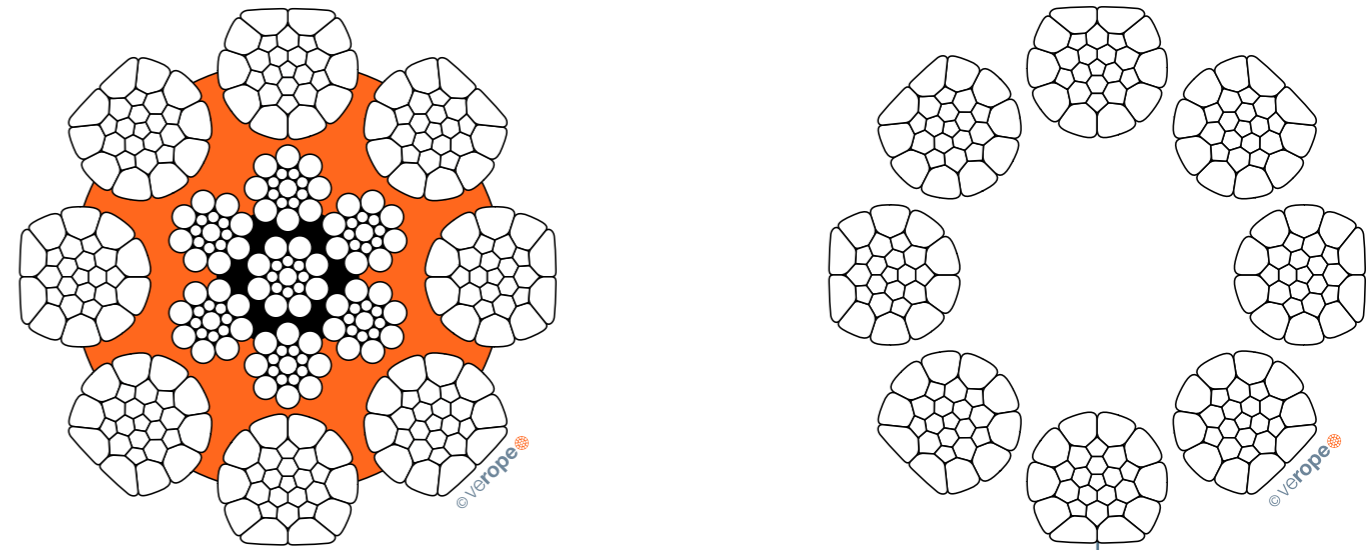
Unter dem Füllfaktor einer Litze versteht man den Quotienten aus dem Metallquerschnitt der Litze (nach Definition vereinfacht gerechnet als die Summe der Einzeldrahtquerschnitte), bezogen auf die Fläche des kleinsten die Litze umschreibenden Kreises. Der Füllfaktor gibt an, welcher Anteil des Raumes, den die Litze im Seil einnimmt, mit Stahl gefüllt ist.

Die Füllfaktoren der gebräuchlichsten Litzen liegen etwa zwischen 0,70 und 0,82. Dies bedeutet, dass der Stahlanteil am Litzenvolumen etwa 70% bis 82% beträgt. Durch Verdichtung können die Füllfaktoren der Litzen noch erheblich gesteigert werden.

Der Füllfaktor einer Litze steigt im Allgemeinen mit zunehmender Drahtzahl an. So hat beispielsweise eine Litze Seale 15 (1 - 7 - 7) einen Füllfaktor von etwa 0,77 und eine Litze Seale 19 (1 - 9 - 9) einen Füllfaktor von etwa 0,79.



**Abb. 8:** Unverdichtete und verdichtete Rundlitzen



**Abb. 9:** Seilaufbau (veropro 8 RS)



## 1.3 RUND UM DAS SEIL

### → Drahtseildurchmesser

Man unterscheidet zwischen einem Seilnennndurchmesser und einem effektiven Seildurchmesser.

Der Drahtseilnennndurchmesser, auch nominaler Seildurchmesser genannt, ist ein vereinbarter theoretischer Wert für die den Durchmesser des kleinsten die Außenlitzen umschreibenden Kreises.

Der effektive Seildurchmesser, auch wirklicher Seildurchmesser genannt, ist der tatsächlich am Drahtseil gemessene Durchmesser des kleinsten die Außenlitzen umschreibenden Kreises.

Der Toleranzbereich für den effektiven Seildurchmesser ist in den Tabellen der jeweiligen nationalen oder internationalen Normen festgelegt. Nach EN 12385-4 beträgt er 0 % bis +5 % (für Seildurchmesser für  $\geq 8\text{mm}$ ).

Dies bedeutet, dass bei Anlieferung des Drahtseils der effektive Seildurchmesser nicht kleiner sein darf als der Nennndurchmesser, ihn aber auch nicht um mehr als 5% übertreffen darf.

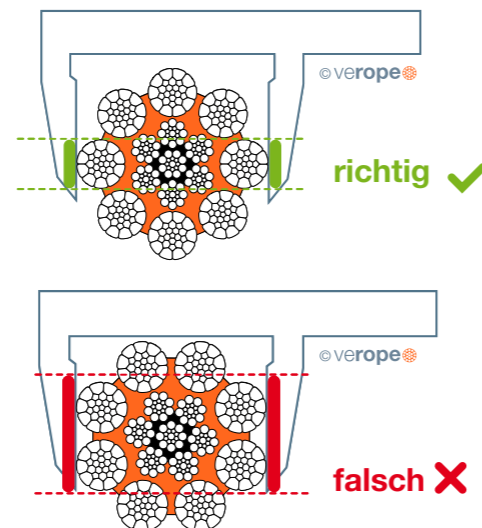
Bei dünnen Seilen, z. B. 3 mm bis 7 mm, ist das Toleranzfeld häufig nach oben größer.

In der Erdölindustrie, die sich stark an amerikanischen Vorgaben orientiert, gilt häufig ein Toleranzfeld von -1 % bis +4 %.

Natürlich verändert sich der effektive Seildurchmesser in Abhängigkeit von der Belastung. Deshalb soll in Grenzfällen der effektive Seildurchmesser an einem mit 5 % der rechnerischen Bruchkraft belasteten Seil gemessen werden. verope® produziert Standardtoleranzen von +2 % bis +4 %, spezielle Toleranzen auf Anfrage.

### → Messmittel und ihre richtige Verwendung

Um den genauen Seildurchmesser zu bestimmen, muss ein dafür vorgesehenes Messmittel verwendet werden. Die Messung muss grundsätzlich über die Kuppen (äußerer Hüllkreis des Seiles) erfolgen. Das Messen in den Litzentälern verfälscht das Ergebnis erheblich. Bei Seilen mit ungerader Anzahl Außenlitzen ist darauf zu achten, dass die Messflächen über mehrere Litzen reichen (Abb. 10).

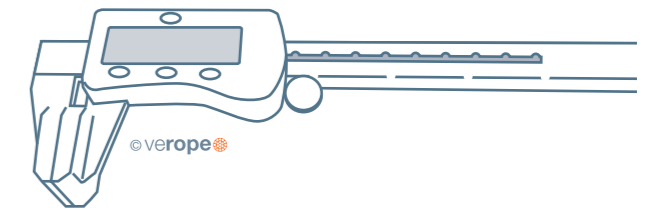


**Abb. 10:** Korrekte Bestimmung des Seildurchmessers

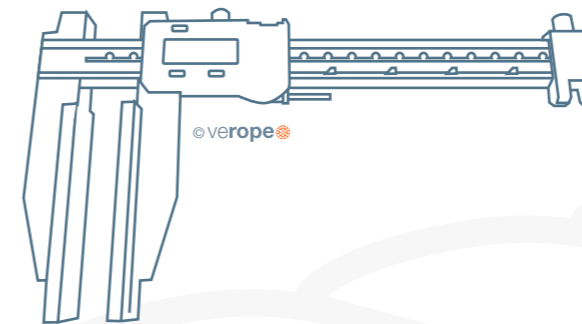
### → Arten von Messmittel



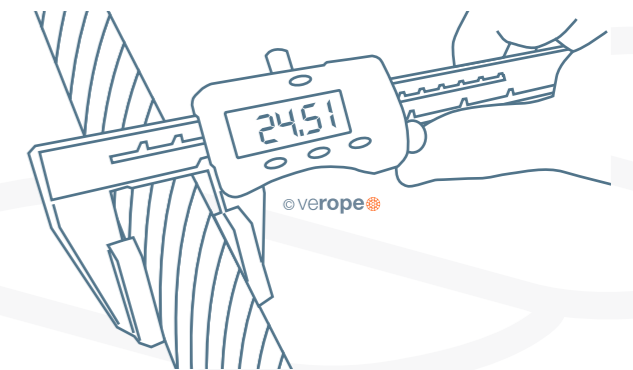
**Abb. 11:** Bügelmessschraube mit breiten Messflanken



**Abb. 12:** Kleiner Messschieber mit breiten Messflanken



**Abb. 13:** Großer Messschieber mit breiten Messflanken





### → Schlagrichtung des Drahtseils

Man unterscheidet zwischen rechtsgängig und linksgängig geschlagenen Drahtseilen.

Die Schlagrichtung eines Seiles ist linksgängig, wenn seine Litzen (sich vom Betrachter wegbewegend) entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht sind (**Abb. 14**). Die Schlagrichtung eines Seiles ist rechtsgängig, wenn seine Litzen (sich vom Betrachter wegbewegend) im Uhrzeigersinn gedreht sind (**Abb. 15**).

Die Schlagrichtung von Drahtseilen wird häufig mit dem Großbuchstaben S für das linksgängige Seil und dem Großbuchstaben Z für das rechtsgängige Seil angegeben. Rechtsgängige Seile werden auch häufig mit RH (für right hand) und linksgängige Seile mit LH (für left hand) bezeichnet.



**Abb. 14:**  
Linksgängiges Seil



**Abb. 15:**  
Rechtsgängiges Seil

### → Drahtseilmachart

Unter der Machart eines Drahtseils versteht man das Bildungsgesetz, nach dem die Elemente des Seiles, also seine Drähte und Litzen, relativ zueinander angeordnet sind.

Die Bezeichnung für eine Fasereinlage ist FC, für eine unabhängige Stahlseileinlage ist IWRC.

So besitzen zum Beispiel alle Rundlitzenseile der Machart 6 x 19 Warrington mit Fasereinlage den Aufbau 6 x [1-6-(6-6)] - FC.

### → Füllfaktor des Drahtseiles

Unter dem Füllfaktor eines Drahtseiles versteht man den Quotienten aus dem Metallquerschnitt des Seiles (nach Definition vereinfacht gerechnet als die Summe der Einzeldrahtquerschnitte), bezogen auf den Querschnitt des kleinsten Hüllkreises des Seiles. Der Füllfaktor gibt an, welcher Anteil des Raumes, den die Drähte und Litzen im Seil einnehmen, mit Stahl gefüllt sind (**Abb. 16**).

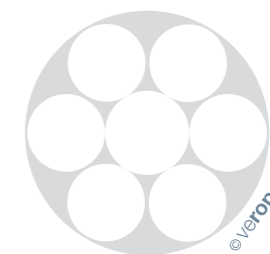
Die Füllfaktoren der gebräuchlichsten Seile liegen etwa zwischen 0,46 und 0,75. Dies bedeutet, dass der Stahlanteil am Volumen der Seile etwa 46% bis 75% beträgt. Drahtseile mit Stahleinlage haben höhere Füllfaktoren als Seile mit Fasereinlage. So hat zum Beispiel ein Seil der Machart 6 x 25 Filler - FE einen Füllfaktor von 0,50, ein Seil 6 x 25 Filler - IWRC einen Füllfaktor von 0,58.

Die Füllfaktoren von Drahtseilen mit Fasereinlage (FC) *sinken* im allgemeinen mit zunehmender Außenlitzenzahl. So hat ein Seil der Machart 6 x 25 Filler - FC einen Füllfaktor von 0,50, ein Seil der Machart 8 x 25 Filler - FC einen Füllfaktor von nur 0,45.

Die Füllfaktoren von Seilen mit Stahlseileinlage (IWRC) *steigen* im Allgemeinen mit zunehmender Außenlitzenzahl. So hat ein Seil der Machart 6 x 25 Filler + IWRC einen Füllfaktor von 0,58, ein Seil der Machart 8 x 25 Filler + IWRC einen Füllfaktor von 0,59.

### Abb. 16:

Der Füllfaktor der Litze ist der Anteil der Drahtquerschnitte (weiße Flächen) an der Querschnittsfläche des kleinsten Hüllkreises (weiße plus graue Flächen).



**Abb. 16:** Füllfaktor

Drahtseile aus verdichteten Litzen haben höhere Füllfaktoren als Drahtseile aus unverdichteten Litzen. Durch Hämmern kann der Füllfaktor von Drahtseilen noch weiter gesteigert werden.

### → Schlagart des Drahtseiles

Wir unterscheiden zwischen Kreuzschlag und Gleichschlag.

In Kreuzschlagseilen ist die Schlagrichtung der Drähte in den Litzen der Schlagrichtung der Litzen im Seil entgegengesetzt.

Wir unterscheiden zwischen Kreuzschlag linksgängig (Litze rechts geschlagen, Seil links geschlagen, zS) (siehe **Abb. 17**) und Kreuzschlag rechtsgängig (Litze links geschlagen, Seil rechts geschlagen, sZ) (siehe **Abb. 18**).

In Gleichschlagseilen haben die Drähte in den Litzen die gleiche Schlagrichtung wie die Litzen im Seil. Wir unterscheiden zwischen Gleichschlag linksgängig (Litze links geschlagen, Seil links geschlagen, sS) (**Abb. 19**) und Gleichschlag rechtsgängig (Litze rechts geschlagen, Seil rechts geschlagen, zZ) (**Abb. 20**).

### Die Vorteile von Kreuzschlagseilen sind:

- Bessere Strukturstabilität
- Höhere Ablegedrahtbruchzahl
- Erleichterte Erkennung von Drahtbrüchen

### Die Vorteile von Gleichschlagseilen sind:

- Bessere Anschmiegung an die Seilrille
- Höhere Verschleißfestigkeit
- Größere Lebensdauer bei hohen Totlasten
- Erheblich besseres Verhalten bei Mehrlagenwicklung



**Abb. 17:**  
Kreuzschlag  
linksgängig  
(zS)



**Abb. 18:**  
Kreuzschlag  
rechtsgängig  
(sZ)



**Abb. 19:**  
Gleichschlag  
linksgängig  
(sS)



**Abb. 20:**  
Gleichschlag  
rechtsgängig  
(zZ)

### → Spannungsarme Drahtseile

Bei der Verlitung und Verseilung werden die ursprünglich geraden Drähte in eine Schraubenlinie oder Doppelschraubenlinie gezwungen. Hierdurch liegen die Drähte selbst im unbelasteten Drahtseil unter Spannung. Mit Hilfe eines sogenannten Vorformkopfes können die Drähte und Litzen während der Verlitung oder Verseilung so stark plastisch verformt werden, dass sie nach der elastischen Rückfederung völlig oder nahezu völlig unbelastet (der Seiler sagt: »tot«) im Drahtseil liegen. Ein nicht spannungsarmes Drahtseil muss vor dem Durchtrennen links und rechts von der Trennstelle sehr fest abgebunden werden, da sonst die frei werdenden Drahtenden aufspringen.

### → Arten der Seileinlage

#### (Kurzbezeichnungen nach EN 12385-2)

Drahtseile haben üblicherweise eine Fasereinlage (FC) oder eine Stahleinlage. Die Stahleinlage kann eine Litze sein (WC), ein unabhängig, d. h. in einem getrennten Arbeitsgang verseiltes Seil (IWRC) oder ein im gleichen Arbeitsgang mit den Außenlitzen parallel verseiltes Seil (PWRC).

Auch kann die Stahleinlage eine Kunststoffummantelung aufweisen (Bezeichnung EPIWRC).

Einlagen aus verdichteten Litzen tragen den Zusatz »(K)«. Eine unabhängige Stahlseileinlage aus verdichteten Litzen trägt die Bezeichnung IWRC (K), ein im gleichen Arbeitsgang mit den Außenlitzen parallel verseiltes Seil aus verdichteten Litzen die Bezeichnung PWRC (K).

### → Drehungsarme Drahtseile

Unter Einwirkung einer Zugbeanspruchung drehen sich Drahtseile mit freiem Seilende mehr oder weniger stark um ihre Längsachse.

Drahtseile mit einer Seileinlage, die gegenläufig zu den Außenlitzen geschlagen ist, sowie drei- oder vierlitzige Kreuzschlagseile, weisen deutlich geringere Verdrehungen auf als Drahtseile mit gleichsinnig geschlagener Stahleinlage oder Drahtseile mit Fasereinlage.

Ein Drahtseil ist gemäß VDI- Richtlinie 2358 »drehungsarm«, wenn es sich unter Einwirkung einer ungeführten Last nur wenig um seine Längsachse dreht und/oder wenn es bei geführten Seilenden nur ein kleines Drehmoment auf die Seilendverbindung ausübt.«

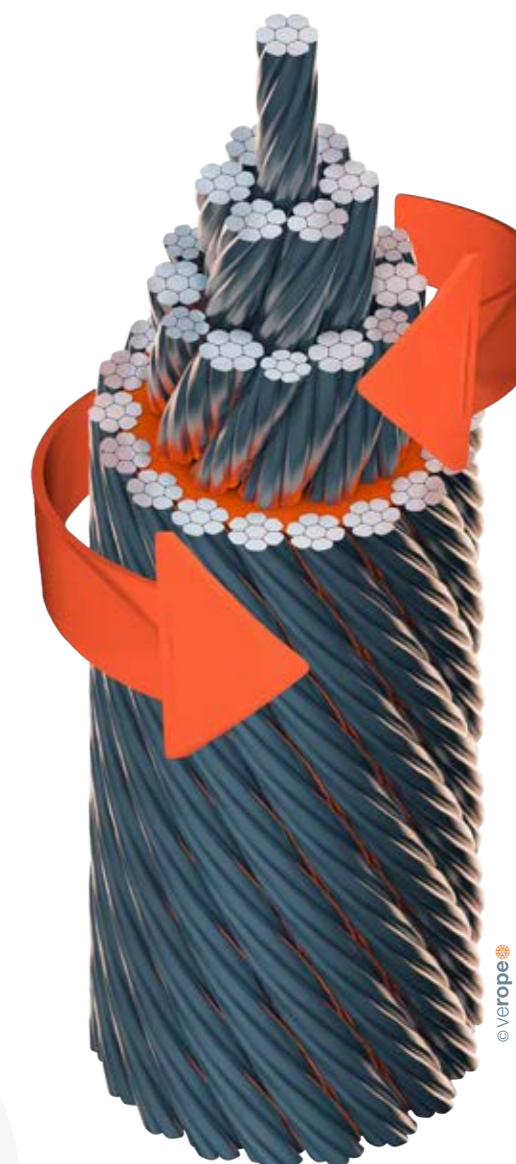
ISO 21669 und EN 12385-3 definieren ein Seil als *drehungsarm*, wenn es sich auf einer Länge von 1000 x Seildurchmesser und einer axialen Belastung von 20% seiner Mindestbruchkraft mindestens einmal und höchstens viermal um sich selbst dreht (zwischen 360° und 1440°).

### → Drehungsfreie Drahtseile

*Drehungsfrei* ist ein Drahtseil gemäß VDI- Richtlinie 2358, »wenn es sich unter Einwirkung einer ungeführten Last nur kaum um seine Längsachse dreht und/oder wenn es bei geführten Seilenden kaum ein Drehmoment auf die Seilendverbindung ausübt.«

ISO 21669 und EN 12385-3 definieren ein Seil als *drehungsfrei*, wenn es sich auf einer Länge von 1000 x Seildurchmesser und einer axialen Belastung von 20% seiner Mindestbruchkraft höchstens einmal um sich selbst dreht (zwischen -360° und 360°).

Siehe Abb. 21



**Abb. 21:** Drehungsfreies Drahtseil verotop P – die Drehmomente von Herzseil und Außenlage wirken in entgegengesetzte Richtungen





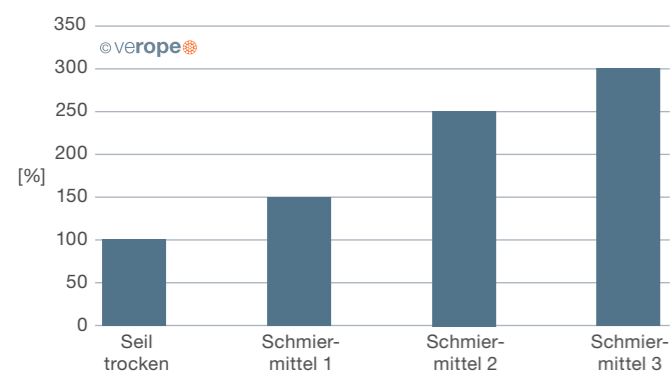
### → Drahtseilschmiermittel

Das Drahtseilschmiermittel hat zwei wesentliche Aufgaben: zum einen soll es das Seil gegen Korrosion schützen, zum anderen soll es den Reibwert zwischen den Seilelementen untereinander und zwischen Seil und Scheibe oder Trommel reduzieren.

Eine Reduzierung des Reibwertes reduziert die benötigte Antriebsleistung und verringert den Verschleiß von Seil, Seilscheibe und Trommel.

Wir unterscheiden zwischen Schmiermitteln auf Wachsbasis und Schmiermitteln auf Ölbasis. Während die wachsbasierten Schmiermittel eine bessere Handhabung zulassen, haben ölhaltige Schmiermittel den Vorteil, dass sich unter Einwirkung der Gravitation ein gerissener Schmierfilm selbsttätig wieder schließen kann.

Die Qualität des Schmiermittels hat erheblichen Einfluss auf die Seillebensdauer (**Abb. 22**).



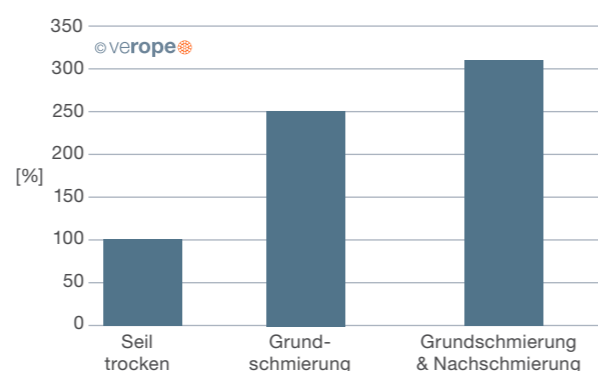
**Abb. 22:**  
Einfluss des Schmiermittels auf die Seillebensdauer

### → Nachschmierung

Grundsätzlich werden Drahtseile bei der Produktion intensiv geschmiert. Diese Schmierung muss jedoch während der Einsatzzeit des Seiles mehrfach erneuert werden. Eine regelmäßige Nachschmierung erhöht die Seillebensdauer deutlich (**Abb. 23**).

Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass sich das Nachschmiermittel mit der Grundschmierung verträgt.

Es wird empfohlen, die Wartungsanweisungen der ISO 4309 zu befolgen.



**Abb. 23:**  
Einfluss der Nachschmierung auf die Seillebensdauer



## SEILEIGENSCHAFTEN

### 2.1 BRUCHKRAFT

Die rechnerische Bruchkraft eines Drahtseiles ist definiert als der metallische Querschnitt eines Drahtseiles (als die Summe der einzelnen Querschnitte aller Drähte, aus dem ein Drahtseil besteht) multipliziert mit der Nennfestigkeit der Drähte des Seiles. Die Mindestbruchkraft des Drahtseiles ist die rechnerische Bruchkraft des Seiles multipliziert mit dem Verseilfaktor. Die aktuelle oder tatsächliche Bruchkraft eines Drahtseiles ist die Bruchkraft, die bei einem Zerreiversuch dieses Seiles festgestellt wurde. Bei einem neuen Drahtseil muss immer eine aktuelle Bruchkraft erreicht werden,

die genauso hoch oder höher ist als die Mindestbruchkraft. Die Bruchkraft eines Drahtseiles kann erhöht werden durch die Erhöhung des Metallquerschnitts im Seil, beispielsweise indem Litzen mit höheren Füllfaktoren verwendet werden, durch Verdichtung der Litzen, durch Hämmern des Seiles. Die Bruchkraft lässt sich auch erhöhen durch Erhöhung der Zugkraft der einzelnen Drähte oder durch die Erhöhung des Verseilfaktors. Letzteres kann beispielsweise erreicht werden durch die Verbesserung der Kontaktflächen zwischen den Seilelementen oder durch eine Kunststoffeinlage.

