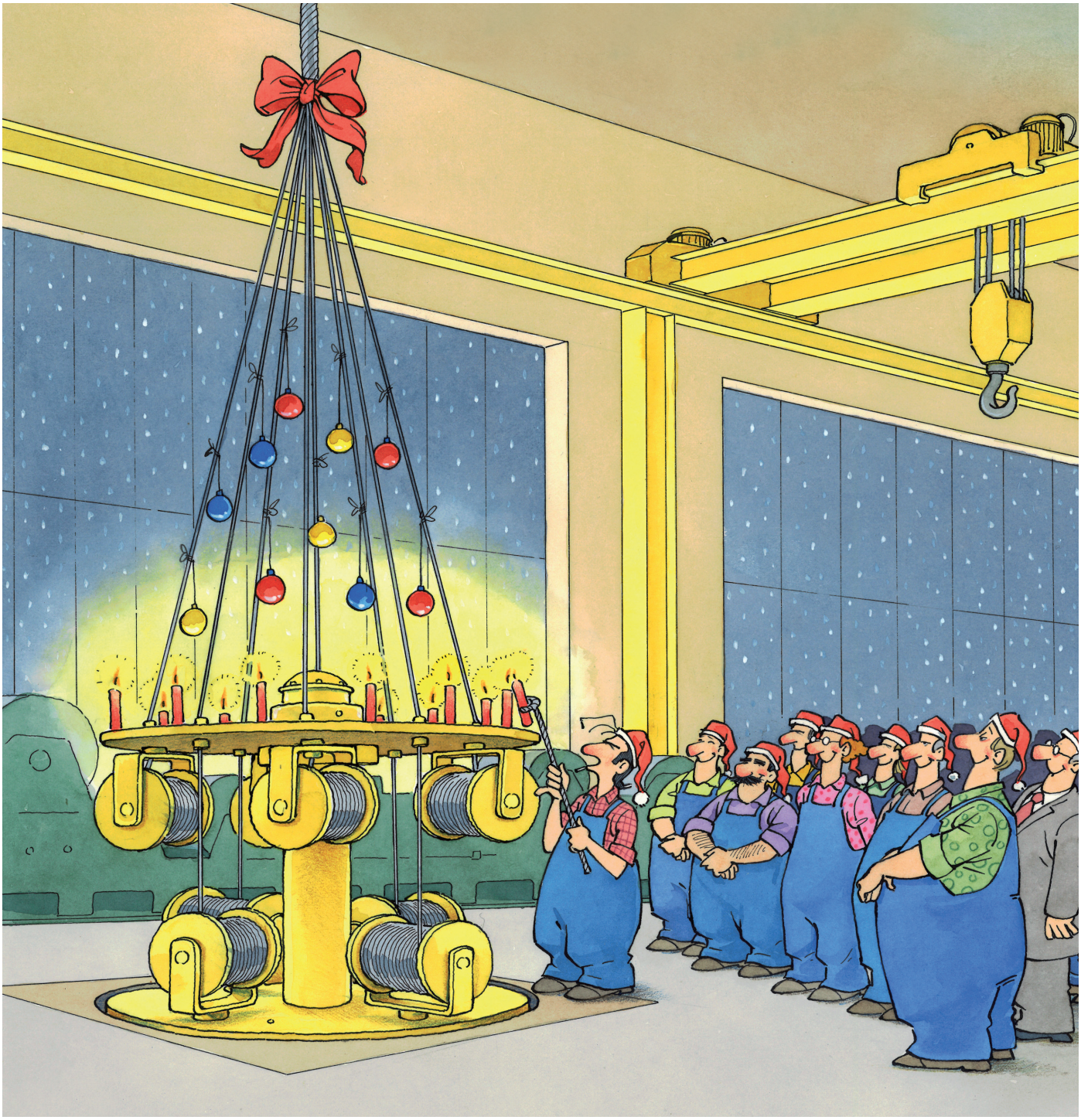
WIRE ROPE
TECHNOLOGY AACHEN



Die Grundbegriffe der Drahtseiltechnik

Die Grundbegriffe der Drahtseiltechnik

von Dipl.-Ing. Roland Verreet

Inhalt

1. Das ABC des Drahtes 4

2. Das ABC der Litze 5

3. Das ABC des Seiles 10

4. Litzenarten 16

5. Seilarten 30

© 1994 und 2018 Ingenieurbüro für Drahtseiltechnik Wire Rope Technology Aachen GmbH
Titel und Cartoons: Rolf Bunse
Satz, Layout und Gestaltung: Benedikt Dolzer, Aachen
Nachdruck, auch teilweise, nur mit Genehmigung des Verfassers.

Zum besseren Verständnis der weiteren Ausführungen sollen zunächst einige der wichtigsten Begriffe der Drahtseiltechnik definiert werden.

1. Das ABC des Drahtes

1.1. Der Seildraht

Seildrähte werden üblicherweise aus beruhigtem, unlegiertem Kohlenstoffstahl hergestellt. Der Reinheitsgrad ist in DIN 17140 und in EN 10016 vorgeschrieben. Der Gehalt von Mangan liegt hiernach zwischen 0,3% und 1,0%, von Silizium zwischen 0,1% und 0,3 % und die Gehalte von Phosphor und Schwefel jeweils unter 0,045%.

Durch Warmverformung wird zunächst Walzdraht von etwa 6mm Durchmesser und einem Kohlenstoffgehalt von 0,4% bis 1,0% 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. Man unterscheidet zwischen Rund- und Profildrähten.

Stahldrähte für Drahtseile sind in DIN 2078 und EN 10264-1, EN 10264-2, EN 10264-3 genormt, Stahldrähte für Förderseile in DIN 3078. EN 10264-4 gilt für Stahldrähte aus nicht rostendem Draht.

1.2. Der Runddraht

Unter einem Runddraht versteht man einen Draht mit rundem Querschnitt.

1.3. Der Profildraht

Unter einem Profildraht versteht man jeden Draht nicht-runden Querschnitts.

Wir unterscheiden zwischen Ovaldrähten, Flachdrähten, Z- und S- Profildrähten, Taillendrähten, Keildrähten und Dreikantdrähten (Abb. 1). Profildrähte werden durch Ziehen oder Walzen hergestellt.

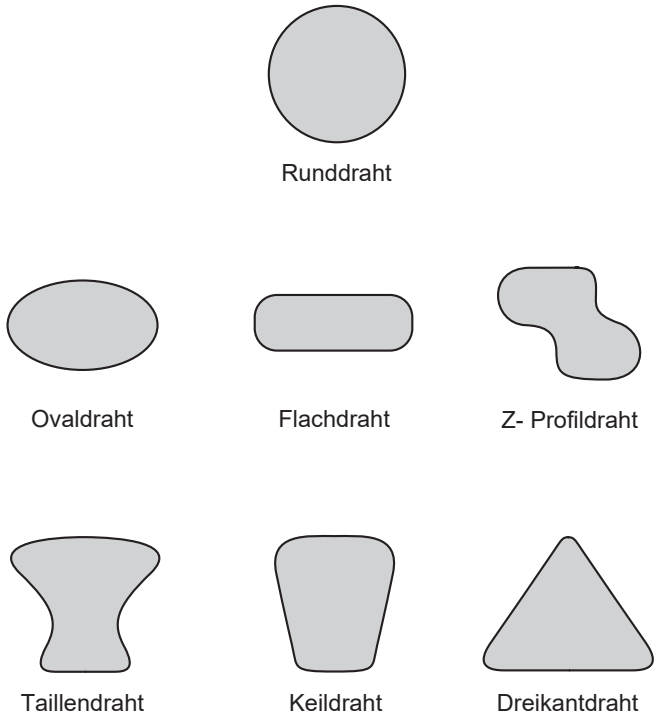


Abb. 1: Drahtquerschnitte

1.4. Die 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 1770N/mm^2, 1960N/mm^2 und 2160N/mm^2 eingesetzt.

2. Das ABC der Litze

2.1. Der Litzendurchmesser

Unter dem Litzendurchmesser versteht man den Durchmesser des alle Drähte der Litze umschließenden Hüllkreises. Der Litzendurchmesser wird üblicherweise mit Mikrometerschrauben mit runden Meßflächen gemessen und auf 1/100mm genau angegeben.

2.2. Die Schlagrichtung der Litze

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

Die Schlagrichtung der Litzen wird häufig mit dem Kleinbuchstaben z für die rechtsgängige Litze (Abb. 2) und dem Kleinbuchstaben s für die linksgängige Litze angegeben (Abb. 3).

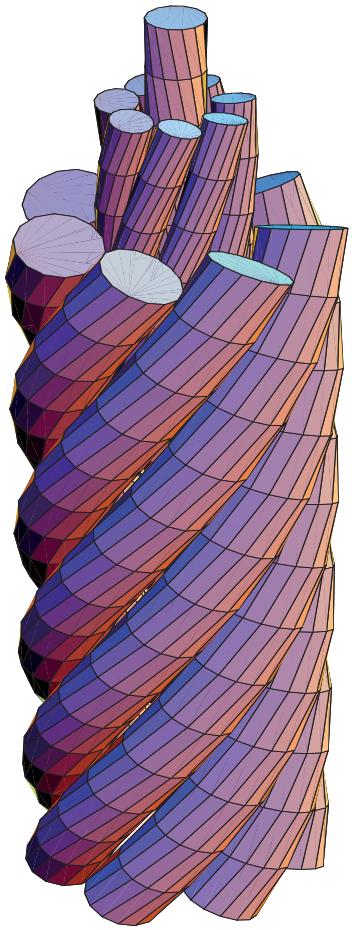


Abb. 2: rechtsgängige Litze

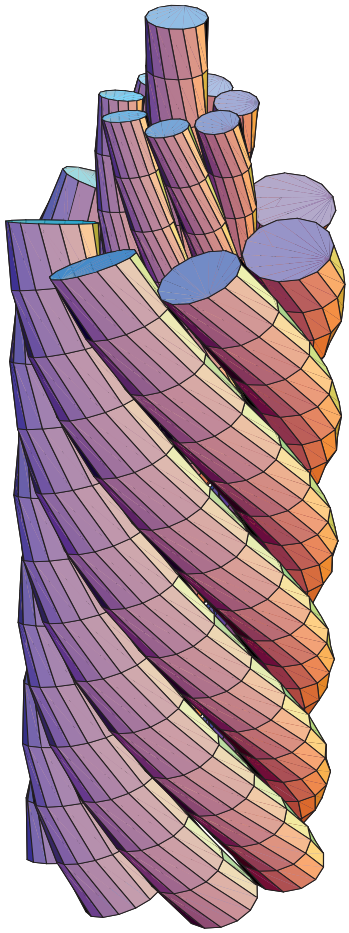


Abb. 3: linksgängige Litze

2.3. Die Schlaglänge der Litze

Unter der Schlaglänge einer Litze versteht man die Ganghöhe der helixförmig geschlagenen Drähte. In zwei- und dreilagigen Standardlitzen haben die Drähte zweier aufeinanderfolgender Drahtlagen üblicherweise unterschiedliche Schlaglängen, aber gleiche Schlagwinkel. In Parallelschlaglitzen haben die Drähte zweier aufeinanderfolgender Drahtlagen immer gleiche Schlaglängen, aber unterschiedliche Schlagwinkel (Abb. 4).

Durch Veränderung der Schlaglängen können die Berührungsverhältnisse benachbarter Litzen sowie die Bruchkräfte und die elastischen Eigenschaften der Litzen verändert werden.

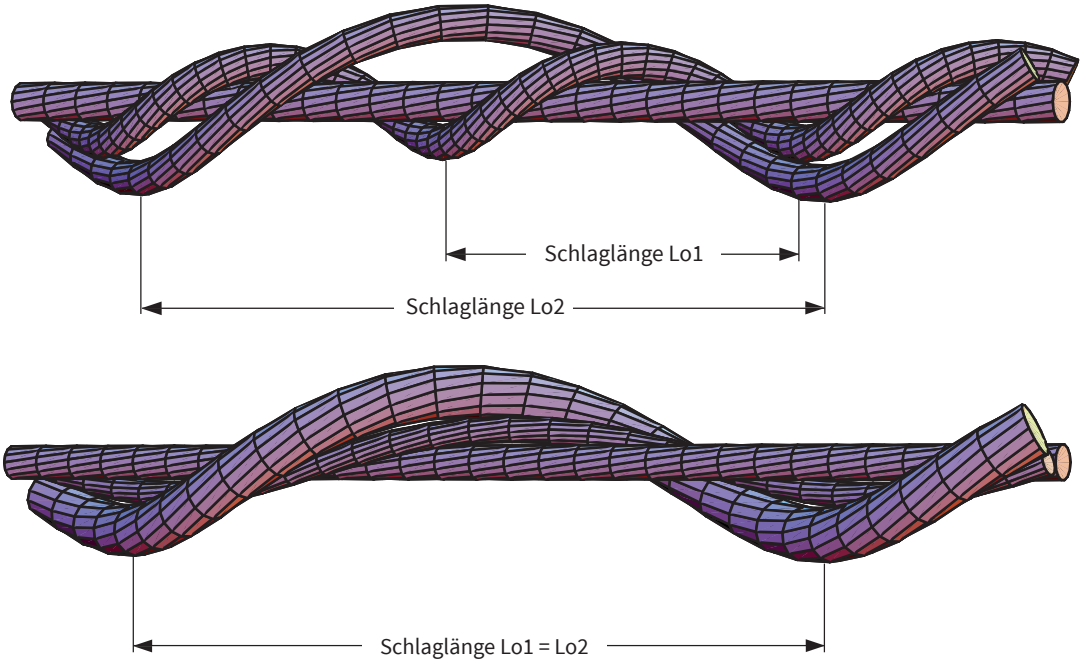


Abb. 4: Schlaglängen einer zweilagigen Standardlitze (oben) und einer Parallelschlaglitze (unten)

2.4. Der Schlagwinkel der Drähte in der Litze

Der Schlagwinkel, auch Flechtwinkel genannt, gibt an, unter welchem Winkel die Drähte einer Drahtlage zur Litzenachse geneigt liegen (Abb. 6). In zwei-und dreilagigen Standardlitzen haben die Drähte zweier aufeinanderfolgender Drahtlagen üblicherweise unterschiedliche Schlaglängen, aber gleiche Schlagwinkel.

