

# STAHLDRAHTSEILE FÜR TREIBSCHEIBENAUFZÜGE

BARTHEL, THOMAS; SCHEUNEMANN, WOLFGANG; VOGEL, WOLFRAM

**Stahldrahtseile gehören zu den ältesten und weit verbreiteten Maschinenelementen, die als stehende Seile, Anschlag- und Tragseile und laufende Seile eingesetzt werden. Laufende Seile z. B. in Aufzügen, Kranen, Schachtförderanlagen und Hebezeugen werden im Betrieb unter einer Zugkraft über Scheiben gebogen und auf Trommeln aufgespult. Die Stahldrahtseile sind dabei einem komplexen Beanspruchungskollektiv aus Biegung, Zug und Pressung ausgesetzt und verschleifen.**

In der in höchstem Maße sicherheitsrelevanten Anwendung Treibscheibenaufzug kommt dem Stahldrahtseil eine besondere Bedeutung zu, da die sicherheitstechnisch relevanten Anforderungen nach

- ausreichender Lebensdauer,
- rechtzeitiger Erkennung der Ablegereife bevor ein gefährlicher Zustand eintritt und
- nach ausreichender aber auch begrenzter Treibfähigkeit

erfüllt sein müssen. Gleichzeitig beeinflusst das Tragmittel Stahldrahtseil das Gesamtsystem Aufzug über alle Phasen der Nutzungsdauer hinweg. Hierzu zählen z. B. auch die Nutzungseigenschaften der Aufzugsanlage, die bezogen auf das Tragmittel von der Seilkonstruktion aber auch der Montage und der Pflege im Betrieb abhängen.

An diesen exemplarischen Ausführungen zeigt sich bereits, dass beim Einsatz von Stahldrahtseilen ein dichtes Netz von Abhängigkeiten und wechselseitigen Beeinflussungen anzutreffen ist. Es ist deshalb auch nicht weiter verwunderlich, dass der Seilhersteller in der technischen Beratung von Aufzugsfirmen, Aufzugsplanern und -betreibern mit umfangreichen und vielfältigen Fragestellungen konfrontiert wird, die das Maschinenelement Seil aber zunehmend auch das System Aufzug betreffen. Diese Fragestellungen, die in der langjährigen technischen Beratungs- und Vertriebstätigkeit von Pfeifer Drako Drahtseilwerk GmbH & Co. KG, Mülheim an der Ruhr, aufgetaucht sind, wurden zusammengetragen und systematisch in Themengebiete geordnet.

In der sechsteiligen Aufsatzreihe „Stahldrahtseile für Treibscheibenaufzüge“ werden diese Themenfelder in der Form von häufig gestellten Fragen und deren Antworten behandelt. Im ersten Teil der Aufsatzreihe liegt der Schwerpunkt auf Fra-

gen zu den Grundbausteinen der Seile wie Draht, Litze, Seileinlage und Schmierung, dem Aufbau und der Konstruktion der Stahldrahtseile und den gültigen technischen Regelwerken. In den folgenden Teilen werden Fragen zu

- den Seilendverbindungen,
- der Montage und Handling,
- den mechanischen Eigenschaften wie Seildehnungsmodul, Schwingungseigenschaften etc.,
- dem Vorrecken und Kürzen der Seile,
- der Nachschmierung,
- der Ablegereifeerkennung und deren Kriterien,
- der Treibfähigkeit und den Seilrillen und
- aufzugstypischen Seilschäden behandelt.

Abschließend stehen Ausführungen zu der richtigen Auswahl der Stahldrahtseile für Treibscheibenaufzüge an.

## Warum werden Drahtseile in Aufzügen eingesetzt?

Das Stahldrahtseil hat wegen seiner Konstruktion und dem Aufbau aus vielen

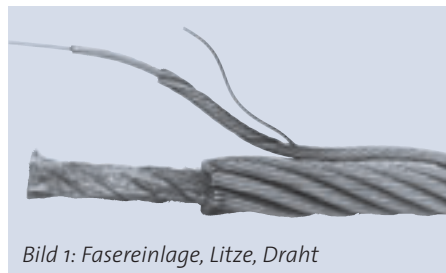


Bild 1: Fasereinlage, Litze, Draht

Stahldrähten Vorteile, die es für den Einsatz im Aufzug qualifizieren. Die Vorteile des Stahldrahtseiles sind

- a) seine Redundanz und
- b) die Möglichkeit, sein Lebensdauerende oder besser den rechtzeitigen Zeitpunkt für den Seiltausch bevor ein gefährlicher Zustand entsteht, durch äußerlich sichtbare Kriterien wie z.B. Drahtbrüche erkennen zu können.