### 2.2 BIEGEWECHSELFESTIGKEIT

Die Biegewechselfestigkeit eines Drahtseiles ist definiert als die Anzahl der Biegewechsel, die ein Seil in einem Dauerbiegeversuch unter festgelegten Bedingungen (beispielsweise Laufen über Seilscheiben mit einem definierten Durchmesser und einer vorgegebenen Stranglast im Verhältnis zur Mindestbruchkraft des Seiles) erreichen kann. Die Biegewechselfestigkeit eines Seiles erhöht sich durch die Erhöhung des D/d-Verhältnisses (= Seilscheibendurchmesser D : Seilennendurchmesser d) und durch die Verringerung der Stranglast.

Die Biegewechselfestigkeit eines Drahtseiles kann erhöht werden durch die Vergrößerung des Kontaktbereiches zwischen Drahtseil und Seilscheibe und durch Erweiterung der Kontaktbereiche der Seilelemente untereinander, beispielsweise durch eine Kunststoffeinlage zwischen IWRC und den Außenlitzen. Durch die größere Kontaktfläche zwischen Seil und Seilscheibe und eine größere Flexibilität haben 8-litzige Drahtseile eine höhere Biegewechselfestigkeit als 6-litzige Drahtseile vergleichbarer Machart.

### 2.3 FLEXIBILITÄT

Ein Drahtseil ist üblicherweise umso flexibler, je mehr Litzen und Drähte es hat. Die Flexibilität wird jedoch auch beeinflusst durch die Schlaglängen der Litzen, des Herzseiles und des Seiles sowie durch die Sperrungen (Abstände) zwischen den Drähten und zwischen den Litzen.

Wenn ein Drahtseil nicht flexibel genug ist, muss es zu der Biegung um eine Seilscheibe eines festgelegten Durchmessers gezwungen werden. Dies reduziert die Biegewechselfestigkeit des Seiles.



## 2.4 WIRKUNGSGRAD

Beim Lauf über eine Seilscheibe muss das Drahtseil im Auflaufpunkt vom geraden in den gebogenen Zustand und im Ablaufpunkt vom gebogenen in den geraden Zustand überführt werden. Auch muss das Lager der Seilscheibe gedreht werden. Hierbei müssen die Reibungskräfte im Seil und des Lagers überwunden werden. Dies führt zu einer Veränderung der Seilkraft. Das Verhältnis der Seilkräfte auf beiden Seiten der Scheibe bezeichnet man als den

Wirkungsgrad des Seiles und nimmt hierbei in Kauf, dass dieser Zahlenwert auch die Reibungsverluste des Lagers mit berücksichtigt.

Bei der Messung des Seilwirkungsgrads wird der Verlust an Stranglast beim Lauf über Seilscheiben gemessen. Im Allgemeinen wird für Drahtseile ein Wirkungsgrad von 0,98, also ein Kraftverlust von 2% pro Seilscheibe angenommen.

## 2.5 VERSCHLEISSFESTIGKEIT

Veränderungen in der Stranglast rufen Veränderungen der Seillänge hervor. Die Bereiche des Seiles, die auf einer Seilscheibe oder den ersten Lagen auf der Trommel liegen, können auf die Veränderung der Stranglast nur reagieren, indem sie bei Veränderung der Seillänge über die Rille der Seilscheibe oder die Rille der Trommel rutschen.

Diese Relativbewegung ruft Verschleiß hervor (sowohl in den Rillen als auch am Drahtseil). Die Verschleißfestigkeit eines Seiles kann durch die Verwendung von weniger und deshalb dickeren Außendrähten verbessert werden. Durch verbesserte Auflageverhältnisse kann die Pressung zwischen Seil und Scheibe reduziert und somit der Verschleiß minimiert werden. **(Abb. 24a)** Die Verschleißfestigkeit kann auch durch die Metallurgie der Außendrähte beeinflusst werden.

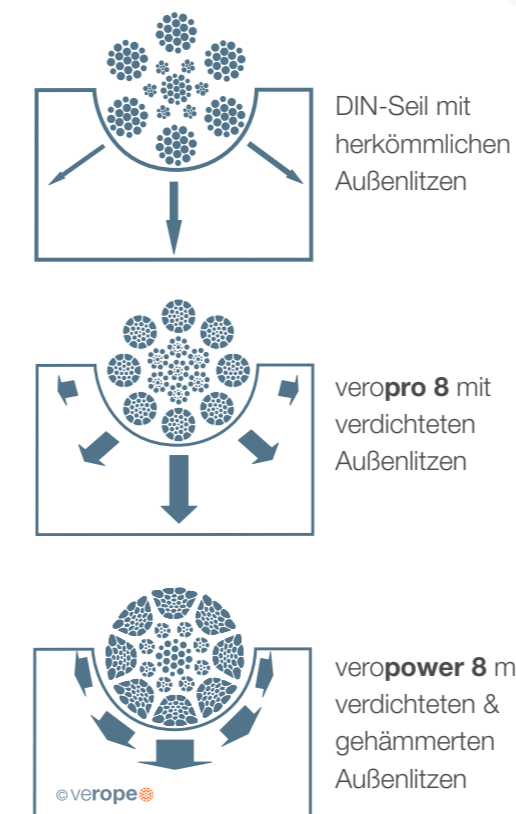


Abb. 24a: Vergleich Verschleißfestigkeit

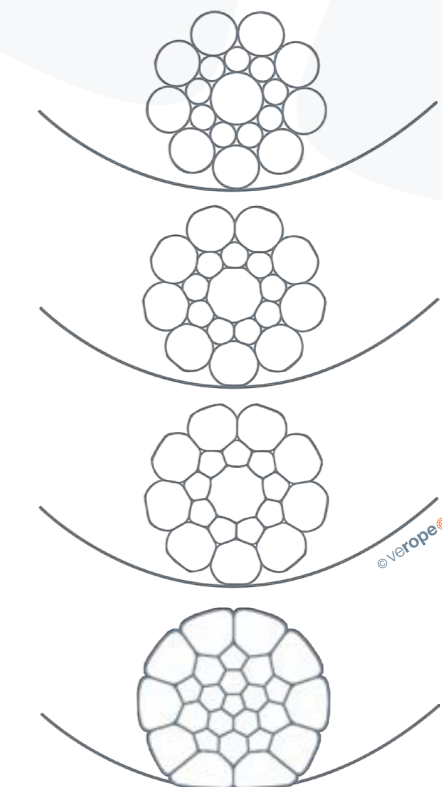


Abb. 24b: Litzenauflage



## 2.6 VERFORMUNGSVERHALTEN

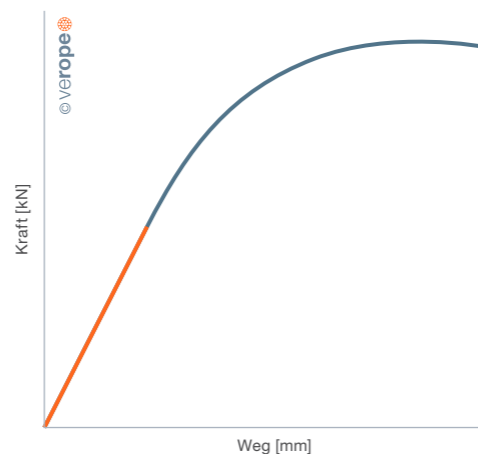
### → Elastizitätsmodul

Der Elastizitätsmodul eines Werkstoffs ist definiert als der Proportionalitätsfaktor zwischen Spannung und Dehnung. Der Elastizitätsmodul ist eine Werkstoffkonstante.

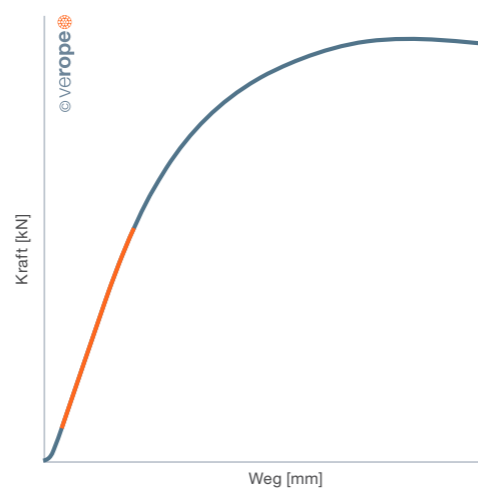
Neben den elastischen Eigenschaften des eingesetzten Drahtmaterials ist der Elastizitätsmodul von Drahtseilen aber zusätzlich abhängig von der Seilgeometrie und der Belastungsgeschichte des Seiles. Weil es sich hier also nicht um eine Werkstoffkonstante handelt, empfiehlt ISO 12076, diesen Faktor als »Seilmodul« zu bezeichnen.

**Abb. 25** zeigt das Kraft/Wegdiagramm eines Seildrahtes. Hier kann der Elastizitätsmodul eines Drahtes als Steigung der Kurve im linearen Bereich ermittelt werden.

**Abb. 26** zeigt ein Kraft/Wegdiagramm einer Litze. Da die Litze aus mehreren Drähten unterschiedlicher Länge und unterschiedlicher Schlaglängen oder unterschiedlicher Schlagwinkel aufgebaut ist, werden hier im unteren Lastbereich zunächst die kürzeren und weniger elastischen Elemente mit Last beaufschlagt. Aus diesem Grund ist die Kurve im unteren Bereich nicht linear. Sie wird erst dann linear, wenn alle Drähte der Litze gemeinsam tragen.



**Abb. 25:** Kraft/Wegdiagramm eines Seildrahtes

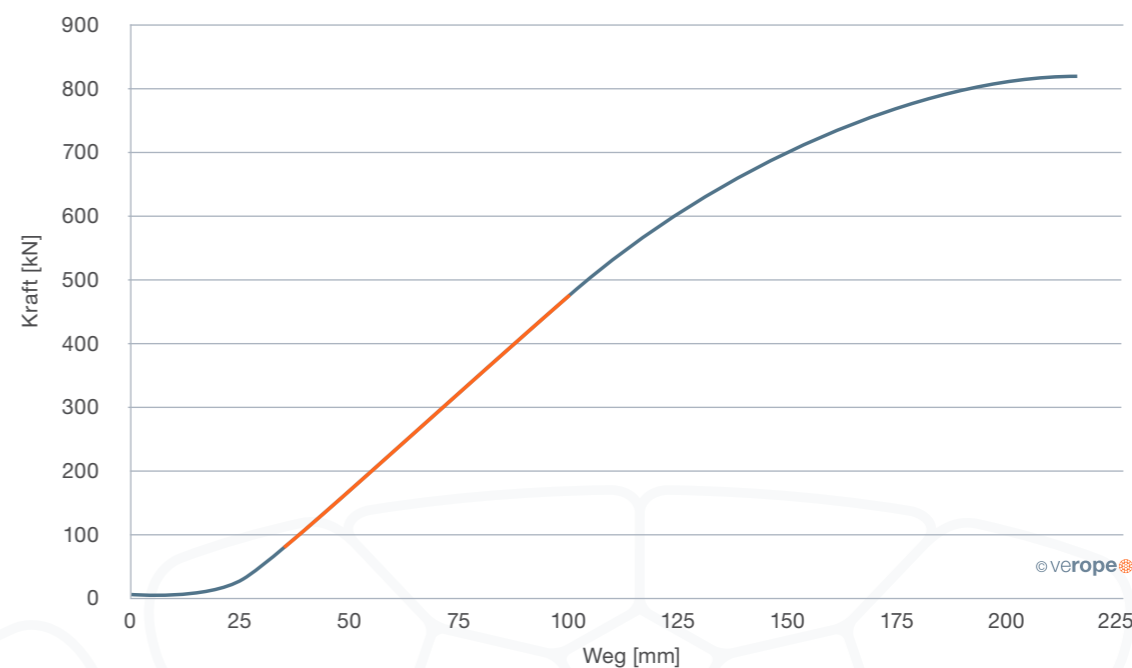


**Abb. 26:** Kraft/Wegdiagramm einer Litze

**Abb. 27** zeigt das Kraft/Wegdiagramm eines Seiles. Auch hier finden wir im unteren Lastbereich einen nicht linearen Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung. Auch hier erklärt sich die Nichtlinearität durch die Überbelastung der kürzeren und der weniger elastischen Seilelemente. Das Kraft/Wegdiagramm ist in dem Bereich linear, in dem alle Seilelemente gemeinsam tragen und noch nicht fließen. Infolge von Setzeffekten vergrößert sich der Elastizitätsmodul von Drahtseilen während

der Seillebensdauer. Der größte Teil dieser Veränderung geschieht bereits bei den ersten Belastungen des Seiles. Später ändert sich der Elastizitätsmodul dann nur noch geringfügig.

Deshalb sollte ein neues Drahtseil vor der Messung des Elastizitätsmoduls mehrfach be- und entlastet werden. Die Ermittlung des Seilelastizitätsmoduls ist in ISO 12076 beschrieben.



**Abb. 27:** Kraft/Wegdiagramm eines Seiles



### → Querdruckstabilität

Die Querdruckstabilität eines Drahtseiles ist eine Funktion der Seilgeometrie und der Stranglast. Üblicherweise reduziert sich die Querdruckstabilität eines Drahtseiles mit der Erhöhung der Zahl der Seilelemente. Sie erhöht sich mit der Erhöhung der Stranglast. Seile mit unzureichender Querdruckstabilität sind für Mehrlagenwicklung nicht geeignet.

### → Gefügestabilität

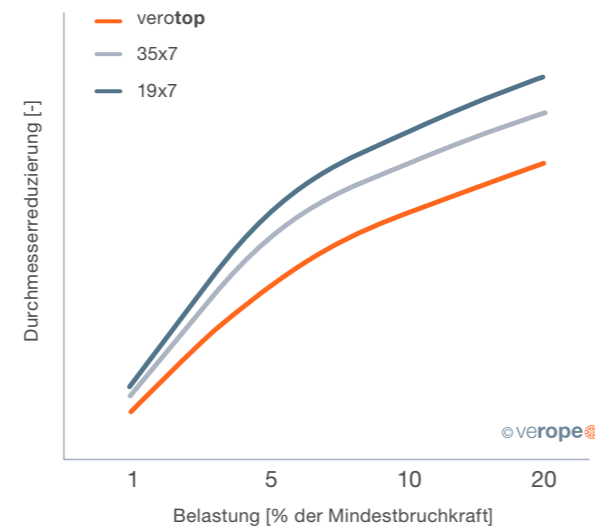
Es ist wichtig, dass das Drahtseil seine Struktur während seiner Lebensdauer behält.

Die Gefügestabilität eines Seiles kann erhöht werden durch eine Kunststoffeinlage zwischen IWRC und den Außenlitzen. Die Kunststoffeinlage fixiert die Position der Seilelemente relativ zueinander.

### → Durchmesserreduzierung eines Drahtseiles

Mit erhöhter Stranglast wird ein Drahtseil nicht nur länger, sondern auch der Durchmesser reduziert sich. Ein großer Teil der Durchmesserreduzierung ist allerdings reversibel, d.h. der Durchmesser erhöht sich wieder, sobald sich die Stranglast reduziert. Ein Teil der Durchmesserreduzierung ist jedoch permanent.

Wenn die Durchmesserreduzierung eines Drahtseiles unter Last zu stark ist, wird bei der Mehrlagenwicklung das Seil unter Umständen in die unteren Lagen der Trommel gezogen. Daher muss die Durchmesserreduzierung bei der Konstruktion eines Drahtseiles für Mehrlagenwicklung berücksichtigt werden (**Abb. 28**).



**Abb. 28:** Durchmesserreduzierung unter Belastung



# WARUM SPEZIALDRAHTSEILE?

Standardseile können den gehobenen Anforderungen vieler Seilanwendungen nicht gerecht werden. Höhere Anforderungen an Seillebensdauer, Bruchkraft, Drehstabilität, Flexibilität, Strukturstabilität und Wickelverhalten können nur mit Spezialdrahtseilen erfüllt werden. Aus diesen Gründen greifen viele Konstrukteure und Anwender zu verope® Spezialdrahtseilen.

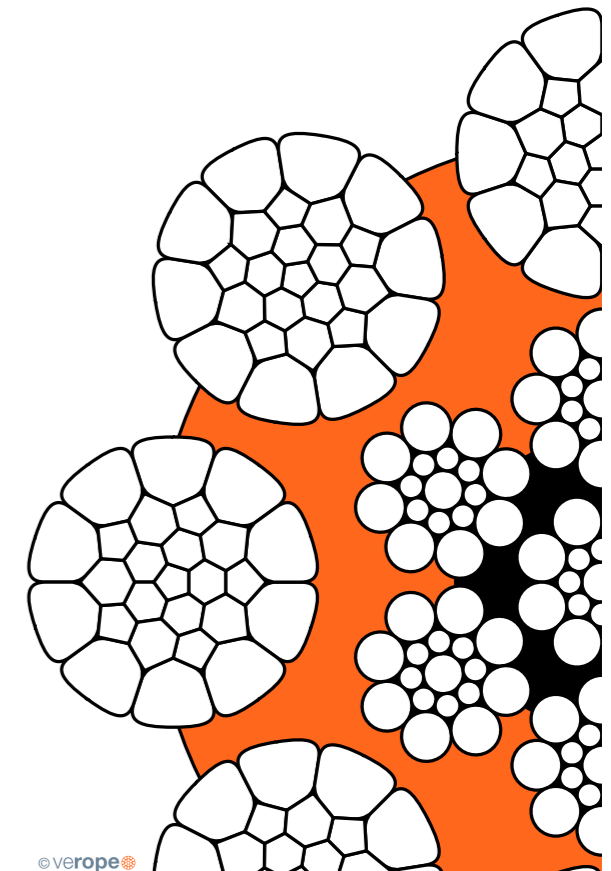
## 3.1 KUNSTSTOFFZWISCHENLAGE

Viele verope® Spezialdrahtseile haben eine Kunststoffzwischenlage zwischen der Stahleinlage und den Außenlitzen. Diese Zwischenlage stabilisiert die Seilgeometrie wie ein flexibles Korsett und erhöht so die Seillebensdauer insbesondere unter schwierigen Arbeitsbedingungen.

Die Kunststoffzwischenlage verhindert das Eindringen von Feuchtigkeit und Schmutz und hilft so, Korrosion in der Stahleinlage zu vermeiden. Die elastische Zwischenlage verhindert metallische Berührung zwischen den Außenlitzen und der Stahlseele und verringert so Verschleiß und die Gefahr von Drahtbrüchen im Seilinneren.

### Die Kunststoffzwischenlage:

- wirkt inneren Drahtbrüchen entgegen
- schließt das Schmiermittel ein
- schließt Wasser, Verschmutzungen etc. aus
- reduziert innere Beanspruchungen
- verbessert die Formstabilität des Seiles
- absorbiert Schwingungen
- verbessert die Laufruhe



**Abb. 29:** Die Kunststoffzwischenlage (orange dargestellt)

## 3.2 BRUCHKRAFT

verope® Spezialdrahtseile sind für eine gleichmäßige Lastverteilung und das Erreichen hoher Bruchkräfte ausgelegt. Duktile, mit engen Toleranzen gefertigte Drähte werden zu Seilen mit radial stabilem Querschnitt verseilt. Optimierte Berührungsverhältnisse sorgen für geringe Verseilverluste, und parallel verseilte Drähte und Litzen erhöhen den Metallquerschnitt. Die Verwendung von verdichteten Litzen und ein Hämmern des fertigen Seiles garantieren sehr hohe Füllfaktoren.

Konstrukteure von Kranen und Anlagen nutzen diese Merkmale, um bei gleicher Tragkraft Seile mit kleineren Durchmessern einzusetzen. Bei gleichem D/d-Verhältnis können durch die Verwendung von verope® Spezialdrahtseilen auch die Durchmesser von Seilscheiben und Seiltrommeln verringert und somit die Herstellungskosten der Geräte deutlich reduziert werden.

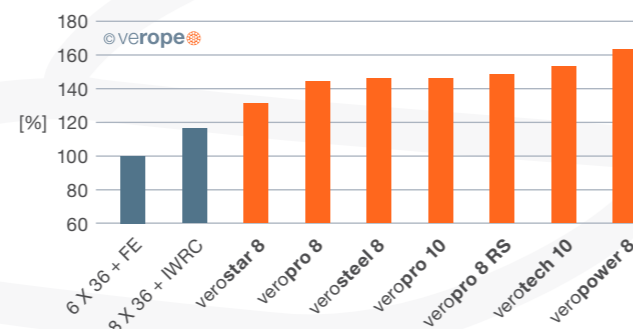


Abb. 30: Bruchkräfte nicht drehungsfreier Seile

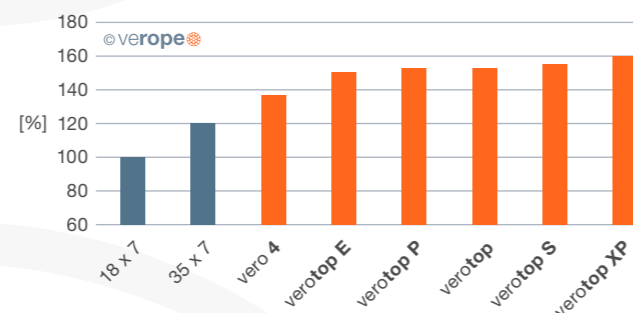


Abb. 31: Bruchkräfte drehungsfreier Seile

### → Bruchkraft bei Verwendung eines Wirbels

Die in Seilkatalogen angegebenen Mindestbruchkräfte gelten für Drahtseile, deren Enden gegen Verdrehen gesichert sind. Bei Befestigung an einem Wirbel reduziert sich die Bruchkraft nicht drehungsfreier Seile teilweise deutlich. Selbst wenn das Seil unter Nennlast nicht sofort reißen würde, werden einzelne nun überlastete Seilelemente überproportional schnell ermüden. Auch könnten sich sehr schnell Strukturveränderungen wie z.B. Korbformungen einstellen. Deshalb dürfen nicht drehungsfreie Seile nicht mit Wirbel arbeiten.

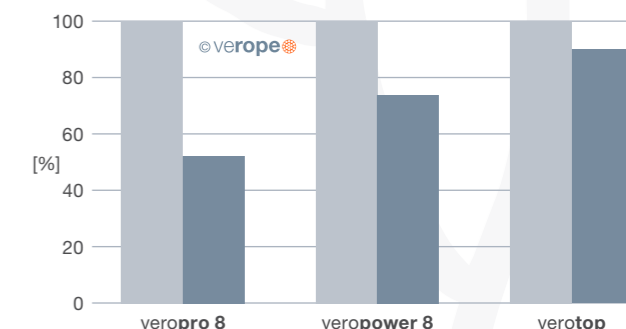


Abb. 32: Bruchkräfte eines neuen Seiles im ZerreiBversuch ohne und mit Wirbel

## 3.3 BIEGEWECHSELFESTIGKEIT UND LEBENSDAUER

verope® betreibt die ersten zwei Dauerbiegemaschinen weltweit, die nach einem neuen, revolutionären Konzept gebaut wurden.

Das Drahtseil wird in die Prüfmaschine eingebaut und belastet und läuft dann so lange über fünf Seilscheiben hin und zurück, bis es in der Seilmitte reißt. Erst dann beginnt die Analyse des Drahtseils:

Auf der linken und auf der rechten Seite der gebrochenen Seilzone, die während des Versuchs über fünf Scheiben hin und zurück gelaufen ist, befinden sich zwei Seilzonen, die nur über vier Scheiben gelaufen und nicht bis zur fünften gekommen sind. Unabhängig davon, welche Bruchbiegewechselzahl im Versuch erreicht wird, haben diese Zonen immer genau 80% dieser Biegewechselzahl ertragen.