In Parallelschlaglitzen haben die Drähte zweier aufeinanderfolgender Drahtlagen immer gleiche Schlaglängen, aber unterschiedliche Schlagwinkel.

Dieser Sachverhalt wird leider in den meisten Lehrbüchern über Drahtseile falsch darstellt.

2.5. Der Mittenkreis einer Drahtlage

Der Mittenkreis einer Drahtlage ist der Kreis, auf dem die Mittelpunkte der Einzeldrähte der jeweiligen Drahtlage liegen. Bei Filler-, Warrington- und Warrington-Sealelitzen befinden sich innerhalb einer Drahtlage abwechselnd Drähte mit unterschiedlichen Mittenkreisdurchmesser (Abb. 5).

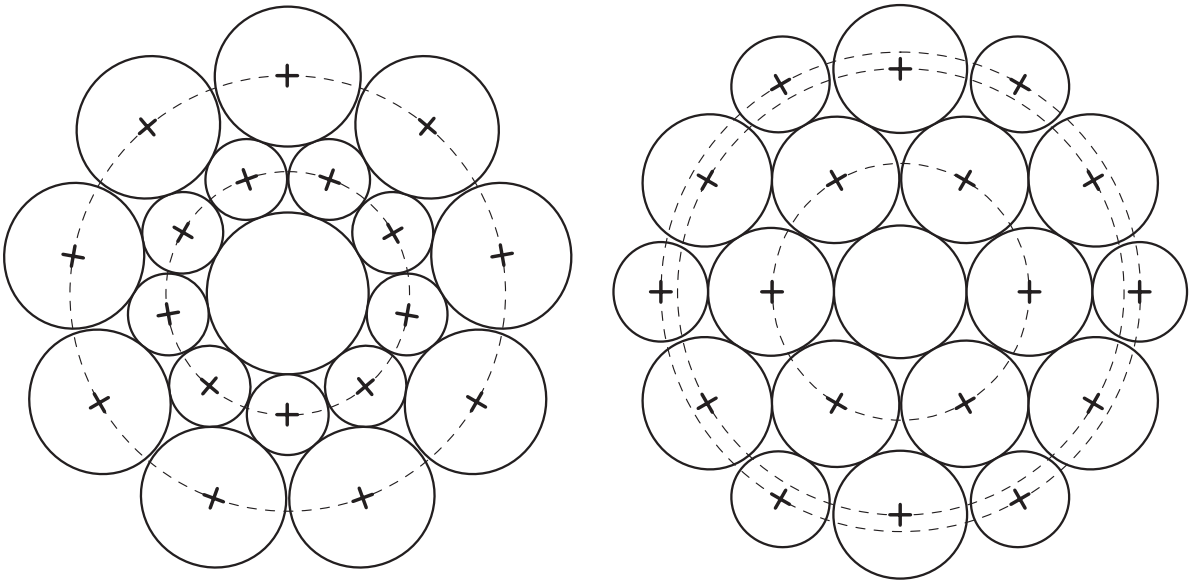


Abb. 5: Gleiche Mittenkreise für die Außendrähte der Litze Seale 19 (links), unterschiedliche Mittenkreise für die Außendrähte der Litze Warrington 19 (rechts)

Zwischen der Schlaglänge Lo, dem Mittenkreisdurchmesser dm, dem Schlagwinkel α und der Drahtlänge L bestehen folgende Zusammenhänge (Abb. 6):

$$\tan \alpha = (\pi \cdot dm) / Lo$$

$$L = Lo / \cos \alpha$$

2.6. Die Litzenmachart

Unter der Machart einer Litze versteht man das Bildungsgesetz, nach dem die Elemente der Litze, also die einzelnen Drähte, relativ zueinander angeordnet sind. So besitzen beispielsweise alle Litzen der Machart Seale den Aufbau

$$1+N+N,$$

wobei N für eine beliebige natürliche Zahl steht. Eine Litze der Machart Seale 17 besteht aus 1+8+8 Drähten, eine Litze der Machart Seale 19 besteht aus 1+9+9 Drähten.

Die wichtigsten Litzenmacharten sind die ein-, zwei-und dreilagigen Standardlitzen in Kreuzverseilung sowie die Seale-, Filler-, Warrington und Warrington-Sealelitzen in Parallelverseilung.

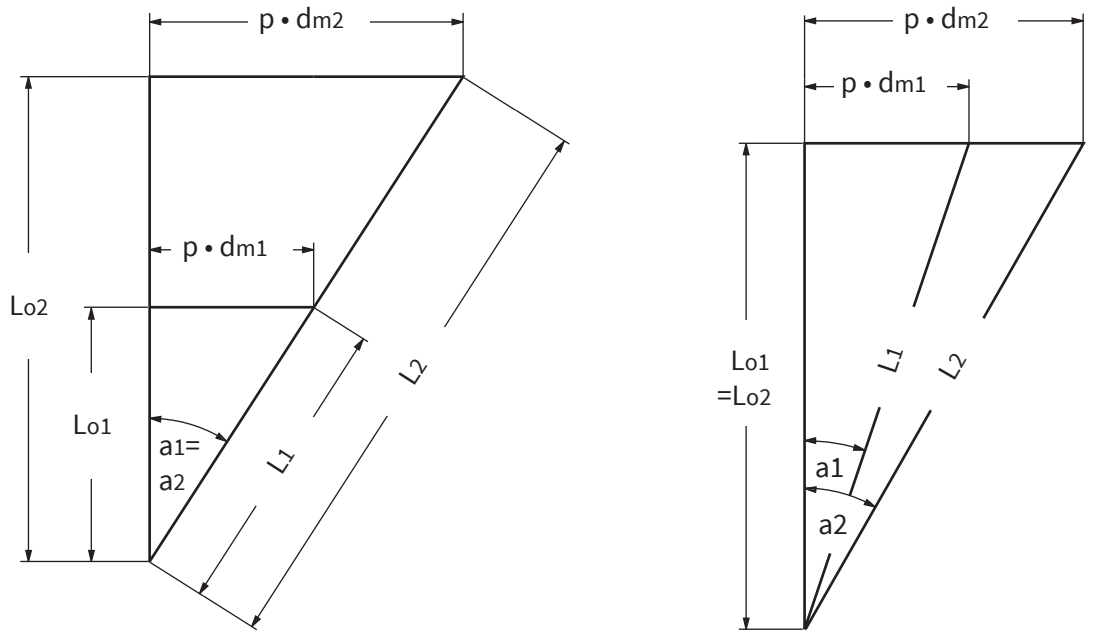


Abb. 6: Schlaglängen Lo, Schlagwinkel α, Mittenkreisdurchmesser dm und Drahtlänge L in einer zweilagigen Standardlitze (links) und einer zweilagigen Parallelschlaglitze (rechts)

2.7. Der Füllfaktor der Litze

Unter dem Füllfaktor einer Litze versteht man den Quotienten aus dem Metallquerschnitt der Litze (vereinfacht gerechnet als die Summe der Einzeldrahtquerschnitte), bezogen auf die Fläche des die Litze umschreibenden Kreises.

Der Füllfaktor einer Litze gibt somit an, welcher Anteil des Raumes, den die Litze im Drahtseil beansprucht, von Stahl ausgefüllt wird. Die Füllfaktoren der gebräuchlichsten Litzen liegen etwa zwischen 0,70 und 0,82.

Dies bedeutet, daß der Stahlanteil einer Litze etwa 70% bis 82% beträgt. Durch Verdichtung können die Füllfaktoren von 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.

3. Das ABC des Seiles

3.1. Der Drahtseildurchmesser

Man unterscheidet zwischen dem Seilnenndurchmesser und einem effektiven Seildurchmesser.

3.1.1. Der Drahtseilnenndurchmesser

Der Seilnenndurchmesser, auch nominaler Seildurchmesser genannt, ist ein vereinbarter theoretischer Wert für den Durchmesser des die Litzen umschreibenden Kreises.

3.1.2. Der effektive Drahtseildurchmesser

Der effektive Seildurchmesser, auch wirklicher Seildurchmesser genannt, ist der tatsächlich am Drahtseil gemessene Durchmesser des die Außenlitzen umschreibenden Kreises. Der Toleranzbereich für den effektiven Seildurchmesser ist in den Tabellen der jeweiligen Seilnormen (z.B. DIN 3064) festgelegt und beträgt üblicherweise Seilnenndurchmesser -0% / +5%. Dies bedeutet, daß bei Anlieferung des Drahtseiles der effektive Seildurchmesser einerseits nicht kleiner sein darf als der Seilnenndurchmesser, ihn andererseits aber auch nur um maximal 5% übertreffen darf.

Bei dünneren Seilen (Nenndurchmesser 3mm bis 7mm) ist zum Teil ein maximaler effektiver Seildurchmesser von Seilnenndurchmesser +8% bzw. +6% zulässig.

Natürlich verändert sich der Seildurchmesser in Abhängigkeit von der Belastung. Deshalb soll der effektive Seildurchmessernach DIN 3051, Blatt 4, an einem mit 5% der rechnerischen Bruchkraft belasteten Drahtseil gemessen werden.
Die DIN 5881 normt Drahtseile für die Erdölindustrie. Da sich diese Industrie sehr stark an amerikanischen Vorgaben orientiert, liegt hier das Toleranzfeld (wie in den USA üblich) bei Seilnenndurchmesser -1 %/+4%.

3.2. Die Schlagrichtung des Drahtseiles

Man unterscheidet zwischen rechtsgängig und linksgängig geschlagenen Drahtseilen. Die Schlagrichtung eines Seiles ist rechtsgängig, wenn seine Litzen sich vom Betrachter wegbewegend im Uhrzeigersinn gedreht sind (Abb. 7). Die Schlagrichtung eines Seiles ist linksgängig, wenn seine Litzen sich vom Betrachter wegbewegend entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht sind (Abb. 8).
Die Schlagrichtung von Drahtseilen wird häufig mit dem Großbuchstaben Z für das rechtsgängige Seil und dem Großbuchstaben S für das linksgängige Seil angegeben.