## Wie werden Drahtseile beim Lauf über die Treibscheibe beansprucht?

Beim Lauf über die Treibscheibe und die Umlenkscheiben sind die Drähte in den Seilen einer sehr komplexen Beanspruchung aus Zug, Biegung, Torsion und Pressung ausgesetzt, die zur Ermüdung des Materials beitragen. Bei der Biegung verschieben sich die Drähte zueinander. Durch die Reibung zwischen den Drähten kommt es zusätzlich zu einem abrasiven Verschleiß. Hinzu kommen kann noch der Einfluss von korrosiven Medien. Mit zunehmendem Gebrauch steigt die Ausprägung der Verschleißkriterien an, d. h. z. B. die Anzahl der Drahtbrüche auf Bezugs-längen nimmt zu. Durch eine regelmäßige Inspektion kann der Zeitpunkt für den rechtzeitigen Seiltausch ermittelt oder aber die Restnutzungsdauer abgeschätzt werden.

## Was ist Redundanz?

Redundanz steht eigentlich für Überfluss, wobei dies im Falle von sicherheitstechnischen Anwendungen extrem wichtig ist. Unterschieden wird nach einer aktiven Redundanz, wie dem Zusammenspiel der

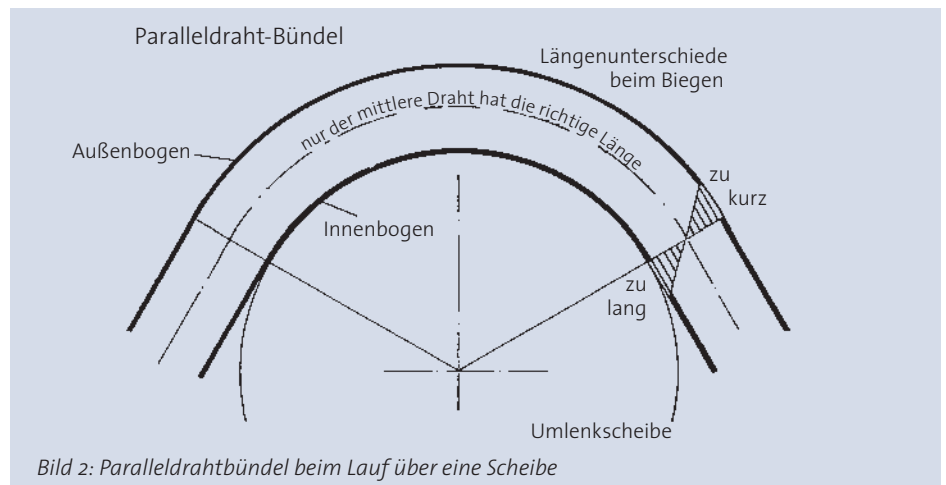


Bild 2: Paralleldrahtbündel beim Lauf über eine Scheibe

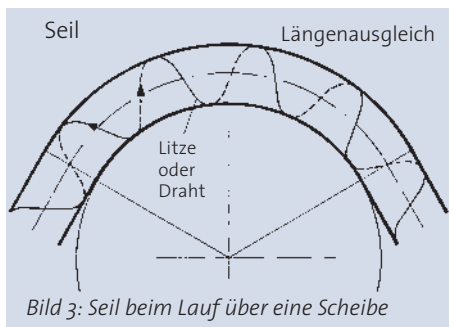


Bild 3: Seil beim Lauf über eine Scheibe

vielen gemeinsam zum Seil verseilten Drähte und der Mehrfachanordnung der Tragseile in der Aufzugsanlage. Fällt ein Bauteil aus, übernehmen die verbliebenen Bauteile entsprechend ihrer Auslegung dessen Aufgaben. Eine passive Redundanz ist z. B. die Sicherheitseinrichtung Fangvorrichtung, die erst dann zum Einsatz kommt, wenn eine unkontrollierte Fahrbewegung auftritt.