Diese Zonen und die weiteren Zonen, die nur über drei, zwei, eine oder über gar keine Scheibe gelaufen sind und somit die Seilzustände nach 60%, 40%, 20% und 0% der Seillebensdauer repräsentieren, werden nun für die weitere Untersuchung herausgeschnitten (Abb. 35).

Eine der beiden Seilzonen für jeden Zustand wird benutzt, um die Zahl der äußeren Drahtbrüche und die Veränderungen des Seildurchmessers und der Schlaglängen zu ermitteln. Anschließend wird diese Seilzone auseinandergenommen, um auch die Zahl der inneren Drahtbrüche auf der Unterseite der Außenlitzen, auf der Außenseite und im Inneren des Herzseils und auf einzelnen Litzen zu zählen und um die Veränderungen der Durchmesser des Herzseils und der Außenlitzen und deren Schlaglängen zu messen.

Auf diese Weise kann man ermitteln, wie sich die äußeren Drahtbrüche während der Lebensdauer des Seiles entwickeln, wie sich die inneren Drahtbrüche im Laufe der Lebensdauer entwickeln, wie sich eine Kunststoffzwischenlage während der Seillebensdauer verändert und welche Seilelemente als erste versagen. Diese Resultate helfen verope®, die Qualität seiner Produkte zu überwachen oder die Geometrie eines neu entwickelten Seiles bereits nach dem ersten Versuch deutlich zu verbessern.

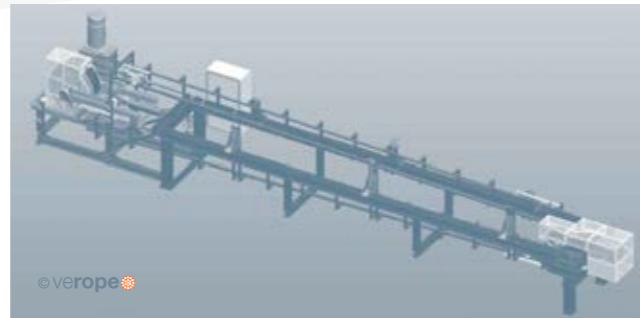


Abb. 33: Biegewechselmaschine

Die vergleichbaren 80%-, 60%-, 40%-, 20%- und 0%-Zonen auf der anderen Seite der Bruchstelle werden einem Ganzerreiβversuch unterworfen. Auf diese Weise kann verope® ermitteln, wie sich die Bruchkraft, der Elastizitätsmodul und die Bruchdehnung seiner Produkte über der Lebensdauer des Seiles verändern.

Ein Drahtseil sollte bei Erreichen der Ablegedrahtbruchzahl eine Bruchkraft aufweisen, die noch etwa so hoch oder sogar noch höher ist als im Neuzustand (Abb. 34).

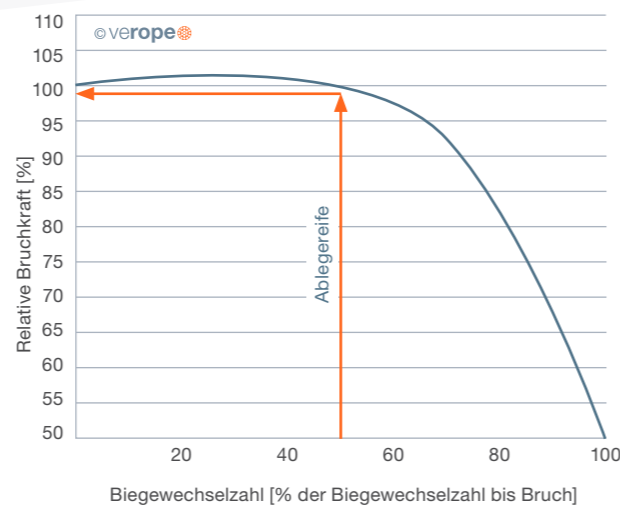


Abb. 34: Seilbruchkraft in % der Bruchkraft des neuen Seiles in Abhängigkeit von der Seillebensdauer bis Bruch. Bei Erreichen der Ablegereife sollte das Seil noch eine Bruchkraft aufweisen, die nur geringfügig unter der des neuen Seiles liegt.

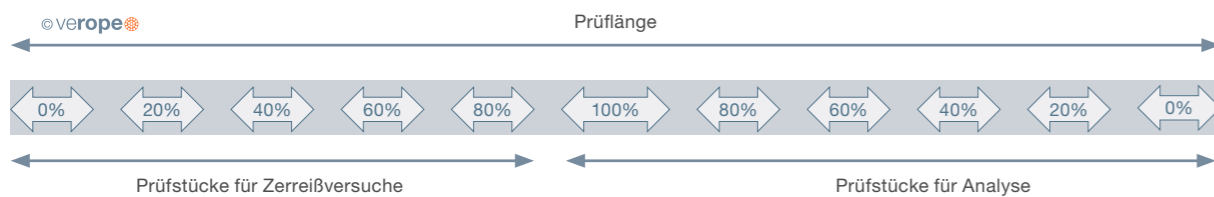


Abb. 35: Probenentnahme/Seilmuster zur Analyse



Abb. 36: Zustand bei 0% der Biegewechsel bis Bruch (Neuzustand)



Abb. 37: Zustand bei 20% der Biegewechsel bis Bruch



Abb. 38: Zustand bei 40% der Biegewechsel bis Bruch



Abb. 39: Zustand bei 60% der Biegewechsel bis Bruch



Abb. 40: Zustand bei 80% der Biegewechsel bis Bruch



Abb. 41: Zustand bei 100% der Biegewechsel bis Bruch (Zone nahe Seilbruchstelle)

Die Seilzonen, die beim Dauerbiegeversuch über keine, eine, zwei, drei, vier oder fünf Seilscheiben laufen, zeigen nach Versuchsende (Seilbruch) den Zustand des Seiles bei einer Biegewechselzahl von 0%, 20%, 40%, 60%, 80% und 100% (Seilbruch) an.

Durch die detaillierte Analyse der einzelnen Arbeitsbereiche ist der Verlauf der sichtbaren Drahtbrüche über der Seillebensdauer sehr genau zu bewerten (Abb. 42).

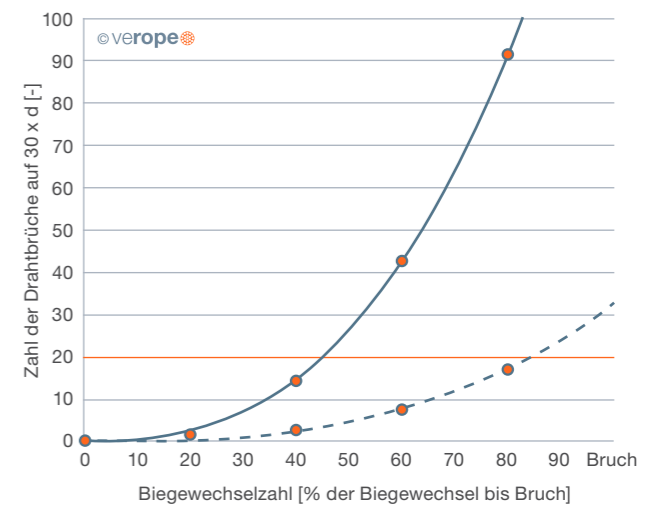


Abb. 42: Zahl der sichtbaren (durchgezogene Linie) und der unsichtbaren Drahtbrüche (gestrichelte Linie) in Abhängigkeit von der Seillebensdauer. Nach Beendigung des Dauerbiegeversuches ergibt die Analyse der Seilzonen mit den unterschiedlichen Biegewechselzahlen die markierten Drahtbruchzahlen.



Nach dem Zerlegen der Seilstücke können auch die im Seilinneren auftretenden Drahtbrüche in Abhängigkeit von der Seillebensdauer ermittelt werden (Abb. 43).

Bei der Konstruktion veropro 8 ist die Anzahl der sichtbaren Drahtbrüche höher als die nicht sichtbaren.

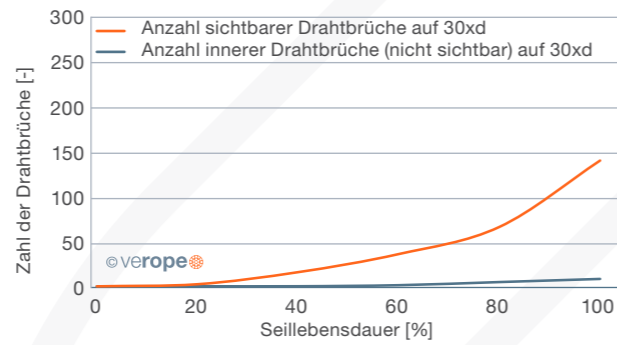


Abb. 43: Entwicklung der sichtbaren Drahtbrüche auf der Seiloberfläche und der von außen nicht sichtbaren Drahtbrüche im Seilinneren

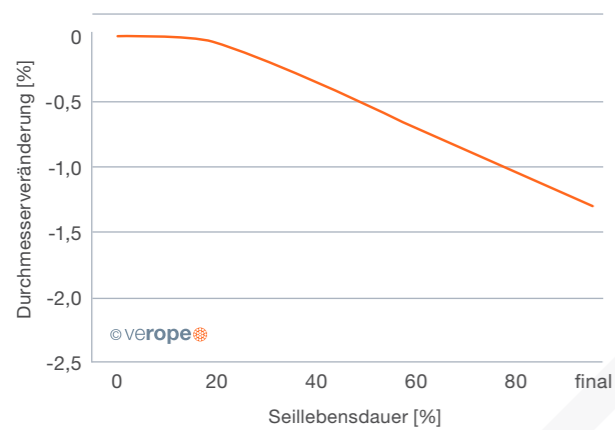


Abb. 44: Durchmesseränderung des Seiles im Biegewechselfersuch

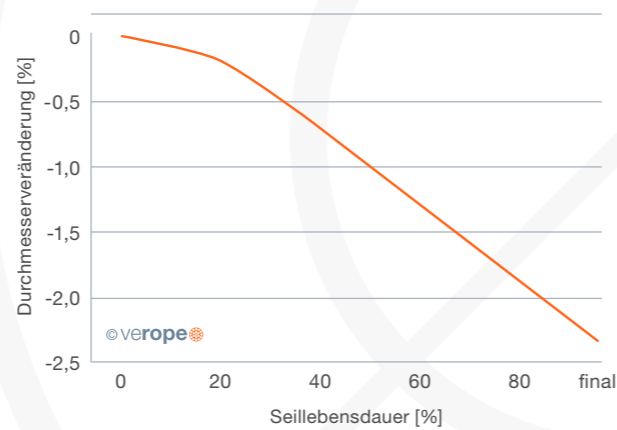


Abb. 45: Durchmesseränderung der Stahlseileinlage im Biegewechselfersuch

Biegewechselfersuche werden standardmäßig bis zum Bruch einer Litze bzw. des Seiles durchgeführt. Durch das Auswerten der einzelnen Seilsektionen kann der genaue Punkt der Ablegereife bestimmt werden. Hieraus ergibt sich auch die so genannte Restlebensdauer (die Lebensdauer zwischen Ablegereife und Bruch) (Abb. 46).

Abb. 47 zeigt einen Vergleich der Biegewechselfzahlen bis zum Erreichen der Ablegereife nach ISO 4309 sowie bis zum Bruch für nicht drehungsfreie Seilkonstruktionen unter gleichen Versuchsbedingungen.

Abb. 48 zeigt einen Vergleich der Biegewechselfzahlen bis zum Erreichen der Ablegereife nach ISO 4309 und bis zum Bruch für drehungsfreie Seilkonstruktionen unter gleichen Versuchsbedingungen.

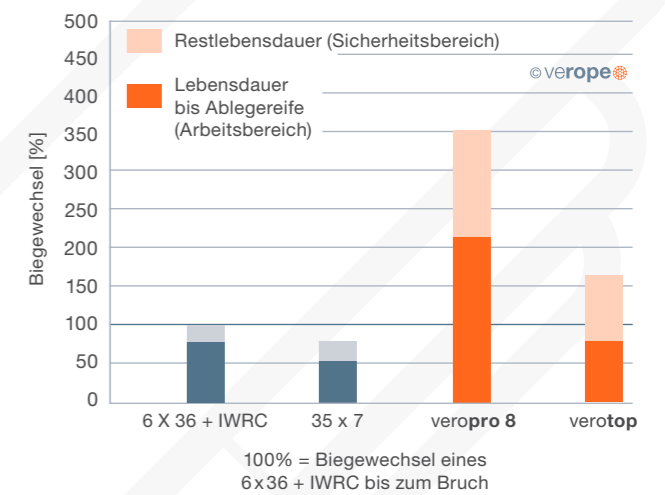


Abb. 46: Zahl der Biegewechsel bis zur Ablegereife und bis zum Bruch

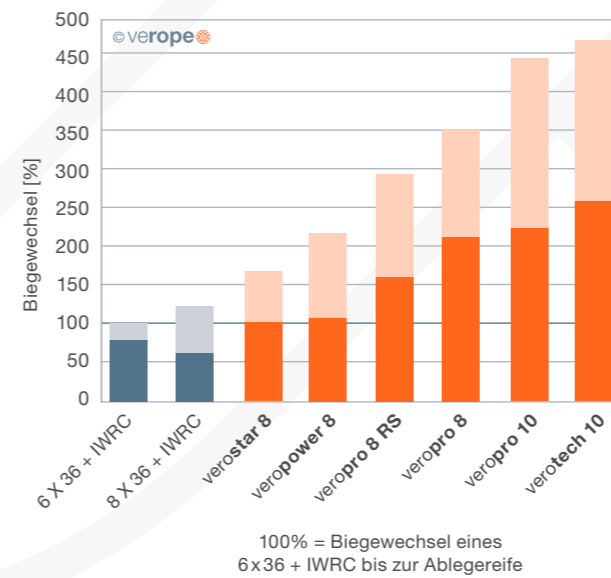


Abb. 47: Biegewechsel nicht drehungsfreie Seile unter gleicher Belastung bis zur Ablegereife und bis zum Bruch

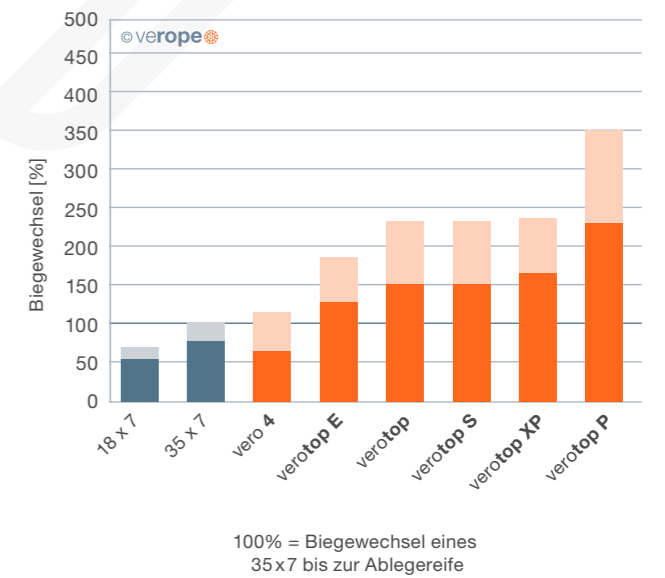


Abb. 48: Biegewechsel drehungsfreie Seile unter gleicher Belastung bis zur Ablegereife und bis zum Bruch



→ Seillebensdauer bei Verwendung von Stahlscheiben und Kunststoffscheiben

Die Seillebensdauer wird durch den Scheibenwerkstoff deutlich beeinflusst. Bei Verwendung von Kunststoffscheiben steigt die Biegewechselfestigkeit im Vergleich zu Stahlscheiben deutlich an. Die verbleibende Seilrestlebensdauer nach dem Erreichen der Ablegereife bis zum Bruch des Seiles ist, bezogen auf die Anzahl der Biegewechsel, in etwa gleich, sinkt jedoch prozentual deutlich ab (Abb. 49). Somit muss bei der Verwendung von Kunststoffscheiben die Seilinspektion besonders sorgfältig durchgeführt werden. verope® empfiehlt Kunststoffscheiben daher nur für Anwendungen, wo die Seile magnetinduktiv geprüft werden, oder für Anwendungen, wo die Seile im Wesentlichen außen beschädigt werden, wie z.B. bei der Mehrlagenwicklung.

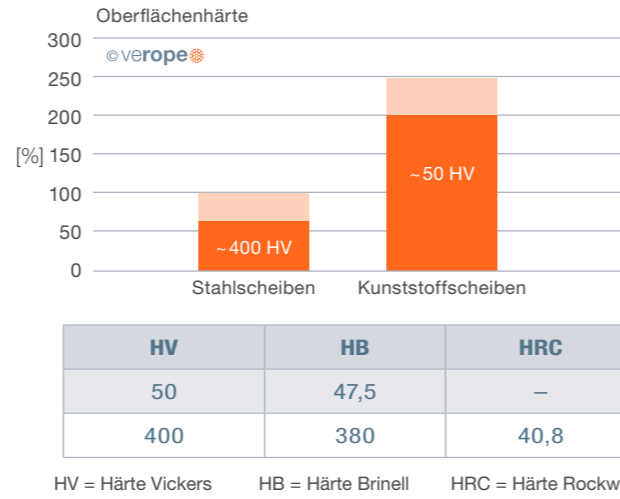


Abb. 49: Einfluss des Scheibenmaterials auf die Seillebensdauer und die Umrechnungen der verschiedenen Härteeinheiten

→ Seillebensdauer von blanken und verzinkten Seilen

Ein Vergleich der Biegewechselzahlen von blanken und verzinkten Seilen bis zum Erreichen der Ablegereife nach ISO 4309 und bis zum Bruch zeigt, dass verzinkte Seile in der Regel höhere Lebensdauern erreichen (Abb. 50). Die Zinkauflage bietet bessere "Notlaufeigenschaften" bei verbrauchtem Schmiermittel und schützt vor Reibkorrosion.

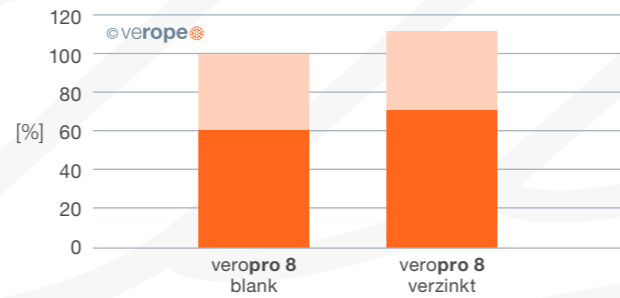


Abb. 50: Biegewechselvergleich von blanken und verzinkten Seilen

→ Seillebensdauer in Abhängigkeit vom Rillendurchmesser

Nach ISO 16625 sollte die Rille der Seilscheibe einen Durchmesser besitzen, der 5 bis 10% größer ist als der Seilennendurchmesser. Im Laufe der Einsatzzeit wird sich der Seildurchmesser verringern. Das Seil wird sich mit diesem verringerten Durchmesser in die Seilscheibe eingraben und den Rillendurchmesser verkleinern. Deshalb sollte bei der Montage eines neuen Seiles beachtet werden, dass der Rillendurchmesser der Seilscheiben **mindestens 1%** größer ist als der gemessene Seildurchmesser.

Bei zu großem Rillendurchmesser wird das Seil weniger gut unterstützt, und die Flächenpressung erhöht sich. Folglich reduziert sich die Seillebensdauer mit zunehmendem Rillendurchmesser stetig. Ist hingegen der Rillendurchmesser zu klein, wird das Seil gezwängt, und die Seillebensdauer fällt extrem ab.

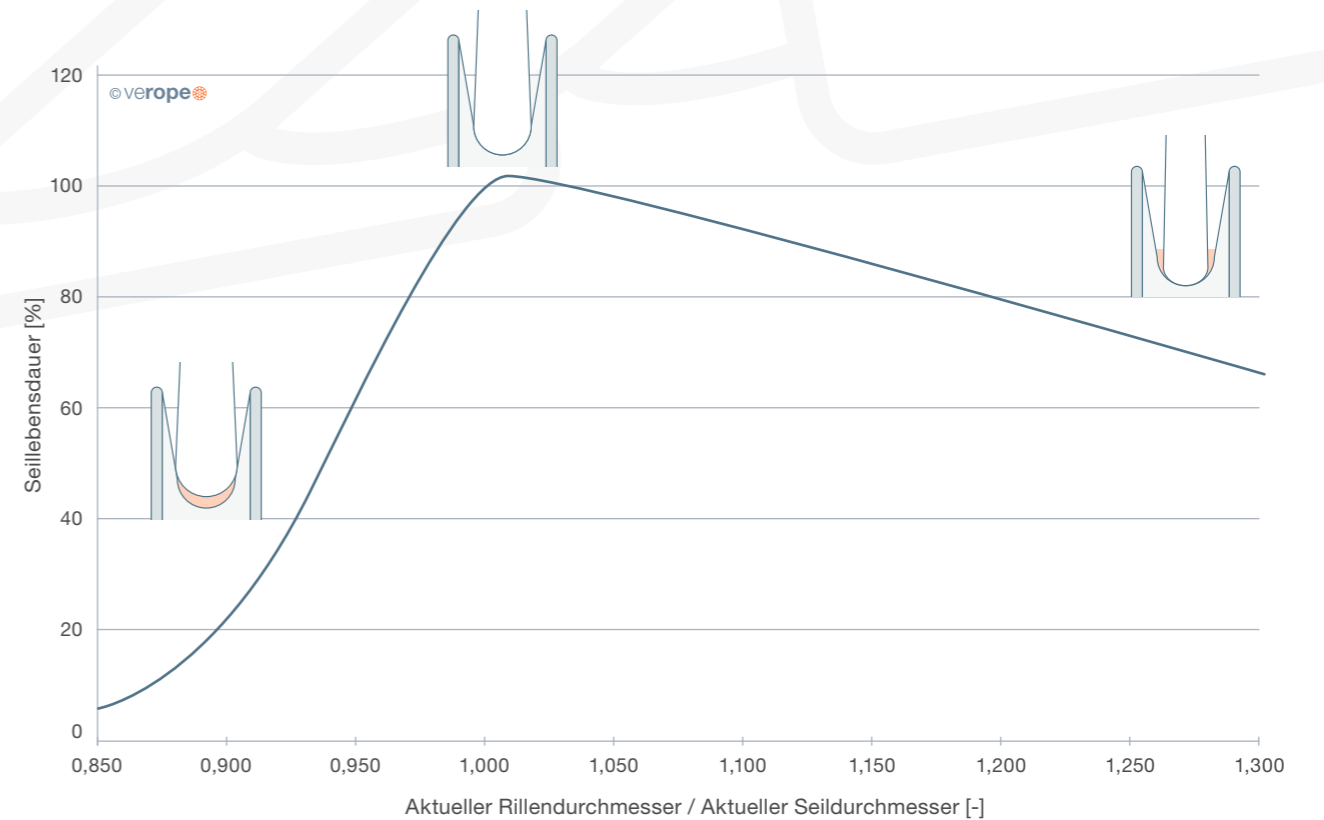


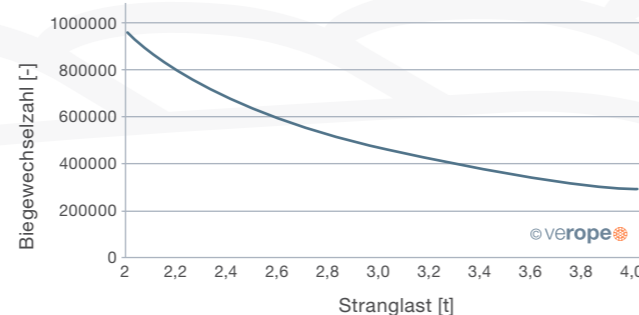
Abb. 51: Einfluss des Rillendurchmessers auf die Seillebensdauer (siehe auch Seite 60)





#### → Seillebensdauer in Abhängigkeit von der Stranglast

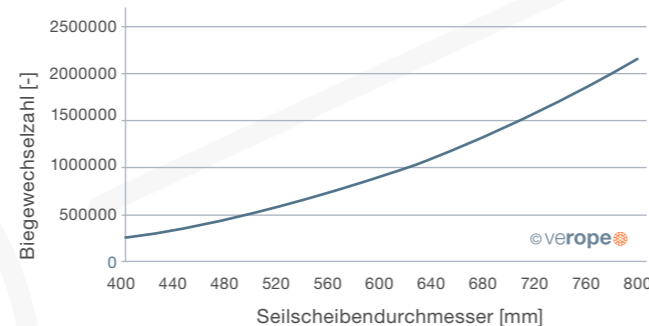
Die einwirkende Stranglast hat erheblichen Einfluss auf die Seillebensdauer. Während beispielsweise bei einer Stranglast von 2 t noch 950.000 Biegewechsel erreicht werden, werden bei einer Stranglast von 4 t nur noch 290.000 Biegewechsel erreicht (**Abb. 52**).