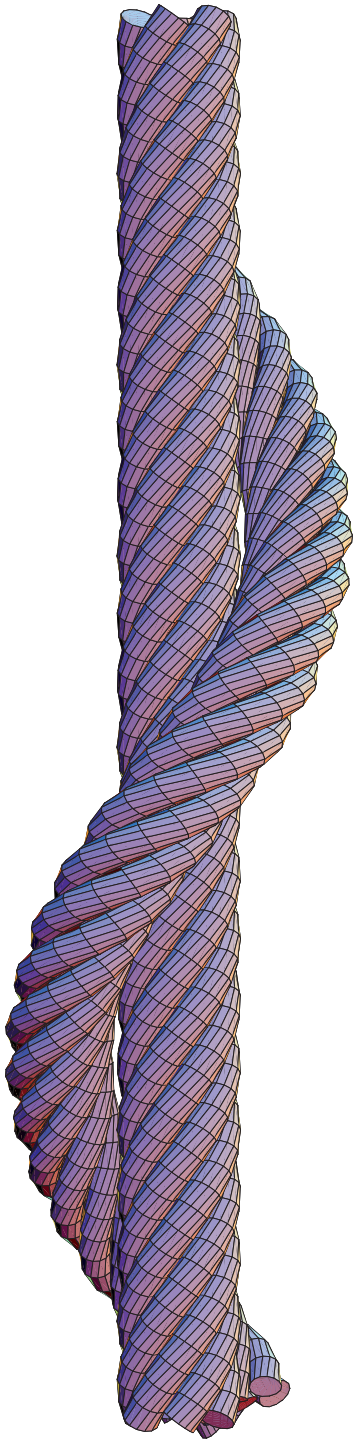


Abb. 7: Rechtsgängige Drahtseil

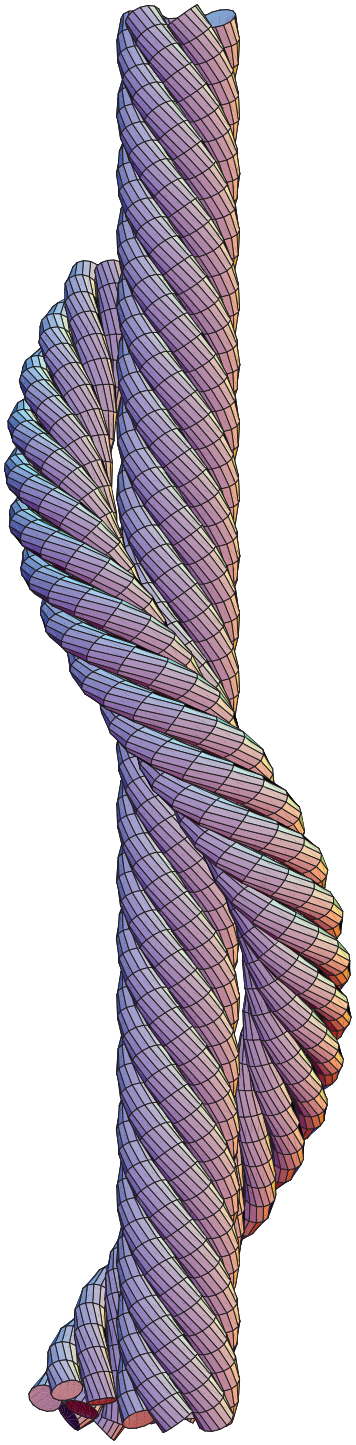


Abb. 8: Linksgängiges Drahtseil

3.3. Die Schlaglänge des Drahtseiles

Unter der Schlaglänge eines Drahtseiles versteht man die Ganghöhe der helixförmig geschlagenen Litzen.

In Drahtseilen mit getrennt geschlagener Stahleinlage (SES) sind die Litzen der Stahleinlage und die Außenlitzen üblicherweise mit unterschiedlichen Schlaglängen und gleicher Schlagrichtung verseilt. In sogenannten Doppeltparallelseilen haben alle Litzenlagen immer gleiche Schlaglängen, aber unterschiedliche Schlagwinkel.
Durch Veränderung der Schlaglängen können die Berührungsverhältnisse benachbarter Litzen, die Bruchkräfte, die elastischen Eigenschaften, die Drehstabilität und das Ermüdungsverhalten von Drahtseilen verändert werden.

3.4. Der Mittenkreisdurchmesser der Litzen im Drahtseil

Der Mittenkreis einer Litzenlage ist der Kreis, auf dem die Mittelpunkte der Litzen der jeweiligen Litzenlage liegen (Abb. 9).
Zwischen dem Mittenkreisdurchmesser dm der Litzenlage, der Schlaglänge Lo, dem Schlagwinkel α und der Litzenlänge L bestehen analoge Zusammenhänge wie oben für die Litze beschrieben.

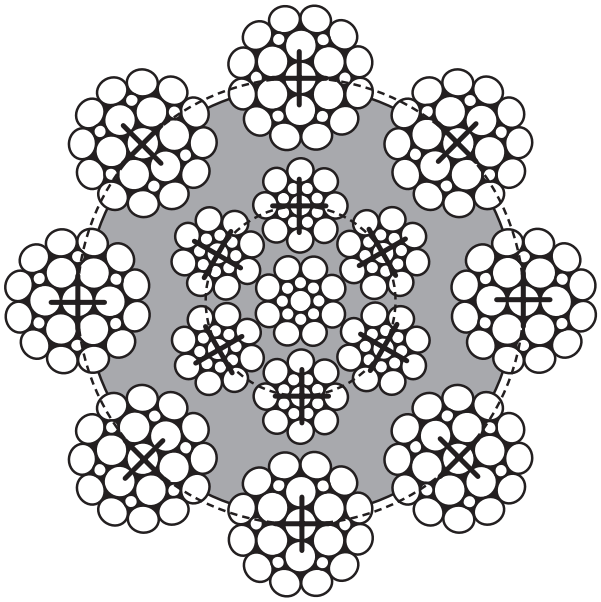


Abb. 9: Mittenkreise der Litzen eines Seiles mit Kunststoffzwischenlage

3.5. Die Drahtseilmachart

Unter der Machart einer Drahtseiles versteht man das Bildungsgesetz, nach dem die Elemente des Seiles, also die einzelnen Drähte und Litzen, relativ zueinander angeordnet sind.

So besitzen beispielsweise alle in DIN 3059 genormten Rundlitzenseile der Machart 6 x 19 Warrington mit Fasereinlage den Aufbau 6 x [1 +(6+6)+6]+ FE.

3.6. Der Füllfaktor des Drahtseiles

Unter dem Füllfaktor eines Drahtseiles versteht man den Quotienten aus dem Metallquerschnitt des Seiles (vereinfacht gerechnet als die Summe der Einzeldrahtquerschnitte), bezogen auf den Seilnenndurchmesser. Die rechnerische Bruchkraft steigt linear mit dem Füllfaktor eines Drahtseiles.

Die Füllfaktoren der gebräuchlichsten Drahtseile liegen etwa zwischen 0,46 und 0,75. Dies bedeutet, daß der Stahlanteil von Drahtseilen etwa 46% bis 75% beträgt.

Drahtseile mit Stahleinlage haben höhere Füllfaktoren als Drahtseile mit Fasereinlage. So hat gemäß DIN 3051, Blatt 3, ein Drahtseil 6x25 Filler FE einen Füllfaktor von 0,50, ein Seil 6x25 Filler SES einen Füllfaktor von 0,58.

Die Füllfaktoren von Drahtseilen mit Fasereinlage (FE) sinken im allgemeinen mit zunehmender Litzenzahl. So hat gemäß DIN 3051, Blatt, 3 ein Drahtseil 6x25 Filler FE einen Füllfaktor von etwa 0,50 und ein Drahtseil 8x25 Filler SES einen Füllfaktor von nur 0,445.

Die Füllfaktoren von Drahtseilen mit Stahleinlage (SES) steigen im allgemeinen mit zunehmender Litzenzahl. So hat gemäß DIN 3051, Blatt 3, ein Drahtseil 6x25 Filler SES einen Füllfaktor von etwa 0,58 und ein Drahtseil 8x25 Filler SES einen Füllfaktor von 0,5874.

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

3.7. Die Schlagart des Drahtseiles

Wir unterscheiden zwischen Kreuzschlag und Gleichschlag. Eine Mischform aus beiden, der Wechselschlag, findet heute kaum noch Anwendung.

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) (Abb. 10 oben) und Kreuzschlag rechtsgängig (Litze links geschlagen, Seil rechts geschlagen, sZ) (Abb. 11 oben).

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. 10 unten) und Gleichschlag rechtsgängig (Litze rechts geschlagen, Seil rechts geschlagen, zZ)(Abb. 11 unten).

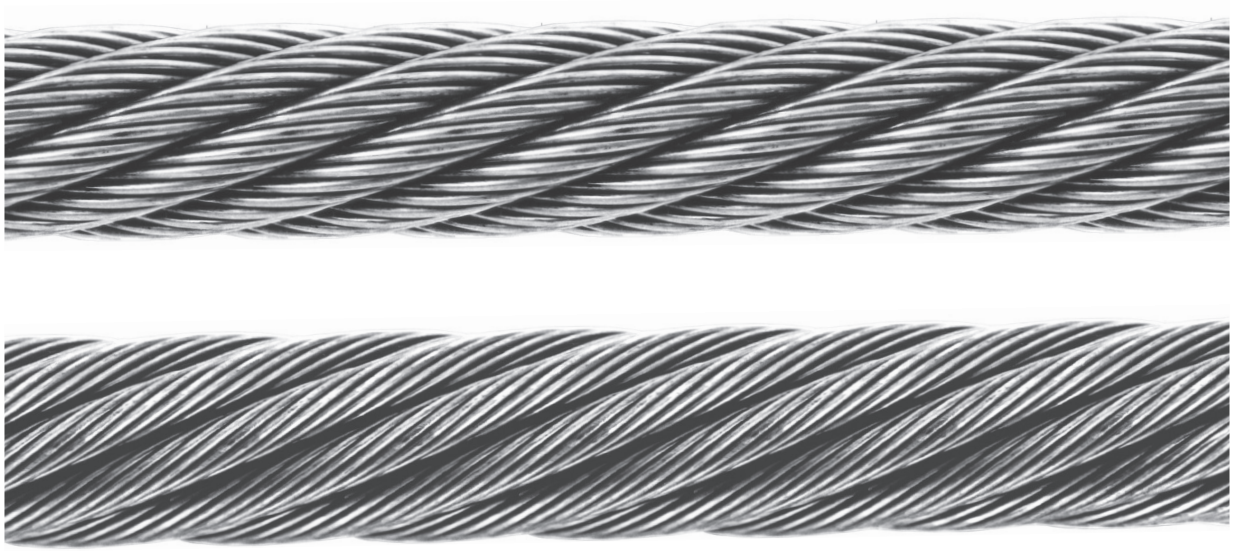


Abb. 10: Linksgängiges Kreuzschlagseil, Kurzzeichen zS (oben) und linksgängiges Gleichschlagseil, Kurzzeichen sS (unten)

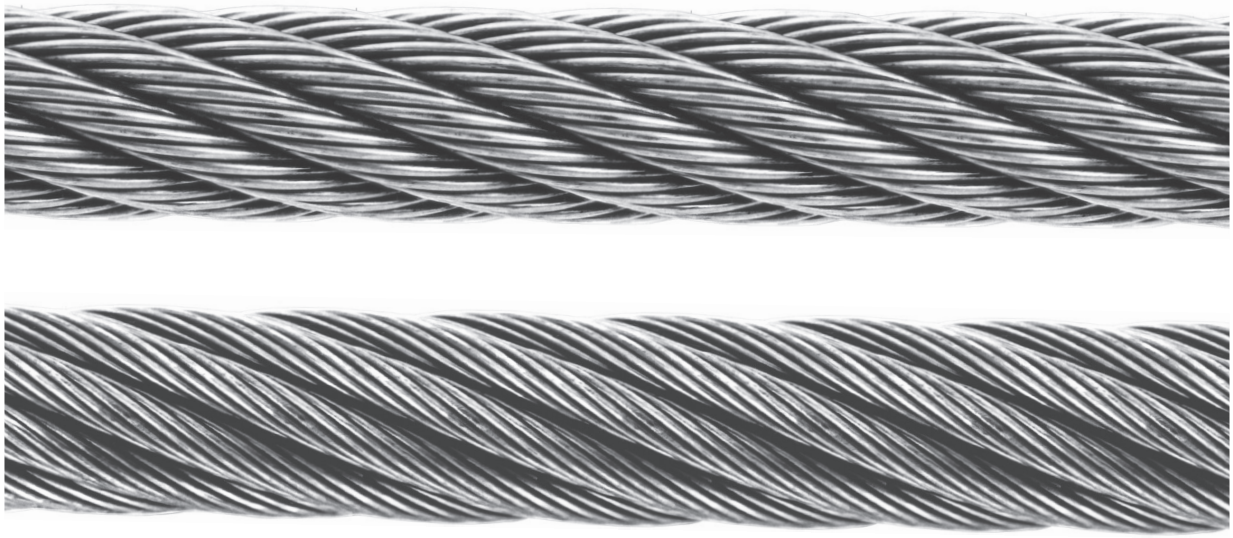


Abb. 11: Rechtsgängiges Kreuzschlagseil, Kurzzeichen sZ (oben) und rechtsgängiges Gleichschlagseil, Kurzzeichen zZ (unten)

3.8. Spannungsarme Drahtseile

Bei der Verlitzung und Verseilung werden die ursprünglich geraden Seildrähte in eine Schraubenlinie oder Doppelschraubenlinie gezwungen. Hierdurch liegen die Seildrähte selbst im unbelasteten Drahtseil bereits unter Spannung. Mit Hilfe eines sogenannten Vorformkopfes können die Drähte und Litzen während der Verlitzung oder Verseilung bereits so stark plastisch verformt werden, daß sie nach der elastischen Rückfederung völlig oder nahezu völlig unbelastet, „tot“ im Drahtseil liegen.

Ein nicht spannungsarmes Drahtseil muß vor dem Durchtrennen links und rechts der Trennstelle sehr fest abgebunden werden, da sonst die frei werdenden Drahtenden aufspringen.

3.9. Drehungsarme und drehungsfreie Drahtseile

Unter Einwirkung einer Zugbeanspruchung drehen sich Drahtseile bei freiem Seilende mehr oder weniger stark um ihre Längsachse. Drahtseile mit einer Seileinlage, die gegenläufig zu den Außenlitzen geschlagen ist und drei- oder vierlitzige Drahtseile in Kreuzschlagausführung weisen deutlich geringe 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 bzw. wenn es bei geführten Seilenden nur ein kleines Drehmoment auf die Endbefestigung ausübt.“

Als drehungsfrei ist ein Drahtseil nach einem Vorschlag von Professor Feyrer, Universität Stuttgart, dann zu bezeichnen, wenn sich das frei drehbare Ende einer Seillänge von 1000 mal Seilnenndurchesser bei Belastung von Null auf eine Zugkraft von 150N/mm^2, multipliziert mit dem Seilnenndurchmesserquadrat, weniger als 360° verdreht. Der Autor würde die zulässige Verdrehung auf wenigstens 180° verringern.