## Aufbau und Bauteile der Stahlseile

*Warum haben die Drähte in den Litzen und die Litzen im Seile eine wendelförmige Struktur?*

Durch die wendelförmige Struktur (Bild 1) wird dem Umstand Rechnung getragen, dass ein Aufzugsseil über Scheiben gebogen wird. Der Effekt wird deutlich, wenn man gedanklich zuerst ein Paralleldrahtbündel über eine Scheibe biegt (Bild 2). Die innen auf der Scheibe liegenden Drähte sind zu lang und die Außendrähte sind zu kurz.



Bild 4: Materialgefüge im Querschliff

Der Ausfall ist frühzeitig zu erwarten. Bei einem Drahtseil (Bild 3) liegen beim Lauf über die Seilscheibe die Stellen mit Längenüberschuss und mit Längenmangel nebeneinander, d. h. die Litze braucht sich zum Längenausgleich nur etwas zu verschieben. Für die einzelnen Drähte in den



Bild 5: Materialgefüge im Längsschliff

Litzen gilt das Gleiche. Beim Lauf über die Seilscheibe sind alle Bauteile Litze gegen Litze und Draht gegen Draht in ständiger Bewegung.

## Warum ist der Stahldraht etwas Besonderes?

Das Ausgangsmaterial für Stahldrähte ist unlegierter Kohlenstoffstahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,4 besser 0,6 bis 0,8 Masse-%. Andere Stoffe wie Silizium und Mangan sind nur in kleinsten Mengen beinhaltet wie in EN10016 [1] geregelt.

Stahldrähte für Aufzüge weisen Nennzugfestigkeiten von 1370, 1570 und 1770 N/mm<sup>2</sup> auf. Mit besonderen Zulassungen sind auch höhere Festigkeiten möglich, die bis 2500 N/mm<sup>2</sup> gehen können. Diese extrem hohen Festigkeiten erreicht ein Stahldraht durch den Herstellprozess, der eine Kombination aus Umformung und Wärmebehandlung ist. Dabei wird Walzdraht von 5 bis 10 mm Durchmesser bei wiederholtem Ziehen durch „Düsen“ (Ziehsteine) im kalten Zustand allmählich im Durchmesser verringert. Währenddessen nimmt seine Zugfestigkeit auf das 3- bis 6fache zu. Zwischen den Ziehvorgängen wird eine gesteuerte Wärmebehandlung, das so genannte Patentieren, durchgeführt. Die relativ hohe Zugfestigkeit der Stahldrähte – gekennzeichnet durch eine extreme Zeiligkeit des Gefüges – wird also nicht z. B. durch hohe Legierungsbestandteile bewirkt, sondern ist eine Folge der im kalten Zustand erfolgten Materialverformung (Bild 4 und Bild 5).

### Temperatureinfluss

Hitze schädigt den Draht. Man spricht davon, dass das hochfeste zeilige Zwangsgefüge wieder in seine ursprüngliche Festigkeit von etwa 400 N/mm<sup>2</sup> zurückgesetzt wird. Die Dauer der Hitzeentwicklung durch Feuer, Reibungswärme, Wärmestrahlung, Lichtbogen, Schweißhitze etc. hat ebenfalls einen Einfluss auf die verbleibenden Gebrauchseigenschaften des Drahtes. Bei einer Temperatur von 480 °C erfolgt eine vollständige Gefügeumwandlung nach 15 – 30 Minuten. Bei höheren Temperaturen reichen schon Sekunden um dünne Drähte, wie sie z. B. in Aufzugsseilen eingebaut sind, nachhaltig zu schädigen.

### Sondermaterial

Verschiedentlich wird über den Einsatz von alternativen Drahtmaterialien aus nicht rostenden Stählen nachgedacht. Seile aus diesen Materialien sind jedoch für den Einsatz in Treibscheibenaufzügen wenig empfehlenswert, da sie schlechtere Dauerbiegeeigenschaften als Seile aus Kohlenstoffstahldrähten haben. Zudem ist ihr Preis außerordentlich hoch. Zusätz-

lich ist noch eine Warnung angebracht: Den von Händlern aus ihrem Vorrat lieferbaren Seilen fehlt i. a. die gute Geometrie und die sorgfältig dosierte Schmierung, die für Aufzugsseile unbedingt nötig ist.

