PFEIFER
DRAKO

AUFZUGTECHNIK

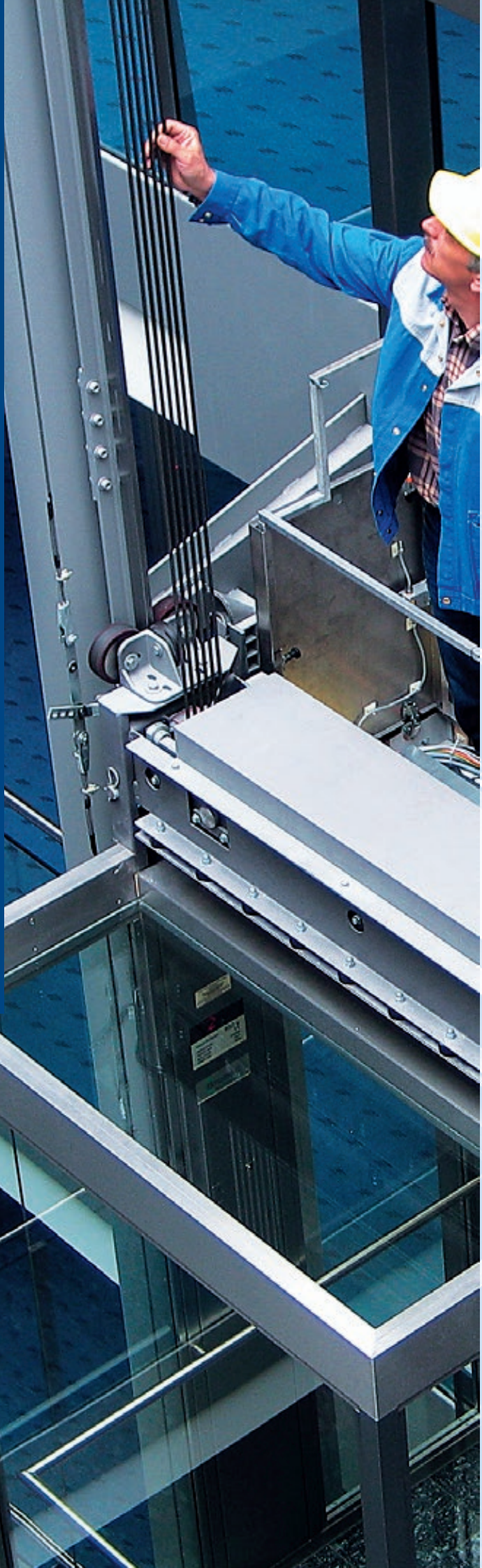
09/2019

Schutzgebühr 9,50 EUR

Drahtseile in Aufzügen

PFEIFER DRAKO
DRAHTSEILWERK GMBH

RHEINSTRASSE 19–23
D-45478 MÜLHEIM AN DER RUHR
TELEFON +49 (0)208-4290 1-0
TELEFAX +49 (0)208-4290 1-43
E-MAIL aufzugtechnik@drako.de
INTERNET www.drako.de



Drahtseile in Aufzügen

PFEIFER DRAKO, Tochtergesellschaft der PFEIFER-Gruppe, produziert und entwickelt Spezialseile für den Aufzugbau seit mehr als 200 Jahren. Mit einem Vertriebsnetz und zahlreichen Tochtergesellschaften auf fast allen Kontinenten sind DRAKO-Spezialseile überall auf der Welt im Einsatz, wo es sicher und zuverlässig aufwärts gehen muss. Von Moskau bis Kuala Lumpur, von New York bis Hong Kong und natürlich in Paris, London und Frankfurt bauen wir auf langfristige und enge Beziehungen mit anspruchsvollsten Seilkunden. Aufzughersteller auf der ganzen Welt vertrauen uns als verlässlicher Partner.

Bei uns stehen Tradition und Innovation gleichberechtigt nebeneinander, das eine ist nichts ohne das andere. Unser Spezialwissen und die Weiterentwicklung der Seile sind stets auf dem neuesten Stand der Technik. Hierfür arbeiten wir seit langem intensiv mit Universitäten und Instituten zusammen. Die rationelle und präzise Herstellung von Serienprodukten und Bearbeitung von individuellen kundenspezifischen Projekten sind in Übereinstimmung mit unserem Qualitätsmanagementsystem (QMS) geregelt durch die DIN EN ISO 9001. Unser Unternehmen geht mit den Ressourcen umweltschonend um. Wir sind DIN EN ISO 50001 und 14001 sowie „Ökoprofit“ zertifiziert.

PFEIFER DRAKO definiert sich als dynamisches und aufgeschlossenes Unternehmen. Aktuelles technisches Know-how und hochwertige Materialien kommen in jedem unserer Seile zum Einsatz.

Wir halten fest an

- dem höchsten Sicherheitsstandard
- ökonomischer Leistungsfähigkeit sowie
- verlässlichem Service

zum Wohle unserer Kunden. Das ist unser Ziel.

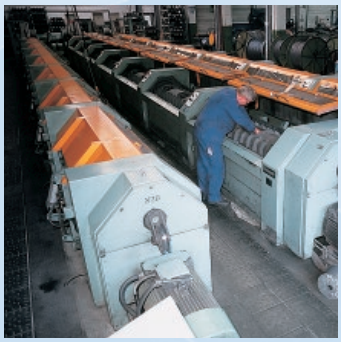
Unser Produktions- und Logistikstandort an der Rheinstraße, Mülheim an der Ruhr

Titelseite (rechts): Shanghai World Financial Center, Shanghai

PFEIFER DRAKO

Vorteile der DRAKO-Seile

- Spezialseile für Ihre Anwendung
- bewährte Litzenkonstruktion, vielfältige Anpassungsmöglichkeiten
- lange Lebensdauer
- selbst gefertigte Fasereinlage, konstante Qualität
- geringe elastische und bleibende Dehnung
- geringe Wartungskosten
- 100 % Qualitätsprüfung der Seile, hohe Qualitätssicherung
- faires Preis-Leistungs-Verhältnis
- hochqualifiziertes und erfahrenes Fachpersonal
- kompetente Beratung
- zuverlässiger Service
- weltweites Vertriebsnetzwerk



In der Fertigung kommen Maschinen mit neuester Verseiltechnik zum Einsatz.

PFEIFER DRAKO

Inhalt

Häufig gestellte Fragen zu Drahtseilen in Aufzügen

Warum werden Drahtseile in Aufzügen eingesetzt?	4
Aufbau und Bauteile der Stahlseile	4
Seilfestigkeitsklasse	5
Litzenkonstruktionen	7
Seilkonstruktionen	8
Welches Seil für welche Aufzuganlage	10
Seileinlagen	14
Seilschmierung	15
Schlagrichtung	16
Vorformung	17
Vorrecken	17
Seildurchmesser	17
Seilendverbindungen	19
Aufzugseile im Betrieb	20
Lagern von Seilen	20
Installation	21
Antriebsanordnungen	22
Seildehnung	24
Seilkürzen	26
Kabineneinfederung	26
Nachschmierung	26
Ablegen von Seilen	28
Korrosion	30
Treibscheiben	31
Hilfen zur richtigen Seilauswahl	36
Unser Service	38

4. Redaktionelle Überarbeitung der Informationsschrift 2017 von:

Dr. Wolfgang Scheunemann (TCC) – Michael Döffinger (Produktmanagement) · PFEIFER DRAKO · Mülheim a.d. Ruhr

3. Redaktionelle Überarbeitung der Informationsschrift 2015 von:

Dr. Wolfgang Scheunemann (TCC) – B.Sc. Martin Stroba (Produktmanagement) · PFEIFER DRAKO · Mülheim a.d. Ruhr

2. Überarbeitung der Informationsschrift 2011 von:

Prof. Dr. Wolfram Vogel (TCC) – Thomas Schonlau (Produktmanagement) – Dr. Wolfgang Scheunemann (TCC) · PFEIFER DRAKO · Mülheim a. d. Ruhr

1. Überarbeitung der Informationsschrift 2007 von

Dipl.-Ing. Thomas Barthel – Dr. Wolfgang Scheunemann – Dr. Wolfram Vogel (TCC) – Technical Competence Center · PFEIFER DRAKO · Mülheim a. d. Ruhr
auf der Basis der Erstausgabe von Dr.-Ing. Michael Molkow · Mülheim a. d. Ruhr

Häufig gestellte Fragen zu Drahtseilen in Aufzügen

Drahtseil

Warum werden Drahtseile in Aufzügen eingesetzt?

Das Stahldrahtseil hat wegen seiner Konstruktion und dem Aufbau aus vielen einzelnen 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.

Bild 1: Draht, Litze, Fasereinlage

Beanspruchung

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 führen. Bei der Biegung verschieben sich die Drähte zueinander. Durch die Reibung zwischen den Drähten kommt es zusätzlich zu einem abrasiven Verschleiß. Darüber hinaus kann noch der Einfluss von korrosiven Medien hinzukommen. Mit zunehmendem Gebrauch steigt die Ausprägung der Verschleißkriterien an, z. B. nimmt die Anzahl der Drahtbrüche auf Bezugslängen 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 vielen gemeinsam zum Seil verseilten Drähte und der Mehrfachanordnung der Tragseile in der Aufzuganlage. Fällt ein Bauteil aus, übernehmen die verbliebenen Bauteile entsprechend ihrer Auslegung dessen Aufgaben. Eine passive Redundanz ist z. B. die als Sicherheitseinrichtung agierende Fangvorrichtung, die erst dann zum Einsatz kommt, wenn eine unkontrollierte Fahrbewegung auftritt.

Aufbau und Bauteile der Stahlseile

Aufbau von Seilen

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

Durch die wendelförmige Struktur (Bild 1) wird dem Umstand Rechnung getragen, dass ein Aufzugseil 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. 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 muss sich zum Längenausgleich nur etwas verschieben. Für die einzelnen Drähte in den Litzen gilt das gleiche. Beim Lauf über die Seilscheibe sind alle Bauteile Litze gegen Litze und Draht gegen Draht in ständiger Bewegung.

Bild 2: Paralleldrahtbündel beim Lauf über eine Scheibe

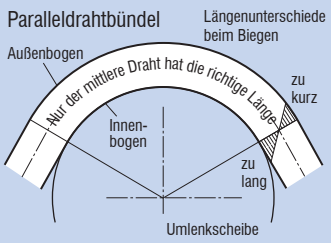
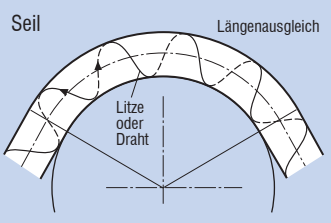


Bild 3: Seil beim Lauf über eine Scheibe



Das Material

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 Gew.-%. Andere Stoffe wie Silizium und Mangan sind nur in kleinsten Mengen beinhaltet wie in DIN EN ISO 1612 [1] geregelt.

Stahldrähte für Aufzüge weisen Nennzugfestigkeiten von 1370, 1570 und 1770 N/mm² auf. Mit besonderen Zulassungen sind auch höhere Festigkeiten möglich, die bis zu 2500 N/mm² erreichen 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 6-fache zu. Vor dem ersten und zwischen den Ziehvorgängen wird eine gesteuerte Wärmebehandlung, das sogenannte Patentieren, durchgeführt. Die relativ hohe Zugfestigkeit der Stahldrähte – gekennzeichnet durch eine extreme Zeiligkeit des Gefüges – wird also nicht durch z. B. hohe Legierungsbestandteile bewirkt, sondern ist eine Folge der im kalten Zustand erfolgten Materialverformung (Bild 4 und Bild 5).

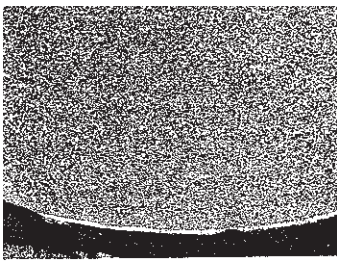


Bild 4: Materialgefüge im Querschliff

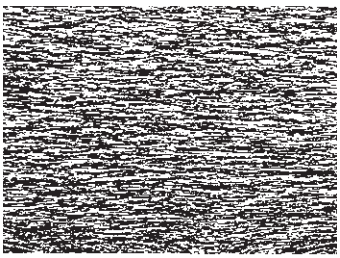


Bild 5: Materialgefüge im Längsschliff

Temperatureinfluss

Hitze schädigt den Draht. Man spricht davon, dass das hochfeste zeilige Zwangsgefüge wieder in seine ursprüngliche Festigkeit von etwa 400 N/mm² zurückgesetzt wird. Die Dauer der Hitzeeinwirkung 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 nahezu vollständige Gefügeumwandlung nach 15 bis 30 Minuten. Bei höheren Temperaturen reichen schon Sekunden um dünne Drähte, wie sie z. B. in Aufzugseilen eingebaut sind, nachhaltig zu schädigen.

Sondermaterial

Verschiedentlich wird über den Einsatz von alternativen Drahtmaterialien aus nichtrostenden 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.

Was hat es mit der Drahtnennzugfestigkeit auf sich?

Die Drahtnennzugfestigkeit kann sich innerhalb weiter Grenzen bewegen. Welche Festigkeit schließlich eingesetzt wird, hängt von verschiedenen Faktoren ab, die auch aus Traditionen heraus geprägt sind. Hierzu zählen niedrige Scheibenhärten aber auch lokale Vorschriften und Gepflogenheiten, (Bild 6). Bei einer niedrigen Scheibenhärte muss berücksichtigt werden, dass die Drahthärte 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/mm² Nennfestigkeit eben weniger hart sind als solche mit 1570 N/mm². Die Drahthärte 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 Außendrähten von 1370 N/mm² Nennzugfestigkeit, ist immer noch fast doppelt so „hart“ wie eine „gut ausgeführte“ Treibscheibe von 230 bis 250 HB.

Ein Grund für eine lokal übliche niedrige Seilfestigkeitsklasse für Aufzugseile kann auch an den in den Vorschriften erlaubten niedrigen Seilsicherheiten (höhere Seilzugkräfte) liegen. Dies klingt nur scheinbar widersprüchlich. Durch die hohen Seilzugkräfte und damit größeren Pressungen tritt ein höherer Rillenverschleiß oder der Effekt der Seilabdrücke auf.

Seilfestigkeitsklasse

Die europäischen und internationalen Aufzugseilnormen EN 12385-5 [2] und ISO 4344 [3] haben den Begriff der 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/mm² und die inneren Drähte des Seiles in 1770 N/mm² Nennzugfestigkeit ausgeführt sind. Für Tragseile und Reglerseile eingesetzte Seilfestigkeitsklassen sind in Bild 6 zusammengefasst. Ausgehend von einem geeigneten Drahtmaterial (Kohlenstoffgehalt und Reinheitsgrad passen zur angestrebten Drahtnennzugfestigkeit) weisen Drähte im Nennfestigkeitsbereich von 1350 bis 1800 N/mm² bei gleicher Beanspruchung praktisch gleiches Dauerbiegeverhalten auf.