Drehungsfreie Drahtseile haben üblicherweise mindestens 16 Außenlitzen.

4. Litzenarten

Litzen können auf vielfältige Weise aus Seildrähten aufgebaut werden. Wir unterscheiden im wesentlichen Rundlitzen und Litzen mit nicht-rundem Querschnitt. Diese wiederum unterteilen wir in Flachlitzen und Dreikantlitzen (Abb. 12).

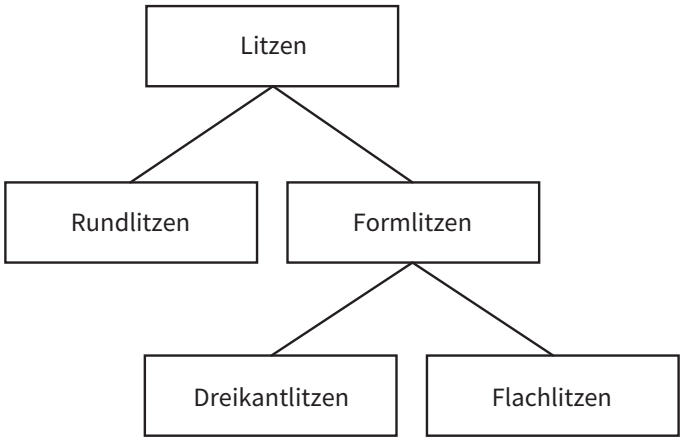


Abb. 12: Einteilung der Litzen nach ihrer Form

4.1. Rundlitzen

Bei den Rundlitzen unterscheiden wir

- Standardlitzen in Kreuzverlitzung, bei der sich die Drähte aufeinanderfolgender Drahtlagen überkreuzen (Abb. 13),
- Parallelschlaglitzen, bei denen die Drähte aufeinanderfolgender Drahtlagen parallel zueinander liegen (Abb. 14), und
- Mischformen, die Verbundlitzen.

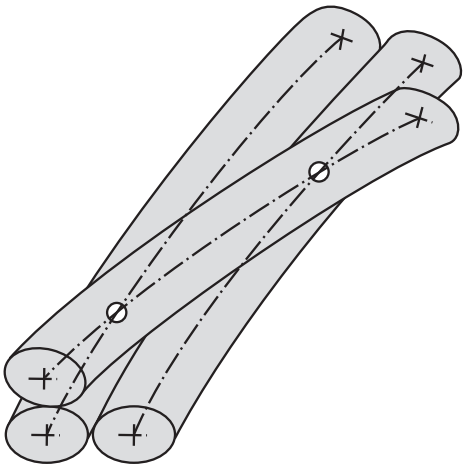


Abb. 13: Standardverlitzung mit Drahtüberkreuzungen

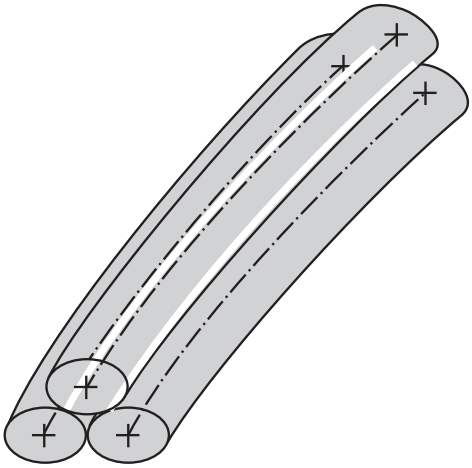


Abb. 14: Parallelverlitzung ohne Drahtüberkreuzungen

Rundlitzen werden in der Regel aus Runddrähten hergestellt, seltener finden Flachdrähte oder andersartig profilierte Drähte Verwendung. Der Grund hierfür liegt in der Technik der Verlitzung: Ein Runddraht wird bei der Herstellung der Litze so um den Kerndraht gelegt, daß die momentan außen liegende Mantellinie des Seildrahtes nach einer halben Umdrehung der Litzenmaschine im Inneren der Litze liegt (Abb. 15). Da hierbei eine oben auf dem Draht verlaufende Mantellinie immer oben bleibt, wird der Draht bei diesem Verlitzvorgang nicht tordiert.
Im Gegensatz zu den Runddrähten haben profilierte Drähte eine „Innenseite“ und eine „Außenseite“. Deshalb muß bei der Verlitzung von profilierten Drähten sichergestellt werden, daß die „Innenseite“ des Drahtes entlang der Litzenlänge auch immer innen bleibt (Abb. 16), was zur Folge hat, daß der Seildraht während der Verlitzung kontinuierlich verdreht werden muß. Hierdurch werden bei der Verlitzung kontinuierlich Torsionsspannungen in den Seildraht eingebracht.

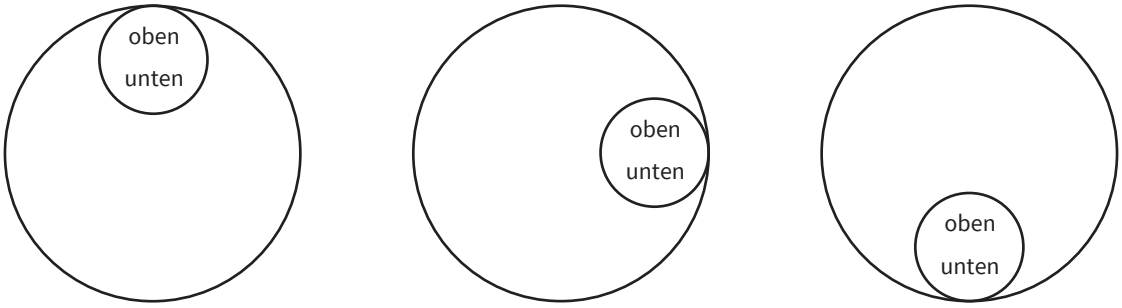


Abb. 15: Torsionsfreie Verlitzung eines Runddrahtes

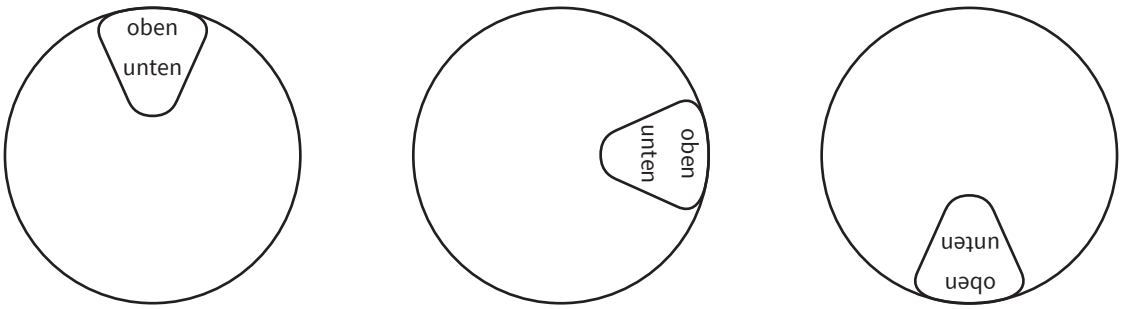


Abb. 16: Tordierung eines Formdrahtes bei der Verlitzung

4.2. Verdichtete Rundlitzen

Verdichtete Rundlitzen werden zunächst konventionell aus torsionsfrei verlitzten Runddrähten hergestellt (Abb. 17). Anschließend werden sie entweder im gleichen oder in einem separaten Arbeitsgang mit Hilfe von beispielsweise Ziehsteinen oder Walzen auf einen kleineren Durchmesser komprimiert, wobei sich die ursprünglich runden Drähte am Verdichtungswerkzeug und an ihren Nachbardrähten verformen (Abb. 18).

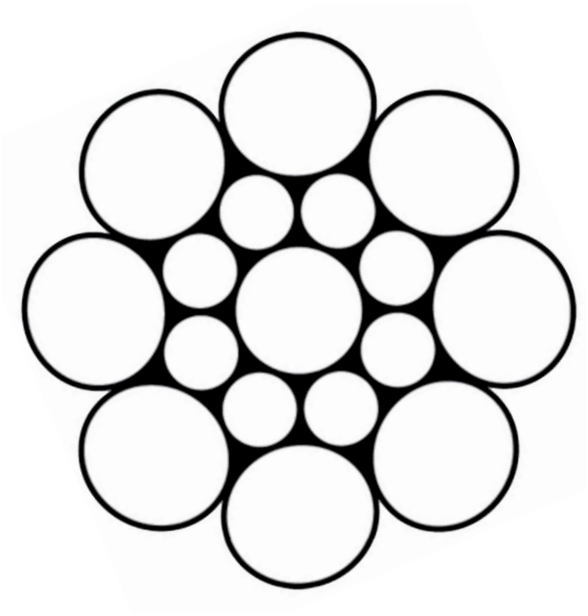


Abb. 17: Litze Seale 17 vor der Verdichtung

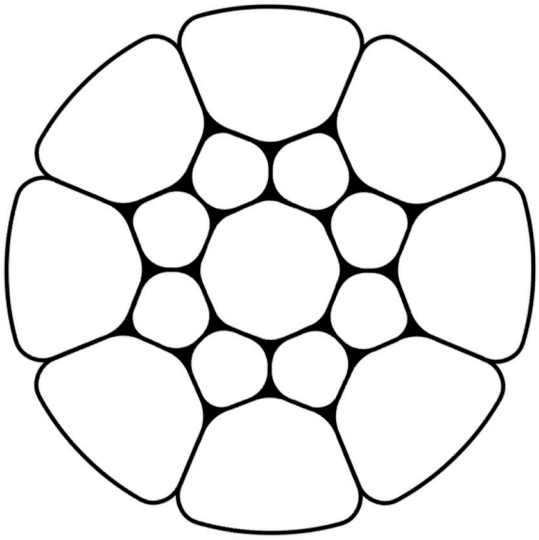


Abb. 18: Litze Seale 17 im verdichteten Zustand

4.3. Standardlitzen

4.3.1. Einlagige Standardlitzen

Die einfachste Litzenform ist die einlagige Standardlitze. Einlagige Standardlitzen gehorchen dem Bildungsgesetz

1 +N (N=natürliche Zahl).

Beispiele:

Standard 6 Drähte: 1+5 Drähte (N=5)
Standard 7 Drähte: 1+6 Drähte (N=6)

Einlagige Standardlitzen besitzen einen gestreckten Kerndraht, um den helixförmig eine Lage von N Drähten geschlagen wurde. Die Außendrähte der Litzen liegen hierbei linienförmig auf dem gestreckten Kerndraht auf.

Abb. 19 zeigt die Querschnitte der einlagigen Standardlitzen der Machart 1+3 bis 1+8, Abb. 20 die dreidimensionale Darstellung der Macharten 1+3 bis 1+7.