## Was hat es mit der Drahtnennzugfestigkeit auf sich?

Die Drahtnennzugfestigkeit kann in weiten Grenzen eingestellt werden. Was schließlich eingesetzt wird, hängt von verschiedenen Faktoren ab, die auch aus Traditionen heraus geprägt sind. Hierzu zählen niedrige Scheibenhärten und auch lokale Vorschriften und Gepflogenheiten (Bild 7). Bei einer niedrigen Scheibenhärte muss berücksichtigt werden, dass die Drahtstärke von der Draht-Zugfestigkeit abhängt. Es hat sich gezeigt, dass man bei weichem Scheibenmaterial mit Seilen aus „nichtharten“ Drähten Seilabdrücke in den Rillen vermeiden kann. Nur reicht als Erklärung nicht aus, dass z. B. Drähte von 1370 N/mm<sup>2</sup> Nennfestigkeit eben weniger hart sind als solche mit 1570 N/mm<sup>2</sup>. Die Drahtstärke vermindert sich dabei lediglich von 470 HV (445 HB) auf 410 HV (390 HB). Auch der „weichste“ Draht in einem Seil der Festigkeitsklasse 1370/1770, also mit Außendrähnen von 1370 N/mm<sup>2</sup> Nennzugfestigkeit, ist immer noch fast doppelt so „hart“ wie eine gute Treibscheibe mit einer Härte von 210 bis 230 HB.

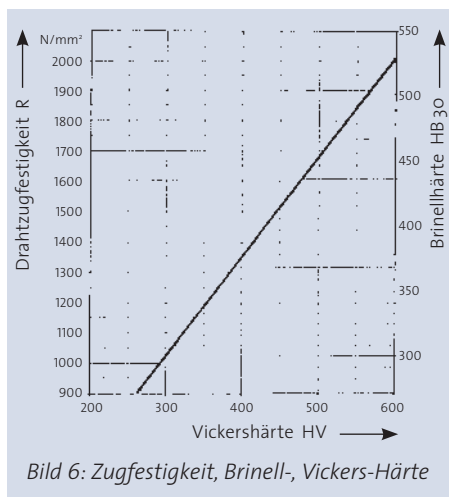


Bild 6: Zugfestigkeit, Brinell-, Vickers-Härte

Ein Grund für eine lokal übliche niedrige Seilfestigkeitsklasse für Aufzugsseile kann auch in Vorschriften erlaubten niedrigen Seilsicherheiten liegen. Dies klingt nur scheinbar widersprüchlich. Durch die hohen Pressungen tritt ein höherer Rillenverschleiß oder der Effekt der Seilabdrücke auf. Hier helfen ebenfalls Seile mit „nichtharten“ Außendrähnen.

### Seilfestigkeitsklasse

Die europäischen und internationalen Aufzugsseilnormen EN12385 – Teil 5 [2] und ISO 4344 [3] haben den Begriff der

Land	nationaler Name der Seilfestigkeit	Typ	äquivalente Seilfestigkeitsklasse*)		
			Treibscheibenaufzug	indirekt-hydraulischer Aufzug	Reglerseil
Europa	1370/1770	Mischfestigkeit	1370/1770		
zusätzlich in Frankreich Deutschland Italien England	1570	**)	1570	–	1570
	1770	**)	1770	1770	1770
	1960	**)	–	–	1960
England	1180/1770	Mischfestigkeit	1180/1770	–	–
USA	Traction Steel	Mischfestigkeit	ca. 1180/1770	–	ca. 1180/1770
	extra high strength Traction Steel	Mischfestigkeit	ca. 1570/1770	–	
	IRON	Mischfestigkeit	–	–	ca. 700/1180
Japan	Grade E nach JIS (3525)	Mischfestigkeit	1320/1620		
	Grade A	**)	1620	1620	

\* siehe Abschnitt 2.2.1  
\*\* Seil besteht aus Drähten nur einer einzigen Drahtnennzugfestigkeit

Bild 7: International übliche Seilfestigkeitsklassen

Seilfestigkeitsklasse für die Seile geprägt. Damit werden die Nennzugfestigkeiten der äußeren und inneren Drähte beschrieben und dem Seil eine bestimmte Bruchkraft zugeordnet. Seilfestigkeitsklasse 1370/1770 bedeutet, dass dies ein Seil in „Mischfestigkeit“ (in ISO 4344 „Dual tensile“ genannt) ist, in dem die äußeren Drähte der Außenlitzen in 1370 N/mm<sup>2</sup> und die inneren Drähte des Seiles in 1770 N/mm<sup>2</sup> Nennzugfestigkeit ausgeführt sind. Für Trageile und Reglerseile eingesetzte Seilfestigkeitsklassen sind in Bild 7 zusammengefasst. Ausgehend von einem geeigneten Drahtmaterial (Kohlenstoffgehalt und Reinheitsgrad passen zur angestrebten Drahtnennzugfestigkeit) weisen Drähte im Nennfestigkeitsbereich von 1350 bis 1800 N/mm<sup>2</sup> bei gleicher Beanspruchung praktisch gleiche Dauerbiegeverhalten auf.