**Abb. 52:** Einfluss der Stranglast auf die Seillebensdauer

#### → Seillebensdauer in Abhängigkeit vom Scheibendurchmesser

Die verwendeten Durchmesser von Seilscheiben und Seiltrommeln beeinflussen die Seillebensdauer deutlich. Während beispielsweise ein Seil beim Lauf über eine Seilscheibe mit einem Durchmesser von 800 mm noch über 2.000.000 Biegewechsel erreicht, reduziert sich die Biegewechselleistung durch Halbieren des Scheibendurchmessers auf 400 mm auf 290.000 (**Abb. 53**).

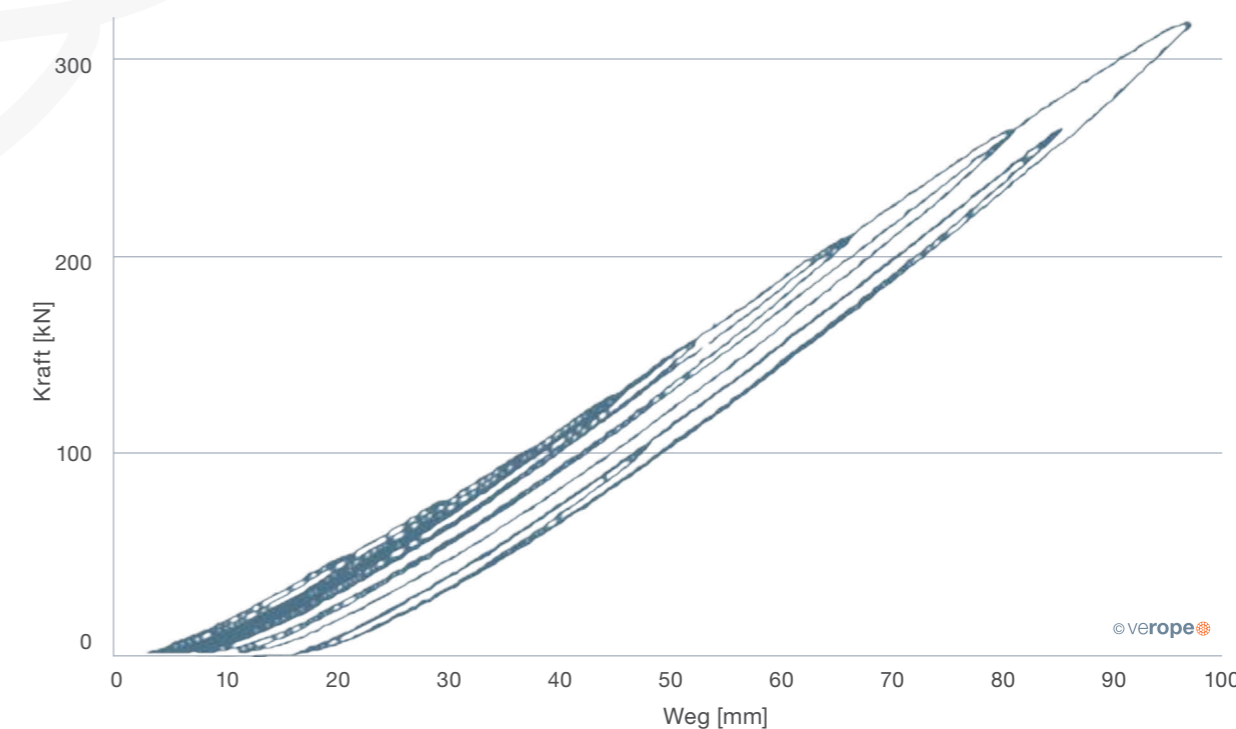


**Abb. 53:** Einfluss des Scheibendurchmessers auf die Seillebensdauer

## 3.4 VERFORMUNGSVERHALTEN

In vielen Anwendungen ist die genaue Kenntnis des Verformungsverhaltens von Drahtseilen von großer Bedeutung. verope® hat in vielen aufwendigen Versuchen die Längs- und Querelastizitätsmoduln, die elastischen und plastischen Dehnungen, sowie die Durchmesserreduzierungen seiner Produkte ermittelt. Durch die Erstellung eines Kraft-Wegdiagramms können viele technische Parameter des Seiles ermittelt werden (**Abb. 54**).

verope® belastet und entlastet die Seile in Stufen und ermittelt hieraus die Dehnung unter Last, sowie die bleibende Dehnung nach Entlastung. Aus der Steigung des linearen Bereichs der Belastungskurven wird der Elastizitätsmodul ermittelt. Gleichzeitig wird die Durchmesserreduzierung in Abhängigkeit von der Last gemessen. Die Seile werden bis zum Bruch belastet, um auch die Bruchkraft und die Bruchdehnung ermitteln zu können.



**Abb. 54:** Kraft-Wegdiagramm eines verope® Spezialdrahtseiles zur Bestimmung des Elastizitätsmodul



### → E-Modul

Innerhalb einer Seilkonstruktion variieren die Elastizitätsmoduln geringfügig in Abhängigkeit vom Seildurchmesser, von der Schlagart (Kreuzschlag, Gleichschlag) und von der Drahtfestigkeit (Abb. 55). In der Regel erhöht sich der E-Modul von Drahtseilen im Laufe der Seillebensdauer.

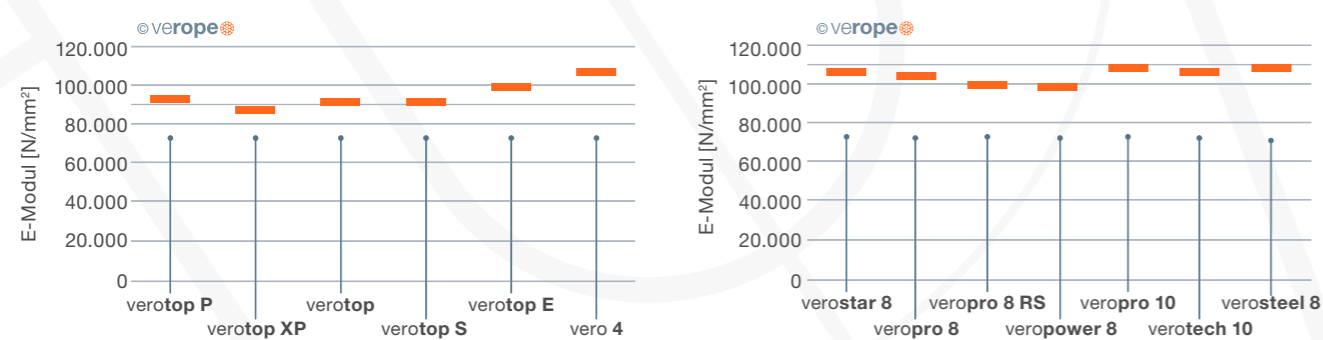


Abb. 55: E-Moduln von Seilen

### → Dehnung

Insbesondere bei Abspannseilen, aber auch bei laufenden Seilen ist eine genaue Kenntnis der Seildehnung im belasteten Zustand und der bleibenden Seilverlängerung nach Entlastung von Bedeutung. verope® hat diese Kennwerte für alle Produkte an großen Prüflängen mit hoher Präzision gemessen.

Messwerte typischer verope® Seilkonstruktionen finden Sie hier. Gerne stellen wir Ihnen für Ihre Auslegungen die Ergebnisse für andere verope® Seilkonstruktionen zur Verfügung.

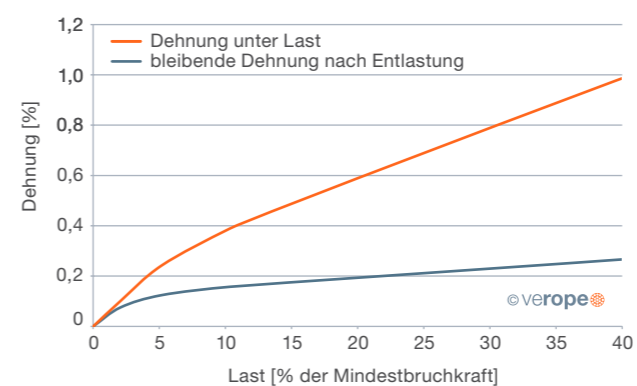


Abb. 56: Dehnung unter Last (obere Kurve) und bleibende Dehnung nach Entlastung (untere Kurve) in Abhängigkeit von der Stranglast (veropro 8, Kreuzschlag, 1960 N/mm<sup>2</sup>)

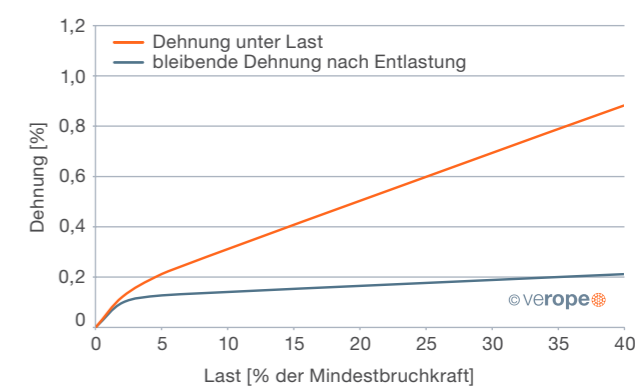


Abb. 57: Dehnung unter Last (obere Kurve) und bleibende Dehnung nach Entlastung (untere Kurve) in Abhängigkeit von der Stranglast (verotop P, Gleichschlag, 1960 N/mm<sup>2</sup>)

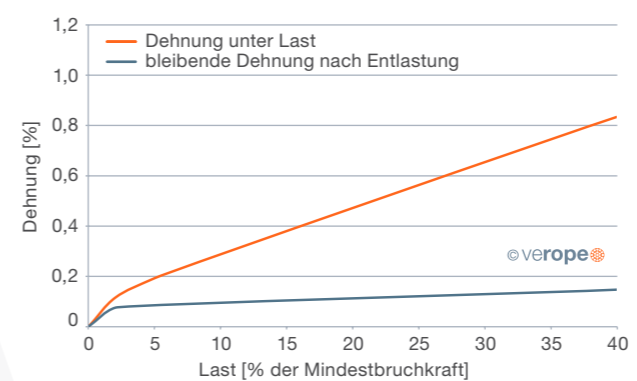


Abb. 58: Dehnung unter Last (obere Kurve) und bleibende Dehnung nach Entlastung (untere Kurve) in Abhängigkeit von der Stranglast (verotop, Gleichschlag, 1960 N/mm<sup>2</sup>)

→ Durchmesserreduzierung

Unter Belastung wird ein Seil länger und dünner. Die Durchmesserreduzierung kann das Verhalten bei Mehrlagenwicklung nachhaltig beeinflussen. verope® hat die Durchmesserreduzierung für alle Produkte gemessen und kann diese bei Bedarf zur Verfügung stellen.

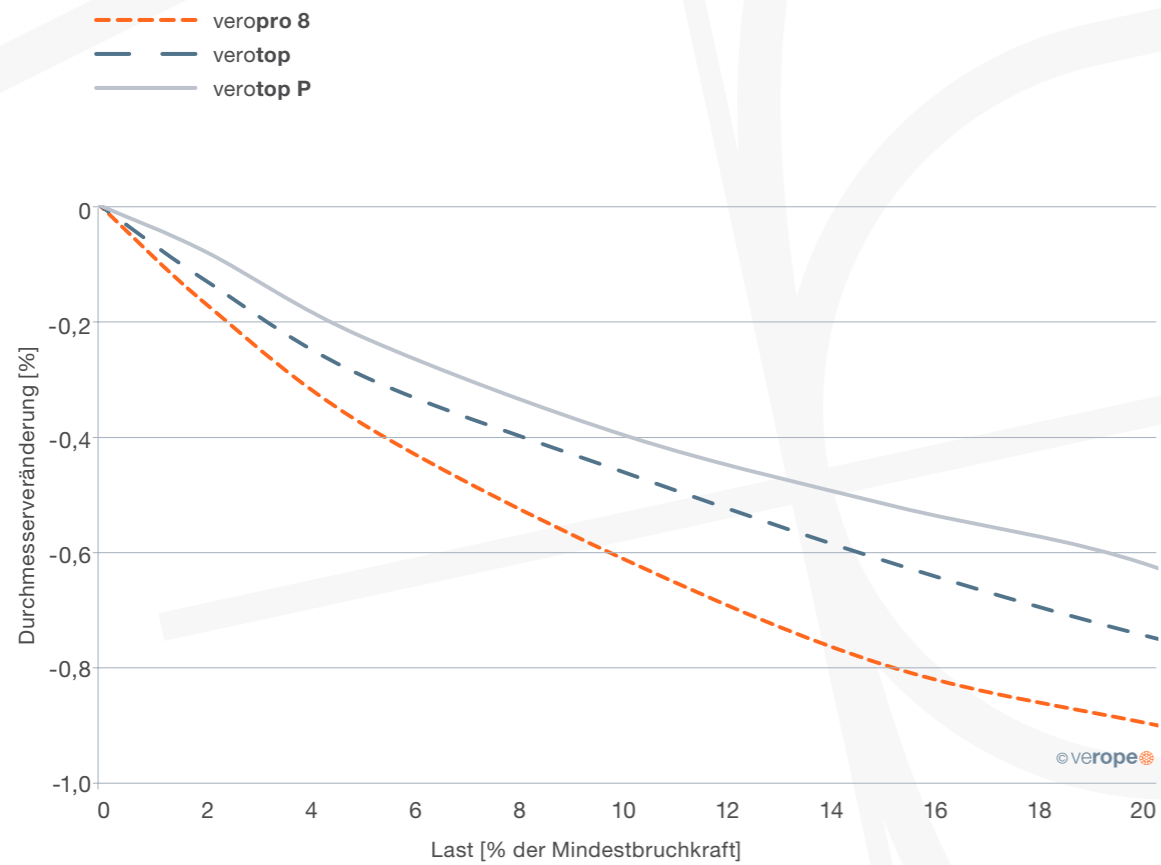


Abb. 59: Durchmesserreduzierung in Abhängigkeit von der Stranglast

→ Querdruckstabilität mit und ohne Last

Bei Mehrlagenwicklung werden Drahtseile zusätzlich zu den Zug- und Biegebeanspruchungen auch noch enormen Querkräften ausgesetzt. Damit die Seile diesen Belastungen standhalten und es nicht zu Wickelproblemen kommt, ist ein hohes Maß an Querdruckstabilität erforderlich. Auch beeinflusst die Querdruckstabilität das Verformungsverhalten der Seiltrommel.

Aus diesem Grund ist es für den Konstrukteur der Seiltrommel wichtig, die Querdruckstabilität in Form des Querelastizitätsmoduls der Seile zu kennen. Als Querdruckstabilität bezeichnet man den Widerstand eines Drahtseils gegen radiale Verformung (Ovalisierung). verope® misst die Querdruckstabilität seiner Produkte im unbelasteten (Abb. 60 und 61) und im belasteten Zustand (Abb. 62).

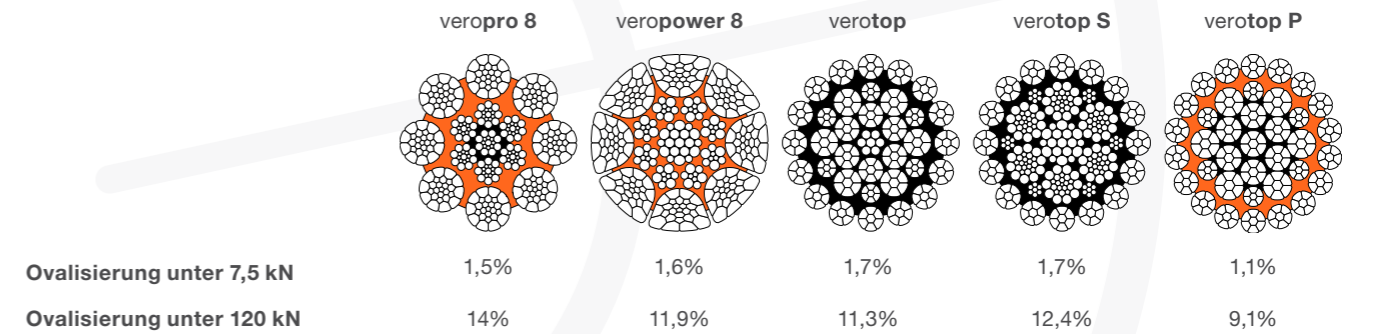


Abb. 60: Messung ohne Zugkraft

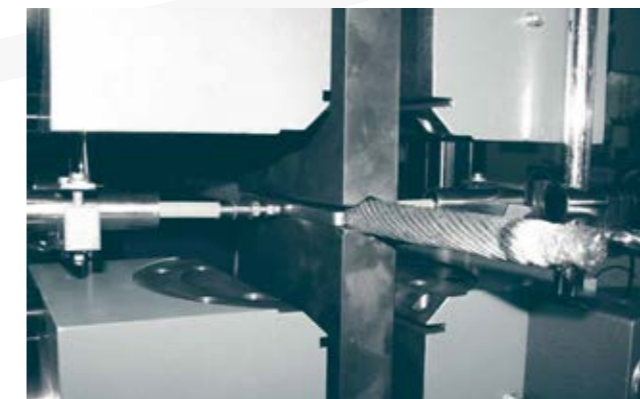
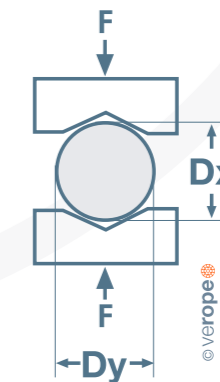


Abb. 61: Prüfvorrichtung (Quelle: TU Dresden)



**Messung unter Zugkraft**

Bei der Bestimmung des Querelastizitätsmoduls unter Zugkraft wird das Verformungsverhalten des Seiles unter unterschiedlich hohen Zugkräften und unterschiedlich hohen Querkräften gemessen (Abb. 62).

verope® hat die Querelastizitätsmoduln für alle seine Produkte ermittelt und stellt sie Konstrukteuren bei Bedarf gerne zur Verfügung.

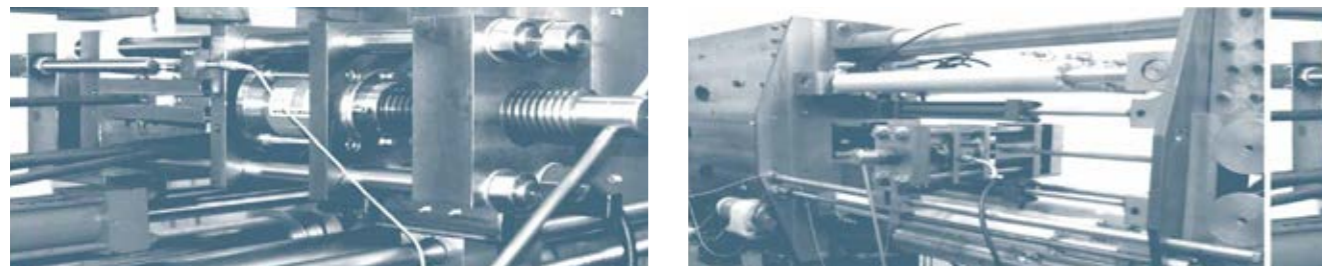
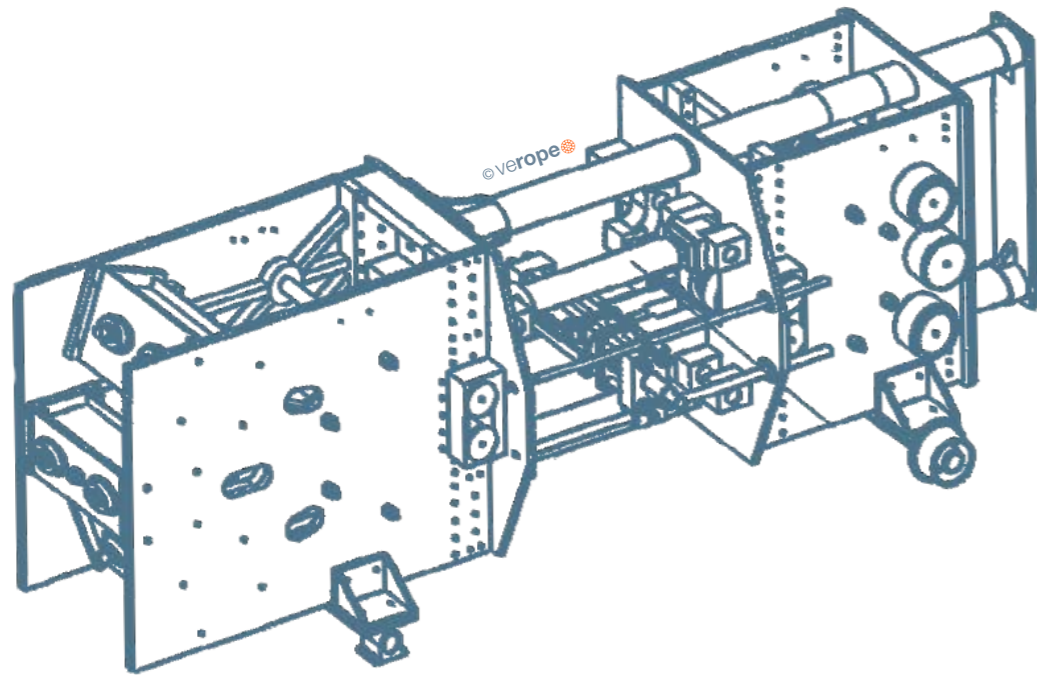


Abb. 62: Prüfprinzip zur Messung des Querelastizitätsmoduls unter Zugkraft (Quelle: TU Clausthal)

**3.5 DREHVERHALTEN**

Zur Beurteilung des Drehverhaltens von Drahtseilen werden das Seildrehmoment und der Seildrehwinkel gemessen. Zur Messung des Drehwinkels wird ein Seilende an einem leichtgängigen Wirbel befestigt. Während des Versuches wird die Verdrehung des Seiles in Abhängigkeit von der Last gemessen.

Die Verdrehung wird in der Regel in Grad pro 1000 x Seildurchmesser angegeben. Zur Messung des Drehmoments werden beide Seilenden gegen Verdrehen gesichert. An einem Seilende wird in Abhängigkeit von der Last das Drehmoment gemessen, mit dem das Seil die Endverbindung verdrehen möchte.