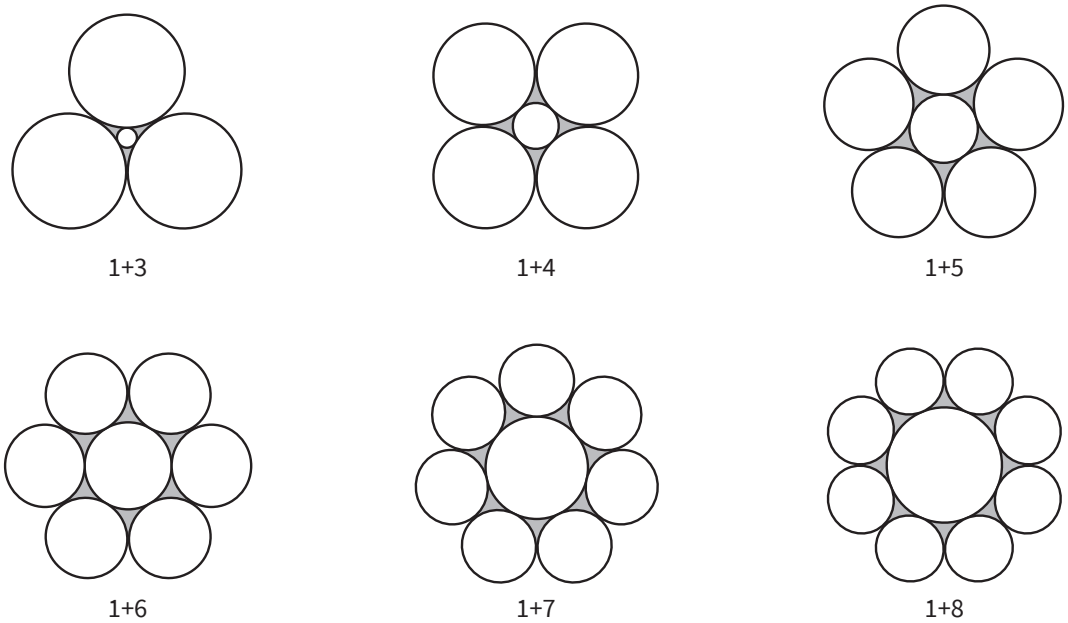


Abb. 19: Querschnitte der einlagigen Standardlitzen der Machart 1+3 bis 1+8

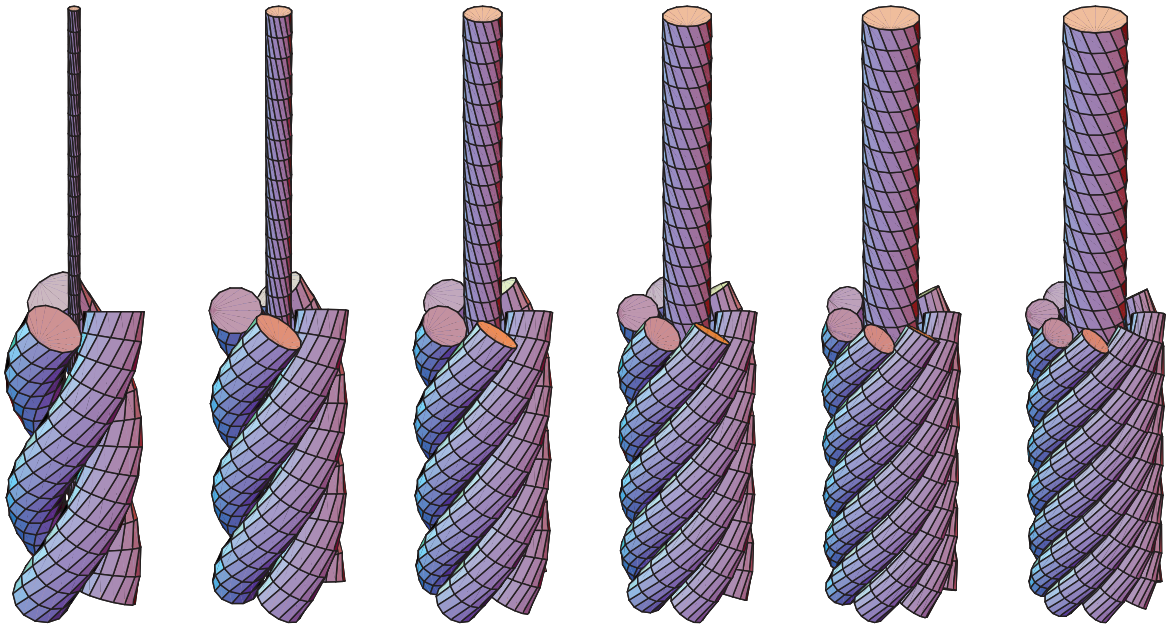


Abb. 20: Dreidimensionale Darstellung der Macharten 1+3 bis 1+7.

Man erkennt sehr deutlich, daß mit zunehmender Zahl von Außendrähten der Durchmesser des Kerndrahtes wächst, der Durchmesser der Außendrähte aber abnimmt.

Die gebräuchlichste Variante ist die Machart 1+6, die in drehungsarmen und drehungsfreien Drahtseilen, in den Stahleinlagen 6- und 8- litziger Drahtseile und als Außenlitze auch in einfachen 6- und 8- litzigen Drahtseilen (z.B. der Machart 7 x 7 Drähte) Verwendung findet.

4.3.2. Zwei und dreilagige Standardlitzen

Zweilagige Standardlitzen gehorchen dem Bildungsgesetz

$$1 + N1 + N2,$$

dreilagige Standardlitzen dem Bildungsgesetz

$$1 + N1 + N2 + N3.$$

Beispiele:

Standard 19 Drähte: 1+6+12 Drähte (N1=6, N2=12),
Standard 37 Drähte: 1+6+12+18 Drähte (N1=6, N2=12, N3=18)

Zweilagige Standardlitzen besitzen einen gestreckten Kerndraht, um den in der ersten Lage N1 Drähte und in einem zweiten Arbeitsgang in der zweiten Lage N2 Drähte helixförmig geschlagen wurden.

Dreilagige Standardlitzen besitzen eine weitere, in einem dritten Arbeitsgang aufgebrachte Lage von N3 Drähten. Die Zahl der Drähte wird üblicherweise von Lage zu Lage um 6 erhöht, da sich dann für jede Lage etwa gleiche Drahtdurchmesser ergeben. Eine Zunahme des Litzendurchmessers um zwei Drahtdurchmesser d ergibt in der Außenlage eine Zunahme des Umfangs von π mal 2d = 6,28d, also mit hinreichender Genauigkeit den benötigten Platz für 6 weitere Drähte des Durchmessers d.

In der Regel sind die Schlaglängen der Lagen so aufeinander abgestimmt, daß sich für alle Lagen gleiche Schlagwinkel und somit gleiche Drahtlängen ergeben. Die Drähte der ersten Lage liegen hierbei linienförmig auf dem gestreckten Kerndraht auf, die Drähte der weiteren Lagen überkreuzen jedoch kontinuierlich die Drähte der weiter innen liegenden Drahtlagen.

Zwei-und dreilagige Standardlitzen entsprechen eigentlich nicht mehr dem heutigen Stand der Technik: Die Drähte der Lagen werden beim Lauf über Rollen an den Überkreuzungsstellen sehr hohen Pressungen ausgesetzt und versagen daher relativ schnell und leider häufig unkontrollierbar im Litzeninneren.

Zwei-und dreilagige Standardlitzen werden daher in der Regel nicht in laufenden Drahtseilen eingesetzt.

Trotzdem gibt es immer noch Bereiche, in denen die moderneren (und sogar preiswerter herzustellenden) Parallelschlaglitzen die zwei-und dreilagigen Standardlitzen nicht verdrängen konnten: Parallelschlaglitzen reagieren erheblich empfindlicher auf gewaltsame Seilverdrehungen als zwei- und dreilagige Standardlitzen.
Dies erklärt sich aus der Tatsache, daß infolge der unterschiedlichen Schlagwinkel der Drähte in den Lagen die durch gewaltsame Verdrehungen erzeugten Längenunterschiede zwischen den Drahtlagen in Parallelschlagitzen erheblich größer ausfallen als in zweilagigen Standardlitzen. Deshalb findet man zweilagige Standardlitzen immer noch in Drahtseilen, die im Betrieb stark verdreht werden, so zum Beispiel auf der Baustelle in Seilstroppen zum Heben von Betonkübeln.

4.4. Parallelschlaglitzen

In Parallelschlaglitzen liegen die Drähte jeder Lage parallel zu den sie berührenden Drähten der benachbarten Lagen und überkreuzen diese nicht. Die vier wichtigsten Formen von Parallelschlaglitzen sind die Macharten Seale, Warrington, Filler und Warrington-Seale, wobei natürlich noch weitere geometrische Varianten möglich sind. Parallelschlaglitzen sind in der Regel zwei-oder dreilagig, wobei alle Lagen gleichzeitig in einem Arbeitsgang auf den Kerndraht aufgebracht werden.

Die oben vorgestellten einlagigen Standardlitzen werden vereinzelt auch zu den Parallelschlaglitzen gezählt, da auch diese Macharten keine Drahtüberkreuzungen aufweisen.

4.4.1. Die Sealelitzen

Litzen der Machart Seale gehorchen dem Bildungsgesetz 1+N+N.

Beispiele:

Seale 17: 1+8+8 Drähte (N=8)
Seale 19: 1+9+9 Drähte (N=9)

Sealelitzen besitzen einen gestreckten Kerndraht, um den in einem Arbeitsgang zwei Lagen von jeweils N Drähten helixförmig mit gleicher Schlaglänge geschlagen wurden. Die Drähte der äußeren, zweiten Lage folgen hierbei den Tälern, welche durch jeweils zwei Drähte der inneren, ersten Lage gebildet wurden. Die Außendrähte von Sealelitzen sind, im Gegensatz zu anderen Parallelschlaglitzen, in der Regel deutlich dicker als die innenliegenden Drähte.

Hierdurch ist die Sealelitze, wie sogar schon ihr Erfinder in seiner Patentschrift erkannte, bei gleicher Drahtzahl erheblich abriebfester als andere Litzenarten. Die bei weitem verbreitetste Sealelitze ist die Machart Seale 19.

Abb. 21 zeigt die Querschnitte der Litzen Seale 15 bis Seale 33, Abb. 22 zeigt diese Litzen in dreidimensionaler Darstellung.

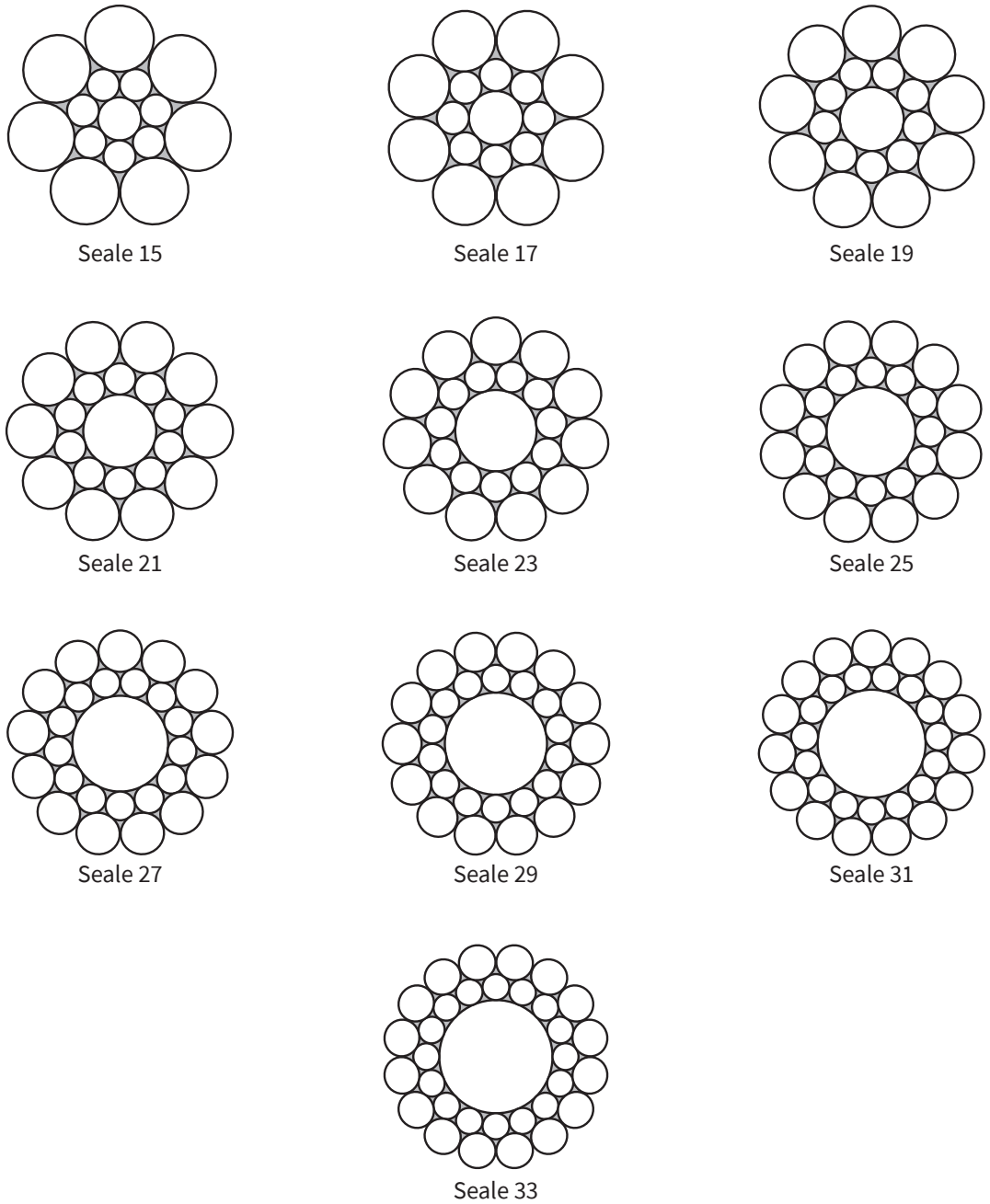


Abb. 21: Querschnitte der Litzen Seale 15 bis Seale 33

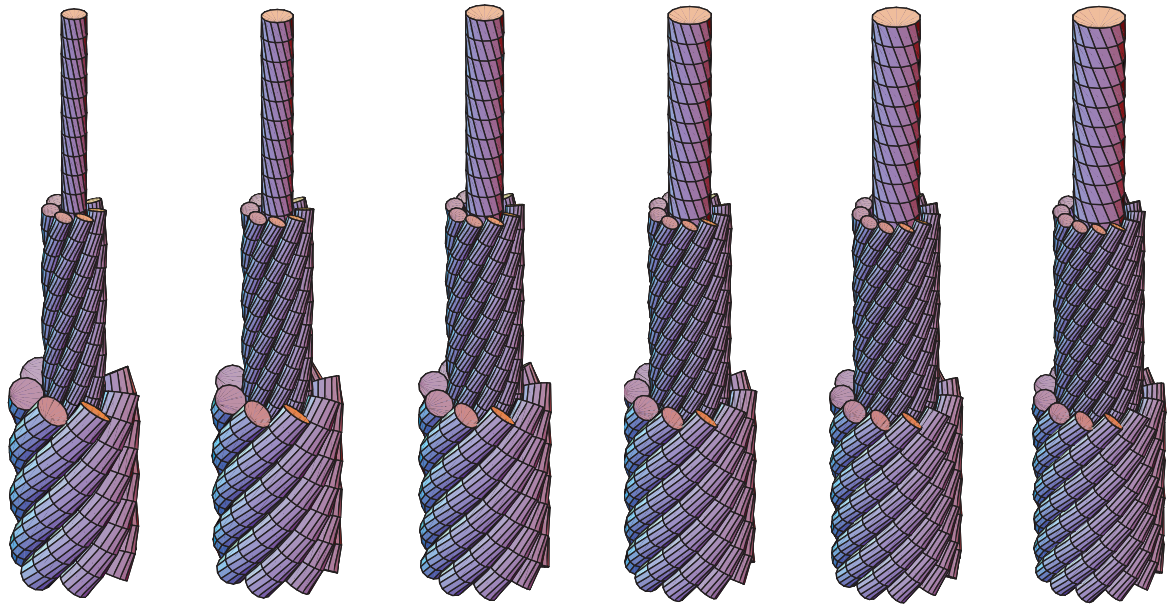


Abb. 22: Dreidimensional Darstellung der Litzen Seale 15 bis Seale 25

4.4.2. Die Fillerlitzen

Fillerlitzen gehorchen dem Bildungsgesetz 1+(N+N)+2N.