Für Hochhausaufzüge mit ihren durchaus „ins Gewicht“ fallenden Seilmengen werden häufig Seile der höheren Seilfestigkeitsklasse 1770 eingesetzt. Trommel- und indirekt-hydraulische Aufzüge werden bevorzugt mit Seilen der Seilfestigkeitsklasse 1770 betrieben.

Teilweise werden bereits Trageile mit Drähten der Seilfestigkeitsklasse 1960 hergestellt, die allerdings nicht mehr nach EN 81-1/1998 [5] geregelt sind und einer speziellen Zulassung (Baumusterprüfbescheinigung) bedürfen. Für Reglerseile bestehen diese Einschränkungen nicht und es kommen Seile der Seilfestigkeitsklasse 1960 in Kombination mit gehärteten Scheiben zum Einsatz.

## Wie hängen Festigkeit und Härte des Drahtes zusammen?

Die Härte des Drahtes steigt linear mit der Drahtnennfestigkeit (Bild 6), die bei

Aufzugsseilen im Vergleich zu z. B. Kranseilen niedriger ist. Durch die begrenzte Drahtnennfestigkeit und damit Drahtstärke soll die Treibscheibe vor Verschleiß geschützt werden. Bild 6 zeigt aber auch, dass der Draht stets weit härter ist als die ungehärtete Treibscheibe (Brinellhärte HB). Eine Messung der Draht-Mikrohärte (Vickershärte HV), wie sie fernöstliche Aufzugshersteller gelegentlich fordern, ist nur dann sinnvoll, wenn weiches Scheibenmaterial und niedrige Seilsicherheit ein „nicht-hartes“ Drahtmaterial nötig machen. Im Allgemeinen entspricht der Zusammenhang zwischen Drahtzugfestigkeit und Drahtstärke für alle Kohlenstoffstahl-Drähte mit einer gewissen Streubreite prinzipiell dem in Bild 6 gezeigten Verlauf. Erweiterte Informationen gibt auch DIN 50150 [4].

## Wie werden die Drähte gegen Korrosion geschützt?

Das Aufzugsseil ist üblicherweise aus blanken Drähten hergestellt. Der leichte Schmiermittelüberzug der Drähte in den Aufzugsseilen reicht bei Aufzügen in trockenen Schächten meist schon als Korrosionsschutz aus. Bei Außenaufzügen, Aufzügen in extrem feuchtem Klima oder in aggressiver Umgebung sollten die Seile aus verzinkten Drähten hergestellt sein. Solche Seile sind seit Jahrzehnten in Aufzügen bewährt. Für ihre Herstellung und Nachschmierung sollten wasserunempfindliche Schmiermittel verwendet werden. In den Tropen, wo durch heftige Regenfälle immer die Möglichkeit besteht, dass Wasser in den Schacht eindringen kann, sollten die Reglerseile auch für Innenaufzüge verzinkt ausgeführt sein. Der einzige Nachteil verzinkter Seile liegt in ihrem um etwa 10 % höheren Preis und der manchmal längeren Lieferzeit.

Seile aus Edelstahldrähten sind wegen der hohen Kosten, der kleinen Dauerbiegeleistung etc. als Aufzugsseile wenig geeignet.

## Litze

Tragseile für Treibscheibenaufzüge werden regelmäßig aus den Litzenkonstruktionen Seale, Warrington und Filler hergestellt. Die Abbildungen zeigen die Litzenkonstruktionen in 19-drähtiger Ausführung als Seale (1-9-9), Warrington (1-6-6+6) und Filler (1-6-6F-12). Seltener und dann bei größeren Seildurchmessern können auch Warrington-Seale-Litzen eingesetzt werden.