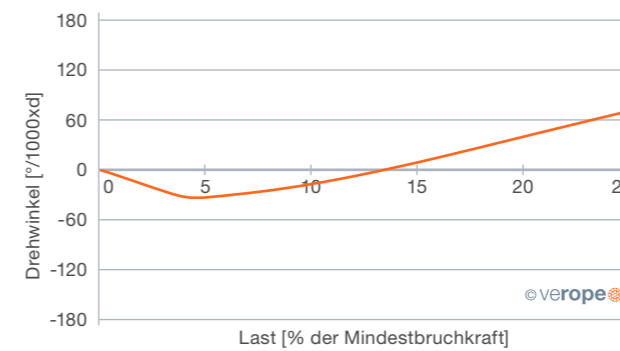


Abb. 63: Typischer Drehwinkelversuch der Konstruktion verotop

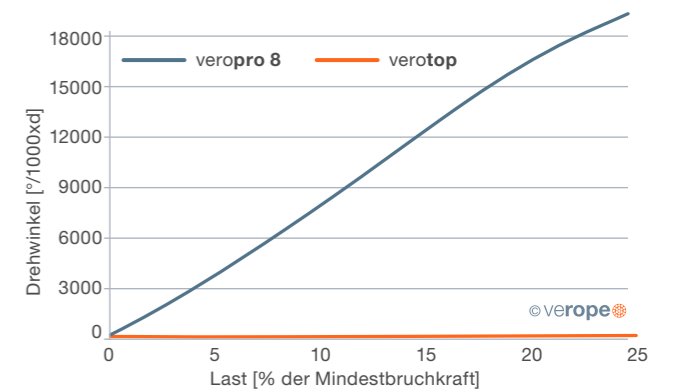


Abb. 64: Drehwinkelversuch veropro 8 und verotop

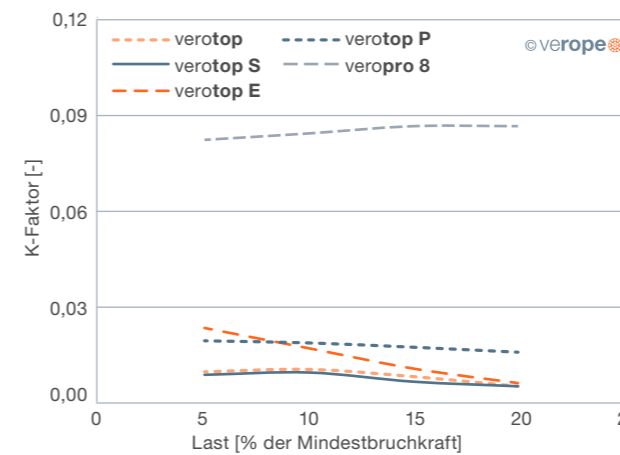


Abb. 65: Drehmomente verschiedener verope® Seile

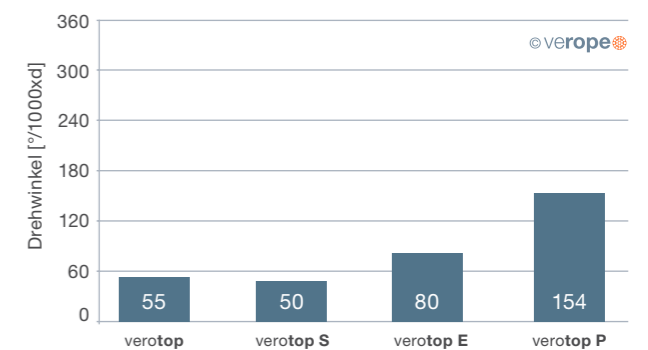


Abb. 66: Drehwinkel unter einer Belastung von 20% der Mindestbruchkraft

### 3.6 FLEXIBILITÄT

Die Flexibilität eines Seiles ist ein Maß dafür, wie leicht sich ein Seil um einen vorgegebenen Durchmesser krümmen lässt. Die Flexibilität eines Seiles ist unter anderem abhängig von der Stranglast.

Die Flexibilität eines *unbelasteten* Seiles kann relativ einfach über den Durchhang des Seiles unter seinem Eigengewicht gemessen werden. Hierbei wird der maximale Durchhang des Seiles für verschiedene freie Seillängen (ausgedrückt als Vielfaches des Seildurchmessers) ermittelt (Abb. 67). Die Flexibilität von *belasteten* Seilen wird als Wirkungsgrad des Seiles beim Lauf über Seilscheiben gemessen.

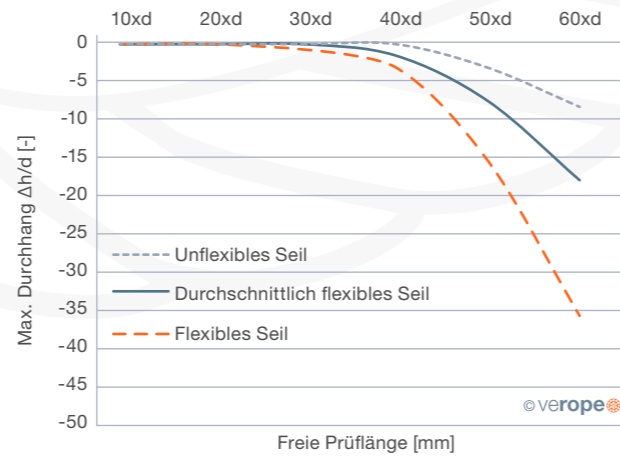


Abb. 67: Durchhang  $\Delta h/d$  verschiedener Seile in Abhängigkeit von der freien Seillänge als Maß für die Flexibilität. Flexiblere Seile zeigen einen größeren Durchhang.

### 3.7 WIRKUNGSGRAD

Abb. 68 zeigt ein typisches Diagramm eines Seilwirkungsgrades über der Stranglast. In vielen Normen findet man den Hinweis, dass zur Dimensionierung eines Seiltriebes unter Verwendung von Rollenlagern mit einem Wirkungsgrad von 0,98 gerechnet werden soll. Dieser Wert ist in Abb. 68 eingezeichnet. Der Konstrukteur des Seiltriebes benötigt aber zur Berechnung der erforderlichen Antriebsleistung den Wirkungsgrad unter *hohen* Stranglasten (Bereich B im Diagramm, hier liegt der Wirkungsgrad höher als 0,98), und zur Berechnung des Mindestgewichtes der unbelasteten Hakenflasche den Wirkungsgrad unter relativ *niedrigen* Stranglasten (Bereich A im Diagramm, hier liegt der Wirkungsgrad deutlich niedriger als 0,98). Um dem Konstrukteur bei der Auslegung zu helfen, misst verope® den Seilwirkungsgrad seiner Produkte zum Einen im *niedrigen*, zum Anderen im *hohen* Lastbereich mit hoher Genauigkeit (Abb. 69 und Abb. 70).

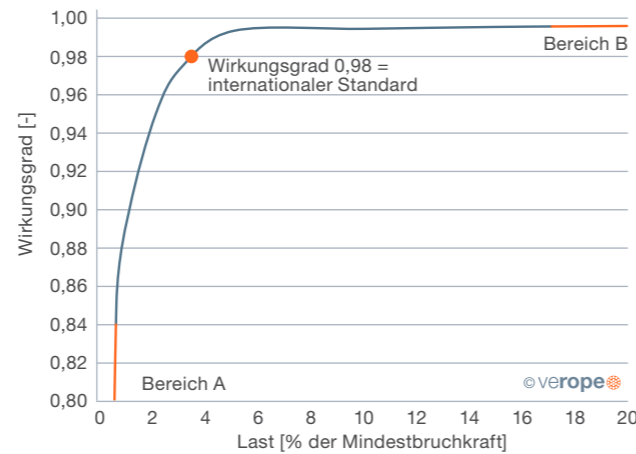


Abb. 68: Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der Stranglast

Als erster Seilhersteller überhaupt hat verope® den Seilwirkungsgrad seiner Produkte während der gesamten Seillebensdauer gemessen. Typischerweise verbessert sich zunächst der Seilwirkungsgrad über der Seillebensdauer und fällt später ab, um bei Ablegereife etwa wieder den Ausgangswert zu erreichen. Abb. 71 zeigt ein typisches Beispiel.

Bei höheren Lasten liegt der Wirkungsgrad der verope® Spezialseile nachweislich bei D/d-Verhältnissen von 20 oder höher oberhalb von 0,99. Deshalb dürfen z.B. bei Verwendung von verschiedenen verope® Spezialseilen vom Germanischen Lloyd zertifizierte Krane mit einem Seilwirkungsgrad von 0,99 ausgelegt werden.

Für nähere Informationen kontaktieren Sie uns.

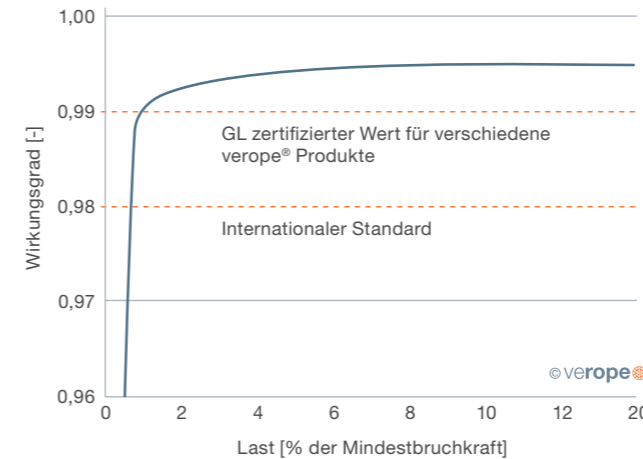


Abb. 70: Wirkungsgradmessung über den Lastbereich bis 20% der Mindestbruchkraft

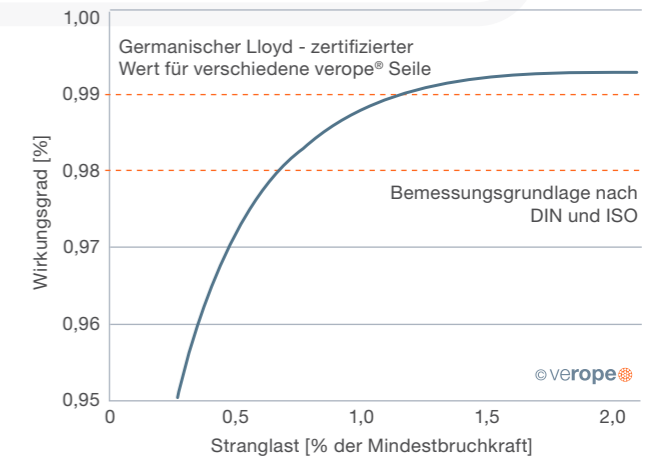


Abb. 69: Wirkungsgradmessung im niedrigen Lastbereich bis 2 % der Mindestbruchkraft

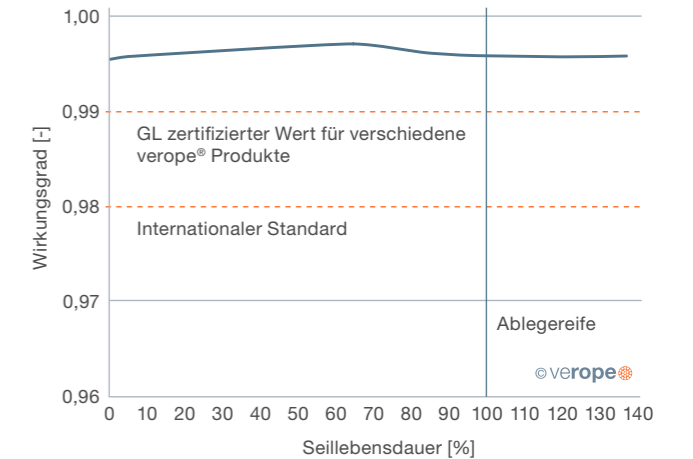


Abb. 71: Wirkungsgradmessung über der Seillebensdauer unter Belastung



# ABLEGEREIFE (ISO 4309)

## → Richtige Zuordnung unserer verope® Spezialdrahtseile zur Bestimmung der Ablegereife anhand sichtbarer Drahtbrüche nach ISO 4309

Der internationale Standard DIN ISO 4309 »Kran- - Drahtseile – Wartung & Instandhaltung, Inspektion und Ablage« (ISO 4309:2010) gibt umfangreiche und sehr detaillierte Hinweise für die Wartung, Instandhaltung, Inspektion und Ablegereife von Drahtseilen. Das wichtigste der zahlreichen Ablegekriterien, neben zahlreichen anderen, die die Norm ausführlich behandelt, ist die Anzahl sichtbarer Drahtbrüche. Die Tabellen 3 und 4 benennen, abhängig von der Seilkonstruktion (»Rope category number RCN« nach Anlage G), der Kraneinstufung M1 bis M8 und der konkreten Seilanwendung wie Ein- und Mehrlagenwicklung, die Anzahl der sichtbaren Drahtbrüche auf einer Referenzlänge von 30xd oder von 6xd, die das Erreichen der Ablegereife bedeuten.

Da neben der Seilkonstruktion auch die Anwendung für die Bestimmung der Ablegereife relevant ist, kann für eine bestimmte Seilkonstruktion keine allgemeingültige Ablegedrahtbruchzahl mehr angegeben werden. Um Ihnen die richtige Zuordnung Ihres verope® Spezialdrahtseiles zu dieser internationalen Norm zu ermöglichen, benennen wir nachfolgend die jeweilige Einstufung der »Seilkategoriennummer RCN«. Bitte beachten Sie, dass sich innerhalb einer Konstruktion, abhängig vom Seildurchmesser, diese Einstufung ändern kann.

Mit diesen Informationen können Sie nun unter Beachtung Ihrer Anwendungsbedingungen die für Ihren Anwendungsfall geltenden Ablegedrahtbruchzahlen bestimmen.

**Für Rückfragen stehen wir jederzeit gerne zur Verfügung.**

## DREHUNGSARME SPEZIALDRAHTSEILE

| verope®<br>Spezialdrahtseil-<br>konstruktion    | Anzahl der<br>tragenden Drähte in<br>den Aussenlitzen | Seilkategorie RCN<br>nach ISO 4309 | Ablegedrahtbruchzahl nach ISO 4309 <sup>1</sup>        |                     |   |                     |
|---|---|------------------------------------|--|---------------------|---|---------------------|
|   |   |                                    | Zutreffende Seilbereiche<br>siehe Fußnote <sup>2</sup> |                     | Zutreffende Seilbereiche<br>siehe Fußnoten <sup>3,4</sup> |                     |
|   |   |                                    | über eine Länge von                                    |                     | über eine Länge von                                       |                     |
|   |   |                                    | 6 x d <sup>5</sup>                                     | 30 x d <sup>5</sup> | 6 x d <sup>5</sup>  | 30 x d <sup>5</sup> |
| vero 4  | 144   | 22                                 | 2  | 4                   | 4   | 8                   |
| verotop XP                                      | 96  | 23-1                               | 2  | 4                   | 4   | 8                   |
| verotop<br>verotop S<br>verotop S+<br>verotop E | 112   | 23-2                               | 3  | 5                   | 5   | 10                  |
| verotop P                                       | 126   | 23-3                               | 3  | 5                   | 6   | 11                  |

## NICHT DREHUNGSFREIE SPEZIALDRAHTSEILE

| verope®<br>Spezialdrahtseil-<br>konstruktion           | Seilhenn-<br>durchmesser<br>d (mm) <sup>7</sup> | Anzahl der<br>tragenden Drähte in<br>den Aussenlitzen | Seilkategorie RCN<br>nach ISO 4309 | Ablegedrahtbruchzahl nach ISO 4309 <sup>1</sup>         |                     |                    |   |                    |                     |
|--|---|---|------------------------------------|---|---------------------|--------------------|---|--------------------|---------------------|
|  |   |   |                                    | Zutreffende Seilbereiche<br>siehe Fußnote <sup>2</sup>  |                     |                    | Zutreffende Seilbereiche<br>siehe Fußnoten <sup>3,4</sup> |                    |                     |
|  |   |   |                                    | Klassen M1 bis M4 oder<br>Klasse unbekannt <sup>6</sup> |                     |                    | Alle Klassen M1 bis M8                                    |                    |                     |
|  |   |   |                                    | Kreuzschlag   | Gleichschlag        |                    | Kreuz- und Gleichschlag                                   |                    |                     |
|  |   |   |                                    | über eine Länge von                                     |                     |                    | über eine Länge von                                       |                    |                     |
|  |   |   |                                    | 6 x d <sup>5</sup>                                      | 30 x d <sup>5</sup> | 6 x d <sup>5</sup> | 30 x d <sup>5</sup>                                       | 6 x d <sup>5</sup> | 30 x d <sup>5</sup> |
| verostar 8<br>veropro 8<br>veropro 8 RS<br>verosteel 8 | bis 42<br>43 to 48<br>größer 48                 | 208<br>248<br>288                                     | 09<br>11<br>13                     | 9<br>10<br>12   | 18<br>21<br>24      | 4<br>5<br>6        | 9<br>10<br>12   | 18<br>20<br>24     | 36<br>42<br>48      |
| veropower 8  | bis 40<br>41 bis 46<br>größer 46                | 208<br>248<br>288                                     | 09<br>11<br>13                     | 9<br>10<br>12   | 18<br>21<br>24      | 4<br>5<br>6        | 9<br>10<br>12   | 18<br>20<br>24     | 36<br>42<br>48      |
| verotech 10<br>veropro 10                              | größer 10                                       | 260   | 11                                 | 10  | 21                  | 5                  | 10  | 20                 | 42                  |

**Fußnoten:** **1)** Ein gezählter Drahtbruch hat stets zwei Bruchenden. **2)** Anzuwenden ausschließlich auf die Seilabschnitte, die nur über Stahlscheiben laufen und/ oder auf eine einlagige Trommel aufspulen. Bei Einlagenwicklung sind Kreuzschlagseile zur verwenden. Die ermittelten Drahtbrüche sind zufällig verteilt. **3)** Anzuwenden ausschließlich auf die Seilabschnitte, die auf eine mehrlagige Trommel aufspulen. **4)** Diese Werte gelten nur in Verbindung mit Fußnote 3 für Seilabschnitte in den Überkreuzungsbereichen und für Seilabschnitte, die aufgrund von Ablenkwinkeln Schädigungen unterliegen. Hinweis: Diese Werte gelten nicht für diejenigen Seilbereiche, die nur über Seilscheiben laufen, jedoch nicht auf die Mehrlagentrommel spulen. **5)** d = Seil-Nenndurchmesser **6)** Für Seile auf Triebwerken der Klassen M5 bis M8 kann die Ablegedrahtbruchzahl verdoppelt werden. **7)** Andere Seildurchmesser auf Anfrage.

# KRANKKOMponentEN

## 5.1 SEILTROMMELN

Seiltrommeln erzeugen die Zugkraft im Seil und speichern das Seil unter dieser Zugkraft. Die Trommeln können einlagig oder mehrlagig bewickelt werden.

Einlagige Trommeln können ungerillt sein oder eine helixförmige Seilrille besitzen. Die Steigung der Seilrille auf der Trommel beträgt typischerweise Seilnenndurchmesser plus 10%.

Mehrlagig bewickelte Trommeln können in der untersten Lage eine helixförmige Rillung oder eine Lebus®-artige Seilrillung besitzen. Während die helikoidale Rillung eine konstante Steigung aufweist, zeigt die Lebus®-artige Wicklung auf etwa 1/3 des Umfangs eine Trommelrillung, die eine Steigung von 0° aufweist (also parallel zum Flansch verläuft), gefolgt von einer Rillung, die auf etwa 1/6 des Trommelumfangs um einen Winkel von etwa 3° geneigt ist. Die Lebus®-artigen Rillungen haben üblicherweise eine Steigung von etwa Seilnenndurchmesser +4 bis +5 %.

Die Flexibilität und die radiale Stabilität der Drahtseile so wie das D/d-Verhältnis der Trommel haben einen wichtigen Einfluss auf das Wickelverhalten des Seiles.

Um zu verhindern, dass das Drahtseil übermäßig durch die Trommel verdreht wird, sollte die »Trommelregel« befolgt werden: Eine rechtsgängige Trommel sollte mit einem linksgängigen Seil arbeiten, eine linksgängige Trommel mit einem rechtsgängigen Seil.

Auf mehrlagig bewickelten Seiltrommeln wechselt die Gangrichtung der Trommel mit jeder Lage. Hier sollte die Schlagrichtung des Seiles auf die Gangrichtung der Einscherung abgestimmt werden. Eine linksgängige Einscherung sollte mit einem rechtsgängigen Seil arbeiten, eine rechtsgängige Einscherung mit einem linksgängigen Seil. Auch kann die Schlagrichtung des Seiles für die am meisten benutzte Lage auf der Trommel ausgewählt werden. (Siehe auch Seite 52 & 53).

Wenn ein Drahtseil unter einem Ablenkwinkel über eine Scheibe läuft, wird es beim Einlaufen in die Seilscheibe zunächst die Rillenflanke berühren und dann in den Rillengrund herabrollen. Hierbei wird das Seil verdreht werden. Versuche haben gezeigt, dass das Maß der Verdrehung, welches hierbei erzeugt wird, sehr stark vom Öffnungswinkel der Seilscheibe abhängt: je größer der Öffnungswinkel der Scheibe ist, desto weniger

wird das Seil verdreht werden. Der Durchmesser eines neuen Drahtseils darf bis zu Nenndurchmesser +5% betragen. Um selbst ein Seil mit einer Plus toleranz von 5% aufnehmen zu können, muss der Rillendurchmesser der Seilscheibe nach ISO 16625 einen Durchmesser von Seilnenndurchmesser +5% bis +10% aufweisen, im idealen Fall einen Durchmesser von Seilnenndurchmesser +6%.

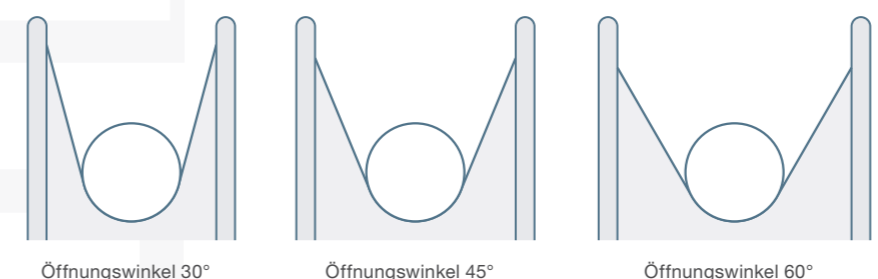


Abb. 72: Verschiedene Rillenöffnungswinkel von Seilscheiben

## 5.2 SEILSCHEIBEN

Seilscheiben verändern die Richtung des Drahtseiles im Seiltrieb. Beim Einlauf in die Seilscheibe wird das Drahtseil gebogen und macht einen halben Biegewechsel. Beim Verlassen der Seilscheibe wird das Drahtseil wieder in den geraden Zustand gebracht und einem zweiten halben Biegewechsel unterworfen. Der Durchmesser von Seilscheiben wird häufig als Vielfaches des Seilnenndurchmessers angegeben, dem D/d-Verhältnis. Ein D/d-Verhältnis von 20 bedeutet, dass der Scheibendurchmesser (gemessen von Mitte

Seil bis Mitte Seil, siehe **Abb. 73**) 20 mal so groß ist wie der nominale Seildurchmesser. Der Durchmesser der Scheibe im Rillengrund beträgt hier 19 x d. Mit zunehmenden D/d-Verhältnis steigt die Lebensdauer eines Drahtseils typischerweise an (**siehe Abb. 53, Seite 32**).

Nach ISO 16625 sind Rillenöffnungswinkel zwischen 45° und 60°, in den USA 30° und in Großbritannien 52° üblich. (**Abb. 72**)

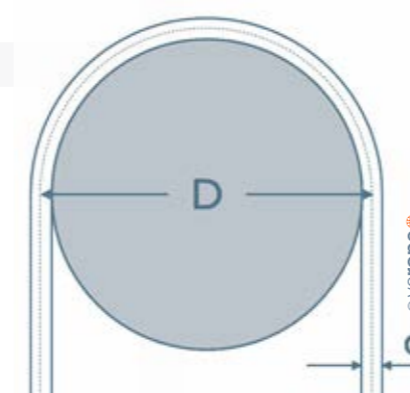


Abb. 73: Scheibendurchmesser



Abb. 74: Rillenlehre (hier in zu enger Seilrille)

verope® bietet Rillenlehren an, mit denen der tatsächliche Rillendurchmesser gemessen werden kann (**Abb. 74**).



# DIE RICHTIGE SEILAUSSWAHL FÜR IHRE SEILANWENDUNG

Bei der Seilauswahl müssen zwei Sichtweisen in Einklang gebracht werden: die Seilauswahl aus Sicht der Anwendung und aus Sicht des Seiles. Das »Universalseil«, das für alle Anwendungen gleichermaßen gut geeignet ist, gibt es nicht. Deshalb gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Seilkonstruktionen, um den verschiedenen Anforderungen der Anwendungen bestmöglich gerecht zu werden.

Mit den folgenden Ausführungen möchten wir Ihnen ein paar praktische Informationen an die Hand geben, mit denen Sie das richtige Seil für Ihre Anwendung auswählen können. Selbstverständlich steht Ihnen das verope®-Team bei Fragen jederzeit gern zur Verfügung.