Beispiele:

Filler 21: 1+(5+5)+10 Drähte (N=5)
Filler 25: 1+(6+6)+12 Drähte (N=6)

Fillerlitzen besitzen einen gestreckten Kerndraht, um den eine erste Lage von N Drähten geschlagen wurde. In den Tälern zwischen den Drähten der ersten Lage liegen N erheblich dünnere Drähte, die Fülldrähte oder Fillerdrähte. Obwohl sie einen größeren Mittenkreisdurchmesser aufweisen als die Drähte der ersten Lage, werden die Fülldrähte ebenfalls der ersten Lage zugeordnet. Den aus N Drähten der ersten Lage und N Fülldrähten gebildeten 2N Tälern folgen in der zweiten Lage 2N Außendrähte.

Abb. 23 zeigt die Querschnitte der Litzen Filler 17 bis Filler 29, Abb. 24 zeigt diese Litzen in dreidimensionaler Darstellung. Viele Normen, so auch die DIN 15 020, definieren die zulässige Zahl von Drahtbrüchen auf einer definierten Seillänge in Abhängigkeit von der Zahl der tragenden Drähte in den Außenlitzen.
Hierbei ist zu beachten, daß in diesem Zusammenhang die Fülldrähte der Fillerlitzen als nicht tragend angesehen werden, also nicht mitgezählt werden dürfen. In vielen Ländern, beispielsweise auch den USA, wird dieser Umstand auch in der Nomenklatur der Litzen berücksichtigt. Unsere Litze Filler 25 heißt beispielsweise in den USA Filler 19.

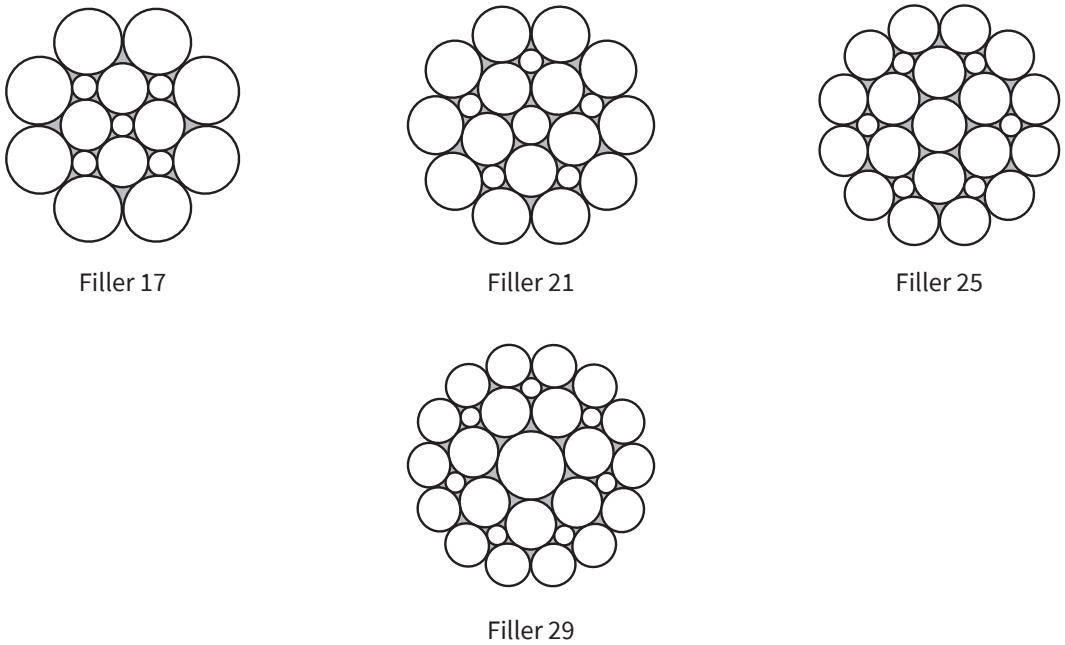


Abb. 23: Querschnitte der Litzen Filler 17 bis Filler 29

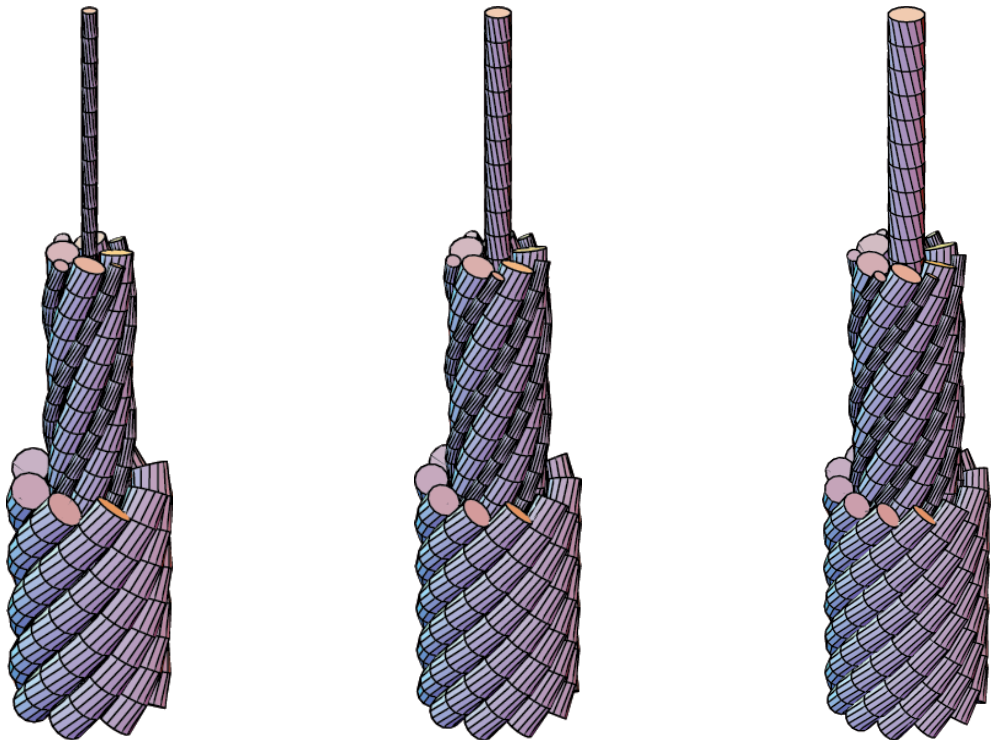


Abb. 24: Dreidimensional Darstellung der Litzen Filler 17 bis Filler 25

4.4.3. Die Warringtonlitzen

Litzen der Machart Warrington gehorchen dem Bildungsgesetz I+N+(N+N).

Beispiele:

Warrington 19: 1+6+(6+6) Drähte (N=6)
Warrington 22: 1+7+(7+7) Drähte (N=7)

Warringtonlitzen besitzen einen gestreckten Kerndraht, um den eine erste Lage von N Drähten geschlagen wurde. In den Tälern zwischen den Drähten der ersten Lage liegen N dicke Außendrähte, auf den Kuppen der ersten Lage liegen jeweils N weitere, deutlich dünnere Außendrähte, die mit den dicken Außendrähten den gleichen umschreibenden Kreis besitzen.
Obwohl sie einen geringfügig größeren Mittenkreisdurchmesser aufweisen als die dicken Drähte, gehören die dünnen Drähte eindeutig ebenfalls der zweiten, äußeren Lage an.

Oft ist es schwierig, die Machart einer Litze festzustellen, wenn man nur die Litzenoberfläche, nicht aber den Querschnitt sehen kann. Warringtonlitzen lassen sich allerdings wegen der abwechselnd dickeren und dünneren Außendrähte sehr einfach von den anderen Macharten unterscheiden.

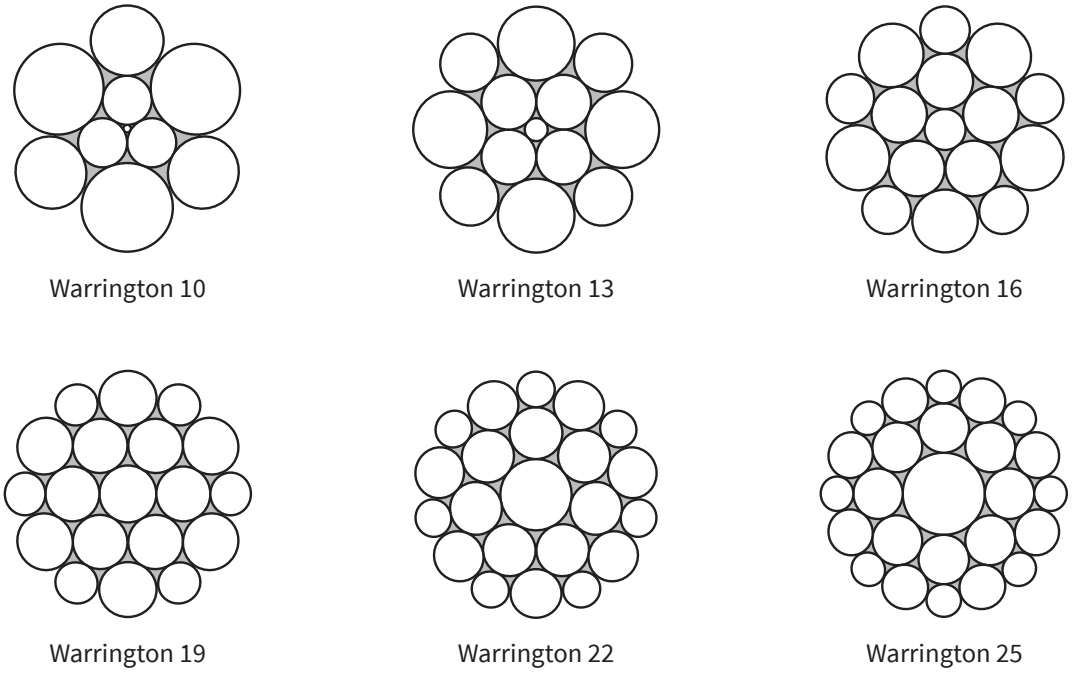


Abb. 25: Querschnitte der Litzen Warrington 10 bis Warrington 25

Abb. 25 zeigt die Querschnitte der Litzen Warrington 10 bis Warrington 25, Abb. 26zeigt diese Litzen in dreidimensionaler Darstellung.