Für Hochhausaufzüge mit ihren durchaus „ins Gewicht“ fallenden Seilmassen werden häufig Seile der höheren Seilfestigkeitsklasse 1770 wegen ihrer höheren Bruchkräfte bevorzugt. Trommelaufzüge und indirekt hydraulische Aufzüge werden bevorzugt mit Seilen der Seilfestigkeitsklasse 1770 betrieben.

Häufig gestellte Fragen zu Drahtseilen in Aufzügen

Bild 6: International übliche Seilfestigkeitsklassen

Land	nationaler Name der Seilfestigkeitsklasse	Typ	äquivalente Seilfestigkeitsklasse		
			Treibscheiben-aufzug	indirekt. hydrauli-scher Aufzug	Reglerseil
Europa	1370/1770	Mischfestigkeit	1370/1770	1370/1770	1370/1770
zusätzlich in	1570	*	1570	1570	1570
Frankreich		Mischfestigkeit	1570/1770	1570/1770	1570/1770
Deutschland	1770	*	1770	1770	1770
Italien					
England	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	

* Seil besteht aus Drähten mit nur einer einzigen Drahtnennzugfestigkeit

** Durch Änderungen in der Norm auch einzige Drahtnennfestigkeit 1320 möglich

Teilweise werden bereits Tragseile mit Drähten der Seilfestigkeitsklasse 1960 hergestellt, die allerdings nicht mehr nach EN 81-20/2014 geregelt sind und einer speziellen Zulassung (Baumusterprüfbescheinigung bzw. Bescheinigungen zu Konformitätsprüfungen) bedürfen. Für Reglerseile bestehen diese Einschränkungen nicht, und es kommen Seile der Seilfestigkeitsklasse 1960 in Kombination mit gehärteten Scheiben zum Einsatz.

Drahthärte/Drahtfestigkeit

Wie hängen Festigkeit und Härte des Drahtes zusammen?

Die Härte des Drahtes steigt linear mit der Drahtnennfestigkeit an (Bild 7), die bei Aufzugseilen im Vergleich z. B. zu Kranseilen niedriger ist. Durch die begrenzte Drahtnennfestigkeit und damit Drahthärte soll die Treibscheibe vor Verschleiß geschützt werden. Bild 7 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 Aufzughersteller gelegentlich fordern, ist nur dann sinnvoll, wenn weiches Scheibenmaterial und niedrige Seilsicherheit ein „nichthartes“ Drahtmaterial nötig machen. Im Allgemeinen entspricht der Zusammenhang zwischen Drahtzugfestigkeit und Drahthärte für alle Kohlenstoffstahldrähte mit einer gewissen Streubreite prinzipiell dem in Bild 7 gezeigten Verlauf. Erweiterte Informationen gibt auch DIN EN ISO 18265 [4].

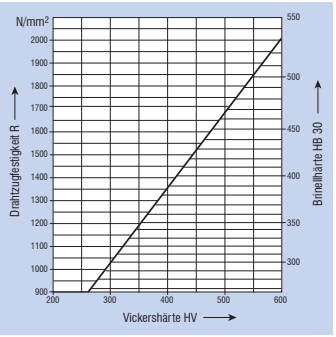


Bild 7: Zugfestigkeit, Brinell-, Vickers-Härte

Korrosionsschutz

Wie werden die Drähte gegen Korrosion geschützt?

Das Aufzugseil ist üblicherweise aus blanken Drähten hergestellt. Der leichte Schmiermittelüberzug der Drähte in den Aufzugseilen reicht bei Aufzügen in trockenen Schächten meist schon als Korrosionsschutz aus. Allerdings ist dieser Korrosionsschutz in erster Linie für Transport, Lagerung und die erste Betriebsdauer ausreichend. Es wird empfohlen, diesen Schutz regelmäßig zu kontrollieren und zu erneuern. Bei Außenaufzügen, Aufzügen in extrem feuchtem Klima oder in aggressiver Umgebung sollten die Vollstahlseile 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. Seile aus Edelstahldrähten sind wegen der hohen Kosten, der kleinen Dauerbiegeleistung etc. als Aufzugseile wenig geeignet.

Litze

Litzenkonstruktionen

Tragseile für Treibscheibenaufzüge werden regelmäßig aus den Litzenkonstruktionen Seale, Warrington und Filler hergestellt. Die Bilder 9 bis 11 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 (Bild 12).

Parallelmacharten

Die obengenannten Litzen in sogenannter Parallelmachart zeichnen sich dadurch aus, dass die Schlaglänge der Drähte in den Drahtlagen gleich ist und ein Draht der äußeren Lage linienförmig im Bett zweier darunter liegender Drähte liegt. Drahtüberkreuzungen in den Litzen kommen nicht vor. Der Verschleiß in den Litzen ist stark herabgesetzt (Bild 8).

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 Aufzugseile 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 ausschließlich mittels spezieller Berechnungsprogramme.

Bild 8: Lage der Litzendrähte bei Parallelmacharten

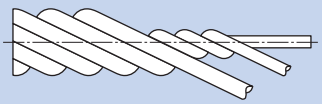
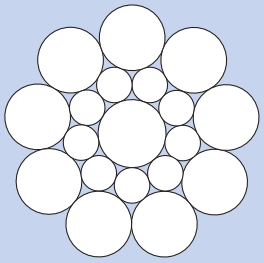


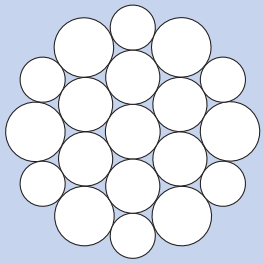
Bild 9: Seale



Was ist eine Seale-Litze?

Die weltweit am häufigsten verwendete Litzenkonstruktion für Aufzugseile 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.

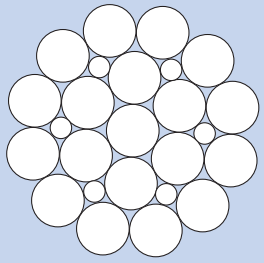
Bild 10: Warrington



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 Konstruktion (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 Litzenkonstruktionen für Aufzugseile.

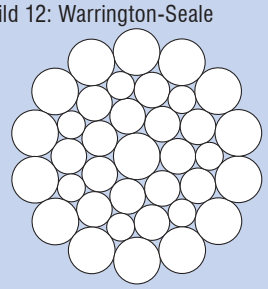
Bild 11: Filler



Was ist eine Filler-Litze?

Seile in Filler-Litzenkonstruktion haben ebenfalls sehr gute Dauerbiegeeigenschaften. Auf der Basis von Dauerbiegeversuchen wurde das Seil 8 x 21 Filler mit Fasereinlage (Litze: 1-5-5F-10) in die kanadischen Aufzugseilnormen aufgenommen. Aufzugseile mit einem Durchmesser über 16 mm (5/8“) sollten wegen der besseren Flexibilität in Filler-Konstruktion (1-6-6F-12) ausgeführt sein (Bild 11). Die Filler-Litze ist empfindlich gegen Geometriefehler. Dies gilt im Besonderen für hinsichtlich des Drahtdurchmessers ungenau ausgelegte Fülldrähte. Bei Seilen mit Seildurchmessern kleiner als 10 mm ist wegen der dann sehr dünnen Fülldrahte eine Filler-Konstruktion nicht zu empfehlen.

Bild 12: Warrington-Seale



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 kann. Dies ist

bei Gewichtsausgleichsseilen ab etwa d = 24 mm und bei Tragseilen ab 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 Aufzugantriebe mit einer größeren Anzahl eng hintereinander angebrachter Scheiben und mit Gegenbiegung erwiesen. Seile in Warrington-Seale-Konstruktion reagieren empfindlich auf Seilgeometriestörungen und/oder auf den Lauf auf Treibscheiben mit Keilrillen oder Sitzrillen mit Unterschnitt. Bevorzugter Einsatzort ist die Rundrille.

Seile und Seilkonstruktionen

Seilkonstruktionen

Das einfachste Aufzugseil erhält man, indem 6 Litzen z. B. in Warrington-Konstruktion um eine Fasereinlage geschlagen werden (Bild 19). Bis in die fünfziger Jahre des vorigen Jahrtausends wurden praktisch nur diese Seile eingesetzt. Seither sind in den Treibscheibenaufzügen die Anforderungen an die Geschwindigkeit, die Förderhöhe und den Förderstrom aber auch die Ansprüche an die Fahrqualität stark gestiegen. Auch die Verhältnisse von Fahrkorbmasse zu Nutzlast bewegen sich z. B. für die Treibfähigkeit zum Teil in ungünstigen Dimensionen. Das 8-litzige Seil mit Naturfasereinlage hat heute weltweit an Bedeutung gewonnen und darf als das am häufigsten verwendete Aufzugseil betrachtet werden (Bild 20 und Bild 21). Für mittlere und besonders große Förderhöhen, besondere Ansprüche an Fahrkomfort und die Notwendigkeit von hohen Seilbruchkräften haben sich die 8- und 9-litzigen Vollstahlseile einen wichtigen Platz im Markt erobert.

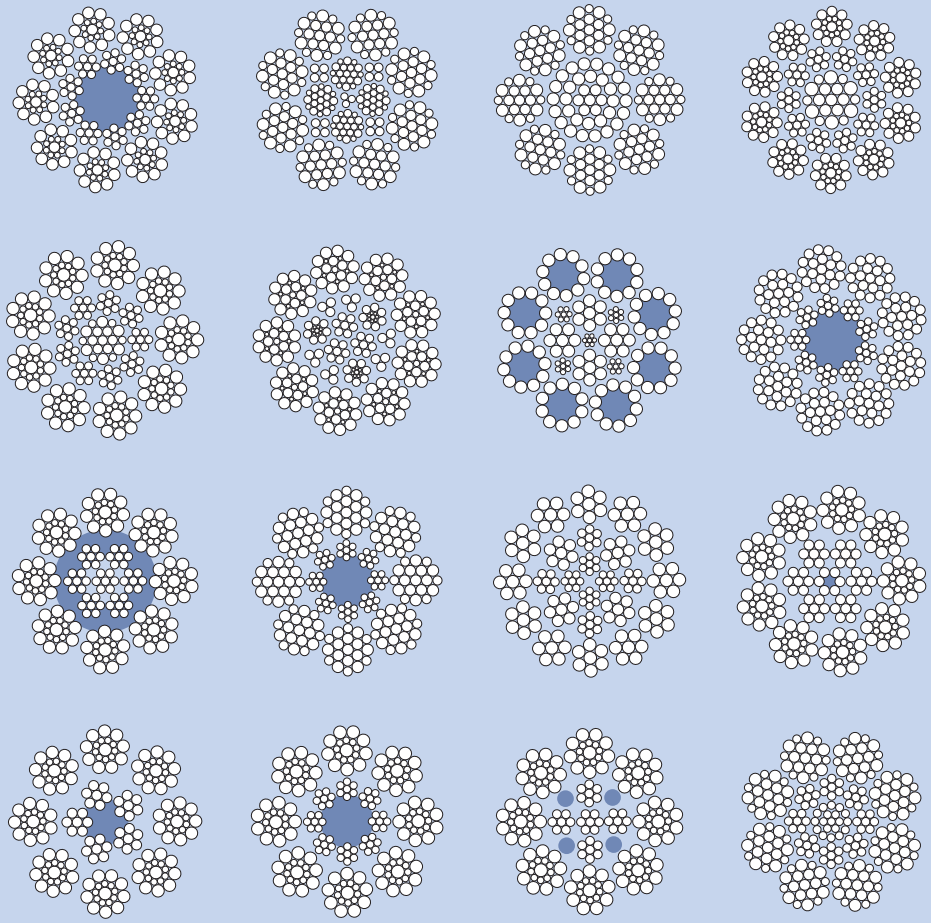
Welche Regeln, Vorschriften und Anforderungen gibt es für Seile in Treibscheibenaufzügen?

Vorschriften, Regeln

Aufgrund der Seillebensdauer muss die Pressung zwischen Seil und Rille begrenzt sein. Dies führt zu einer Mindestanzahl von Seilen und zu Mindestseildurchmessern. Die berechnete Pressung ist abhängig von der Seiloberfläche und unabhängig von der Seilbruchkraft und damit der Seilquerschnittsfläche. TRA 003 [5] bzw. EN 81-1/1986 [6] berücksichtigen die Pressungsberechnung in vereinfachter Form. Gedankliche Grundlage bei der Festlegung der erlaubten Grenzen der Pressung war historisch bedingt ein 6-litziges Seil. Folglich wurde von 6 Kontaktstellen ausgegangen und ein entsprechender Wert festgelegt. Bei der Verwendung von 8- und mehrlitzigen Seilen könnte aufgrund der gestiegenen Anzahl von Kontaktstellen auch von einem höheren erlaubten Grenzwert ausgegangen werden. In EN 81-1/1998 [7] ist dies nicht mehr beinhaltet und wird durch eine spezielle Berechnung des Seilsicherheitsfaktors nach Anhang N aufgefangen. Die Pressung sollte aber trotzdem stets mitbetrachtet werden. Hohe Mindestsicherheitsfaktoren (Verhältnis von Seilmindestbruchkraft zu Betriebslast) von 12 (USA und Japan 10) benötigen nur einen geringen metallischen Querschnitt im Seil. Seildurchmesser können aber gerade wegen des lebensdauermindernden Einflusses der Pressung nicht vernachlässigt werden. Daher ist das 8-litzige Seil mit Fasereinlage, das die Anforderungen aus der Berechnung befriedigend erfüllt (relativ niedrige Bruchkraft bei relativ großem Seildurchmesser), so weit verbreitet. Weitergehende eigene Anforderungen sind

- geringe bleibende Dehnung (weniger Seilkürzungen),
- geringe elastische Dehnung (Kabinenfederung, Fahrkomfort),
- geringe Durchmesserreduzierung im Betrieb (Ablegereife),
- höhere Seillebensdauer durch Verwendung von mehr und dünneren Drähten,
- das Seil soll runder als ein 8-litziges Seil sein, da die tatsächliche Pressung durch mehr Auflagestellen des Seiles an der Rillenflanke reduziert wird und
- das Seil soll im Betrieb rund bleiben und sich insbesondere gehärteten Sitzrillen mit großem Unterschnitt anpassen.

Bild 13: Übersicht von Aufzugseilen in Vollstahlausführung und mit Mischseele



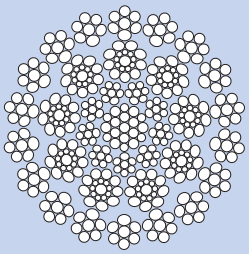
Diese lange Liste von Anforderungen wird erfüllt durch Vollstahlseile, wobei z. B. die Anzahl der Außenlitzen zusätzlich noch auf 9 erhöht wird. Bild 13 zeigt Beispiele für Vollstahlseile. Bild 23 zeigt eine bewährte 9-litzige Aufzugseilkonstruktion mit Stahleinlage. Nachdem sich diese Aufzugseile mit Stahleinlage auch international in anspruchsvollen Gebäudeprojekten hervorragend bewährt haben, sind sie in die internationalen Normen aufgenommen worden.