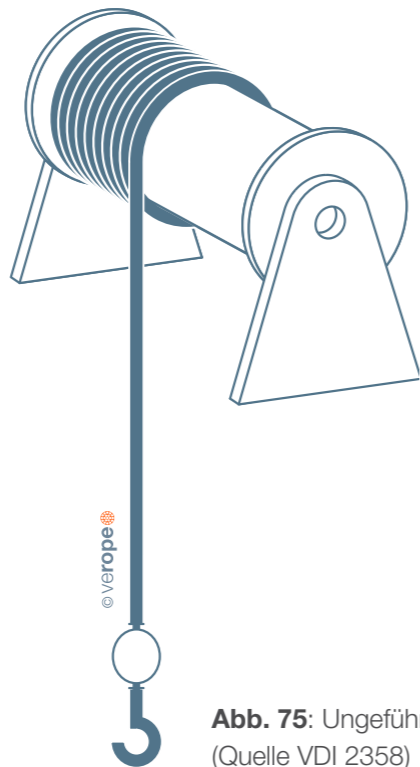


Abb. 75: Ungeführte Lasten  
(Quelle VDI 2358)

## 6.1 SEILAUSSWAHL AUS SICHT DER ANWENDUNG

Die Hauptaufgabe eines Kranes ist das Heben und Bewegen von Lasten, hierfür wird ein **Hubseil** benötigt.

Neben dieser entscheidenden »Hubfunktion« gibt es eine Vielzahl anderer Funktionen.

- Verstellseile, um den Ausleger in die richtige Position zu bringen
- Katzfahrseile, um die Last an Tumrdrehkränen/Containerkränen zu bewegen
- Halteseile, um den Ausleger oder andere Kranteile zu halten
- Montageseile, um den Kran aufzustellen oder abzubauen
- ... und viele andere mehr

## 6.2 SEILAUSSWAHL AUS SEILSICHT

Es gibt zwei Hauptkategorien, in die Kranseile aufgrund ihrer Anwendung unterteilt werden können:

- Drehungsarme Seile, im Sprachgebrauch häufig auch als drehungsfreie Seile oder Litzenspiralseile benannt
- Nicht drehungsfreie Seile

### → »Hubfunktion«

Als grundsätzliche Leitlinie zur Seilauswahl gilt: Bei allen »Hubfunktionen«, gleichgültig ob Haupt- oder Hilfshubseil, kommen ausschließlich drehungsarme Seile zum Einsatz, wenn:

- die zu hebende Last ungeführt ist (**Abb. 75**) und/oder
- hohe Hubhöhen gefordert sind

Nur drehungsarme Drahtseile geben der Last die nötige Stabilität, so dass sich die Last nicht oder nur sehr wenig dreht. Darüber hinaus erzeugen drehungsarme Drahtseile, die an der Krankonstruktion befestigt sind, nur sehr geringe Drehmomente am Anschlagpunkt. Somit garantieren die drehungsarmen verope® Spezialdrahtseile ein sicheres Heben der Last und somit einen sicheren Kranbetrieb.

Die nach der Norm als »drehungsarm« bezeichneten Drahtseile unterscheiden sich deutlich in ihrer Konstruktion und damit in ihren Eigenschaften bezüglich der Drehungsfreiheit.

Um diese Unterschiede in der Drehungsfreiheit aufzuzeigen, wird eine Klassifizierung vorgenommen. So benennt beispielsweise die EN 12385-4 die Seilklasse »35x7«, welche drehungsarme Seile mit 3 Litzenzahlen beschreibt, und die Seilklasse »18x7«, welche drehungsarme Seile mit 2 Litzenzahlen beschreibt. Die Drehungsfreiheit beider Seilklassen, aber auch die Seilherstellkosten und damit die Preise für den Kunden, sind sehr unterschiedlich.

Ein weiteres Beispiel, die unterschiedliche Drehungsfreiheit aufzuzeigen, ist die Klassifizierung nach ASTM A 1023, welche drehungsarme Seile in 3 Kategorien aufteilt.

Die für Hubfunktionen gebräuchlichsten Kategorien sind »Kategorie 1« und »Kategorie 2«:

- **Kategorie 1:** drehungsarme Seile mit mindestens 15 Außenlitzeln bieten beste Eigenschaften in Bezug auf Drehungsfreiheit
- **Kategorie 2:** drehungsarme Seile mit 10 oder mehr Außenlitzeln

Zur Vergleichbarkeit beider Normen kann generell gesagt werden, dass Seile der Seilklasse »35x7« eine aus der Seilkonstruktion resultierende vergleichbare Drehungsfreiheit aufweisen wie Seile der Kategorie 1 nach ASTM A1023. Ebenso lassen sich Seile der Seilklasse »18x7« mit denen der Kategorie 2 nach ASTM A1023 vergleichen. Für sehr anspruchsvolle Hubfunktionen sollten immer ausschließlich Seile der Seilklasse »35x7« bzw. »Kategorie 1« eingesetzt werden.

**Bitte beachten:** Seile der Seilklasse »35x7«/Kategorie 1 sind immer durch gleichwertige Seile, **niemals** durch Seile der Seilklasse »18x7«/Kategorie 2 zu ersetzen! Drehungsarme Seile der »Kategorie 2« bzw. Seilklasse »18x7« können hingegen aus technischer Sicht auch mit Seilen der in Bezug auf die Drehungsfreiheit höherwertigen »Kategorie 1« bzw. Seilklasse »35x7« ersetzt werden.

**Hinweis:** Neben den drehungsarmen Seilen, die nach nationalen oder internationalen Standards hergestellt werden, gibt es viele andere drehungsarme Seilkonstruktionen, welche nicht nur Standardanforderungen, sondern deutlich höheren Anforderungen an die Drehungsfreiheit gerecht werden. Diese Seile sind echte Spezialseile, entwickelt für höchste Anforderungen in Bezug auf die Drehungsfreiheit, z.B. für höchste Hakenhöhen modernster Krane. Um dem Anwender eine allgemeine Richtschnur zur Einordnung solcher Spezialdrahtseile an die Hand zu geben, werden auch für diese neben den herstellereigenen Produktnamen die oben erläuterten Normbezeichnungen genutzt, gleichwohl die Leistungsfähigkeit höher ist.

**Wichtig:** Wenn drehungsfreie Seile gefordert werden, dürfen diese nicht durch nicht-drehungsfreie Seile ersetzt werden.





### → Einsatz von Drallfänger/Wirbel bei Hubseilen

Unter bestimmten Umständen kann im Seiltrieb Drall auftreten. Der Einsatz eines Drallfängers kann sehr hilfreich sein, um diesen Drall abzubauen, z.B. dann, wenn Ablenkwinkel zwischen der Trommel und der ersten Seilscheibe oder zwischen den Seilscheiben empfohlene Werte überschreiten. Bei Mehrfacheinscherungen kann der Drallfänger den Drall jedoch nicht in allen Seilsträngen gleichermaßen kompensieren. Hier erfolgt die Drallreduzierung vorzugsweise in den ersten Seilsträngen nach dem Drallfänger.

Der Drallfänger reduziert das Risiko einer Verdrehung der Hakenflasche, aber auch von Seilschäden wie Korkenzieher oder Korbformung, die zur Seilablage führen können.

Bitte beachten Sie, dass nur Seile der »Kategorie 1« nach ASTM A1023 bzw. der Seilklasse »35x7« nach EN 12385-4 sowohl mit als auch ohne Drallfänger arbeiten dürfen. Für alle anderen drehungsarmen Seilkonstruktionen darf kein Drallfänger eingesetzt werden.

Weitere Informationen zum Einsatz eines Drallfängers finden Sie in der EN 12385-3 und in der ISO 21669.

### verope® Sortiment drehungsarmer Seile

Die Produktpalette von verope® hinsichtlich drehungsarmer Seile besteht aus hochleistungsfähigen Spezialseilen:

- verotop P
- verotop XP
- verotop
- verotop S
- verotop E, sowie der 4-litzigen Konstruktion
- vero 4

Außer dem 4-litzigen Seil vero 4 sind all unsere Seile drehungsarme Hochleistungsseile der Kategorie 1, die höchste Drehungsfreiheit bieten. Alle »-top« Seile von verope® können deshalb mit oder ohne Drallfänger verwendet werden.

vero 4 ist ein sehr robustes Seil, welches für härteste Arbeitsbedingungen und dynamische Belastungen, jedoch nicht auf Drehungsarmut ausgelegt wurde. Obwohl vero 4 zu den drehungsarmen Seilen gehört, darf es nicht mit einem Drallfänger arbeiten.

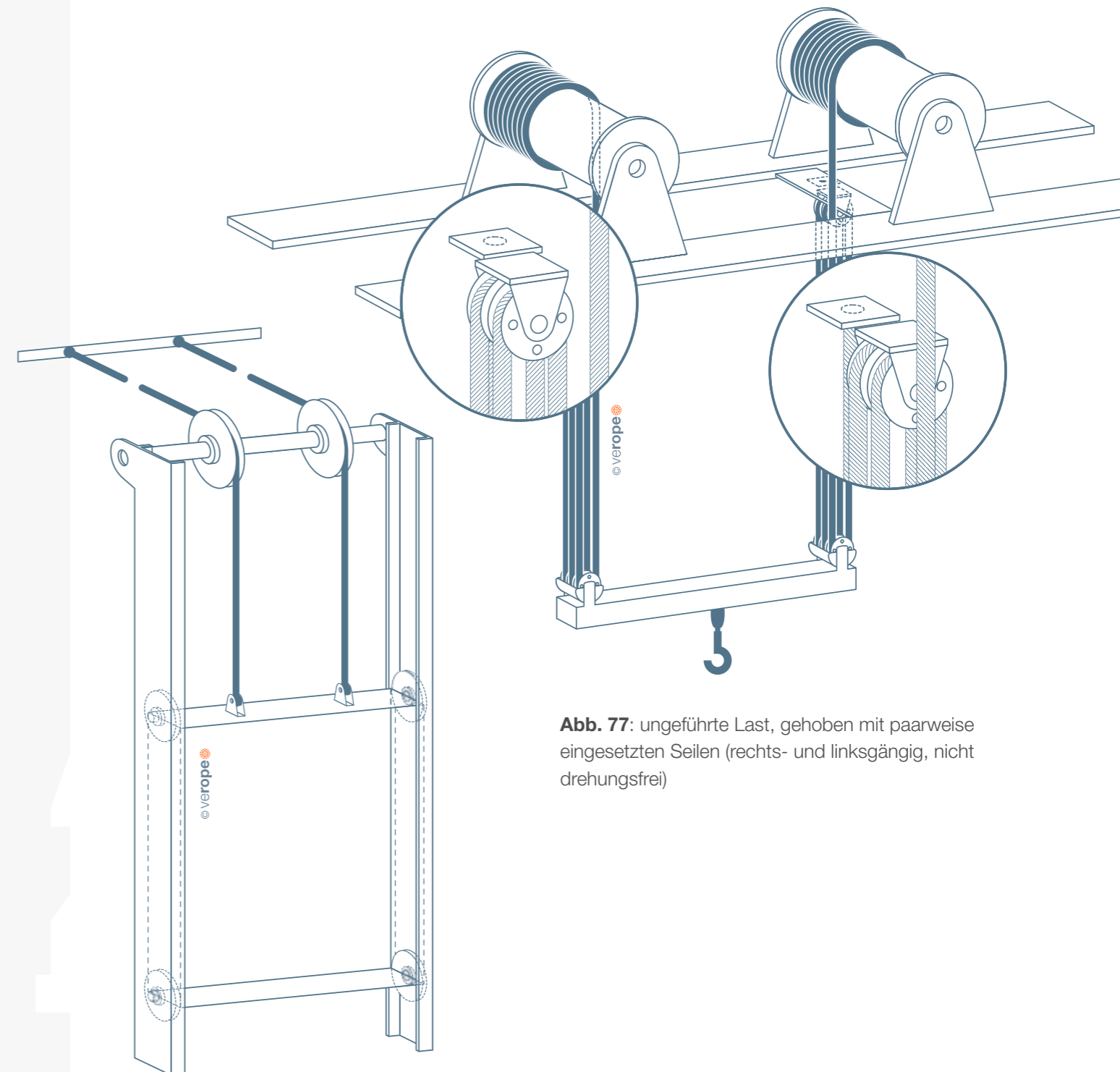
Die Grundregel ist, dass für die »Hubfunktion« drehungsarme Seile zu benutzen sind.

Auch hier gibt es Ausnahmen unter folgenden Voraussetzungen:

**1.** Bei »Hubfunktion« mit geführter Last kann auch ein nicht drehungsfreies Seil verwendet werden, da die Lastverdrehung durch den Rahmen verhindert wird, der die Last führt (**Abb. 76**).

**2.** Bei »Hubfunktion« mit ungeführter Last können auch nicht drehungsfreie Seile benutzt werden, wenn die gleiche Seilkonstruktion als Paar, bestehend aus rechtsgängigem und linksgängigem Seil, benutzt wird (**Abb. 77**). Diese Konfiguration bietet auch Drehstabilität, die Last hat also keine oder nur wenig Tendenz zur Verdrehung, da das Drehmoment, das unter Belastung entsteht, gleich groß ist, jedoch in entgegengesetzte Richtung wirkt; somit entsteht ein Drehmomentengleichgewicht.

**Wichtig:** In Bezug auf die Biegewechsellast sind drehungsfreie Seile den nicht-drehungsfreien Seilen deutlich unterlegen. Somit sollten nicht-drehungsfreie Seile nur unter äußerster Vorsicht durch drehungsfreie Seile ersetzt werden. Dies muss mit einem Seilsachverständigen geklärt werden.



**Abb. 77:** ungeführte Last, gehoben mit paarweise eingesetzten Seilen (rechts- und linksgängig, nicht drehungsfrei)

**Abb. 76:** Geführte Last (Quelle: VDI 2358)



### → Weitere Kranseilanwendungen

Nicht drehungsfreie Seile erzielen in der Regel höhere Biegewechsellastungen als drehungsarme oder drehungsfreie Seile. Sie üben aber unter Last ein Drehmoment auf die Seilendverbindung aus.

Deshalb können nicht drehungsfreie Drahtseile nur verwendet werden, wenn die Seilenden dauerhaft gegen Verdrehen gesichert sind.

Nicht drehungsfreie Seile sind immer dann die richtige Seilauswahl, wenn die Eigenschaft »Drehungsfreiheit«, die nur drehungsarme Seile bieten können, nicht benötigt wird. Das ist für viele Seilanwendungen der Fall, wie beispielsweise bei Verstellseilen, Katzfahrseilen, Halteseilen oder Montageseilen.

**Hinweis:** Bei Kopplung von nicht-drehungsfreien Seilen, z.B. Halteseile oder Greiferschließseile, dürfen stets nur identische Seile gleicher Konstruktion, d.h. gleicher Durchmesser, Schlagart und Gängigkeit verwendet werden (**Abb. 78**).

Das Koppeln unterschiedlicher Schlagrichtungen würde die Seile aufdrehen und so zerstören.

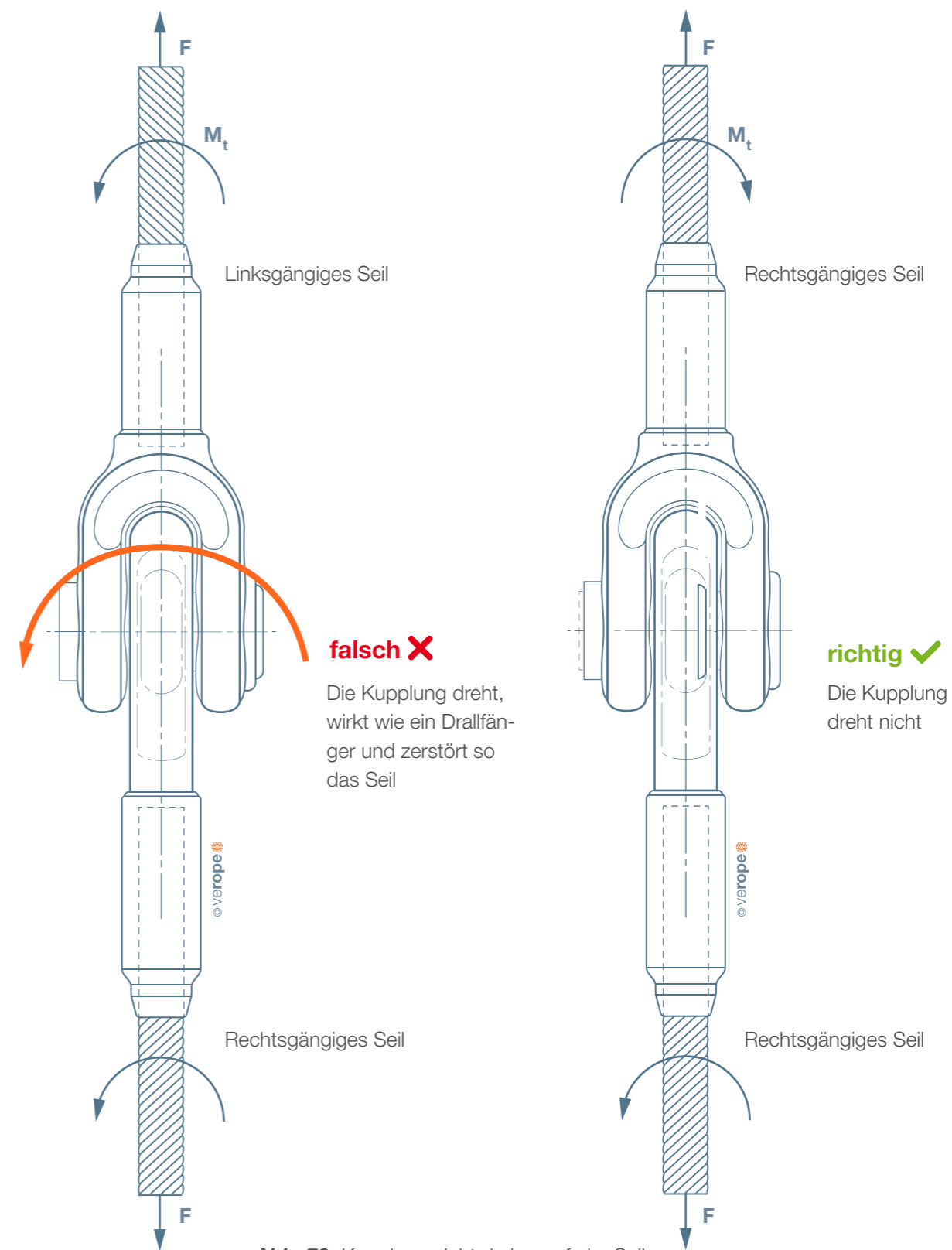


Abb. 78: Kopplung nicht drehungsfreier Seile



## 6.3 EINSATZ VON KREUZ- UND GLEICHSCHLAGSEILEN

Die Auswahl der Seilschlagart muss die konkrete Verwendung des Seiles, die Seilkonstruktion, Krankkomponenten und die im Einsatz zu erwartenden, die Seillebensdauer wesentlich bestimmenden, Verschleißfaktoren berücksichtigen. Das Ziel der Seilauswahl ist eine hohe Seillebensdauer bei gleichzeitiger Sicherheit, d.h., der sichere Betriebszustand des Seiles kann unter Beachtung der seil-spezifischen Ablegekriterien durch den Betreiber in der konkreten Anwendung jederzeit zuverlässig erkannt werden. Eine pauschale Aussage zur Verwendung von Kreuz- bzw. Gleichschlagseilen ist deshalb ohne Kenntnis des konkreten Einzelfalls nicht möglich bzw. sinnvoll.

### → Kreuzschlagseile

Weitverbreitet sind Kreuzschlagseile, die deshalb vermutlich auch als universell einsetzbar betrachtet werden. Kreuzschlagseile sind sehr strukturstabil aufgrund der gegenläufigen Verseilung der Drähte und Litzen, was sie gegen äußere Verdrehung widerstandsfähiger macht. Das Seildrehmoment ist geringer als bei Gleichschlagseilen. Kreuzschlagseile bieten auch eine gute Verschleißfestigkeit. Konstruktionsbedingt treten aufgrund höherer Pressung zwischen Draht und Seilrille und stärkerer Drahtkrümmung in der Litze die äußerlich sichtbaren Drahtbrüche früher auf als bei Gleichschlagseilen, was deren Erkennbarkeit zur Beurteilung des Seilzustandes in Bezug auf die Ablegereife erleichtert. Dennoch sind Kreuzschlagseile keine Universalseile für alle Anwendungen unter den oben genannten Zielen der Seilauswahl.

### → Gleichschlagseile

Gleichschlagseile sind nicht nur bei der Herstellung, sondern auch bei der Anwendung, beginnend mit der Montage, anspruchsvoller. Dies hat seine Ursache in der gleichsinnigen Verseilung der Drähte und Litzen, was das Seildrehmoment erhöht, und Gleichschlagseile wesentlich empfindlicher gegen jede Art äußerer Verdrehung macht.

Gleichschlagseile erreichen hohe Bruchbiegewechselleistungen aufgrund der geometrisch günstigeren Berührungsverhältnisse zwischen Draht und Seilrille, die zur Reduzierung der Pressung an den Kontaktpunkten führt. Diese Reduzierung der Pressung ist vorteilhaft für die Lebensdauer der Krankkomponenten und des Seiles selbst. Anzumerken ist aber auch, dass, im Vergleich zu Kreuzschlagseilen, die Entwicklung der äußerlich sichtbaren Drahtbrüche langsamer erfolgt. Die Erkennung der Ablegereife aufgrund äußerlich sichtbarer Drahtbrüche kann deshalb erschwert sein. Aufgrund dessen sind die Ablegedrahtbruchzahlen bei Gleichschlagseilen deutlich niedriger als bei Kreuzschlagseilen mit identischem Seilaufbau. Somit sind auch Gleichschlagseile keine Universalseile für alle Anwendungen unter den o.g. Zielen der Seilauswahl.

**Hinweis:** Wie im Absatz »Gleichschlagseile« beschrieben, kann es bei deren Verwendung zu vermehrten Drahtbrüchen im Seilinneren kommen, ohne dass diese von außen zu erkennen sind. Dies trifft insbesondere bei der Verwendung von drehungsfreien Seilen in Längsschlag unter reiner Biegebeanspruchung auf. Dies sollte mit einem Seil-Sachverständigen abgeklärt werden.

### → Krankkomponenten und Krangeometrie

Neben dem Seil selbst sind Krankkomponenten und Krangeometrie wichtige Kriterien für die richtige Seilauswahl. Herauszuheben sind das eingesetzte Trommelsystem und die durch die Krangeometrie konstruktiv gewählten Ablenkwinkel. Während einlagig bewickelte Trommeln das Seil neben der Zugbelastung wesentlich auf Biegung und seitliche Ablenkung und damit Verdrehung beanspruchen, dominieren in der Mehrlagenwicklung der mechanische Verschleiß und Querdruckbeanspruchungen zwischen den sich berührenden Seilsträngen.

Der durch die Krangeometrie konstruktiv gewählte Ablenkwinkel ist eine für die betriebssichere Seilwicklung und den Grad des Seilverschleißes wichtige Kenngröße. Für die Mehrlagenwicklung wird ein maximaler Ablenkwinkel von 1,5° empfohlen, während einlagige Trommelsysteme mit höheren Ablenkwinkeln, z.B. bis 4°, arbeiten können.

Mithin ist die richtige Seilauswahl auf diese Betriebs- bzw. Verschleißbedingungen abzustimmen.

Folgende Grundregeln zur Auswahl der Seilschlagart der auf Trommeln wickelnden Seile haben sich bewährt und werden deshalb auch von uns empfohlen:

- Einlagig bewickelte Trommel = Kreuzschlagseil
- Mehrlagig bewickelte Trommel = Gleichschlagseil

Bei einlagigen Trommeln hat das Kreuzschlagseil klare Vorteile, da es die üblicherweise größeren Ablenkwinkel besser kompensieren kann. Auch die leichtere Erkennung äußerlich sichtbarer Drahtbrüche ist ein wichtiges Argument für die Verwendung von Kreuzschlagseilen

auf einlagigen Trommeln, wo starker mechanischer Seilverschleiß, der auch zu Drahtbrüchen führt, nicht oder nicht wesentlich vorhanden ist. Bei Mehrlagenwicklung ist nicht die Biegefestigkeit des Seiles, sondern dessen Resistenz gegen mechanische Einwirkungen ausschlaggebend für die Seillebensdauer. Kreuzschlagseile sind für die Mehrlagenwicklung weniger geeignet, weil sich Drähte benachbarter Seilstränge ineinander verhaken können. Dies führt zu hohem mechanischem Verschleiß. Die Berührung der Seilstränge während des Wickelvorganges ist auch gut »hörbar«.