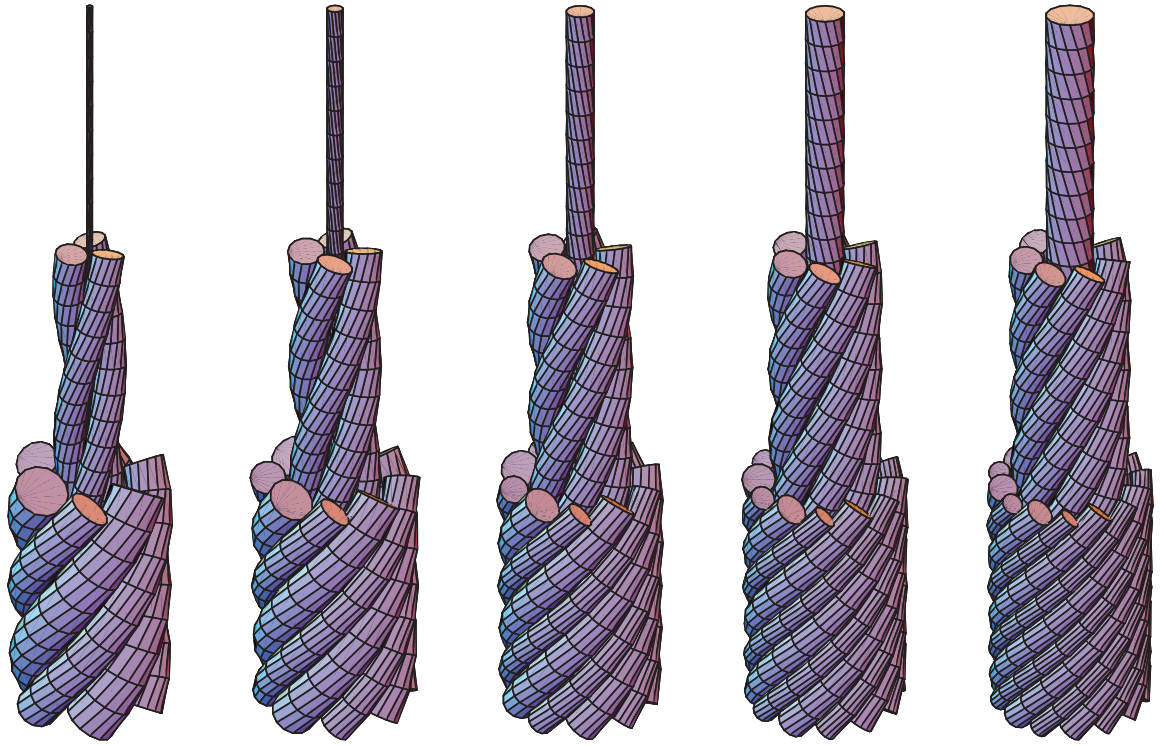


Abb. 26: Dreidimensionale Darstellung der Litzen Warrington 10 bis Warrington 22

Warringtonlitzen weisen bei gleicher Drahtzahl erheblich geringere Dickenunterschiede zwischen den verschiedenen Drähten auf als andere Litzenmacharten. Dies bedeutet unter anderem, daß eine Litze der Machart Warrington bei gleicher Drahtzahl eine geringere spezifische Oberfläche besitzt als andere Parallelschlaglitzen, was zum Beispiel bei Korrosionseinwirkung von Vorteil ist.

Die Unterschiede in den Mittenkreisen der dickeren und dünneren Drähte der Außenlage der Warringtonmacharten haben aber einen deutlichen Nachteil: bei gewaltsamer Verdrehung verhalten sich die dickeren Drähte der Litzen anders als die dünneren. Dieser Umstand führt zu Längendifferenzen zwischen den Drähten, was im Betrieb häufig zum vorzeitigen Versagen der jeweils höher beanspruchten Drähte führt.

4.4.4. Die Warrington-Sealelitzen

Litzen der Machart Warrington-Seale gehorchen dem Bildungsgesetz 1+N+(N+N)+2N.

Beispiele:

Warrington-Seale 26: 1+5+(5+5)+10 Drähte (N=5)
Warrington-Seale 36: 1+7+(7+7)+14 Drähte (N=7)

Warrington-Sealelitzen besitzen einen gestreckten Kerndraht, um den eine erste Lage von N Drähten geschlagen wurde. In den Tälern zwischen den Drähten der ersten Lage liegen N dickere Drähte, auf den Kuppen der Drähte der ersten Lage liegen jeweils N weitere, dünnere Drähte. Den aus N dickeren und N dünneren Drähten der zweiten Lage gebildeten 2N Tälern folgen in der dritten Lage die 2N Außendrähte.

Warrington-Sealelitzen sind praktisch, wie der Name bereits andeutet, Litzen mit einem Kern in Warringtonmachart mit einer im gleichen Arbeitsgang aufgebrachten Sealelage. Wie die Warringtonlitzen haben sie einen relativ homogenen Aufbau, d.h. sie weisen geringere Dickenunterschiede zwischen den verschiedenen Drähten auf als verschiedene andere Litzenmacharten.
Auch besitzen die dickeren und dünneren Drähte der zweite Lage wie in der Warringtonlitze unterschiedliche Mittenkreise, aber diese befinden sich nun im Litzeninneren und sind daher weniger kritisch.

Wie die Sealelitze besitzen die Warrington-Sealelitzen eine Lage relativ dicker und somit robuster und abriebfester Außendrähte. Warrington-Sealelitzen sind als vieldrähtige, dreilagige Litzen besonders flexibel und ermüdungsfest.

Abb. 27 zeigt die Querschnitte der Litzen Warrington-Seale 16 bis Warrington-Seale 41, Abb. 28 zeigt diese Litzen in dreidimensionaler Darstellung.

4.5. Verbundlitzen

Verbundlitzen, auch gedeckte Macharten genannt, sind Parallelschlaglitzen, die mit mindestens einer weiteren Drahtlage in Kreuzverlitzung verlitzt wurden.

Wegen der wie bei den zwei- und dreilagigen Standardlitzen auftretenden Drahtüberkreuzungen zwischen der Kernlitze und der folgenden Drahtlage besitzen Verbundlitzen nur eine vergleichsweise geringe Lebensdauer. Sie werden daher nur dort eingesetzt, wo der Hersteller wegen unzureichender Maschinenkapazität den geforderten Litzendurchmesser nicht in einem Arbeitsgang in Parallelschlag herstellen kann oder dort, wo die Eigenschaft gleicher Drahtlängen zweier aufeinanderfolgender Drahtlagen gefordert wird.

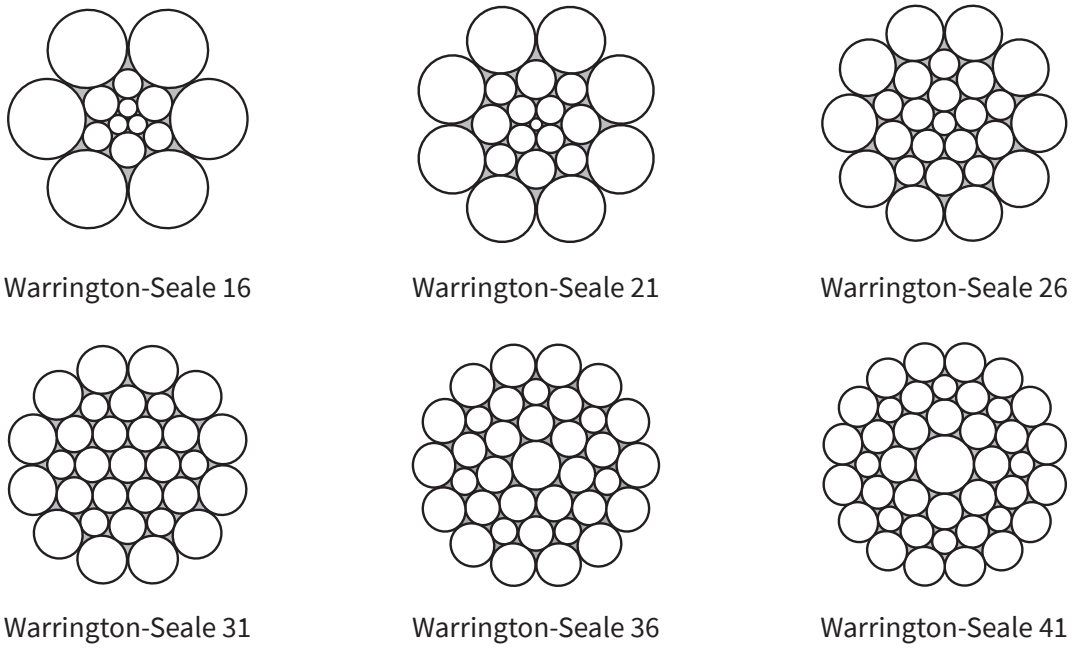


Abb. 27: Querschnitte der Litzen Warrington-Seale 16 bis Warrington-Seale 41

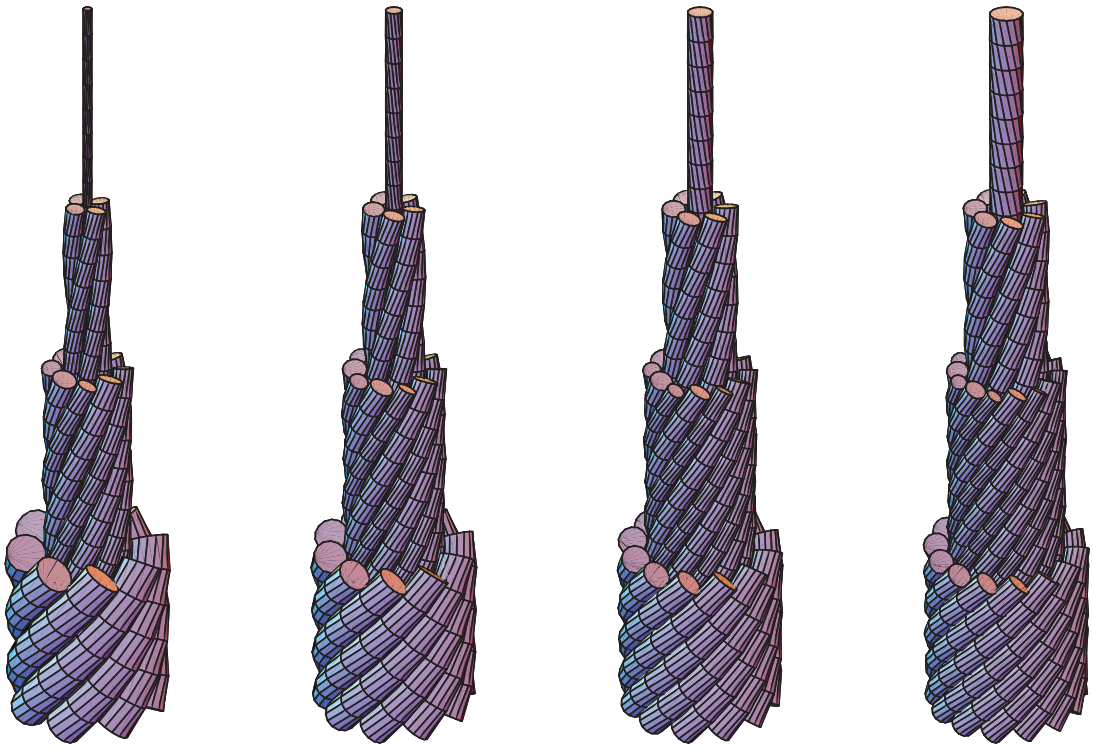


Abb. 28: Dreidimensionale Darstellung der Litzen Warrington-Seale 16 bis Warrington-Seale 36

4.6. Formlitzen

Die Litzen nichtrunden Querschnitts werden im wesentlichen unterteilt in Dreikantlitzen und Flachlitzen.

4.6.1. Dreikantlitzen

Dreikantlitzen besitzen einen dreieckigen Kern, der aus einer Fasereinlage, einem dreieckigen Kerndraht oder z.B. aus drei Einzeldrähten gebildet wurde. Um diesen sind in der Regel mehrere Lagen runder Drähte zu einem dreieckigen Querschnitt angeordnet. Abb. 29 zeigt eine mögliche Ausführungsform.

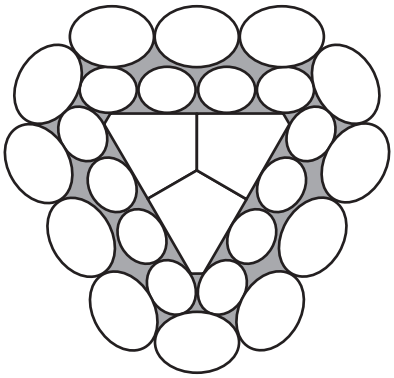


Abb. 29: Dreikantlitze

4.6.2. Flachlitzen

Flachlitzen besitzen einen flachen Kern, in der Regel eine Fasereinlage oder einen Flachdraht. Um diesen sind in der Regel mehrere Lagen runder Drähte zu einem flachen Querschnitt angeordnet. Abb. 30 zeigt eine mögliche Ausführungsform.