Es ist hervorzuheben, dass Deutschland lange Zeit einsamer Vorreiter in der Herstellung und Anwendung von Aufzugseilen mit Stahleinlage war. So nehmen z. B. noch heute einige Aufzughersteller im Ausland fälschlicherweise an, solche Seile wären in ihrem Land verboten, nur weil die jeweils einzige dort vorhandene Aufzugseilnorm ausschließlich Seile mit Fasereinlage vorsieht.

Bei Verwendung von Seilen mit Stahleinlage muss klar sein, dass die Vorteile bei hoher Lebensdauer und verminderter Seildehnung dann zum Tragen kommen, wenn die Anlagen für die Konstruktion 8 x 19 + Fasereinlage ausgelegt waren und nun mit der gleichen Anzahl gleichdicker Seile mit Stahleinlage betrieben werden. Nutzt man jedoch die erhöhte Mindestbruchkraft dieser Seile zur Reduzierung der Seilzahl oder der Seildurchmesser wird der genannte Vorteil zumindest zum Teil „aufgebraucht“.

Drehungsarme Seilkonstruktionen (Bild 14), sollten in Treibscheibenaufzügen nicht verwendet werden, da es zu einer Überkreuzung der äußeren und inneren Litzenlagen und zu hohen Pressungen kommt. Dadurch entsteht die Gefahr der unbemerkten inneren Seilzerstörung.

Bild 14: Drehungsarme Seilkonstruktion (Beispiel)



Häufig gestellte Fragen zu Drahtseilen in Aufzügen

Konstruktionsvielfalt

Warum diese Vielfalt der Aufzugseilkonstruktionen?

Gibt es das ideale Aufzugseil – oder noch weitergehend – gibt es sogar das Seil für alle denkbaren Anwendungen? Ein Seil für Treibscheibenaufzüge ist einem komplexen Beanspruchungskollektiv aus Biegung, Zug und Pressung aber auch dem Verschleiß zwischen den Drähten und zwischen Seil und Scheiben, bedingt durch den unvermeidlichen Schlupf, ausgesetzt. Eine hohe Biegebeanspruchung fordert viele dünne Drähte in den Litzenaußenlagen. Bei hohem Verschleiß wären dicke Außendrähte wünschenswert, d. h. die Seil- und Litzenkonstruktion muss je nach vorrangiger Beanspruchung gewählt werden. Bei hoher Biegebeanspruchung wird die Wahl zu einem Warrington- statt einem Seale-Seil führen. Hinzu kommen aber auch bei der Seilauswahl länder- und herstellerspezifische Besonderheiten und Traditionen.

Die Seilauswahl wird zusätzlich beeinflusst von den Einschränkungen im Durchmesser bei bestimmten Seilkonstruktionen. Wegen der sehr dünnen Fülldrähte werden Seile der Konstruktion 8 x 25 Filler (ein Seil mit sehr guten Biegewechseleigenschaften) nicht mit Durchmessern unter 10 mm hergestellt. Die Konstruktion 6 x 19 Seale in Durchmessern über 16 mm scheidet wegen der sehr dicken Außendrähte aus, die das Seil recht steif machen.

Dies erklärt zum Teil die große Vielfalt an Seilkonstruktionen. Hinzu kommt aber noch, dass wegen der großen Variationsbreite bei Treibscheibenaufzügen eine einzige Seilkonstruktion nicht ausreicht, um ein optimales Verhalten zu erreichen. Die Bandbreite der Aufzüge reicht von Treibscheibenaufzügen mit kleinen bis großen Förderhöhen, indirekt hydraulischen Aufzügen, Kleingüter-Aufzügen, verschiedensten Aufhängungen von Fahrkorb und Gegengewicht etc. Nicht zu vergessen sind aber auch die gespannten Unterseile bei Anlagen ab mittleren Nenngeschwindigkeiten und die Seile im Geschwindigkeitsbegrenzer. Kurz: es ist unmöglich alle Anwendungen mit nur einer Seilkonstruktion nach Kosten und Nutzen optimal zu bedienen. Der Einsatz von Hochleistungsseilen für einen selten benutzten, langsam fahrenden Aufzug scheidet schon aus Kostengründen aus. Umgekehrt sind einfache Seilkonstruktionen in High-Rise-Anlagen fehl am Platz. Zudem sind die in Bild 13 vorgestellten Seilkonstruktionen durchweg Spezialseile, die nicht von allen Herstellern in dieser Vielfalt lieferbar sind. Bei der gesamten Diskussion darf nicht vergessen werden, dass die aus den unterschiedlichen Massen von Fahrkorb und Gegengewicht resultierende Differenzkraft durch Reibung zwischen Seil und Scheibe übertragen werden muss. Dazu muss die sogenannte Treibfähigkeit nachgewiesen werden, die auf das in Bild 15 gezeigte Modell des ideal runden Seiles zurückgreift. Diese Vorgehensweise hat sich bewährt und soll nicht in Frage gestellt werden. Aber die Treibfähigkeit ist nur die eine Seite der Betrachtung. Die realen Aufliegeverhältnisse des Seils in der Rille beeinflussen natürlich stark die Lebensdauer der Seile. Am Beispiel eines Vollstahlseils mit 6, 8 und 9 Außenlitzen in einer stark unterschnittenen Sitzrille mit einem Unterschnittwinkel $\beta = 105°$ wird dies eindrucksvoll veranschaulicht (Bild 16 bis Bild 18). Die Darstellung rechts zeigt jeweils das Seil mit gegenüber dem linken Bild gedrehtem Querschnitt, aber festgehaltenem Seilmittelpunkt. Hier eignet sich in den meisten Fällen eine große Litzenzahl und ein formstabiles Vollstahlseil (Bild 18).

Bild 15: Seil und Treibscheibe, schematische Darstellung

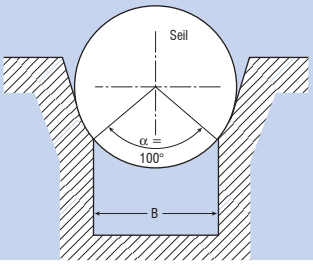


Bild 16: 6-litziges Seil in Sitzrille 105°

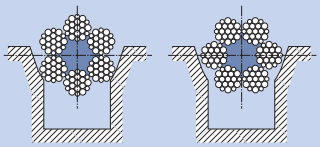


Bild 17: 8-litziges Seil in Sitzrille 105°

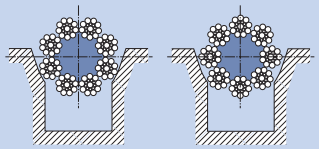
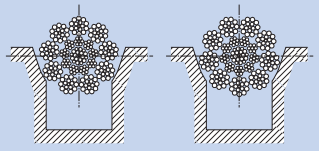


Bild 18: 9-litziges Seil in Sitzrille 105°



Seilzuordnung

Welche Seile sind für welche Anlage geeignet?

Der Anhang dieser Schrift bietet ein einfaches Hilfsmittel, um Tragseile, gespannte Unterseile und Reglerseile anlagenabhängig auszuwählen. Ebenfalls ist erläutert, welche Gesichtspunkte zu den Zuordnungen Seil/Aufzuganlage geführt haben.

Was wird von den Tragseilen für Treibscheibenaufzüge gefordert?

Die Anforderungen an Seile in Treibscheibenaufzügen sind widersprüchlich und zum Teil sogar konkurrierend. Gefordert werden

- ein möglichst geringer Seilverschleiß (dicke Drähte, hohe Drahtzugfestigkeit),

- eine hohe Seillebensdauer beim Lauf über Scheiben (dünne Drähte),
- eine Schonung der Treibscheibe (niedrige Drahtzugfestigkeit),
- eine möglichst hohe Bruchkraft (weniger oder dünnere Seile, hohe Drahtzugfestigkeit),
- eine geringe Seildehnung wegen Seilkürzungen und Komfortanspruch (großer metallischer Querschnitt und erstklassige Fasereinlage) und
- ein niedriger Preis (Stahl und geeignetes Fasermaterial kosten Geld).

Die Anforderungen lassen sich nicht allumfassend erfüllen. Kompromisse sind gefordert, wobei bereits hier angemerkt werden muss, dass mit zunehmender Förderhöhe die Seildehnung die Seilauswahl maßgeblich bestimmt.

6-litzig

Wann kommt ein 6-litziges Seil mit Fasereinlage zum Einsatz?

In Bild 19 ist exemplarisch für diesen Seiltyp ein 6x19 Warrington mit Fasereinlage abgebildet. Die Vorteile und Einsatzgebiete sind im Folgenden dargestellt.

Vorteile:

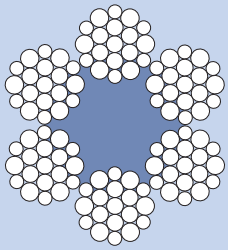
- ein großer metallischer Querschnitt, d. h. hohe Bruchkraft im Verhältnis zum Seildurchmesser,
- eine relativ geringe bleibende und elastische Dehnung und
- ein günstiger Meterpreis.

Einsatzbereich:

Langsam fahrende Lastenaufzüge und wenig frequentierte Personen-Aufzüge.

Der Einsatz dieser Seile in stark unterschnittenen Seilsitzrillen und Keilrillen sollte überdacht werden.

Bild 19: 6x19W + NFC



8-litzig, NFC

Wann kommt ein 8-litziges Seil mit Fasereinlage zum Einsatz?

In Bild 20 ist exemplarisch für diesen Seiltyp ein 8x19 Seale mit Fasereinlage abgebildet. Die Vorteile und Einsatzgebiete sind im Folgenden dargestellt.

Vorteile:

- 8-litzige Seile sind runder als 6-litzige Seile, d. h. es existieren mehr Berührungspunkte zwischen Seil und Rille und damit günstigere Pressungsverhältnisse,
- ein etwas leichter verformbarer Querschnitt, d. h. das neue Seil kann sich leichter an eingelaufene Rillen anpassen,
- 8-litzige Seile haben dünnere Drähte als 6-litzige Seile gleicher Machart, d. h. das Seil ist nicht so steif und hat bessere Dauerbiegeeigenschaften,
- ein mittlerer Meterpreis.

Einsatzbereich:

In der Ausführung 8x19 Seale mit Naturfasereinlage (Bild 20) ist es das weltweit am häufigsten eingesetzte Aufzugseil. Aber auch die Seilkonstruktion 8x19 Warrington mit Naturfasereinlage (Bild 21) hat aufgrund ihres besseren Dauerbiegeverhaltens ihre Befürworter. Zu beachten ist, dass die Seilqualität sehr stark von der Qualität der Faser und der daraus hergestellten Fasereinlage abhängt.

Bild 20: 8x19S + NFC

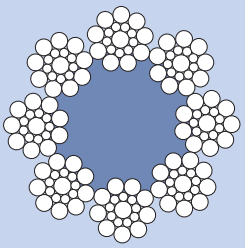
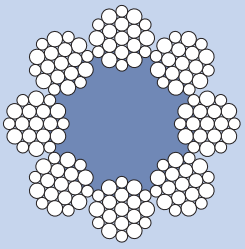


Bild 21: 8x19W + NFC



8-litzig, IWRC

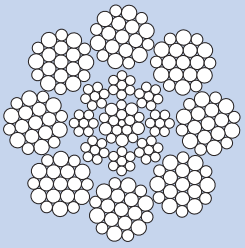
Wann kommt ein 8-litziges Seil mit Stahleinlage zum Einsatz?

Das 8-litzige Seil mit Stahleinlage (Bild 22) hat die meisten der Vorteile und nur wenige der Nachteile des 8-litzigen Seiles mit Fasereinlage.

Vorteile:

- 8-litzige Seile sind runder als 6-litzige Seile,
- 8-litzige Seile mit Stahleinlage bleiben im Betrieb rund im Querschnitt und sind damit gut für Rillen mit großem Unterschnitt geeignet,
- 8-litzige Seile sind biegeweich und besitzen gute Dauerbiegeeigenschaften,

Bild 22: DRAKO 250 T, 8x19W + IWRC



Häufig gestellte Fragen zu Drahtseilen in Aufzügen

- geringe bleibende und elastische Dehnung,
- geringe Seildurchmesserveränderung unter Last, auch über die Zeit und
- hohe Bruchkraft im Verhältnis zum Durchmesser.

Einsatzbereich:

Das 8-litzige Seil ist eine servicefreundliche Lösung für den stärker beanspruchten Aufzug bevorzugt für Seillängen von 50 bis 100 m.

9-litzig, IWRC

Wann kommt ein 9-litziges Seil mit Stahleinlage zum Einsatz?

Das 9-litzige Aufzugseil wurde 1955 als eines der ersten Aufzugseile mit Stahleinlage als DRAKO 300 T entwickelt (Bild 23).

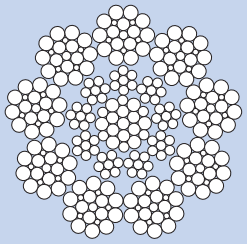
Vorteile:

- ein sehr runder Querschnitt und damit kleine Pressung zwischen Seil und Rille,
- viele dünnere Drähte und damit sehr gutes Dauerbiegeverhalten. Zusätzlich kann man durch eine besondere Anordnung der Drähte in den Litzen und der Litzen im Seil Drahtüberschneidungen vermeiden und so die Möglichkeit innerer, nicht sichtbarer Drahtbrüche verringern,
- eine geringe bleibende und elastische Dehnung und damit eine hohe Haltegenauigkeit auch bei Schächten mit großen Förderhöhen.

Einsatzbereich:

Das 9-litzige Aufzugseil ist die beste Tragseillösung für alle Aufzuganlagen mit großen Förderhöhen und auch für Treibscheibenaufzüge mit vielen Umlenkscheiben.

Bild 23: DRAKO 300 T, 9x21F + IWRC



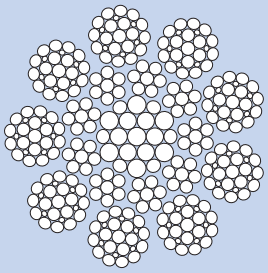
PWRC (doppelparallel)

Was sind parallel geschlagene Seile?