Die oben genannten Litzen in so genannter Parallelmachart zeichnen sich dadurch aus, dass die Schlaglänge der Drähte in den Drahtlagen gleich sind und ein Draht der äußeren Lage linienförmig im Bett zweier darunter liegenden Drähte liegt. Drahtüberkreuzungen in den Litzen lie-

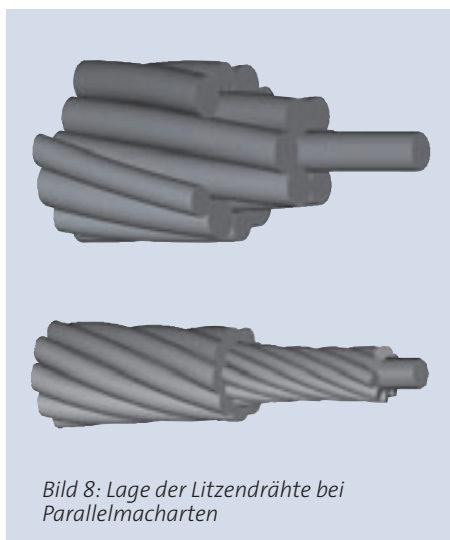
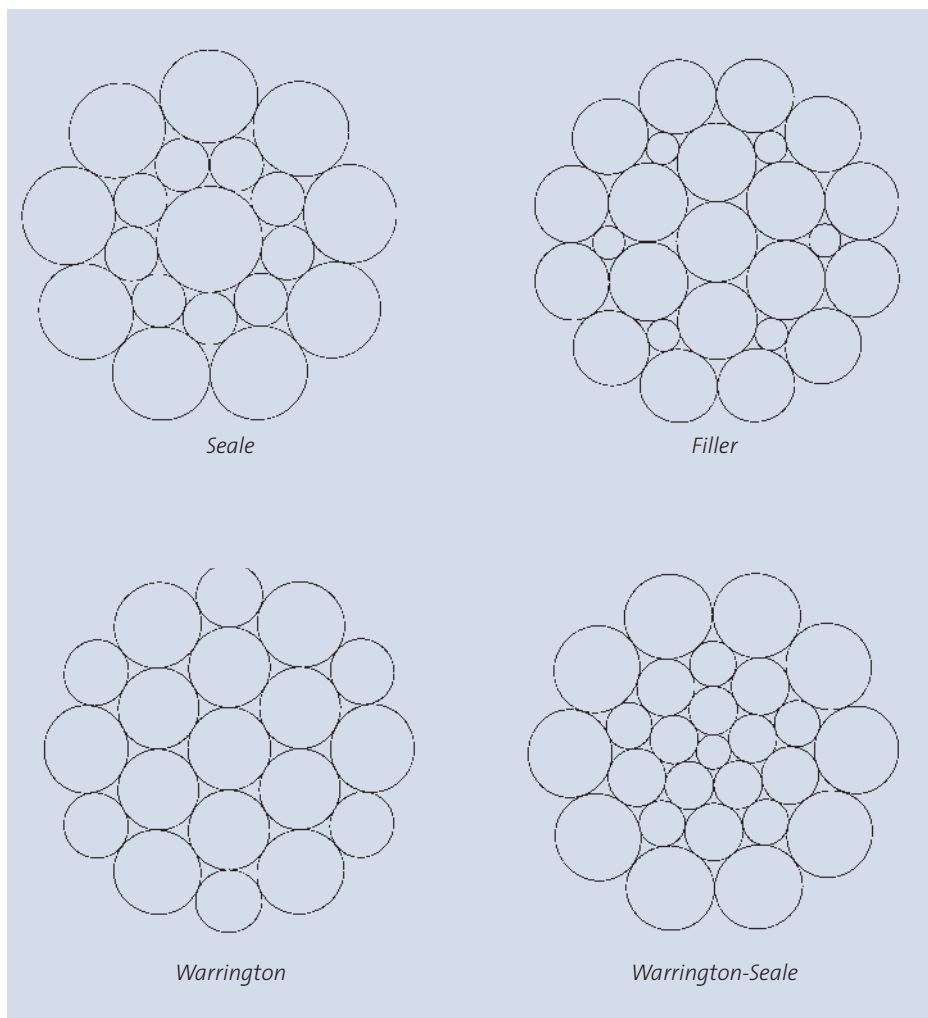


Bild 8: Lage der Litzendrähte bei Parallelmacharten

gen nicht vor. Der Verschleiß in den Litzen ist stark herabgesetzt.