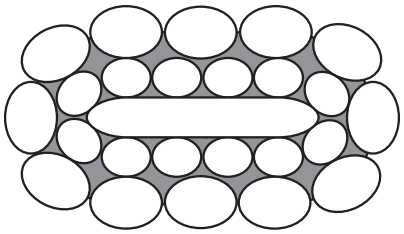


Abb. 30: Flachlitze

5. Seilarten

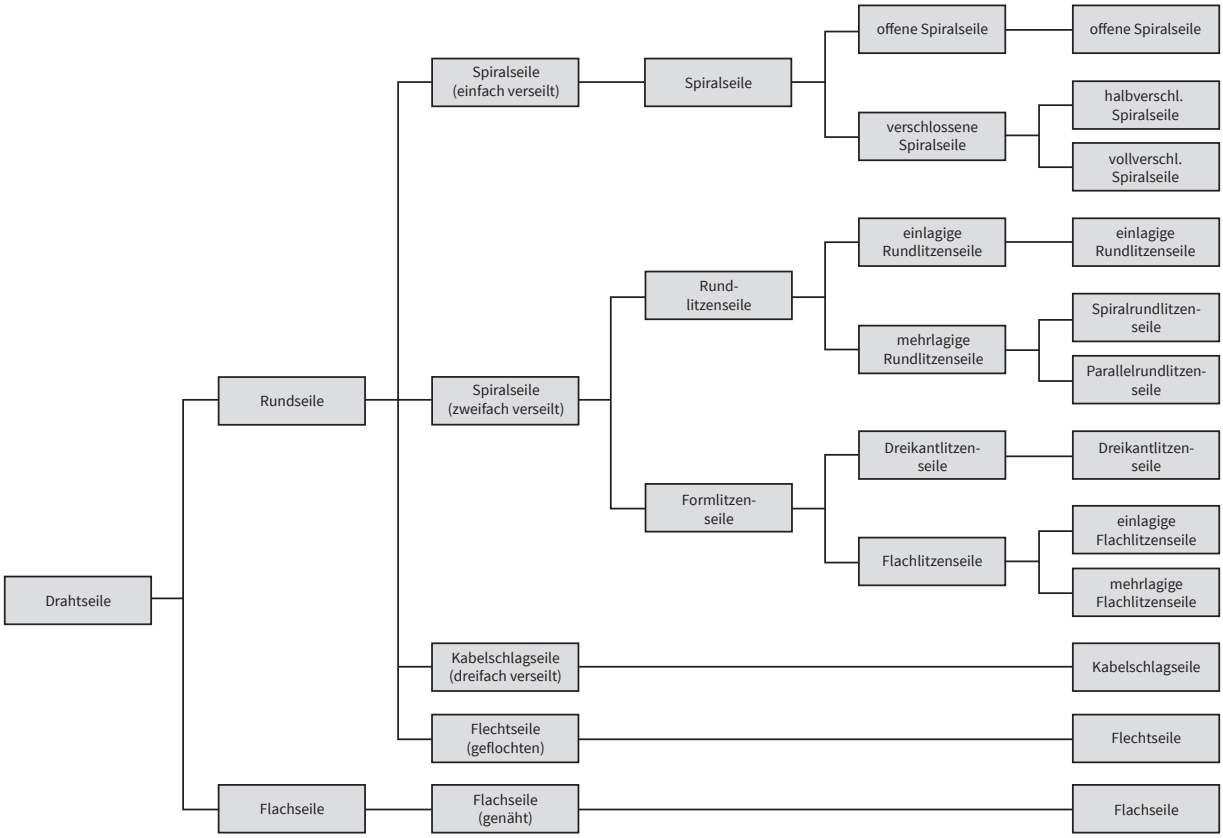


Abb. 31: Systematik der Seilarten

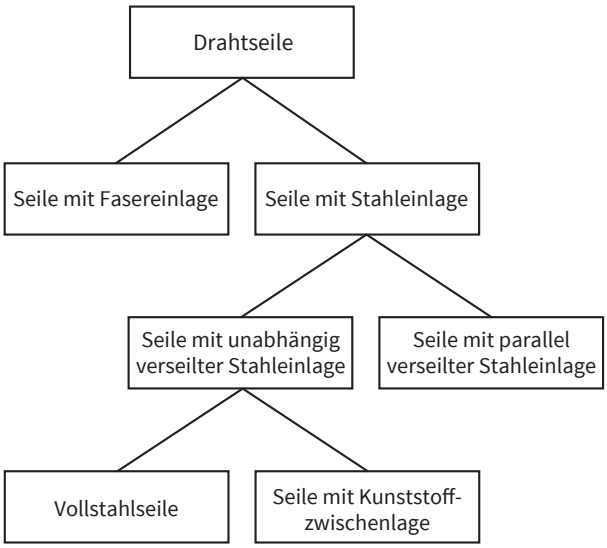
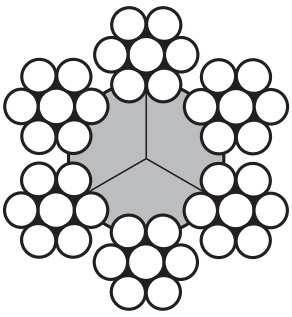
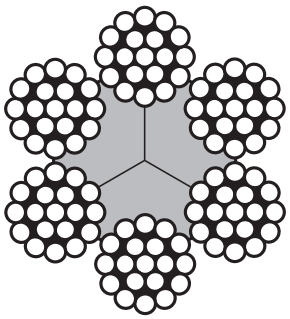


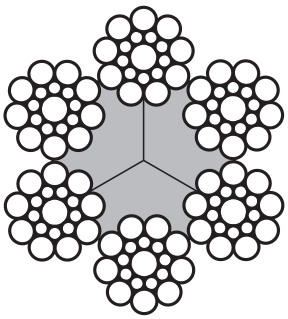
Abb. 32: Drahtseile nach Einlage



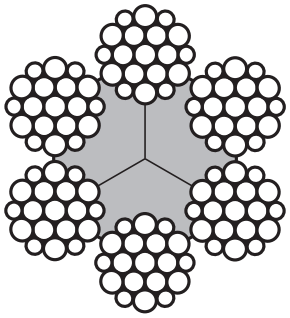
6 x 7 - FC



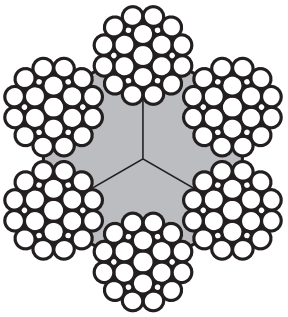
6 x 19M - FC



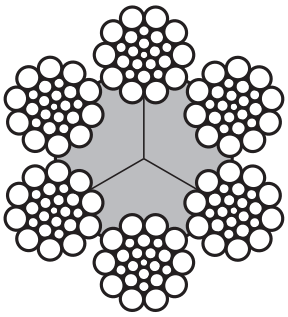
6 x 19S - FC



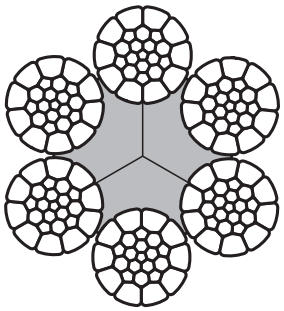
6 x 19W - FC



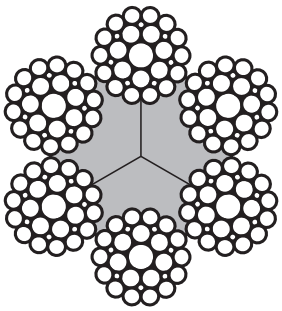
6 x 25F - FC



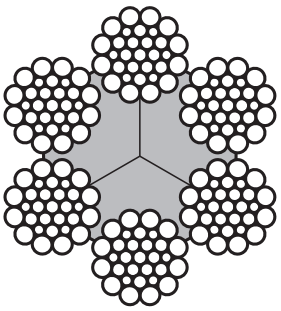
6 x 26WS - FC



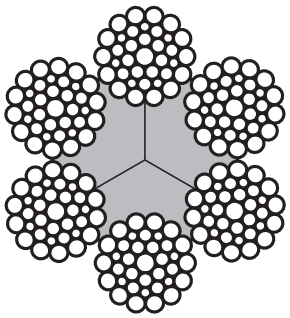
6 x K26WS - FC



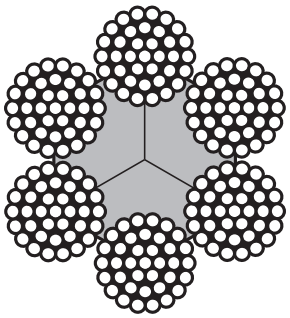
6 x 29F - FC



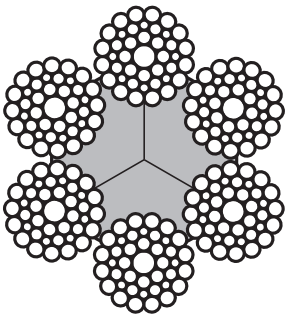
6 x 31WS - FC



6 x 36WS - FC

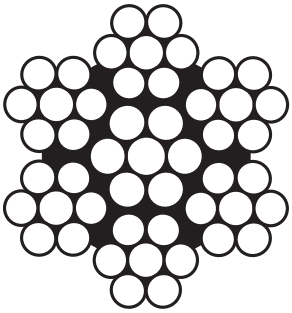


6 x 37M - FC

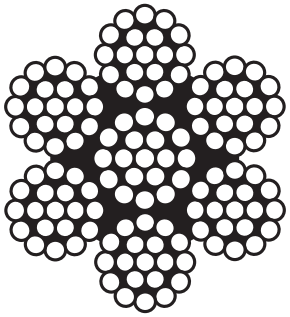


6 x 41WS - FC

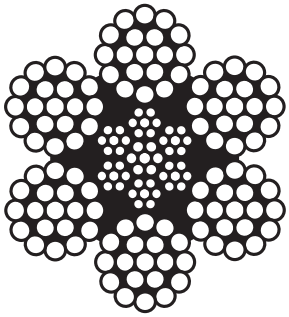
Abb. 33: 6-litzige Seile mit Fasereinlage



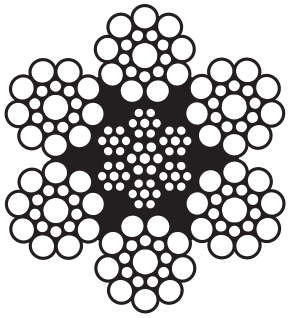
6 x 7 - WSC = 7 x 7



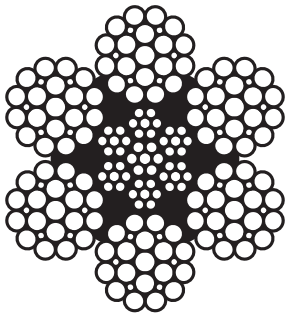
6 x 19M - WSC = 7 x 19M



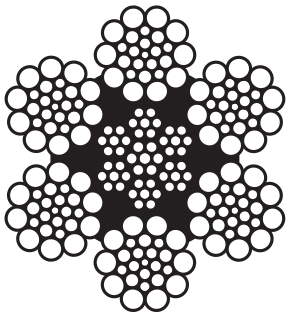
6 x 19M - IWRC



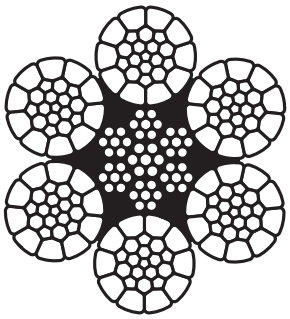
6 x 19S - IWRC



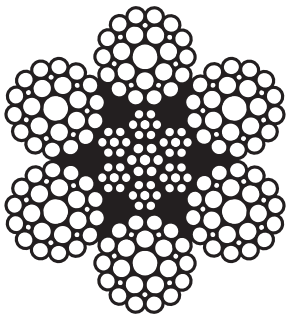
6 x 25F - IWRC



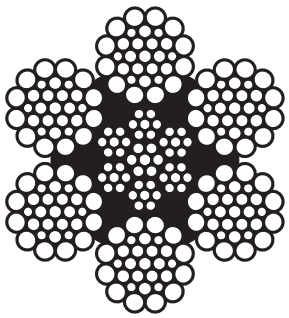
6 x 26WS - IWRC



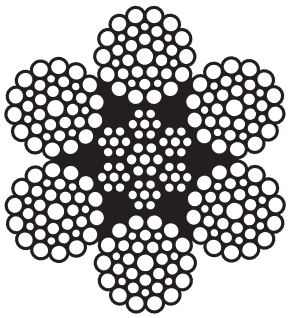
6 x K26WS - IWRC



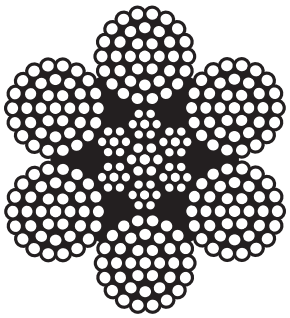
6 x 29F - IWRC



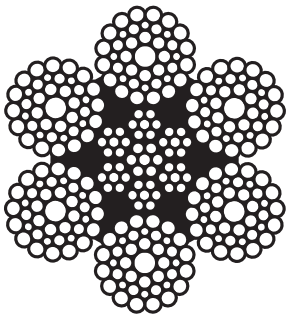
6 x 31WS - IWRC



6 x 36WS - IWRC



6 x 37M - IWRC



6 x 41WS - IWRC

Abb. 34: 6-litzige Seile mit Stahleinlage

Ingenieurbüro für Fördertechnik
Dipl.-Ing. Roland Verreet

Grünenthaler Str. 40a • 52072 Aachen
Tel.: 0241- 173147 • Fax: 0241- 12982
Mail: R.Verreet@t-online.de
www.seile.com