Bei den bisher vorgestellten Seilkonstruktionen werden die Seileinlage und die Außenlitzen in getrennten Arbeitsgängen unabhängig voneinander verseilt. Diese Seile sind robust und relativ unempfindlich gegen Lockerungen durch äußere Einwirkungen z. B. infolge von Schrägzug. Die seit Jahrzehnten bewährte Seilkonstruktion des DRAKO 300 T ist auch in einer doppelparallelen Variante als 300 TP verfügbar. Bei einem parallel verseilten Seil werden die Seileinlage und die Litzen in einem Arbeitsgang mit gleicher Schlaglänge verseilt. Die Außenlitzen liegen dabei linienförmig im Bett von zwei Litzen der Seileinlage (Bild 24). Diese Seile haben eine hohe Bruchkraft und teilweise sehr hohe Dauerbiegeleistungen. Der große metallische Querschnitt führt zu hohen Bruchkräften und niedriger elastischer und permanenter Dehnung. Diese Seile besitzen einen sehr runden Seilquerschnitt. Sie sind jedoch empfindlich gegenüber Aufdrehen bei der Montage und/oder unter Schrägzug. Die Einsatzgebiete sind Anlagen mit hohem Anspruch an Haltegenauigkeit beim Be- und Entladen bevorzugt mit einfachem Seilverlauf.

Zu beachten ist, dass die Seilendbefestigungen unbedingt – wie bei allen Aufzugseilen – gegen Verdrehung gesichert werden müssen. Bei großen Förderhöhen sollten die Seile bei der Montage so wenig wie möglich aufgedreht werden mit maximal 5 Umdrehungen auf 100 m Förderhöhe. Die Rillen der Treibscheibe sind bei Seilwechsel zu kontrollieren. Zweckmäßig ist eine Mantellinie auf dem Seil, die hilft, die Ausrichtung der Seile zu kontrollieren und gegebenenfalls zu korrigieren.

Bild 24: DRAKO 300TP



Indirekt hydraulisch

Welche Tragseile werden für indirekt-hydraulische Aufzüge eingesetzt?

Bei indirekt-hydraulischen Aufzügen laufen die Tragseile nur über Umlenkscheiben mit Rundrillen. Durch das Fehlen einer Treibscheibe können stärker geschmierte Seile eingesetzt werden. Zudem sind wegen der Rundrillen höhere spezifische Seilzugkräfte möglich. Die typisch verwendeten Seilkonstruktionen sind 6-litzige Seile mit Fasereinlage (Bild 19) sowie 8- und 9-litzige Seile mit Stahleinlage (Bild 22 und Bild 23). Die übliche Seilfestigkeitsklasse ist 1770 und bei Seilen mit Stahleinlage gelegentlich noch 1570 und 1570/1770.

Gewichtsausgleichsseile

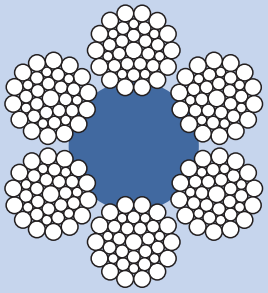
Was sind Gewichtsausgleichsseile (gespannte Unterseile)?

Für Treibscheibenaufzüge werden gespannte Unterseile zum Gewichtsausgleich und zur Begrenzung des Gegengewichtsspringens unter der Wirkung der Fangvorrichtung oder der Puffer eingesetzt. Die Trag- und Unterseile unterscheiden sich wesentlich im Hinblick auf die Einsatzbedingungen. Die Erfahrungen der letzten Jahrzehnte haben zu speziellen Unterseilkonstruktionen geführt mit erhöhter Seillebensdauer, großer Laufruhe und konstanten Seillängen. Diese Konstruktionen basieren auf den Forderungen

- eines sehr runden Querschnittes und damit einer geringen Pressung zwischen Seil und Rille,
- vieler dünnerer Drähte und damit eines sehr guten Dauerbiegeverhaltens,
- dickere und dafür weniger Seile und schmalere Spannseilrollen einzusetzen und
- dickere Seile bei kleinem D/d = 30 einzusetzen und der Konsequenz flexible vieldrähtige Seilkonstruktionen zu wählen (Bild 25).

Seilverdrehungen sind nicht auszuschließen, da häufig 2 Spannseilrollen nebeneinander angeordnet sind. Ausgangspunkt können Fluchtungsfehler sein. Seilzerstörungen sind möglich. Seile mit Naturfasereinlage reagieren bei den typischen geringen Unterseilkräften auf wechselnde Luftfeuchtigkeit im Schacht (Bauphase, Monsun-Klima etc.) mit deutlichen Längenänderungen. Kunstfasereinlagen haben sich als Problemlösung bewährt. Als Unterseile werden regelmäßig 6-litzige Seile mit großer Masse mit Kunstfasereinlage vorgeschlagen. Für Seildurchmesser von d = 13 bis 25 mm werden z. B. 6 x 25 Filler und für größere Seilnenndurchmesser Seile der Konstruktion 6 x 36 Warrington-Seale eingesetzt. Auch Vollstahlseile wie das DRAKO 300 T finden ihre Anwendung.

Bild 25: 6x36WS + NFC



Geschwindigkeitsbegrenzerseil

Was ist ein Geschwindigkeitsbegrenzerseil?

Geschwindigkeitsbegrenzerseile sind ein wesentliches Funktionselement im Geschwindigkeitsbegrenzer, der bei Erreichen einer Übergeschwindigkeit die Fangvorrichtung einrückt. Das Reglerseil läuft für kleine und mittlere Geschwindigkeiten in einer Formrille des Begrenzerrades. Die Kraftübertragung bei Auslösen des Fangvorgangs erfolgt über Reibung zwischen Seil und Rille. Der dosierten Schmierung der Seile kommt deshalb eine wesentliche Bedeutung zu. In jüngerer Vergangenheit steigt die Anforderung an die Bruchkraft, die durch größere Seildurchmesser, erhöhte Seilfestigkeitsklassen oder durch die Vollstahlseil-Ausführung (z. B. DRAKO 6x19 W WSC und 250 T) gesteigert wird.

Als Reglerseile werden traditionell meist 6-litzige Seilkonstruktionen mit Fasereinlage in der Regel 6x19 Warrington + FC eingesetzt (Bild 19).
Es handelt sich dabei weitgehend um Seile der Durchmesser 6 und 6,5 mm in den Seilfestigkeitsklassen 1570, 1770 und zum Teil sogar 1960. Die EN 81-20 schließt zwar die Seilfestigkeitsklasse 1960 für Tragseile aus, lässt sie aber für die Reglerseile zu. Mit zunehmender Förderhöhe und damit Seillänge steigen die erforderlichen Seilkräfte. Dies führt zum Einsatz von Reglerseilen mit Seildurchmessern von d = 8 bis 10 mm zum Teil bis 13 mm in der Seilkonstruktion 8 x 19 Warrington bzw. 8 x 19 Seale + IWRC.

Ein Teil der Geschwindigkeitsbegrenzer bremsen für Geschwindigkeiten in der Regel über 2,5 m/s das Reglerseil nicht mittels Blockierung der Begrenzerscheibe, sondern durch sich schließende Bremsbacken. Das hierfür benötigte Reglerseil darf dann nicht zu feindrahtig bzw. feinlitzig sein. Obwohl sich für die verschiedenen Bauformen von Geschwindigkeitsbegrenzern die meisten der oben angeführten Seilkonstruktionen bewährt haben, sollte die Festlegung der Seilkonstruktion letztlich durch den Begrenzerhersteller erfolgen.

Werden Seile mit Fasereinlage als Reglerseile in besonders hohen Gebäuden eingesetzt, so ist der Einsatz von Seilen mit Kunstfasereinlage zu bevorzugen. Die Seile sollten dann aber stark vorgereckt sein, um die Längung im Betrieb zu begrenzen. Dies ist deshalb von Bedeutung, da auch die Begren-

zerseile vorgespannt sein müssen und der Spannweg begrenzt ist. In den USA trifft man noch in gewissem Umfang auf Reglerseile der Festigkeitsklasse IRON. Die bei diesen Seilen vorgeschriebene Nennzugfestigkeit der Außendrähte von 700 N/mm² ist bedingt durch die in manchen Geschwindigkeitsbegrenzern verwendeten Messingbremsbacken. Sie würden mit Stahlseilen höherer Festigkeitsklassen vermutlich zu schnell verschleißen.

Seileinlage

Seileinlage

In Aufzugseilen werden je nach Einsatzzweck zwei verschiedene Einlagearten verwendet: die Fasereinlage aus Natur- oder Kunststofffasern und die Stahleinlage, erweiternd auch die Mischseele aus Stahleinlage mit Faseranteil.

Was ist eine Fasereinlage?

Fasereinlage

In Aufzugseilen kommen Fasereinlagen aus Natur- oder Kunststofffasern zum Einsatz, wobei die Naturfasern – meist Sisal – am weitesten verbreitet sind. Seile mit Fasereinlage passen sich aufgrund ihrer Verformbarkeit in gewissen Grenzen der jeweiligen Rillenform an. Die Vorteile der Fasereinlagen von DRAKO sind

- die Widerstandsfähigkeit gegen Pressung,
- die langlebige Stützwirkung für die Litzen und
- die geringe Deformierbarkeit.

Die Nachteile sind, dass

- gute Garnqualitäten (d. h. dünne, gleichmäßige Garne) teuer und nicht leicht erhältlich sind,
- das Material Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft aufnimmt und somit
- Verrottung möglich ist.

Die Fasereinlage dient einerseits als Schmiermittelspeicher, die Fähigkeit viel Fett zu speichern kann andererseits aber auch zum Nachteil werden. Eine starke Schmierung der Fasereinlage bei der Herstellung und eine erhöhte Schmiermittelabgabe im Betrieb führen zu einem raschen Seildurchmesserschwund, da aus der Fasereinlage herausgepresstes Fett einen Volumenverlust der Fasereinlage bedeutet.

Kunstfasern wie Polypropylen (PP), durchaus üblich bei Kranseilen und Seilbahnseilen, kommen auch bei Aufzugseilen zum Einsatz. Bei Rillenverschleiß auf Scheiben mit einer Härte unter 200 HB sind gerade Seile mit dieser Einlage häufig beteiligt. Trotz aller Vorteile gilt zu beachten, dass Fasereinlagen aus Naturfasern für Aufzugseile mit kleinem Durchmesser (7 mm und weniger) selbst bei großer Sorgfalt nur schwer mit genügender Durchmessergenauigkeit hergestellt werden können.

Fasereinlagen aus Polypropylen haben jedoch den Vorteil in feuchter Umgebung keine Verrottung und keine Volumenänderung zu zeigen. Die Nachteile der PP-Einlage liegen in der höheren elastischen Dehnung und der damit verbundenen höheren Wahrscheinlichkeit für Seilabdrücke in Seilscheiben.

Für Geschwindigkeitsbegrenzerseile und Unterseile in Anlagen mit großer Seillänge, insbesondere in einer Umgebung mit hoher Luftfeuchtigkeit, sollten Chemiefasereinlagen gewählt werden. Naturfasern nehmen Feuchtigkeit auf, die Einlage wird dicker und das Seil kürzer. Bei großen Reglerseillängen reicht dann der meist nur relativ kurze Spannweg nicht aus. Polyamidfasern haben als Fasereinlagen für Seile in Rundrillen wegen ihrer Druckbeständigkeit sehr gute Ergebnisse erzielt. Sie sind jedoch relativ teuer. Bild 26 zeigt einen Vergleich der verschiedenen Fasermaterialien für Fasereinlagen für Aufzugseile. Die Aufgaben der Schmiermittel werden zu einem späteren Zeitpunkt beleuchtet. Es kann aber festgestellt werden, dass besondere Anforderungen an die Gleichmäßigkeit der Einlage und an die dosierte Schmierung gestellt werden. Der Einfluss der Seileinlage auf die Seillebensdauer wird dabei häufig unterschätzt.

Bild 26:
Vergleich der Materialien für Fasereinlagen in Aufzugseilen

Fasermaterial	Fettaufnahme ohne Probleme ca.	Vorteile	Nachteile
Naturfaser Sisal	bis 17 %	gute Fettaufnahme, druckfest, wenig längselastisch	empfindlich gegen hohe Luftfeuchtigkeit
Naturfaser Hanf	bis 22 %	gute Fettaufnahme, gutes Litzenbett, wenig längselastisch	im Durchmesser weniger stabil als Sisal, empfindlich gegen hohe Luftfeuchtigkeit
Naturfaser Jute	bis 20 %		nur für Seile unter 6 mm Durchmesser empfehlenswert
Chemiefaser Polypropylen (Splittfaser)	bis 12 %	gleichmäßig dick	wenig druckfest, plastifizierbar, bei hoher Temperatur ausschmelzbar
Chemiefaser Polyamid	bis 8 %	sehr druckstabil, gleichmäßig	geringe Fettaufnahme, teuer, sehr längselastisch (Seilherstellung problematisch), schmelzbar
Chemiefaser Aramid, z. B. Kevlar von Dupont	nicht bekannt, jedenfalls gering	als Faser fast so zugfest wie Stahl, temperaturfest bis ca. 350 °C	als reine Faser schwer als Fasereinlage verarbeitbar, sehr teuer

Stahlseileinlage

Was ist eine Stahleinlage?

Stahleinlagen vergrößern den metallischen Querschnitt und vermindern damit die Zugbeanspruchung im Einzeldraht. Seile mit Stahleinlage haben unter gleichen Lastverhältnissen eine geringere Dehnung als Seile mit Fasereinlage. Die Stahleinlage kann sehr vielgestaltig sein (Bild 13). Die Stahleinlage kann separat (unabhängig) in einem vorangehenden Arbeitsgang vor dem Verseilen mit den Außenlitzen hergestellt werden (Bild 22 und Bild 23). Eine weitere Variante ist die Stahleinlage und die Litzen in einem Arbeitsgang, d. h. parallel herzustellen (Bild 24). Die Außenlitzen und die Litzen der Stahleinlage liegen – vergleichbar mit den Drähten in Parallelschlaglitzen – so, dass sie sich linienförmig berühren.

Alle Seile mit Stahleinlage haben gemein, dass sie bei der Montage nicht aufdrehen dürfen. Obwohl Seile immer sorgfältig aufzulegen sind, ist der negative Einfluss von Seilverdrehung bei Seilen mit Fasereinlage geringer als bei Seilen mit Stahleinlage. Während in Seilen mit Fasereinlage alle Litzen durch Verdrehen des Seiles gleichmäßig länger oder kürzer werden, lockern sich in Seilen mit Stahleinlage die Außen- und Innenlitzen unterschiedlich. Dies kann zu stark unterschiedlichem Tragverhalten im Seil und damit einer Lebensdauerreduzierung führen. Seilschäden durch z. B. heraustretende Einlagelitzen sind nicht auszuschließen.

Seilschmierung

Wie wichtig ist die Schmierung von Litzen und Einlage bei der Herstellung?