Die Folge sind vorzeitige Drahtbrüche. Für die Mehrlagenwicklung haben sich deshalb Gleichschlagseile erfolgreich etabliert, da keine Verzahnung benachbarter, sich berührender Seile möglich ist, was die Seillebensdauer deutlich erhöht.

Durch den Einsatz von Seilen mit verdichteten Außenlitzen bzw. gehämmerten Seilkonstruktionen, kann wegen der dann sehr glatten Oberfläche und hohen Abriebfestigkeit die Seillebensdauer weiter erhöht werden.

Die oben gemachten Ausführungen haben sich in der Praxis bewährt.

Kundenseitig gewünschte, fallweise Abweichungen sind deshalb stets gründlich in Bezug auf die

- konkreten Seileinsatzbedingungen
- die gewählte Seilkonstruktion
- sowie die kundenseitige Seilüberwachung in Bezug auf die Ablegereife zu analysieren, bevor eine abweichende Entscheidung getroffen werden kann.



# ANFORDERUNGEN AN SEILE AUS KRANSICHT

Bei der Seilwahl ist stets sorgfältig zu prüfen, welche Betriebs- und damit Seilbeanspruchungsverhältnisse aus Kransicht dominieren. Diese Beanspruchungsverhältnisse unterscheiden sich deutlich und rechtfertigen die Fertigung von Spezialseilen, d.h., auf die Anwendung zugeschnittene Lösungen, die exakt diese dominierenden Anforderungen bestmöglich erfüllen können.

Natürlich gibt es Seile, die die wesentlichen Anforderungen ihrer Konstruktionsklasse bereits sehr gut abdecken. Aus unserem Produktsortiment können hier die Seile veropro 8 für den nicht-drehungsfreien Anwendungsbereich bzw. verotop für den drehungsfreien Anwendungsbereich genannt werden.

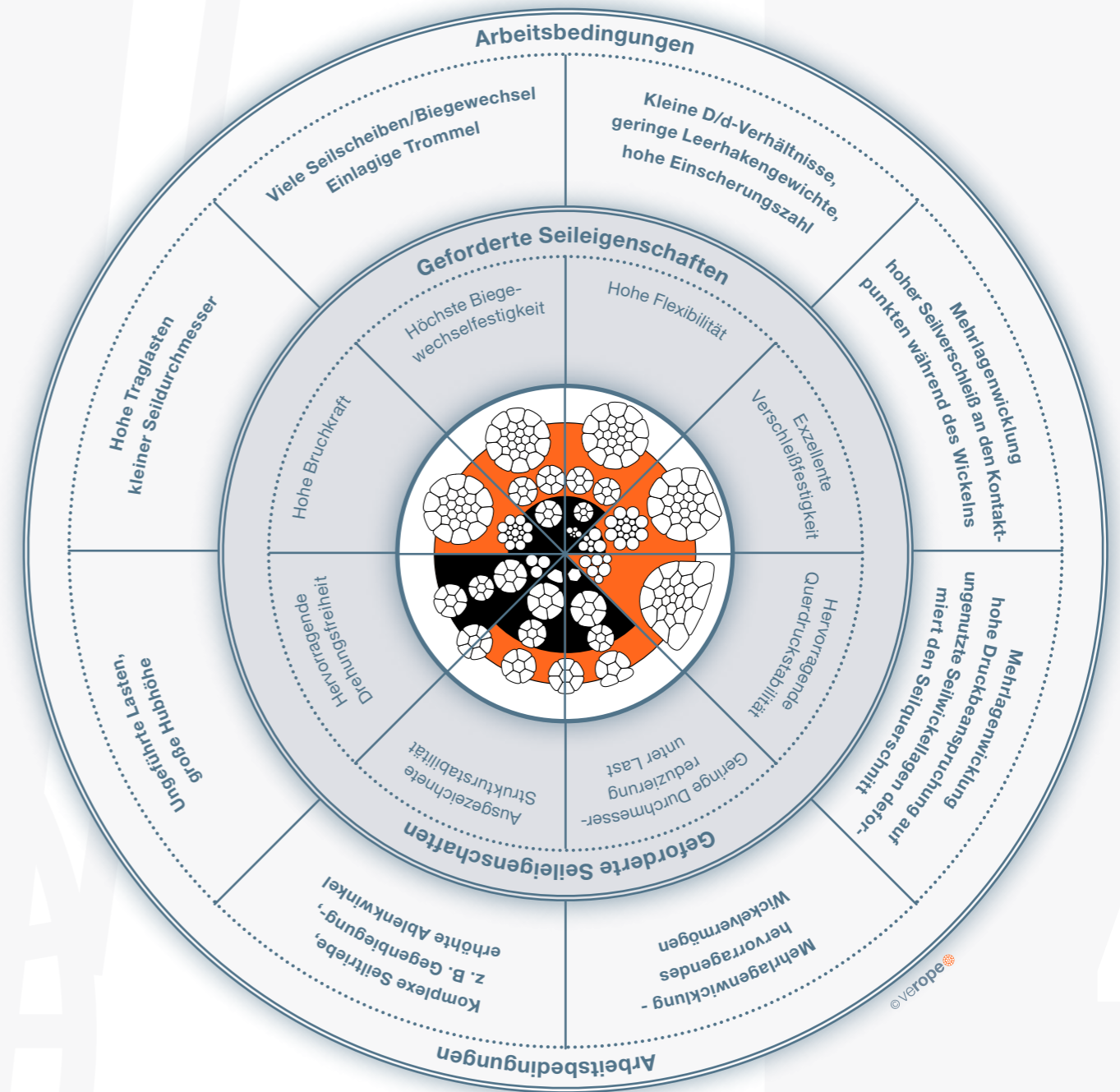
Es gibt natürlich auch die ausgesprochenen »Spezialisten«, Seile mit besonderen Stärken, auf die Sie bei dominierenden Anforderungen, z.B., der Verschleißfestigkeit, der Querdruckstabilität oder auch der Ermüdungsfestigkeit vertrauen können.

Mit der nachfolgenden Darstellung möchten wir Ihnen, ausgehend von den dominierenden Anforderungen an die Seile im Kran, die Sie zunächst bestimmen müssen, Hinweise für die daraus abzuleitenden, notwendigen Seileigenschaften für die Spezialisten unter den verope® Spezialseilen geben.

Die Darstellung, ein imaginärer Seilquerschnitt, soll bildlich auch verdeutlichen, dass es kein Seil gibt, das alle Spezialanforderungen gleichermaßen bestmöglich erfüllen kann.

**Gern unterstützen wir Sie bei der für Ihre Anwendung bestmöglichen Seilwahl.**

## DAS MAGISCHE SEIL

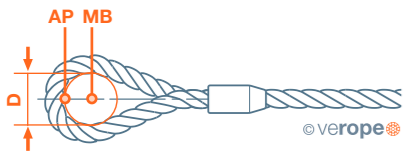


# SEILENDVERBINDUNGEN

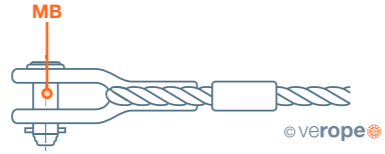
## 8.1 MASSBEZUGSPUNKTE ZUR EXAKTEN SEILLÄNGENBESTIMMUNG

Für bestimmte Seilanwendungen, z.B. Halte- und Abspannseile, ist die Seillänge sehr wichtig. Mit Hilfe der nachfolgenden Terminologie wollen wir die zur Längenbestimmung wichtigen Maßbezugspunkte erläutern und einige typische Beispiele darstellen. Dies soll Ihnen helfen, Längenangaben unter Nutzung

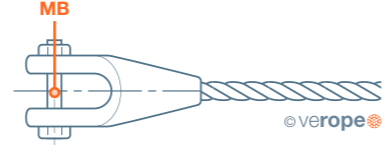
der erläuterten Abkürzungen verwechslungssicher in Ihrem Auftrag zu benennen. Neben den Maßbezugspunkten ist es natürlich auch wichtig, die Kraft, unter der die Länge gelten soll, anzugeben. Ohne Kraftangabe gilt als vereinbart, das die Seilkraft  $F = 0$  kN ist.



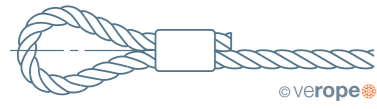
Flämisches Auge verpresst



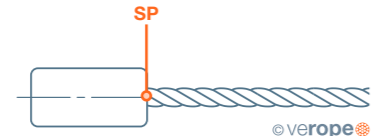
Gabelkausche verpresst



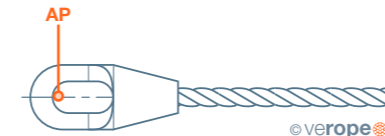
Gabelseilhülse: Metall- oder Kunstharzverguss



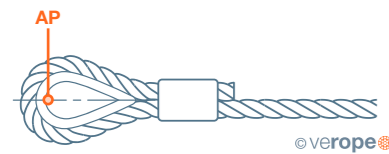
Seilschleufe verpresst



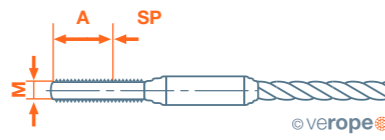
End stop: Metall-/Kunstharzverguss oder verpresst



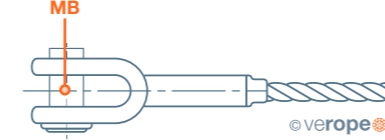
Bügelseilhülse: Metall- oder Kunstharzverguss



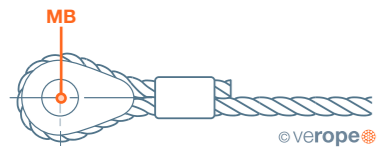
Kausche verpresst



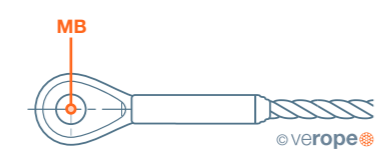
Gewindefitting verpresst



Gabelfitting verpresst



Vollkausche verpresst



Ösenfitting verpresst



Anschweißöse



glattes Ende mit Abbund



Ende angespitzt

| Abkürzung | Längenbezugspunkt     |
|-----------|-----------------------|
| AP        | Anschlagpunkt         |
| MB        | Mitte Bolzen          |
| SP        | Auflage-/Supportpunkt |

## 8.2 WIRKUNGSGRADFAKTOR $K_T$ VON SEILENDVERBINDUNGEN

Die im Datenblatt angegebene Mindestbruchkraft eines Seiles ist ein » ...festgelegter Wert in kN, der von der in einer vorgeschriebenen Bruchkraftprüfung gemessenen Bruchkraft nicht unterschritten werden darf ...« (Quelle: DIN EN 12385-2, 3.10.10).

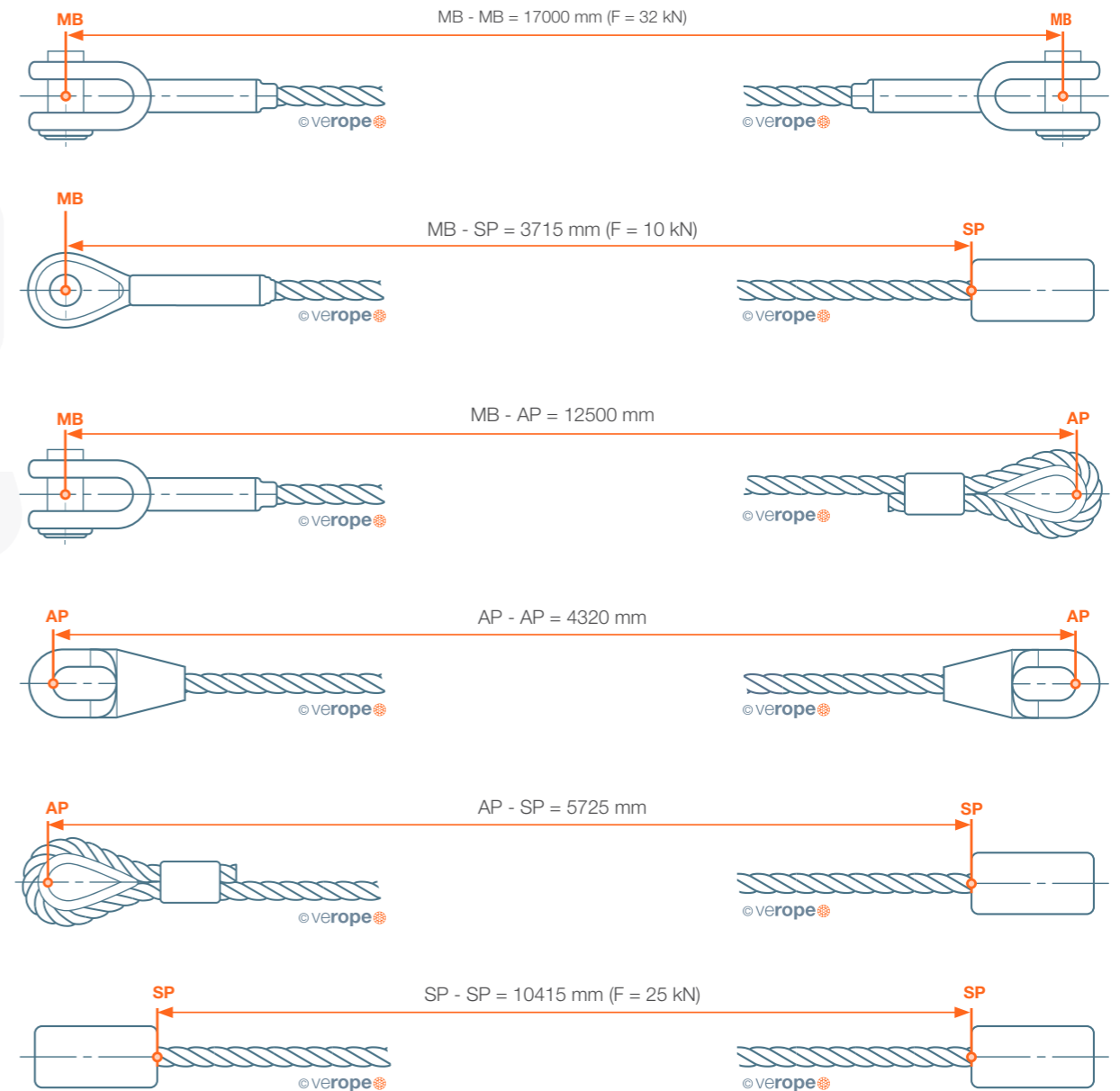
erreichende Prüfkraft wird, in Bezug auf die Mindestbruchkraft des Seiles, unter Beachtung des Wirkungsgradfaktor  $K_T$ , ermittelt.

Insbesondere für den Krankonstrukteur ist es wichtig zu wissen, welchen Einfluß eine gewählte Seilendverbindung auf die übertragbare Bruchkraft des Systems Seil-Seilendverbindung hat. Die bei Prüfung einer Seilendverbindung im Zugversuch mindestens zu

erreichende Prüfkraft mindestens 90% der Seilmindestbruchkraft betragen muss.

Sofern nicht anders angegeben, gelten folgende Grundregeln:

- $K_T=1,0$  für vergossene Seilendverbindungen
- $K_T=0,9$  für verpresste Seilendverbindungen





# ALLGEMEINE HINWEISE

## 9.1 SEILHANDHABUNG UND SEILLAGERUNG

### → Seilhaspelhandling

Der Transport der Seilhaspel erfolgt zweckmäßigerweise mit geeigneten Anschlagmitteln, z.B. Anschlagseilen, Anschlagketten oder Traversen bzw. mit dem Stapler. Für den Transport leichter Seilringe sind textile Hebebänder oder Rundschlingen gut geeignet. Bitte vermeiden Sie, das Seil beim Handling der Haspel direkt zu berühren. Dies kann bereits zu mechanischen Schäden führen.

### → Seillagerung

Drahtseile sind bei der Lagerung vor Schmutz und Feuchtigkeit zu schützen. Idealerweise erfolgt dies in geeigneten Hallen. Bei Lagerung sind Rundhaspeln gegen Wegrollen zu sichern. Bei Lagerung im Freien sind die Seile vor Nässe und sonstigen Umwelteinflüssen bestmöglich zu schützen. Bitte beachten Sie, dass die Seilhaspelabdeckung so gewählt wird, dass das Seil darunter stets ausreichend belüftet wird, um Korrosion infolge von Kondenswasserbildung zu vermeiden. Bitte stellen Sie die Seilhaspeln auch nicht direkt auf den Boden, sondern besser auf eine Palette oder Kanthölzer. Blanke Drahtseile sollten nicht über längere Zeit im Freien gelagert werden.

Bei ungünstigen Lagerbedingungen, z.B. hohen Temperaturen, kann es ggf. notwendig sein, die Seile vor dem Einsatz nach zuschmieren.



## 9.2 SEILMONTAGE

Die Seilmontage ist bestmöglich vorzubereiten. Hierbei sind folgende Punkte zu beachten:

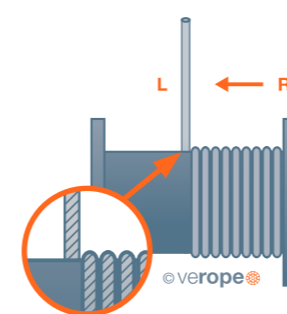
### → Prüfung des neuen Seiles

Das neue Seil ist bezüglich Konstruktion und Schlagrichtung zu kontrollieren, außerdem ist der aktuelle Seildurchmesser zu messen. Diese Informationen sollten mit den Lieferdokumenten verglichen werden.

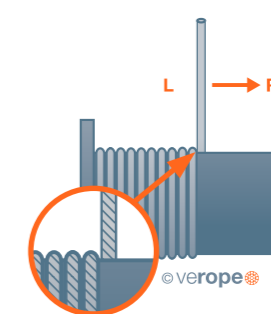
Die nachfolgende Grafik zeigt die korrekte Zuordnung der Seilgängigkeit, rechts- oder linksgängiges Seil, zur

vorhandenen Trommel, die ober- oder unterschlägig das Seil wickelt.

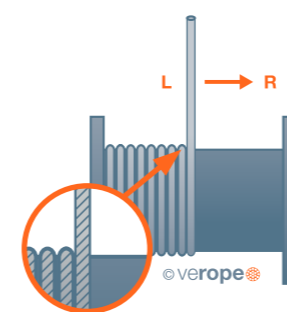
Trommeln lassen sich in rechts- bzw. linksgängig einteilen. Die bewährte Regel zur richtigen Seilauswahl besagt, dass ein rechtsgängiges Seil auf einer linksgängigen Trommel zum Einsatz kommt und umgekehrt. Dies gilt insbesondere für alle einlagigen Trommelsysteme. Auch bei mehrlagig wickelnden Trommeln empfehlen wir die Beachtung dieser Regel. (siehe auch S. 60)



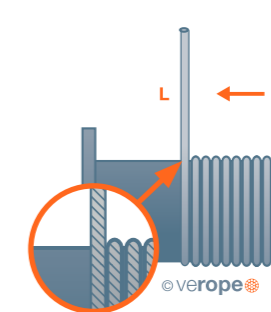
**Fall A:** Unterschlägig wickelnde Trommel: Wickelrichtung von rechts nach links.  
Linksgängige Trommel erfordert ein rechtsgängiges Seil



**Fall B:** Unterschlägig wickelnde Trommel: Wickelrichtung von links nach rechts  
Rechtsgängige Trommel erfordert ein linksgängiges Seil



**Fall C:** Oberschlägig wickelnde Trommel: Wickelrichtung von links nach rechts  
Linksgängige Trommel erfordert ein rechtsgängiges Seil



**Fall D:** Oberschlägig wickelnde Trommel: Wickelrichtung von rechts nach links  
Rechtsgängige Trommel erfordert ein linksgängiges Seil

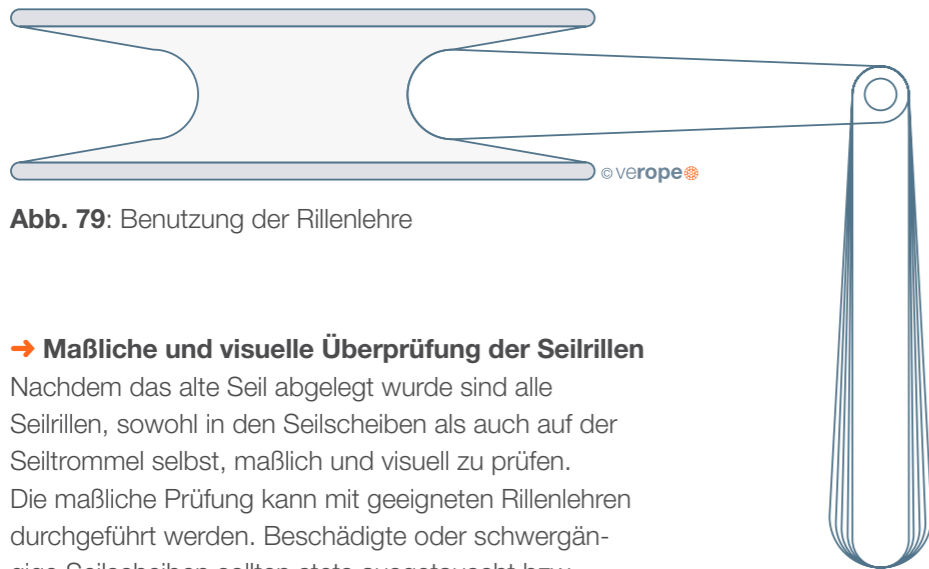
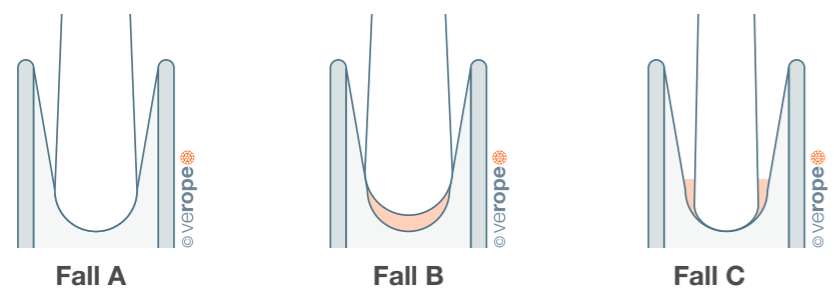


Abb. 79: Benutzung der Rillenlehre

→ **Maßliche und visuelle Überprüfung der Seilrillen**

Nachdem das alte Seil abgelegt wurde sind alle Seilrillen, sowohl in den Seilscheiben als auch auf der Seiltrommel selbst, maßlich und visuell zu prüfen. Die maßliche Prüfung kann mit geeigneten Rillenlehren durchgeführt werden. Beschädigte oder schwergängige Seilscheiben sollten stets ausgetauscht bzw. nachgearbeitet werden.

**Mögliche Ergebnisse der Rillenüberprüfung**



**Fall A:** Die Seilrille ist in Ordnung.

**Fall B:** Die Seilrille ist maßlich kleiner als nach der Norm gefordert. Das Seil sollte nicht montiert werden, da es in der Seilrille geklemmt und dadurch beschädigt würde. Die Folge wären unvermeidbare Seilgefügeschäden nach kurzer Betriebszeit.

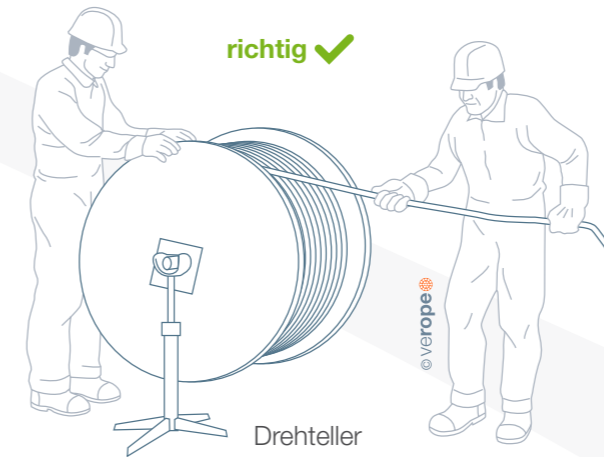
**Fall C:** Der Durchmesser der Seilrille ist zu groß. Dies reduziert zwar die Seillebensdauer, dieser Effekt ist aber nicht so schwerwiegend, als dass sofort Maßnahmen ergriffen werden müssten. Es besteht jedoch auch die Gefahr des »Herausspringens« des Seiles aus der Seilscheibe (entgleisen).