Drahtüberkreuzungen in den Litzen treten bei den Litzen in Standardmachart auf, die heute auch als Kreuzverseilung bezeichnet wird. In diesen Litzen haben die Drähte punktförmige Berührungen. Dies führt zu hohen Pressungen zwischen den Drähten und zu sekundären Biegespannungen. Wegen des erhöhten Verschleißes und der Gefahr innerer Drahtbrüche ist die Standardmachart für Aufzugsseile nur wenig geeignet, findet sich aber teilweise noch als dünne Seile z. B. in Kleingüteraufzügen und Geschwindigkeitsbegrenzern.

Entwirft man eine Litze, so muss man berücksichtigen, dass die meisten Drähte im Litzenquerschnitt als Ellipsen erscheinen. Deshalb erfolgen heute Entwurf und Kontrolle des Aufbaus von Hochleistungsaufzugsseilen mit Hilfe modernster EDV.



### Was ist eine Seale-Litze?

Die weltweit am häufigsten verwendete Litzenkonstruktion für Aufzugsseile ist Seale in 19-drähtiger Ausführung (1-9-9). Durch die dicken Außendrähte hat die Seale-Litze einen hohen Widerstand gegenüber äußerem Verschleiß im Gebrauch beim Lauf über die Treibscheibe und die Umlenkungen.

### Was ist eine Warrington-Litze?

Die Warrington-Litze hat wesentlich dünnere Drähte in der Drahtaußenlage als die Seale-Litze. Dadurch sind auch die Biegespannungen stark reduziert. Bei Dauerbiegeversuchen auf Rundrillen erreichen Seile aus Warrington-Litzen der Kon-

struktion (1-6-6+6) eine um 20 bis 40% höhere Lebensdauer gegenüber vergleichbaren Seilen mit Seale-Litzen. Die Seile aus Warrington-Litzen werden gerne in Treibscheibenaufzügen mit doppelter Umschlingung und in indirekt-hydraulischen Anlagen eingesetzt. Daher findet man z. B. in Deutschland und Großbritannien beides: Seale und Warrington als Litzenkonstruktion für Aufzugsseile.

### Was ist eine Filler-Litze?

Seile in Filler-Litzenkonstruktion haben ebenfalls sehr gute Dauerbiegeeigenschaften. Auf der Basis von Dauerbiegeversuchen wurde das Seil 8x21 Filler mit Fasereinlage (Litze: 1-5-5F-10) in die kana-

dischen Aufzugsseilnormen aufgenommen. Aufzugsseile mit einem Durchmesser über 16 mm (5/8") sollten wegen der besseren Flexibilität in Filler-Konstruktion (1-6-6F-12) ausgeführt sein, Bild nebenstehend. Die Filler-Konstruktion ist insbesondere für 6-litzige Seile sehr gut geeignet. Die Filler-Litze ist empfindlich gegen Geometriefehler. Dies gilt im Besonderen für hinsichtlich des Drahtdurchmessers ungenau ausgelegte Fülldrähte. Bei Seilen mit Seildurchmesser kleiner als 10 mm ist wegen der dann sehr dünnen Fülldrähte eine Filler-Konstruktion nicht zu empfehlen.

#### Was ist eine Warrington-Seale-Litze?

Warrington-Seale-Litzen werden eingesetzt, wenn bei großen Seildurchmessern die Außendrähte einer Seale-Litze sehr dick würden, aber auf einen hohen abrasiven Widerstand nicht verzichtet werden darf. Dies ist bei Gewichtsungleich-Seilen ab etwa  $d = 24$  mm und bei Tragseilen ab etwa  $d = 22$  mm der Fall. Ein Übergang zu dieser Litzenkonstruktion ist ab diesen Seildurchmessern zu empfehlen. In einigen Fällen haben sich gut geschmierte Seile der Konstruktion 6x26 Warrington-Seale (Litzenaufbau 1-5-5+5-10) als Lösung für Aufzugsantriebe mit einer größeren Anzahl eng hintereinander angebrachter Scheiben und mit Gegenbiegung erwiesen. Seile in Warrington-Seale-Konstruktion reagieren empfindlich auf Seil-Geometriestörungen und/oder auf den Lauf auf Treibscheiben mit Keilrillen oder Sitzrillen mit Unterschnitt. Bevorzugter Einsatzort ist die Rundrille.