Draht, Litze und Einlage sind wichtige Bestandteile des Seils, die aber beim Lauf über Scheiben nur dann optimal zusammenarbeiten, wenn Schmierung zwischen den Drähten vorhanden ist. Die Biegung des Seils ist nur deshalb so leicht möglich, weil sich die Drähte gegeneinander verschieben können. Ausreichende Schmierung reduziert die Reibung zwischen den Drähten. Allerdings ist gerade für den Aufzug die Regel „viel hilft viel“ völlig falsch. Vielmehr muss ein Aufzugseil, das häufig und jahrelang über Scheiben gebogen wird, zwar gut aber wohl dosiert geschmiert sein. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass durch das Schmiermittel die notwendige Treibfähigkeit, die sowohl von der Geometrie der Treibscheibe als auch vom Reibwert zwischen Seil und Scheibe bestimmt wird, nicht beeinträchtigt wird. Auch die Verschmutzungsgefahr durch abgeschleudertes Schmiermittel ist nicht zu unterschätzen. Treibscheibenaufzüge sind je nach Auslegung sehr unterschiedlich in ihrer Treibfähigkeitsreserve, d. h. der Differenz aus theoretisch zur Verfügung stehender Treibfähigkeit und tatsächlich genutzter Treibfähigkeit. Aufzugseile werden nur selten für eine spezielle Aufzuganlage gefertigt. Der Seilhersteller muss stets vom ungünstigsten

Fall ausgehen und darf Aufzugseile in der Regel nur sorgfältig dosiert und äußerst gleichmäßig schmieren. Aufgrund der langen Standzeiten von Seilen in Aufzuganlagen kommt der Nachschmierung eine besondere Bedeutung zu. Für die Nachschmierung gelten die gleichen Anforderungen wie bei der Erstschmierung, wobei sichergestellt sein muss, dass Erst- und Nachschmierung chemisch verträglich zueinander sind. Für die Anwendung im Treibscheibenaufzug sind bitumenhaltige Schmiermittel ungünstig, da sie zähhaftende Krusten an Scheiben und Seilen bilden. Auf reibungsmindernde Bestandteile wie Molybdänsulfid oder Teflonpartikel sollte verzichtet werden, da sie hinsichtlich der Treibfähigkeit nur schwer abschätzbare Einflüsse haben können und die Anwendung nur unnötig verteuern. Das verwendete Nachschmiermittel sollte vom Seilhersteller für seine Produkte freigegeben sein. Weitere Informationen zum Thema Seilschmierung können auch der EN 12385-3 entnommen werden.

(Seil-) Schlagrichtung

Welche Bedeutung hat die Schlagrichtung?

Bei der Schlagrichtung werden rechts oder links geschlagene Seile unterschieden. In der Regel ist das Aufzugseil rechts geschlagen, d. h. die Außenlitzen bilden eine „Rechtsschraube“ also eine rechtsgängige Helix. Wegen des Drehmoments, das aus dem Bestreben des Aufzugseils, den Verseilzustand unter Zugbelastung wieder rückgängig zu machen, resultiert, wurden Aufzuganlagen in der Vergangenheit häufig mit paarweise rechts- und linksgeschlagenen Seilen ausgestattet. So konnten die aus dem Seildrehmoment unter Last resultierenden Kräfte auf die Führungsschienen von Fahrkorb und Gegengewicht kompensiert werden. Da diese Kräfte aber klein sind im Verhältnis zu den Kräften, die die Führungsschienen aufnehmen können, wird bei modernen Aufzuganlagen der Forderung, dass alle Tragseile einer Anlage möglichst gleich sein sollten, sie also stets einer Fertigung entstammen sollten, die Priorität gegeben. Auf den gemischten Einsatz rechts und links geschlagener Seile, die nur in getrennten Prozessen hergestellt werden können, wird regelmäßig verzichtet. Bei Altanlagen, die z. B. ein ungeführtes Gegengewicht aufweisen, kann der Einsatz paarweiser rechts- und linksgeschlagener Seile noch notwendig sein. Bei Trommelaufzuganlagen muss die zur Seilschlagrichtung passende Trommelsteigung gewählt werden, d. h. „rechtes Seil – linke Trommel“.

Schlagart

Was bedeuten Kreuzschlag und Gleichschlag?

Ebenso wie die Litzen im Seil, können die Drähte in den Litzen rechts oder links geschlagen sein. Von Kreuzschlag spricht man bei unterschiedlicher Schlagrichtung von Außenlitzen im Seil und Drähten in diesen Außenlitzen. Bei gleicher Schlagrichtung der Drähte in der Litze und der Litzen im Seil spricht man von Gleichschlag. Bei Kreuzschlagseilen liegen die sichtbaren Außendrähte annähernd in Richtung der Seilachse. Bei Gleichschlagseilen sind die sichtbaren Außendrähte stark zur Seilachse geneigt.

Kreuzschlag

Was zeichnet ein Kreuzschlagseil aus?

Kreuzschlagseile sind robust und problemlos zu montieren. Sie neigen beim Auflegen, also beim freien Hängen im Schacht, nur geringfügig zum Aufdrehen. Die elastische Dehnung ist bei Kreuzschlagseilen geringer als bei Gleichschlagseilen. Die Ablegereifeerkennung ist aufgrund äußerlich sichtbarer Drahtbrüche leicht möglich. Wegen dieser Vorteile setzen die meisten Aufzughersteller ausschließlich Kreuzschlagseile ein.

Bild 27

Gleichschlag

Was zeichnet ein Gleichschlagseil aus?

Gleichschlagseile erreichen in Rundrillen größere Biegeleistungen als Kreuzschlagseile. Sie sind aber empfindlicher gegenüber Schrägzug und stellen höhere Anforderungen an die Montage. Das Aufdrehen beim Auflegen der Seile, also beim freien Hängen im Schacht, muss verhindert werden, da es

sonst zu Drahtlockerungen und in deren Folge zur vorzeitigen Seilschädigung kommt. Auch ein „scharfer“ Unterschnitt kann die kreuzende Außendrähte eines Gleichschlagseiles leichter schädigen. Die Ablegereife durch äußerlich sichtbare Drahtbrüche ist wegen der höheren Drahtspannungen im Seilinneren unter Umständen erschwert. Die Akzeptanz gegenüber Gleichschlagseilen ist weltweit sehr unterschiedlich. Während sie z. B. in England gleichberechtigt eingesetzt werden, bestehen in Deutschland Vorbehalte.

Bild 28

Vorformung

Warum vorgeformte Seile?

Bei vorgeformten Seilen sind die inneren Spannungen der Drähte in den Litzen und der Litzen im Seil reduziert, so dass vorgeformte Seile beim Entfernen der Seilabbindung nicht aufspringen. Dadurch werden Ablängung und Montage der Seile wesentlich erleichtert. Vorgeformte Seile bezeichnet man auch als spannungsarme Seile. In Europa sind vorgeformte Aufzugseile inzwischen Standard.

Vorrecken

Wozu werden Seile vorgereckt?

Mit dem Vorrecken von Aufzugseilen soll das Setzen des Seilgefüges, das sonst während der ersten Belastungszyklen nach dem Auflegen erfolgt, vor der Inbetriebnahme erfolgen. Damit werden die mit dem Setzen des Seilgefüges einhergehende bleibende Seildehnung (= bleibende Längung) und der daraus resultierende Aufwand zum Kürzen der Seile nach kurzer Betriebszeit reduziert.

Wie werden Seile vorgereckt?

Erfahrene Aufzugseilhersteller erzielen durch geeignete Maßnahmen beim Verseilen einen Vorreckeffekt durch Belastung des Seiles im Abzug beim Verseilvorgang. Stärkeres Vorrecken erfordert einen gesonderten Arbeitsgang. ISO 4344 begrenzt die Maximalzugkraft beim Vorrecken auf bis zur Hälfte der Mindestbruchkraft. Mehrere Reckvorgänge können erforderlich sein.

Wann ist Vorrecken sinnvoll?

Den deutlichsten Effekt erzielt man beim Vorrecken von 8-litzigen Seilen mit Naturfasereinlage. Hier kann man 0,2 % bleibende Seildehnung erreichen, da sich die Litzen dauerhaft tiefer in die Fasereinlage einbetten. Bei Seilen mit Stahleinlage ist die Wirkung des Vorreckens auf die bleibende Dehnung relativ gering. Auch geht der Vorreck-Effekt durch das Handhaben der vorgereckten Vollstahlseile beim Auflegen teilweise wieder verloren.

Der Seildurchmesser

Seildurchmesser

Welche Seildurchmesser finden im Aufzugbereich Verwendung?

Bild 29 zeigt die in Europa, den USA und Japan (Ostasien) gebräuchlichsten Seildurchmesser. Für einige europäische Länder sind die jeweils am häufigsten verwendeten Tragseildurchmesser zusätzlich markiert. Darüber hinaus werden im High-Rise Bereich auch 24 mm Seile eingesetzt. Obwohl Seildurchmesser kleiner 8 mm in der aktuellen Fassung der EN 81-20 nicht erfasst werden, existieren bereits Aufzuganlagen mit 6,5 und 6 mm Tragseilen (DRAKO 250 T), die aufgrund einer separaten Baumusterprüfbescheinigung einer benannten Prüforganisation betrieben werden dürfen. Die Entwicklung derart kleiner Seildurchmesser wird durch den Trend zum maschinenraumlosen Aufzug mit kleinen, schnelllaufenden Antriebsmaschinen vorangetrieben.

Häufig gestellte Fragen zu Drahtseilen in Aufzügen

Bild 29:
Die gebräuchlichsten Seildurchmesser

Seildurchmesser		Europa			USA		Japan
		Treibscheiben	indirekt-hydraulische Aufzüge				
mm	inch	Tragseil	Tragseil	Reglerseil	Tragseil	Reglerseil	Tragseil
6		x[1)]		x			
6,5		x[1)]		x[2)]			
8		x[2)]	x	x			x
9		x					x
	3/8				(x)	x	
10		x[3)]	x	x			x[7)]
11	7/16	x[4)]	x		x		
12		x					x[6)]
	1/2				x[5)]	x	x
13		x[2)]	x	(x)			
14		x					x
15		x					
15,5		x					
16	5/8	x			x		x
	11/16				x		
18		x		x			x
	3/4				x		
20		x					x
	13/16				x		
22	7/8				x		x

[1)] bei FC nur für Kleingüteraufzüge [2)] häufigstes Seil in Deutschland [3)] häufigstes Seil in Frankreich [4)] häufigstes Seil in UK
[5)] häufigstes Seil in USA [6)] häufigstes Seil in Japan [7)] offizielles Durchmesserminimum in Japan

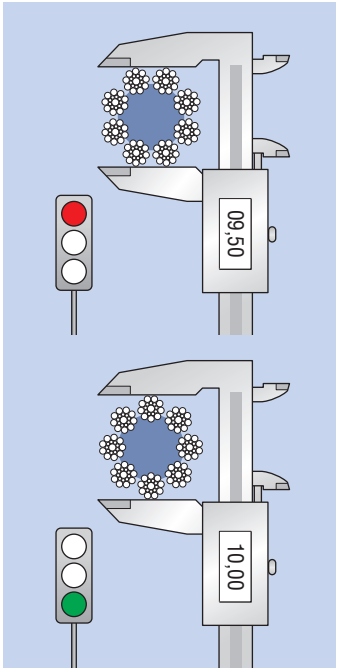
Bescheinigung über eine Konformitätsprüfung CA067

Die Limitierung auf $D/d \geq 40$ ist von PFEIFER DRAKO durch die Bescheinigung über eine Konformitätsprüfung CA067 für die Seile DRAKO 250 T $d = 6$, 6,5 und 8 mm aufgehoben worden, indem Sicherheitsfaktoren S_f und Durchmesserverhältnisse D/d praktisch beliebig gewählt werden können unter Einhaltung $S_f \geq 12$ und $D/d \geq 18{,}5$ ($d = 6{,}5$ mm). Dabei müssen die Nachweise der Treibfähigkeit zuvor erbracht sein, um die Rillenform festzulegen. Entscheidungsgraphen zeigen die zu erwartende Fahrtenzahl der jeweiligen Aufzugkonfiguration und lassen eine Spiegelung am erwarteten Förderaufkommen der Aufzuganlage zu.

Wie wird der Durchmesser von Aufzugseilen gemessen?

Der Seildurchmesser ist innerhalb einer Ebene und um 90° versetzt zu messen. Bei gerader Anzahl der Außenlitzen muß über zwei gegenüberliegende Litzen gemessen werden, bei ungerader Litzenanzahl über eine Litze und die gegenüberliegende Litzenlücke (Bild 30). Aus beiden Durchmessern ist der Mittelwert zu bilden.

Bild 30: Durchmessermessung bei Stahldrahtseilen



Toleranzen

Welche Seildurchmesser-Toleranzen sind zulässig

Aufzugseile, insbesondere Tragseile für Treibscheibenantriebe, müssen zur Gewährleistung einer verschleißarmen Kraftübertragung zwischen Treibscheibe und Seil enger toleriert werden als andere Drahtseile. In DIN EN 12385-5 sind in Abhängigkeit von der Seileinlage und dem Seilnenndurchmesser Grenzabmaße festgelegt. PFEIFER DRAKO übernimmt dabei die Toleranzen aus EN 12385-5 für Vollstahlseile, fasst aber das Toleranzfeld gegenüber der Norm deutlich enger. Die Toleranzen beziehen sich auf den ungespannten Zustand und werden in Anteilen der Seilmindestbruchkraft ausgedrückt (Bild 31).

Bild 31: Durchmessertoleranzen nach EN 12385-5

Seilnenn-durchmesser d [mm]	Toleranzen für den Seil-IST-Durchmesser d_{ist}					
	Seile mit Stahleinlage			Seil mit Fasereinalge		
	Unbelastet	5 % F_{min}	10 % F_{min}	Unbelastet	5 % F_{min}	10 % F_{min}
d ≤ 10 mm	0 % bis 3 %	≥ d	≥ 0,99d	0 % bis 6 %	≥ 1,01d	≥ d
d > 10 mm	0 % bis 2 %			0 % bis 5 %		

Seilendverbindungen

Seilendverbindungen

Bei Seilendverbindungen werden lösbare und unlösbare Endverbindungen unterschieden, von denen aber regelmäßig nur die in Bild 32 dargestellten Seilendbefestigungen im Aufzugbau eingesetzt werden. Die Endverbindungen erfüllen die Bedingung der EN 81-1.1998 Abschnitt 9.2.3 bzw. EN 81-20/2014 Abschnitt 5.5.2.3.

Eine Endverbindung mit Drahtseilklemmen nach EN 13411-5 ist nicht aufgeführt und kann für den hier sicherheitsrelevanten Einsatz nicht empfohlen werden. Für alle Endverbindungen von Aufzugseilen gilt, dass sie nach dem Einbau gegen Verdrehen gesichert werden müssen.

Was ist ein Verguss?