→ **Seilmontageprozess**

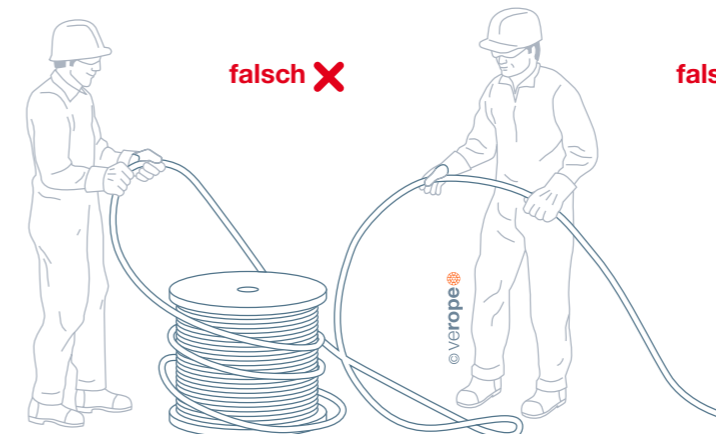
Die Seilmontage muss durch erfahrenes, unterwiesenes Personal stets sehr sorgfältig erfolgen! Folgende Punkte sind zu beachten:

**1.** Während auf Ringen gelieferte Seile einfach auszulegen sind, müssen Seilhaspeln auf geeigneten Abwickelvorrichtungen, z.B. Drehteller oder Wickelbock, aufgenommen werden.



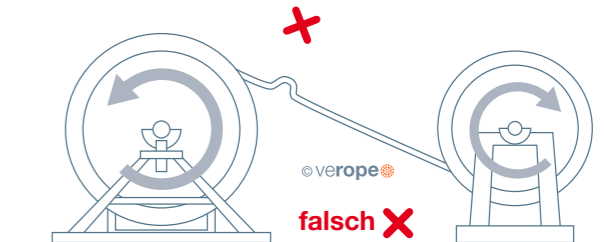
**2. Keinesfalls** sollte das Seil aus dem Ring oder der Haspel abgezogen werden.

Hierdurch werden Verdrehungen in das Seil eingebracht!



**3.** Bei manchen Seilmontagen erfolgt das Einziehen des neuen Seiles mit Hilfe des alten Seiles. Insbesondere beim Wechsel von drehungsfreien Hubseilen sollte die Verbindung zwischen beiden Seilen so gewählt werden, dass eventuell im alten Seil vorhandener Drall nicht auf das neue Seil übertragen werden kann. Dies kann beispielsweise durch das Koppeln beider Seile über einen Drallfänger erreicht werden.

**4.** Wickelrichtung beachten!  
Bitte positionieren Sie die Anlieferhaspel so, dass die Wickelrichtung für das Seil unverändert bleibt. Vermeiden Sie bei der Seilmontage gegenläufige Wickelrichtung mit Gegenbiegung.





**5.** Bitte prüfen Sie vor dem Wickelbeginn den gesamten Einsicherungsbereich, um sicherzustellen, dass das Seil während der Montage korrekt eingesichert wurde und nicht über Kanten geführt wird.

**6.** Wickeln Sie die Seile stets kontrolliert ab und auf! Wir empfehlen, dass eine Person den Sprechkontakt mit dem Kranführer hat und den Abwickelvorgang an der Lieferhaspel überwacht, um bei Störungen den Montageprozess jederzeit stoppen zu können.

**7.** So lösen Sie das Seilende auf der Anlieferhaspel: Bitte unterbrechen Sie den Montageprozess, wenn auf der Anlieferhaspel in der ersten Wickellage noch etwa 5 Windungen vorhanden sind, um die ggf. innenliegende und befestigte Endverbindung bzw. das Seilende lösen zu können. Fahren Sie anschließend mit stark reduzierter Wickelgeschwindigkeit bis kurz vor den Endpunkt. Stoppen Sie den Montageprozess und lösen Sie die Endverbindung bzw. das Seilende.

#### → Inbetriebnahme nach Seilmontage

Nach Abschluss der Montage empfehlen wir, das Seil vollständig einzusichern. Die gesamte Seillänge soll unter geringer Last über alle Seilrollen hinweg bewegt werden. Dies sorgt dafür, dass sich die Seilelemente im Seilgefüge setzen können. Diesen Vorgang bitten wir, mehrfach durchzuführen, da so das Seil optimal für den Einsatz vorbereitet wird.

Bei Mehrlagenwicklung ist das Seil abschließend mit Seilvorspannung zu wickeln, wie nachfolgend erläutert wird.

#### → Seilmontage bei Mehrlagenwicklung

Die Montage des Seiles auf einer mehrlagig wickelnden Seiltrommel ist besonders anspruchsvoll! Bei sehr großen Seillängen oder auch bei einer Erstmontage sollte der gesamte Montageprozess gründlich geplant werden. Dies gilt auch, wenn Seillängen auf die Kran-trommel aufzulegen sind, von denen bekannt ist, dass nach der Seilmontage ein vollständiges Abwickeln und erneutes Aufwickeln durch den Kran selbst – siehe auch Inbetriebnahme – aufgrund der temporären Kran-konfiguration nicht möglich ist.

Der Anlieferhaspel sollte, wenn möglich, stets gebremst werden. Die Bremskraft ist so zu wählen, dass die Seilwicklung auf der Anlieferhaspel nicht zerstört wird. Die so erzeugte Bremsspannung erleichtert das Aufwickeln des Seiles auf die Kran-trommel. Sie erreicht aber in aller Regel nicht die als notwendig erkannte Seilvorspannung für Mehrlagenwicklung, die nachfolgend erläutert wird.

Stehen Hilfsmittel zur Erzeugung einer Bremsspannung nicht zur Verfügung, muss das Seil zunächst bestmöglich lastfrei auf die Kran-trommel aufgelegt werden. Keinesfalls darf die Bremskraft durch Klemmen des Seiles selbst erzeugt werden, da dies zu schweren Seilschäden bereits bei der Montage führen kann.

#### → Bedeutung der Seilvorspannung bei Mehrlagenwicklung

Bei mehrlagig wickelnden Trommeln ist die Seilvorspannung die wesentliche Voraussetzung für ein korrektes Wickelbild und eine Verschleißminimierung des Seiles in den unteren, durch Druck stark belasteten Wickellagen. Praktische Erfahrungen haben gezeigt, dass eine Seilvorspannung, die etwa 10% des Nennseilzuges entspricht, nachhaltig positiv ist. Sollte diese Seilvorspannung aufgrund der Seillängen und/oder der Kran-konfiguration sowie verfügbarer Lasten nicht möglich sein, dann ist dennoch auch eine geringere Seilvorspannung hilfreich, wenngleich nicht so wirkungsvoll.

Zeichen für ungenügende oder fehlende Vorspannung sind Wickelstörungen, die durch Spaltbildung der sich unter Druckbeanspruchung verschiebenden Seilstränge unter Wickellagen verursacht werden. Ohne Korrektur dieses Zustandes kann es zum Einschneiden von Seilsträngen und in der Folge zu Seilschäden bis hin zur Ablingereife des Seiles kommen.

Bitte erneuern Sie deshalb die Seilvorspannung auf der gesamten Seillänge regelmäßig, spätestens jedoch bei erkennbaren Wickelstörungen. Hierdurch wird die Seillebensdauer nachhaltig verlängert.

In der Mehrlagenwicklung arbeiten Spezialdrahtseile, insbesondere drehungsfreie Hubseile, am wirtschaftlichsten, wenn die gesamte im Kran montierte Seillänge regelmäßig genutzt wird.

Sollten bestimmte Seilbereiche aufgrund der Arbeitsweise bzw. Krankonfiguration längere Zeit nicht benutzt werden können, dann ist der Einsatz einer angepassten Seillänge zu empfehlen, um Wickelstörungen und mögliche Seilschäden zu vermeiden.





## WICHTIGE INFORMATIONEN

DIE NICHT KORREKTE AUSWAHL UND VERWENDUNG  
VON DRAHTSEILEN KANN GEFÄHRLICH SEIN.

**SCHÜTZEN SIE SICH UND ANDERE!**  
SEILVERSAGEN KANN SCHWERE SACHSCHÄDEN,  
VERLETZUNGEN ODER DEN TOD VERURSACHEN!

Mit den nachfolgenden Hinweisen möchten wir Sie auf einige wesentliche Punkte für korrekte Auswahl, Betrieb und Überwachung von Drahtseilen aufmerksam machen. Neben technischer Literatur zu Drahtseilen, nationalen und internationalen Normen steht Ihnen das verope® Team bei allen Fragen rund um das Drahtseil gerne unterstützend zur Verfügung. **Bitte sprechen Sie uns an!**

- Drahtseile müssen ordnungsgemäß transportiert, gelagert, aufgelegt und gewartet werden. Bitte beachten Sie die einschlägige Literatur zu diesen Themen.
- Drahtseile sind vor jedem Gebrauch auf Verschleiß oder Beschädigung zu prüfen. Dies gilt auch für deren Endverbindungen. Setzen Sie niemals verschlissene oder beschädigte Seile oder Endverbindungen ein!
- Drahtseile dürfen nicht überlastet oder Schockbelastungen ausgesetzt werden!
- Unter Einwirkung von sehr hohen oder sehr niedrigen Temperaturen kann sich das Seilverhalten stark verändern. Bitte sprechen Sie hierüber mit unseren Fachleuten.
- Von verope® angebrachte Endverbindungen dürfen vom Kunden nicht, z.B. durch Bearbeitung, verändert werden.
- Unsere Produkte werden ständig weiterentwickelt. Die technischen Daten können sich hierdurch verändern. Maßgeblich sind die jeweils aktuellen Daten auf unserer Webseite.
- Die Querschnittsbilder im Katalog zeigen einen typischen Seildurchmesser. Seile mit kleineren und größeren Durchmessern können einen anderen Querschnitt aufweisen.
- Drahtseile und deren Endverbindungen sind nicht dauerfest und müssen deshalb für einen betriebssicheren Zustand regelmäßig inspiziert werden. Drahtseile und deren Endverbindungen müssen vor Erreichen eines unsicheren Zustandes abgelegt werden. Beachten Sie bitte die jeweils gültigen internationalen oder nationalen Normen (z.B. ISO 4309, EN 12385 und EN 13411) und die Fachliteratur zur sachkundigen Inspektion sowie zur korrekten Ermittlung der Ablegereife von Drahtseilen und deren Endverbindungen.



# VERWENDUNG VON METRISCHEN SEILEN AUF IMPERIAL-KRANEN UND VON IMPERIAL-SEILEN AUF METRISCHEN KRANEN

Bei der Verwendung von mm-Seilen auf inch-Kranen oder umgekehrt wird oft der falsche Seildurchmesser ausgewählt. Hier gilt die folgende Auswahltablelle.

Die Tabelle ist in folgender Weise zu gebrauchen:

→ **Fall 1:** Der Kran besitzt eine Seilscheibe oder Seiltrommel, die für Imperial-Seile (Maßeinheit: inch) dimensioniert ist, und es muss ein metrisches Seil (Maßeinheit: mm) aufgelegt werden.

Für den inch-Durchmesser in der linken Spalte kann der Seilennendurchmesser in mm aus der rechten Spalte gewählt werden, wenn dieser in der gleichen Farbe dargestellt ist.

**Beispiel:** Wenn die Seilscheibe oder Seiltrommel für einen Seilennendurchmesser von 1 ¼ inch ausgelegt wurde, kann ein Seil vom Nenndurchmesser 32mm eingesetzt werden. Wenn der Seildurchmesser auf der rechten Seite in einer anderen Farbe dargestellt ist, muss der nächst kleinere Seilennendurchmesser in mm gewählt werden, vorausgesetzt die Anforderungen an die Mindestbruchkraft werden erfüllt.

**Beispiel:** Wenn die Seilscheiben oder Seiltrommeln für ein Seil vom Nenndurchmesser 1 inch ausgelegt wurden, muss ein metrisches Seil vom Nenndurchmesser 25mm eingesetzt werden.

→ **Fall 2:** Der Kran besitzt eine Seilscheibe oder Seiltrommel, die für metrische Seile (Maßeinheit: mm) dimensioniert ist, und es muss ein Imperial-Seil (Maßeinheit: inch) aufgelegt werden.

Für den mm-Durchmesser in der rechten Spalte kann der Seilennendurchmesser in inch aus der linken Spalte gewählt werden, wenn dieser in der gleichen Farbe dargestellt ist.

**Beispiel:** Wenn die Seilscheibe oder Seiltrommel für ein 32 mm Seil ausgelegt wurde, kann ein 1 ¼ inch Seil genutzt werden. Wenn der Seildurchmesser auf der linken Seite in einer anderen Farbe dargestellt ist, muss der nächst kleinere Seilennendurchmesser in der inch-Spalte gewählt werden, vorausgesetzt die Anforderungen an die Mindestbruchkraft werden erfüllt.

**Beispiel:** Wenn die Seilscheiben oder Seiltrommeln für ein Seil vom Nenndurchmesser 26 mm ausgelegt wurden, muss ein Imperial-Seil vom Nenndurchmesser 1 inch eingesetzt werden.

## UMRECHNUNGSTABELLE

| Ø inch | Ø mm   |
|--------|--------|
| 0,236  | 6      |
| 1/4    | 6,350  |
| 0,276  | 7      |
| 5/16   | 8      |
| 0,354  | 9      |
| 3/8    | 9,525  |
| 0,394  | 10     |
| 7/16   | 11     |
| 0,472  | 12     |
| 1/2    | 12,7   |
| 0,512  | 13     |
| 0,551  | 14     |
| 0,591  | 15     |
| 5/8    | 15,875 |
| 0,630  | 16     |
| 0,669  | 17     |
| 0,709  | 18     |
| 3/4    | 19     |
| 0,787  | 20     |
| 0,827  | 21     |
| 7/8    | 22     |
| 0,906  | 23     |
| 0,945  | 24     |
| 0,984  | 25     |
| 1      | 25,400 |

| Ø inch | Ø mm   |
|--------|--------|
| 1,024  | 26     |
| 1,063  | 27     |
| 1,102  | 28     |
| 1 1/8  | 28,575 |
| 1,142  | 29     |
| 1,181  | 30     |
| 1,220  | 31     |
| 1 1/4  | 32     |
| 1,299  | 33     |
| 1,339  | 34     |
| 1,378  | 35     |
| 1,417  | 36     |
| 1,457  | 37     |
| 1 1/2  | 38     |
| 1,535  | 39     |
| 1,575  | 40     |
| 1 5/8  | 41,275 |
| 1,654  | 42     |
| 1,732  | 44     |
| 1 3/4  | 44,450 |
| 1,811  | 46     |
| 1 7/8  | 47,625 |
| 1,890  | 48     |
| 1,969  | 50     |
| 2      | 50,800 |

© verope

|                       |                      |                |               |                          |                          |
|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Länge</b>          | 1 m                  | 1000 mm        | 39,37 inch    | 3,281 feet               |                          |
|                       | 1 mm                 | 0,03937 inch   | 0,003281 feet |                          |                          |
|                       | 1 feet               | 304,8 cm       | 0,3048 mm     |                          |                          |
|                       | 1 inch               | 25,4 mm        | 0,0254 mm     |                          |                          |
| <b>Kraft</b>          | 1 kN                 | 1000 N         | 101,972 kg    | 0,101972 ton             | 224,8089 lbf             |
|                       | 1 kg                 | 9,80665 N      |               |                          |                          |
|                       | 1 short ton, 2000 lb | 907,185 kg     |               |                          |                          |
|                       | 1 long ton, 2240 lb  | 1016,047 kg    |               |                          |                          |
| <b>Masse/ Gewicht</b> | 1 ton                | 1000 kg        | 2204,623 lbs  | 1,102 short ton, 2000 lb | 0,9842 long ton, 2240 lb |
|                       | 1 kg/m               | 0,672 lbs/ft   |               |                          |                          |
| <b>Festigkeit</b>     | 1 N/mm²              | 0,10197 kp/mm² |               |                          |                          |



# VEROPE® SERVICE CENTER GMBH

## verope® – rely on

Die verope® AG, gegründet im Jahre 2004 als Joint Venture zwischen Pierre Verreet und Kiswire, steht für qualitativ hochwertige Spezialdrahtseile auf die Sie sich verlassen können. Gemeinsam haben wir weiterhin die Entwicklung von hochwertigen Produkten im Fokus - die nächste Generation von Spezialdrahtseilen.

## verope® Service Center GmbH

Anfang 2011 stellte verope® sein neues strategisches Servicekonzept für den europäischen Markt vor. Erhebliche Investitionen in das neue Service und Logistik Center in Contwig/Deutschland ermöglichen es verope®, Seilsysteme aus seinem großen Portfolio an hochwertigen Spezialdrahtseilen zu lagern, konfektionieren und innerhalb kürzester Zeit zu liefern.

Effiziente und kontrollierte Drahtseilverarbeitung ist ein wichtiger Teil unseres Standorts in Deutschland. Hier verbinden wir unser technisches Know-How und große Erfahrungen in Fertigungstechniken, um Spezialdrahtseile mit Standard- und/oder von verope® selbst entwickelten Endverbindungen, kundenspezifisch zu konfektionieren.

Das verope® Service Center Team freut sich darauf, unseren Kunden den hochwertigen Service anzubieten, auf den Sie sich verlassen können.

## Technik

Ein weiterer wichtiger Teil des verope® Service Centers ist die Technik, die in die Abteilungen Endverbindungen, Prüffeld für Seile und globalen technischen Kundendienst unterteilt ist.

Ein strategisches Ziel von verope® ist es, seine Spezialdrahtseile während des Einsatzes bis hin zur Ablegereife zu begleiten.

## Unser technischer Service umfasst:

- Technischer Kundendienst
- Technische Beratung inkl. Analyse, z. B. theoretische Lebensdauerberechnungen
- Seil- & Kraninspektionen (Seiltrieb) inkl. Bericht
- Schadensanalyse
- Schulungen und Seminare
- Verschiedene Testmöglichkeiten in unserem eigenen Prüffeld:
  - Zerreißversuche bis 2500 kN
  - Biegewechselversuche für verschiedene Seildurchmesser
  - Versuche zur Ermittlung der Dreheigenschaften
  - Dehnungsmessungen
  - Ermittlung des E-Moduls
  - Versuche zur Bestimmung der Seilflexibilität
  - Ermittlung der Durchmesserreduzierung unter Last
  - Ermittlung der Querdruckstabilität
  - Zugschwellversuche

Durch unsere permanenten Verbesserungen im Produktionsprozess und die Investitionen in die Erweiterung der Infrastruktur ist das verope® Service Center der Hauptanlaufpunkt für unsere OEM Kunden und unser Kompetenzzentrum für unsere weltweiten Service Center Konzepte.

Wir sind gerne bereit, Ihnen weitere Details unseres Konzepts zu präsentieren und die Vorteile für unsere geschätzten Kunden unter Beweis zu stellen.



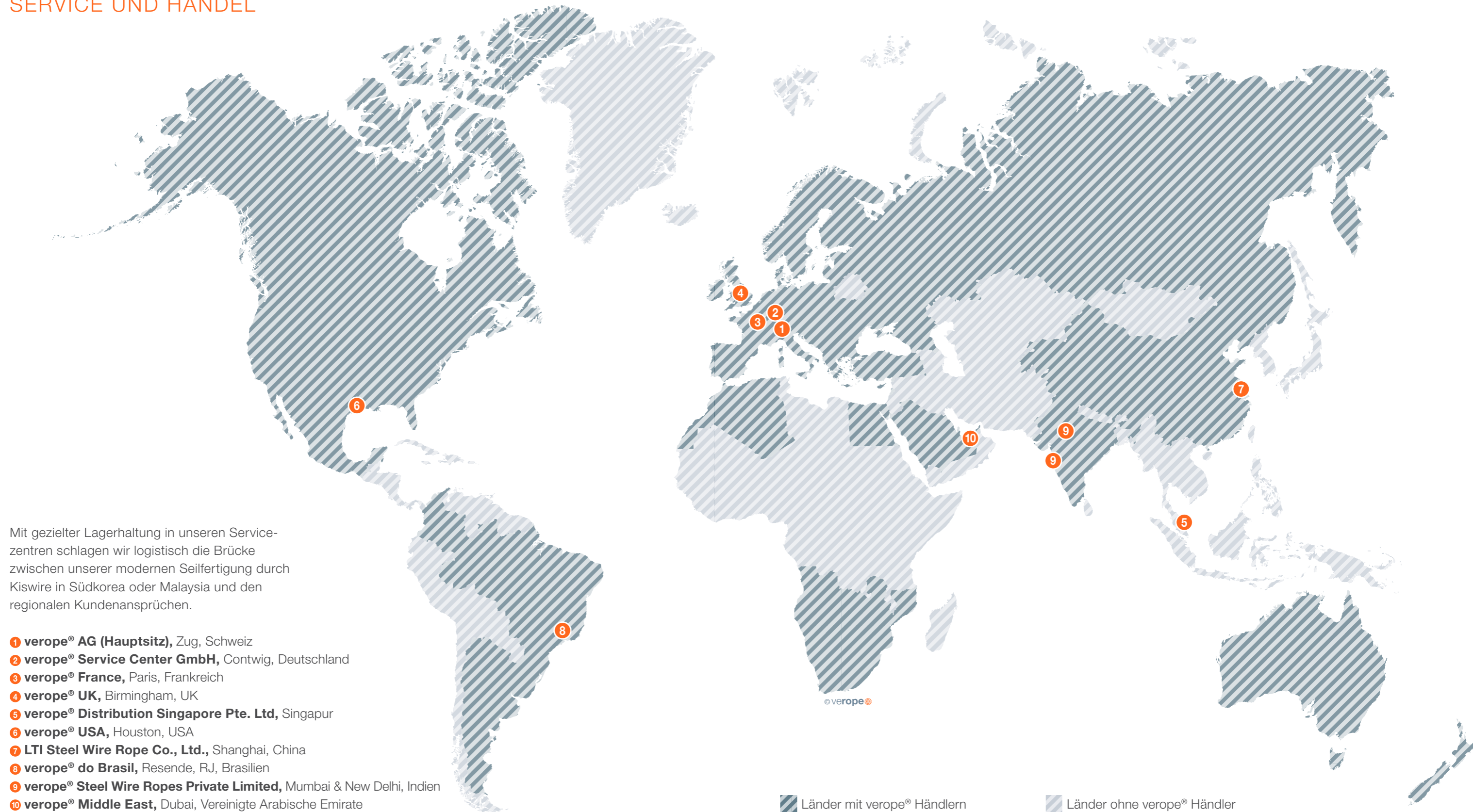
verope® Service Center mit R&D



# VEROPE® WELTWEIT

## SERVICE UND HANDEL

VEROPE® VERFÜGT ÜBER EIN WELTWEITES NETZWERK VON PROFESSIONELLEN HÄNDLERN IM BEREICH SPEZIALDRAHTSEILE UND ANWENDUNGEN.



## **TECHNISCHE BROSCHÜRE**

Edition April 2019

Alle Rechte vorbehalten.  
Copyright 2019 verope® AG.

Nachdruck und Vervielfältigung,  
auch auszugsweise, nur mit  
ausdrücklicher Genehmigung  
des Herausgebers.

Dieser Katalog wurde auf  
umweltfreundlichem FSC®  
Papier gedruckt.

**verope** ®  
rely on

### **verope® AG**

St. Antons-Gasse 4a  
CH-6300 Zug / Switzerland  
Tel: +41 (0) 41 72 80 880  
Fax: +41 (0) 41 72 80 888

**[www.verope.com](http://www.verope.com)**  
**[info@verope.com](mailto:info@verope.com)**