#### Autoren

Dr.-Ing. Wolfgang Scheunemann ist Technischer Direktor und Leiter des Technical Competence Centers bei Pfeifer DRAKO Drahtseilwerk GmbH & Co. KG

Dr.-Ing. Wolfram Vogel ist Leiter Forschung und Entwicklung bei Pfeifer DRAKO Drahtseilwerk GmbH & Co. KG

Dipl.-Ing. Thomas Barthel ist Versuchsleiter Aufzugstechnik bei Pfeifer DRAKO Drahtseilwerk GmbH & Co. KG

#### Literaturhinweise:

- [1] EN10016, Walzdraht aus unlegiertem Stahl zum Ziehen oder Kaltwalzen
- [2] EN12385 – Teil 5 (2003), Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 5: Litzenseile für Aufzüge
- [3] ISO 4344 (Erscheinungsjahr 2004), Steel wire ropes for lifts – Minimum requirements
- [4] DIN 50150, Umwertungstabelle für Vickershärte, Brinellhärte, Rockwellhärte und Zugfestigkeit, Dezember 1976, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [5] EN 81-1/1998, Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen. Teil 1: Elektrisch betriebene Personen- und Lastenaufzüge
- [6] TRA 003, Technische Regeln für Aufzüge – Berechnung der Treibscheibe, September 1981, Verein der Technischen Überwachungsvereine e. V., Essen
- [7] DIN EN 81, Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Personen- und Lastenaufzügen sowie Kleingüteraufzügen, Teil 1 Elektrisch betriebene Aufzüge, Oktober 1986
- [8] EN12385 – Teil 1 (Erscheinungsjahr 2003), Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- [9] ASME A 17.1 Safety Code for Elevators and Escalators. The American Society of Mechanical Engineers, New York
- [10] EN13411 – Teil 4 (2002), Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 4: Vergießen mit Metall oder Kunstharz
- [11] DIN 3093, Pressklemmen aus Aluminium-Knetlegierungen Teil 1 und Teil 2, Dezember 1988, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [12] EN13411 – Teil 3 (2003), Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 3: Verpresste Seilschlaufen
- [14] EN13411 – Teil 1 (2002), Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 1: Kauschen für Anschlagseile aus Stahldrahtseilen
- [15] DIN 15315, Seilschlösser für Aufzüge, Mai 1983, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [16] EN13411 – Teil 7 (2004), Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 7: Symmetrisches Seilschloss
- [17] DIN 1142, Drahtseilklemmen für Seil-Endverbindungen, Januar 1982, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [18] EN13411 – Teil 5 (2003), Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 5: Drahtseilklemme mit U-Bügel für Seilschlaufen
- [19] EN13411 – Teil 6 (2003), Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 6: Asymmetrisches Seilschloss
- [20] Czitary, E., Seilschwebbahnen, Springer Verlag, Wien, 1951
- [21] Wyss, Th., Stahldrahtseile der Transport- und Förderanlagen, Schweizer Druck- und Verlagshaus AG, Zürich 1956
- [22] TRA 102, Technische Regeln für Aufzüge – Prüfung von Aufzugsanlagen, April 1981, Verein der Technischen Überwachungsvereine e. V., Essen
- [23] DIN 15020, Grundsätze für Seiltriebe Blatt 2, Überwachung im Gebrauch, April 1974, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [24] ISO 4309, wire ropes for lifting appliances-code of practice for examination and discard, 1990
- [25] EN12385 – 3 (2003), Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 3: Information für Gebrauch und Instandhaltung
- [26] Wire Rope Users Manual, American Iron and Steel Institute, Washington
- [27] Babel, H., Metallische und nichtmetallische Futterwerkstoffe für Aufzugscheiben, Dissertation Universität Karlsruhe, 1979
- [28] Hafenbautechnische Gesellschaft e. V., Hinweis für den Einsatz von Seiltrieben mit Kunststoff-Seilrollen in Kranen, fördern und heben 33 (1983), Nr. 1, S. 33
- [29] DIN 15063, Seilrollen für Hebezeuge, Technische Lieferbedingungen, siehe Erläuterungen zu 5.4, Dezember 1977, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [30] Hymans, F./Hellbronn, A. V., Der neuzeitliche Aufzug mit Treibscheibenantrieb, Springer Verlag
- [31] SR Kunststoffrollen, Sicherheitstechnische Richtlinien für Aufzüge – Seilrollen aus Kunststoff, Dezember 1984, Carl Heymanns Verlag KG, Köln, Berlin
- [32] Molkow, Michael, Stahlseile und neuartige Tragmittel, LiftReport 27. Jahrgang (2001), Heft 5, S. 6-12