Verguss

In Deutschland ist der Verguss als Endbefestigung für Aufzugseile praktisch nicht relevant, während in den USA [8] und in Fernost Seile so noch befestigt werden. Der Verguss ist sehr stark abweichend von EN 13411-4 [9] und nur bei den geringen Seilkräften im Aufzug überhaupt sicher. Der Vorteil des Vergusses liegt in der relativ schlanken Bauweise. Alternativ kann auch ein Kunststoffverguss verwendet werden. Es sei an dieser Stelle bereits darauf hingewiesen, dass die zukünftige europäische Aufzugnormung den Verguss nicht mehr zulässt.

Was ist eine Aluminium-Pressklemmenverbindung?

Aluminium-Pressklemme

Die Aluminium-Pressklemmenverbindung wird nach EN 13411-3 [10] in Europa sehr häufig eingesetzt. Sie ist im Aufzugbau meist in Verbindung mit Kausche [11] und Ösenstange zu finden (Bild 32). Üblich ist die Anwendung in Kombination mit einem Seilschloss am anderen Seilende. Die Aluminium-Pressklemme wird ab Werk vorkonfektioniert. Die Verpressung kann nicht bei der Seilmontage angebracht werden. Die Verpressung ist eine sehr sichere Verbindung, die von wenigen Ausnahmen wie z. B. den USA abgesehen, eine breite Akzeptanz besitzt. Um so bedauerlicher ist, dass z. B. in den USA der Aluminiumverpressung ein gewisses Misstrauen entgegengebracht wird.

Was ist ein Stahlpressfitting?

Stahlpressfitting

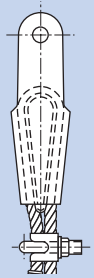
Der Stahlpressfitting hat eine sehr schlanke Form und lässt zahlreiche Anschlussmöglichkeiten zu. Bei den Stahlpressfittingen werden die Stahlhülsen und die Seile vorwiegend durch das Umformverfahren Walzen dauerhaft miteinander verbunden. Durch die elegante Bauweise werden diese Seilendverbindungen sehr häufig in offenen Repräsentativanlagen, wie z. B. in Hotels, eingesetzt. Sie finden aber auch Verwendung bei engen Platzverhältnissen wie z. B. bei einer Kabinenanordnung mit Rucksackaufhängung. Allgemein gilt, dass auch die Bolzenverpressungen gegen Verdrehen gesichert werden müssen. Die Einstecktiefe des Seils in die Presshülse und damit die Presslänge ist für die sichere Funktion entscheidend. Anhand einer Kontrollbohrung, die in der Presshülse am Ende der Einsteckstrecke angebracht ist, wird nachgeprüft, ob das Seilende vollständig in der Hülse steckt.

Bild 32: Seilendbefestigungen im Aufzugbau

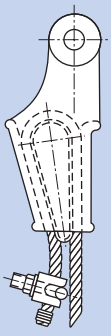
(Alu-) Pressklemme

Bolzenverpressung

Symm. Seilschloss EN 13411-7



Asymm. Seilschloss



Häufig gestellte Fragen zu Drahtseilen in Aufzügen

Was ist ein symmetrisches Seilschloss für Aufzüge?

Symmetrisches Seilschloss

Das symmetrische Seilschloss nach EN 13411-7 [12] ist sehr häufig in Deutschland, England, Italien und auch in Japan anzutreffen (Bild 32). Als Drahtseilklemme zur Sicherung des Seiles in schlaffen Zustand darf nur eine Klemme nach EN 13411-5 [13] eingesetzt werden.

Was ist ein asymmetrisches Seilschloss?

Asymmetrisches Seilschloss

Das asymmetrische Seilschloss nach 13411-6 [14] (Bild 32) hat hinsichtlich der Seilführung Vorteile, ist aber in seiner konstruktiven Gestaltung relativ sperrig. Diesem Umstand kann man in der Regel nur durch Verwendung einer gestaffelten Anordnung mit langen Augenschrauben begegnen. Bei Schlaffseilbildung ist Vorsicht geboten. Der Keil kann im Gegensatz zum symmetrischen Seilschloss herausfallen. Eine Sicherung des Totseilendes mit einer Drahtseilklemme nach EN 13411-5 ist notwendig. Eine Sicherung über beide Seilstränge (belasteter Seilstrang und totes Seilende) ist bei diesem Seilschlosstyp nicht zulässig.

Was ist eine Drahtseilklemme?

Drahtseilklemme

Die Europäische Aufzugnorm DIN EN 81-20 gestattet zukünftig die Seilendbefestigung mittels Drahtseilklemmen nicht mehr. Der Einsatz von Drahtseilklemmen in der sicherheitsrelevanten Anwendung Aufzug ist aber bereits heute abzulehnen und auf die Sicherung des Totseilendes bei den Seilschlössern zu beschränken.

Selbst vor einem vorübergehenden Anbringen einer Drahtseilklemme bei der Seilkürzung ist ausdrücklich zu warnen. Laufen die Seilstellen, an denen vorher die Drahtseilklemme gesessen hat, später über Scheiben, so wird das Seil mit hoher Wahrscheinlichkeit vorzeitig an dieser Stelle brechen. Auch wenn für Montagezwecke irgendwelche Seilklemmen am Seil befestigt werden, darf dies ausschließlich in solchen Seilbereichen erfolgen, die später nicht über Seilscheiben laufen.

Verdrehsicherung

Verdrehsicherung

Seilendverbindungen müssen im eingebauten Zustand gegen Verdrehung gesichert sein, damit keine Lebensdauer beeinflussenden Seilgefügeänderungen auftreten.

Aufzugseile im Betrieb

Wie sollen Seile gelagert werden?

Lagerung

Aufzugseile bestehen in der Regel aus blanken, nicht gegen Korrosion geschützten Drähten. Sie werden für den Einsatz im Aufzug relativ schwach gefettet. Aus diesem Grund sind die Seile bei einer längeren Lagerung bis zum Einbau gegen Korrosion zu schützen. Empfehlenswert ist eine trockene, frostfreie Lagerung in einem staubfreien Raum. Insbesondere der Kontakt mit Zementstaub oder Sand ist zu vermeiden. Bei einer (Schutz-)Abdeckung der Seile ist auf eine ausreichende Belüftung zu achten, um die Bildung von Kondenswasser bei z. B. schwankenden Temperaturen zu vermeiden, vgl. DIN EN 12385-3.

Wie können Seile zum Einbau abgerollt werden?

Abrollen

Unbedingt beachtet werden müssen die Grundregeln der Seilmontage. Durch seitliches Abnehmen über den Haspelflansch oder aus dem Ringverband wird das Seil je nach Schlagrichtung auf- oder zugedreht. Diese Verdrehung verursacht eine Veränderung des Seilgefüges, die sich nicht mehr korrigieren lässt. Bei Seilen mit Stahleinlage entstehen durch diese Zwangsdrehungen ungleiche Litzenlängen. Die Folge ist eine ungleiche Lastverteilung im Seilverband und ein Heraustreten von Litzen, die eine Überlänge erfahren haben.

Bild 33

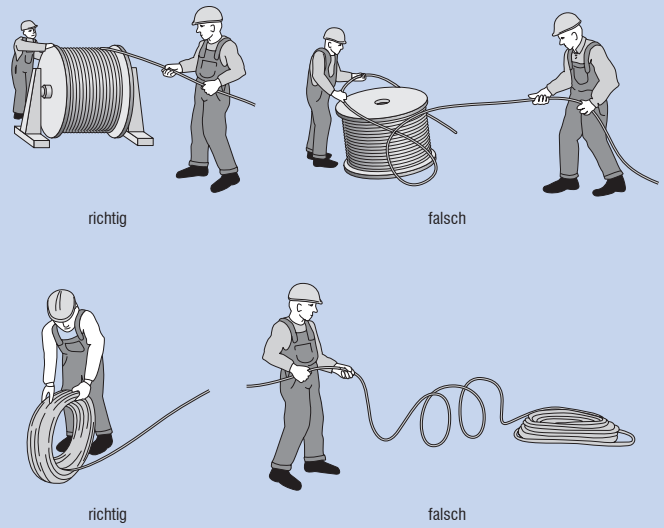


Bild 34:
„Klanke“

Bild 35:
„Zopf“

Klanken

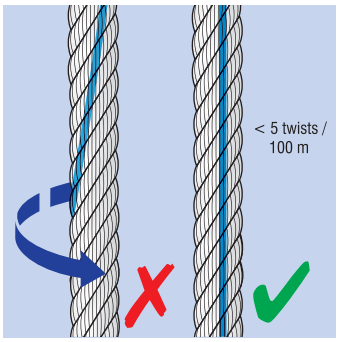
Wodurch entstehen Klanken, und wie können sie behoben werden?

Durch Unachtsamkeiten z. B. beim Abrollen entsteht häufig ein Drehmoment im Seil (Bild 33). Wird ein Seil durch diesen Effekt zu einem Zopf (Bild 35), so ist dieser nur durch Drehen am Seilende zu beseitigen. Ein gewaltsames Drehen am Zopf selbst oder Ziehen am Seil führt fast immer zu einer Klanke. Das Seil ist damit zerstört und muss ausgewechselt werden (Bild 34).

Aufdrehende Seile

Warum drehen Seile auf?

Bei großen Seillängen dreht sich ein Seil bereits unter seinem Eigengewicht auf, wenn es frei und ohne Verdrehsicherung im Schacht hängt. Der gleiche Effekt tritt auf, wenn das Seil an einem dünnen Hilfsseil in die Höhe gezogen wird. Sehr empfindlich reagieren in diesem Zusammenhang Gleichschlagseile und doppelparallele Seile, wenn sie in diesem Zustand in Betrieb genommen werden. Das aufgelockerte Seil kann nicht wie in der Konstruktion geplant auf alle Seilelemente verteilt Lasten aufnehmen und kann bereits bei den ersten Lastspielen zerstört werden. Aus diesem Grund werden DRAKO-Seile mit einer Mantellinie versehen, die eine Verdrehung erkennbar macht. Bei der Montage ist zwingend darauf zu achten, das Verdrehen zu verhindern.

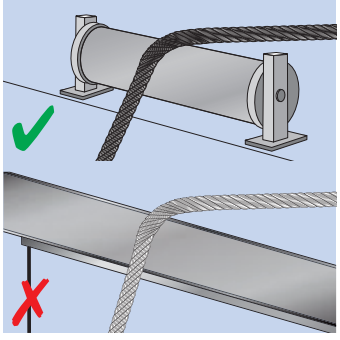


Installation

Welche Gefahren „lauern“ bei der Installation von Seilen?

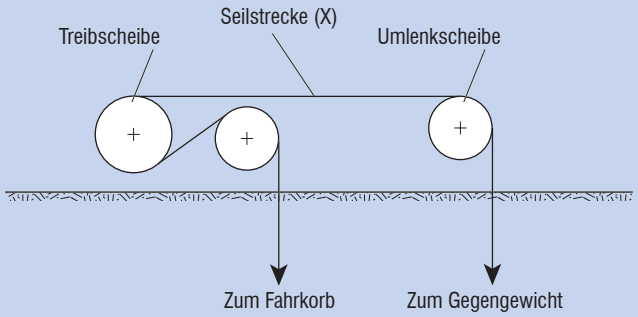
Scharfe Beton- und Stahlkanten stellen für Seile eine große Gefahr dar. Werden die Seile unter Last über diese Kanten gezogen – teilweise ist bereits das Eigengewicht der Seile ausreichend – werden die Seile nachhaltig beschädigt. Eine Schädigung zeigt sich bei einem entlasteten Seil durch eine korkenzieherartige Deformation der Seile. Diese ist im gespannten Zustand fast nicht zu erkennen. Zur Vermeidung sollten Rollen oder zumindest abgerundete Holzbalken zur Umlenkung verwendet werden.

Sandige oder staubige Böden sind für die Seile sehr schädlich. Das Schmiermittel an der Seiloberfläche verklebt mit den losen Schmutzpartikeln und bildet eine raue Schicht. Diese beschädigt im Betrieb das Seil und die Scheiben. Darüber hinaus ist mit einem unruhigen Lauf zu rechnen, da insbesondere die größeren Schmutzpartikel für ein ungleichmäßiges Ablaufen der Seile von den Umlenkrollen und der Treibscheibe sorgen. Dies kann auch zu Seilschwingungen führen.



Häufig gestellte Fragen zu Drahtseilen in Aufzügen

Bild 36: Die seitlich stehende Maschine



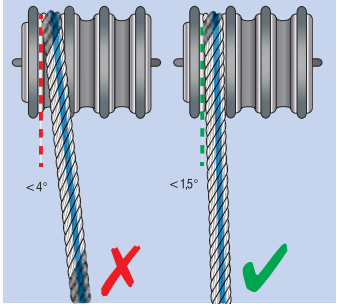


Bild 37: Seitliche Ablenkung beim Lauf über eine Seilscheibe

Manche Schäden, die auf eine unsachgemäße Montage zurückzuführen sind, zeigen sich bereits nach einer relativ kurzen Betriebszeit. Die Seile weisen quer zur Seillängsachse parallel zueinander horizontale Verschleißlinien auf, während die übrigen Seilbereiche nahezu unversehrt sind. Eine Ursache hierfür ist das Spannen der Seile mit einer ungeeigneten Vorrichtung, um z. B. die Gewichte von Kabine oder Gegengewicht zu messen. Die hierbei erfolgte Deformation der Seile, ggf. werden die Seile auch noch zusätzlich geknickt, führen zu lokalen Schädigungen in Form von Drahtbruchnestern, die ein unmittelbares Ablegen der Seile erforderlich machen.

Welchen Einfluss hat die Anordnung des Antriebs auf die Seile?

Antriebsanordnung

Aus unterschiedlichsten Gründen wird der Antrieb des Aufzugs nach Bild 36 am Schachtkopf oder auch am Schachtfuß (hier nicht abgebildet) jeweils seitlich stehend mit einer Gegenbiegung und einer langen horizontalen Seilstrecke angeordnet. Der reduzierte Platzbedarf wird erkauft durch eine Gegenbiegung der Seile. Diese Gegenbiegung ist verantwortlich für eine deutliche Reduzierung der Seillebensdauer.

Ein weiteres Problem bei dieser Anordnung stellen die horizontal verlaufenden Seilstrecken dar, die zu Schwingungen neigen. Die Schwingungsenergie bündelt sich an den Auflaufpunkten der Seile an den Scheiben und erhöht dort die mechanischen Spannungen in den Seilen. Diese zusätzliche Belastung führt zu einer früheren Ermüdung der eingesetzten Drähte. Drahtbrüche sind die Folge. Die Schwingungen im horizontalen Seilbereich führen nach der Umlenkung zu einer vertikalen Schwingung der Kabine und des Gegengewichts. Der Einfluss auf den Fahrkomfort ist offensichtlich. Zudem wird ein Dröhnen, Brummen etc. in der Kabine und im Schacht ausgelöst.

Bei Aufzügen mit einer 2:1-Aufhängung werden die einzelnen Umlenkrollen um bis zu 90° verdreht. Je nach Ausführung und den daraus resultierenden Ablenkungen neigen die Seile zu Schwingungen und schlagen aneinander. Eine Reduzierung der Aufliegezeit der Seile durch dieses Schlagen ist nicht zwingend zu erwarten. Die Geräusche sind im Fahrkorb wahrnehmbar. Ein weiteres Problem für die Seile ist in Bild 37 dargestellt. Der Kontakt der Seile mit den Umlenkrollen erfolgt nicht mittig, sondern leicht versetzt. Je nach Beschaffenheit der Rillen (Öffnungswinkel, Rauhigkeit) werden die Seile hierbei verdreht. Der Aufbau der Seile (Gleichschlag, Kreuzschlag) beeinflusst deren Reaktionsmöglichkeiten. Ein Gleichschlagseil kann unter ungünstigen Fällen aufgedreht werden, wobei auch die Litzen der Drehung keinen Widerstand entgegensetzen. Ein Kreuzschlagseil wird im ungünstigsten Fall aufgedreht, bis die Drähte in den Außenlitzen diese Drehung blockieren. Dieser Fall ist zwar im Vergleich der weniger kritische, aber ebenfalls zu vermeiden.

Seil-Konstruktion

Werden Seile mit einer Stahlseileinlage verwendet, so ist die Bewertung des äußeren Drehmoments ähnlich durchzuführen. Ein Seil mit IWRC wird

in jedem Fall entweder durch den Innen- oder Außenteil dem Drehmoment entgegenwirken. Bei der doppelparallelen Machart (PWRC) kann unter ungünstigen Umständen der Seilverband nachhaltig gestört werden, was bis zu heraustretenden Litzen aus dem Innenteil der Seile führen kann. In diesem Zusammenhang sei auf die zwingende Notwendigkeit hingewiesen, die Seile mit ihren Endverbindungen in einer Aufzuganlage immer gegen Verdrehung zu sichern.

Seitliche Anordnung des Antriebs

Seitlich stehender Antrieb

Die am Schachtfuß seitlich stehende Maschine führt zu einer stärkeren Seileinfederung als bei der am Schachtkopf stehenden Maschine. Bedingt durch die große Seillänge ist ein häufigeres Kürzen zu erwarten. Die große Anzahl von Seilrollen und vor allem die Gegenbiegung wirken sich in der Lebensdauerberechnung äußerst negativ aus.

Die seitlich am Schachtkopf stehende Maschine reduziert die erforderliche Seillänge im Vergleich zur unten stehenden Maschine. Diesem Vorteil steht die Tatsache gegenüber, dass bei dieser Antriebsanordnung alle Seilrollen in der Lebensdauerberechnung zu berücksichtigen sind.

Bei Anlagen mit besonders „verwinkelter“ Seilführung und entsprechend vielen Seilrollen kann es zu einem Mangel an Treibfähigkeit kommen. Dieser führt zwar nicht zu einer unkontrollierten Fahrkorbbewegung, wohl aber zu einem gelegentlichen Durchdrehen der Treibscheibe unter den Seilen.

Welchen Einfluss hat die Seilspannung auf die Seile?

Seilspannung

Bei der Auslegung und Berechnung von Aufzügen wird davon ausgegangen, dass alle Seile anteilig die gleiche Zugkraft übertragen. Dies ist in der Praxis praktisch nie der Fall. Abweichungen der Seilzugkräfte zueinander sind nahezu unvermeidbar.

Die häufig eingesetzte Methode durch Drücken oder Ziehen am Seil reicht nicht aus. Spezielle Seilspannungsmessgeräte helfen hier und bieten die Möglichkeit, die Seilzugkraft auf ein annähernd gleiches Niveau einzustellen. Bild 38 zeigt das Mehrfachmessgerät DRAKO WeigthWatcher MSM12 im Praxiseinsatz. In der Praxis zeigt sich, dass ein Toleranzfeld von bis zu 10 % gute Ergebnisse beim Tragverhalten bei akzeptablem Zeitaufwand erzielt. Ungleichmäßige Spannungen bewirken unterschiedliche Flächenpressungen in den Rillen der Treibscheibe mit entsprechend unterschiedlichem Seilschlupf. Dadurch entsteht z. T. übergroßer Verschleiß in den Rillen und an den Seilen. Alle Seile sollten nach einer ersten Betriebsphase auf gleichmäßiges Tragen geprüft werden. Erfahrungsgemäß ist diese Überprüfung nach 4 bis 6 Wochen erforderlich. Ein späterer Zeitpunkt für diese Kontrolle hat in der Vergangenheit vereinzelt bereits zu einem Verschleiß von Seilen und/oder Scheiben geführt.

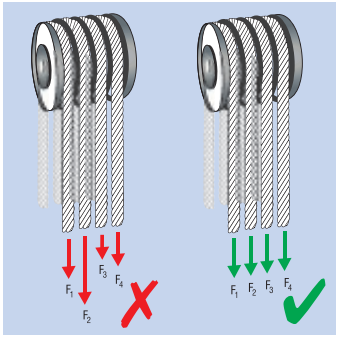


Bild 38: Zeitgleiche Messung aller Seilspannungen

Welche Seilschwingungen finden im Aufzug statt?

Schwingungen

Die Seilschwingungen machen sich durch Geräuschentwicklung im Aufzug und eine mögliche Verkürzung der Aufliegezeit der Seile bemerkbar.

Die transversale Schwingung lässt sich mit der nachfolgenden Gleichung der schwingenden Saite [15] näherungsweise berechnen zu

$$f = \frac{n}{2 \cdot l} \cdot \sqrt{\frac{F}{q}}$$

mit
f = Schwingungsfrequenz [Hz = 1/s],
n = 1 Grundschwingung,
n = 2, 3 … für die Oberschwingungen,
l = Länge [m],
F = Seilkraft [N = kg·m/s^2] und
q = spezifisches Seilgewicht [kg/m].

Verursacht wird diese Seilquerschwingung, wie in den Fragen zur Antriebsposition beschrieben, z. B. durch horizontale Seilverläufe oder verschränkte Seilführungen. Im Gegensatz hierzu werden Schwingungen in Richtung der Seilachse durch Haftgleitbewegungen (Stick/Slip-Effekt) der Seile auf der Treibscheibe, durch Teilungsfehler im Getriebe oder durch Fehler in der elektrischen Regelung und beim Anfahren und Bremsen verursacht. Durch das Zusammenspiel von Seil- und Rillengeometrie beim Ablauf des Seiles von der Treibscheibe können ebenfalls Schwingungen entstehen.

Können Schwingungen eliminiert bzw. reduziert werden?

Schwingungsreduktion

Zu Beginn sollte die Aufzuganlage hinsichtlich des Schmierzustandes der Seile sowie deren gleichmäßigen Tragens untersucht und bei Bedarf korrigiert werden. Eine weitere Kontrolle bezieht sich auf die Messung der Laufdurchmesser der Seile an Treib- und Umlenkscheiben. Eine leichte Exzentrizität kann in ungünstiger Kombination bereits zu Eigenschwingungen der Seile in der Anlage führen. Der damit verbundene Verlust an Fahrkomfort ist deutlich spürbar.

Ein schwingendes System kann durch gezielte Maßnahmen „verstimmt“ werden, z. B. durch ein höheres Metergewicht oder eine größere Seilsteifigkeit der eingesetzten Seile. Dies ist bereits mehrfach mit Erfolg geschehen.

Was versteht man unter einer Seildehnung?

Seildehnung

Um den Begriff der Seildehnung gibt es die meisten Missverständnisse und Unsicherheiten. Ursache hierfür ist der Umstand, dass es beim Seil keinen eindeutigen und über die Gebrauchsdauer konstanten Seildehnungsmodul gibt. Da der Begriff Elastizitätsmodul nur in Zusammenhang mit dem Dehnungsverhalten von Werkstoffen zutreffend ist, wird für die Komponente Stahldrahtseil hier wegen der redundanten Anordnung der tragenden Drähte der Begriff **Seildehnungsmodul** gewählt.

Zusätzliche Komplexität ergibt sich aus der Fragestellung nach

- Seilkürzungen in Zusammenhang mit der Anfangsdehnung,
- Regelungsaufwand beim Be- oder Entladen der Kabine zur Sicherstellung der Bündigkeit,
- Schwingender Kabine oder Gegengewicht und
- Anfahren bzw. Bremsen.

Seildehnungsmodul

Seildehnungsmodul

Bei Tragseilen in Treibscheibenaufzügen werden auch wegen der zunehmenden Bau- und Förderhöhen steigende Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften gestellt. Ein wesentlicher Aspekt ist die Seildehnung unter Last und damit die Einfederung des Fahrkorbs im Betrieb und beim Be- und Entladen. Zur Beschreibung dieser Einfederungen muss der Seildehnungsmodul bekannt sein und zwar unter aufzugstypischen Sicherheitsfaktoren. Dies ist von großer Bedeutung, da die Seilkraft-Seildehnungskennlinie einen nichtlinearen Verlauf hat und der Seildehnungsmodul nicht konstant ist.

Die Definition des Seildehnungsmoduls ist z. B. in Feyrer und Jahne [16] und Feyrer [17] ausführlich dargelegt worden und zwar unabhängig von der jeweiligen technischen Anwendung und/oder Maschine. Im Bereich der Aufzugtechnik fällt auf, dass keine einheitliche Definition des Seildehnungsmoduls verfügbar ist. Die Bestimmung des Seildehnungsmoduls erfolgt uneinheitlich und dann unter Bedingungen wie z. B. in DIN EN 1993 [18], VDI 2358 [19] etc., die mit denen in der Aufzugtechnik nicht vergleichbar sind. ISO 4344 [3] gibt keine Hinweise zum Seildehnungsmodul. Somit ergibt sich ein verzerrtes Bild der Wirklichkeit und auch der Erwartungen der Seilanwender. Für die Anwendung der Seile im Aufzug wurde bei Pfeifer DRAKO eine neue (interne) Messvorschrift (ETM 04/2017) entwickelt.

Der Seildehnungsmodul beschreibt das Dehnungsverhalten von Stahldrahtseilen in Seillängsrichtung unter dem Einfluss von mechanischen Beanspruchungen und wird aus der Seilkraft-Seildehnungskennlinie

resultierend aus statischen Zugversuchen ermittelt. Diese Seilkraft-Seildehnungskennlinien sind ausgeprägt nichtlinear. Der Seildehnungsmodul ist deshalb keine Konstante und von einer Vielzahl an Seil- und Beanspruchungsparametern abhängig. Zu diesen Parametern mit wesentlichem Einfluss auf den Seildehnungsmodul zählen die Seilkonstruktion, die Seileinlage, die Spannungsniveaus in den Be- und Entlastungszyklen und der Gebrauchszustand der Seile. Eine Unterscheidung erfolgt in Tangenten- und Sekantenseildehnungsmodule. Dabei wird unterschieden nach den Tangentenseildehnungsmodulen $E_{T,auf}$ (σ_Z) aus der Tangente bei beliebiger Spannung an der Belastungskurve und $E_{T,ab}$ (σ_Z, σ_{ob}) aus der Tangente bei beliebiger Spannung an der Entlastungskurve unter Berücksichtigung der Umkehrspannung σ_{ob} von der Be- zur Entlastungskurve und nach den Sekantenseildehnungsmodulen E_S (0, σ_{ob}) aus der Sekante zwischen der unteren Spannung $\sigma_{unt} = 0$ einer beliebigen Spannung σ_{ob} und E_S (σ_{unt}, σ_{ob}) aus der Sekante zwischen zwei beliebigen Spannungen σ_{unt} und σ_{ob} unter der Voraussetzung einer Belastungsumkehr bei σ_{ob}. Eine Darstellung der verschiedenen Definitionen der Seildehnungsmodule zeigt Bild 39.

Bild 39: Seildehnungsmodule nach [36]

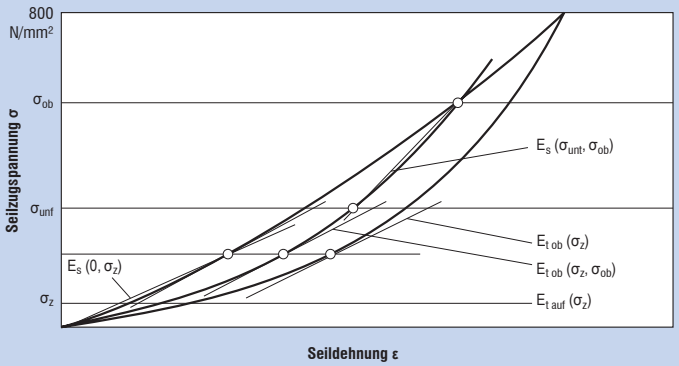
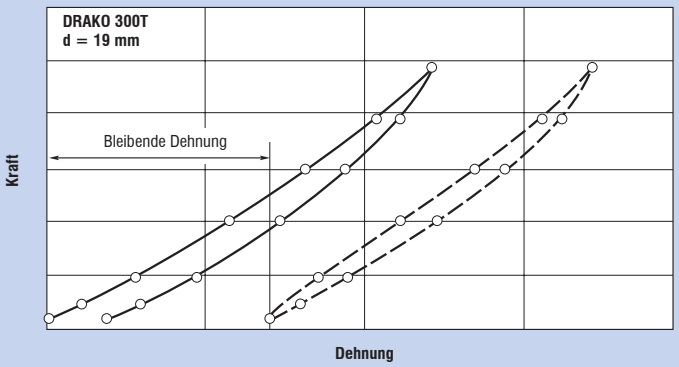


Bild 40: Seilkraft-Seildehnungskennlinie DRAKO 300 T



Für aktuelle Seile werden Messungen der Seilkraft-Seildehnungskennlinien und Bestimmung der Dehnungsmodule notwendig. Zu diesen Seilen zählen auch 9-litzige Seilkonstruktionen wie das DRAKO 300 T, 300 TX und/oder Seile mit verdichteten Litzen auch in doppelparalleler Machart. Bei diesen Zugversuchen wird die Seilzugkraft kontinuierlich bis zu etwa 10 % der Seilmindestbruchkraft erhöht. Die Dehnung wird gemessen und aufgezeichnet. Nach der Entlastung der Seile auf den Ausgangswert werden 10 Zyklen mit einer Belastung bis 50 % der Seilmindestbruchkraft mit anschließender Entlastung durchgeführt. Abschließend wird erneut auf 10 % der Seilmindestbruchkraft belastet und entlastet mit gestuften Messungen der Seildehnungen. Bild 40 zeigt die Seilkraft-Seildehnungskennlinien für ein DRAKO 300 T im neuen Zustand und nach der Schwellbeanspruchung. Es kann festgestellt werden, dass die Verläufe nach der Belastung steiler verlaufen, d. h. der Seildehnungsmodul ansteigt. Zudem treffen die Be- und Entlastungskennlinie wunschgemäß bei dem Ausgangswert zusammen, d. h. die bleibende Anfangsdehnung wird nach kurzer Zeit bei diesen Seilen nicht mehr erhöht. Damit ergibt sich für aufzugstypische Bedingung bei einer Aufzuganlage mit einer Förderhöhe von H = 400 m eine Dehnung zwischen 1 und 2 mm je Zuladungseinheit von q = 100 kg. Es kann weiter festgestellt werden, dass bei gleicher Belastung 6-litzige Seile wegen des größeren metallischen Querschnitts eine geringere Dehnung zeigen als 8-litzige. Gleichschlagseile weisen bei sonst gleichen Bedingungen größere Dehnungen auf als Kreuzschlagseile.

Häufig gestellte Fragen zu Drahtseilen in Aufzügen

Kürzen der Seile und bleibende Dehnung

Vorsorgliches Kürzen

Der horizontale Abstand der beiden Messkurven (Bild 40) ist mit der sog. Anfangsdehnung der Seile zu erklären. Hierbei handelt es sich um einen irreversiblen Prozess. In einem Aufzug ist diese Dehnung für erforderliche, zukünftige Seilkürzungen verantwortlich. Nach den Erkenntnissen aus Messungen mit der oben vorgestellten Messmethode ist die bleibende Dehnung maßgeblich von der Seilkonstruktion abhängig. Ein Seil 6x19 mit Fasereinlage hat eine etwas kleinere bleibende Dehnung mit etwa 0,3 % als ein Seil 8x19 mit Fasereinlage. Bei Seilen mit einer unabhängig hergestellten Stahlseileinlage (IWRC) ist dieser Wert von dem jeweiligen Aufbau abhängig und liegt üblicherweise unterhalb von 0,15 %. Doppelparallele Seile liegen bei 0,1 % und darunter.

Kabineneinfederung

Kabineneinfederung

Die Kabineneinfederung ist die Summe aus den Federwegen der lastaufnehmenden Bauteile der Aufzuganlage wie Seile, Feder- und Dämpferelemente der Seilaufhängung, Träger, Boden- und Deckenelemente, Schwingungsisolierung zwischen Rahmen und Kabine und die Schwingungselemente der Aufzugmaschine. Der Anteil der Kabineneinfederung aus dem Seil ist wegen der Nichtlinearität der Seilkraft-Seildehnungskennlinie von der Lage des Betriebspunktes abhängig. Bei Linearität wäre die Seildehnung nur noch von der Laständerung abhängig.

Eine „direkte“ Anbindung der Kabine an die Treibscheibe durch Seile mit kleiner elastischer Dehnung ist für viele Aufzugnutzer gleichbedeutend mit einem hohen Fahrkomfort.

Beim Wechsel von einem Seil mit Fasereinlage auf ein Seil mit Stahlseileinlage reduziert sich die elastische Seildehnung um etwa 50 %, wenn die übrigen Anlagenparameter konstant gehalten werden. Dieser beachtliche Unterschied resultiert aus dem unterschiedlichen Seildehnungsmodul und aus dem größeren metallischen Querschnitt des Seiles mit Stahleinlage.

Anmerkung:

Widerspricht das Dehnungsverhalten der Seile den eigenen Erfahrungen, so sollte geprüft werden, ob dies auf einen Montagefehler – hier Aufdrehen der Seile – zurückzuführen ist. Zu den Ursachen für aufgedrehte Seile zählen auch gegen Drehung nicht gesicherte Seilendverbindungen. Insbesondere Seile mit Stahleinlage zeigen im aufgedrehten Zustand eine deutlich stärkere elastische Dehnung, da die Außenlitzen gelockert werden und die Last zunehmend nur an der Stahleinlage hängt. Auch stark unterschiedliche Seilspannungen wirken sich negativ auf die Kabineneinfederung aus, da die Last nicht gleichmäßig auf alle Seile verteilt wird. Auch „altern“ die Seile dann unterschiedlich schnell mit irreversiblen Einflüssen auf das Dehnungsverhalten und die Seillebensdauer.

Seile – obwohl einwandfrei montiert – einfach durch Zudrehen noch in ihrem Dehnverhalten zu „verbessern“, ist nicht zulässig. Die Seildehnung kann dadurch tatsächlich erst einmal geringer werden, allerdings reduziert sich durch diese Maßnahme auch die Seillebensdauer drastisch.

Sollen Seile im Aufzug nachgeschmiert werden?

Nachschmierung

Aufzugseile werden bei der Herstellung geschmiert, um Korrosion und die Reibung zwischen den Drähten zu vermindern. Die zugeführte Schmiermittelmenge darf jedoch nur so groß sein, dass auch Aufzüge mit knapp bemessener Treibfähigkeit nicht anfangen zu rutschen. Da jedoch auch Staub und Abrieb das Schmiermittel binden, wird die Erstschmierung nur in seltenen Fällen über die gesamte Aufliegedauer wirksam sein. Es empfiehlt sich, die Aufzugseile nachzuschmieren. Die Nachschmierung erübrigt sich, solange bei einem Wischen über die Seile an den Fingern ein leicht schmieriger Schmutzfilm anhaftet. **Es muss stets gewährleistet sein,** dass das verwendete Nachschmiermittel sich mit der produktionsseitigen Grundschmierung verträgt. Im Zweifel ist es ratsam den Seilhersteller anzusprechen. Weitere Angaben zur Seilschmierung finden sich auch in EN 12385-3.

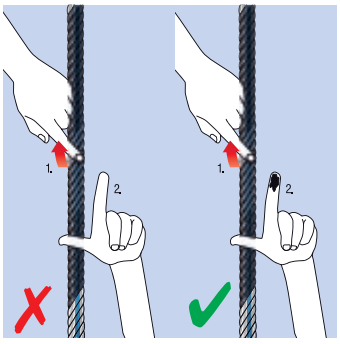
Kriterien

Welche Kriterien zur Nachschmierung gibt es?

Zu den Intervallen für die Nachschmierung können keine pauschalen Angaben gemacht werden, da diese von

- der Nutzungshäufigkeit des Aufzugs,
- der Umgebung (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Staubanfall),
- dem Scheibenmaterial und Scheibenverschleiß (gehärtete Treibscheiben benötigen mehr Nachschmierung, da kein Graphit durch Verschleiß aus der Treibscheibe frei wird) und
- dem Schlupf zwischen Seil und Scheibe

abhängig sind.



Methoden

Welche Methoden der Nachschmierung gibt es?

Die Nachschmierung mit flüssigen Schmiermitteln kann mittels Ölkanister und Pinsel bzw. Malerrolle erfolgen. Ölsprühdosen sollte man nur für kurze Seillängen verwenden. In jedem Fall sind stets nur geringe Schmiermittelmengen aufzubringen. Der Aufzug sollte im Anschluss mehrmals auf- und abfahren. Das Schlupfverhalten ist dabei zu beobachten. Danach kann falls erforderlich weiteres Schmiermittel aufgebracht werden.

Hat man Zweifel, ob nach dem Nachschmieren noch ausreichend Treibfähigkeit vorhanden ist, sollte vor und nach dem Nachschmieren jeweils ein kompletter Umlauf gefahren werden. Bei der Stellung Kabine oben werden Seil und Scheibe zusammen mit Kreide markiert. Die Kabine wird nun nach unten und wieder nach oben gefahren. Der Versatz der Kreidestriche ist das Maß für den Schlupf.

Dauerschmiervorrichtungen können bei Dauergebrauch und Anlagen mit nur geringer Treibfähigkeitsreserve Probleme hinsichtlich Überschmierung bereiten.

Nachschmiermittel

Welche Eigenschaft benötigt ein Nachschmiermittel?

Das Schmiermittel sollte nicht zu dünnflüssig, aber kriechfähig sein, damit es auch in das Seilinnere eindringen kann.

Am besten geeignet sind Seilschmiermittel, die mit Lösungsmittel verdünnt sind. Bei vorsichtigem Gebrauch (gute Belüftung) und sorgfältiger Dosierung (Lösungsmittel, das noch nicht ganz verdampft ist, vermindert die Treibfähigkeit) ist diese Kombination ideal.

In manchen Ländern sind jedoch lösungsmittelhaltige Nachschmiermittel aus Arbeitsschutzgründen verboten. Hier und in allen Zweifelsfällen ist eine Rücksprache mit dem Seilhersteller zu empfehlen. Hydrauliköle oder Schneckengetriebeöle sind zur Nachschmierung ungeeignet.

Schmiermittel mit Festschmierstoffgehalt (z. B. Molybdänsulfid oder Teflonpartikel) sind für Treibscheibenaufzüge ungeeignet, da diese Mittel die Reibung zwischen Seil und Rille stark herabsetzen können.

Seile für indirekt hydraulische Aufzüge, Trommelaufzüge und Gewichtsausgleichsseile sollen und dürfen stärker geschmiert sein.

Man kann diese deshalb mit geeigneten Schmierfetten üppiger nachschmieren, da hier die Dosierung nicht so kritisch ist wie bei Treibscheibenseilen. Im Allgemeinen sind auch hier die für Treibscheibenseile üblichen Schmiermittel zu verwenden.

Besonderheiten

Welche Besonderheiten sind bei Schmierempfehlungen für unübliche Aufzuganlagen zu beachten?

Feuchtigkeit im Schacht
Keine besonderen Vorkehrungen, wobei eine häufigere Kontrolle zu empfehlen ist. Gegebenenfalls sind verzinkte Seile zu verwenden.

Außenaufzuganlagen
Außer in sehr trockenem Klima sind verzinkte Vollstahlseile einzusetzen.

Häufig gestellte Fragen zu Drahtseilen in Aufzügen

Die Grundschmierung bei der Seilherstellung sollte jedoch nicht die normale Vaseline sein, die durch Wasser abwaschbar ist, sondern ein wasserfestes Schmiermittel. Es gibt hierfür Spezialvaselinen. Die auch für verzinkte Seile unerlässliche Nachschmierung sollte hier in jedem Fall mit lösungsmittelhaltigem Schmiermittel erfolgen, aufgetragen bei kühlem und seit längerer Zeit trockenem Wetter.

Aufzuganlagen mit hoher oder tiefer Umgebungstemperatur
Bei Temperaturen zwischen 0° und 50 °C sind keine Sondermaßnahmen erforderlich. Bei Temperaturen zwischen 40 und 50 °C sollte der Schmierzustand häufiger kontrolliert werden, da das Schmiermittel dünnflüssiger und somit schneller verbraucht wird.

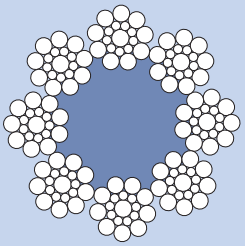
Bei Anlagen, die vorwiegend bei tiefen Temperaturen unter 0 °C betrieben werden, kann ein Wechsel zu einem dünnerflüssigen Nachschmiermittel vorteilhaft sein.

Wie viel Schmiermittel ist in der Fasereinlage?

Dosierung

Immer wieder hört man die Forderung, dass der Fasereinlage bei der Seilherstellung soviel Schmiermittel zugeführt werden sollte, dass eine Art Lebensdauerschmierung des ganzen Seiles, möglichst über Jahrzehnte, erreicht wird. Nun wäre es ein Leichtes für den Seilhersteller, reichlich Schmiermittel bis 25 % in die Fasereinlage zu geben. Das Schmiermittel wird aber sicherlich, anders als erhofft, nicht langsam nach und nach, sondern höchst unerwünscht innerhalb von Wochen nach dem Seilauflegen in großen Mengen austreten. Der Hauptgrund jedoch, warum man den Fettgehalt der Fasereinlage sorgfältig begrenzt, zeigt Bild 41. Die Außenlitzen des unbelasteten Seils stützen sich auf der Fasereinlage ab. Der Seildurchmesser wird also durch das Volumen im Seilinneren bestehend aus Fasermaterial und Schmiermittel mitbestimmt. Da nun die Lebensdauer eines Aufzugseiles eng mit seinem effektiven Seildurchmesser zusammenhängt, ist es wichtig, dass die Fasereinlage möglichst lange ihr Volumen behält. Daher sollte von außen nachgeschmiert werden, und zwar so, dass auch in die Fasereinlage noch Schmiermittel eindringt.

Bild 41: Abstützung der Außenlitzen auf der Fasereinlage



Die Entfettung überschmierter Aufzugseile

Entfettung

Eine der Ursachen für unplanmäßiges Durchrutschen der Seile auf der Treibscheibe kann in einer zu starken Schmierung der Seile liegen.

Keinesfalls sollte man nun versuchen, die Seile mit Reinigungs- oder Lösungsmitteln abzuwaschen. Das Lösungsmittel würde in das Seil eindringen und aus dem Seilinnern zusätzliches Schmiermittel nach außen bringen.

Zur äußerlichen Entfettung wird ein sehr feines, neutral reagierendes puderartiges Quarzmehl, erhältlich unter dem Handelsnamen Florideal, erfolgreich eingesetzt. Das Quarzmehl kann beispielsweise aufgebracht werden, indem die Hände (Handschuhe!) einen Trichter mit Puder bilden und die langsam von der Treibscheibe nach unten ablaufenden Seile (oben stehende Maschine) bestauben. Das Quarzmehl saugt Schmiermittel und Öle auf. Danach bröckelt die abtrocknende Masse ab. Reste der Quarzmehl-Fettmasse können mit einer Drahtbürste abgebürstet werden. Die Scheiben sind eventuell mit Lösungsmittel zu reinigen.

Wann müssen Aufzugseile abgelegt werden?

Ablegen von Seilen

Aufzugseile werden normalerweise aufgrund von Drahtbrüchen und Durchmesserabnahme, also mit der Fahrtenzahl wachsenden Kriterien abgelegt. Es können aber auch Ablegekriterien, wie Korrosion, grobe Seilschäden oder übermäßige Dehnung greifen.

Wie viele Drahtbrüche sind zulässig?

Kriterien

Anzahl und Verteilung der äußerlich sichtbaren Drahtbrüche sind das wichtigste Kriterium zum Erkennen der Ablegereife von Aufzugseilen. Maßgeblich ist die maximale Anzahl sichtbarer Drahtbrüche auf einer Bezugslänge des

Drahtbrüche

Seils. Nach ISO 4344 [3] sind auf einer Bezugslänge von einer Seilschlaglänge die maximalen Drahtbruchzahlen

- über alle Außenlitzen und
- über die zwei am stärksten geschädigten Außenlitzen

getrennt zu ermitteln (Bild 42 und Bild 43) und getrennt zu bewerten. Für 6- und 8-litzige Aufzugseile mit Fasereinlage stellt ISO 4344 die maximal zulässigen Drahtbruchzahlen bereit. Anhand dieser Ablegedrahtbruchzahlen ist dann festzustellen, ob die Seilgarnitur sofort abzulegen, fortan intensiver zu überwachen oder weiter normal zu überwachen ist (Bild 44). Zur Vermeidung von Litzenbrüchen und entsprechender Folgeschäden sind nach ISO 4344 auch maximal zulässige Drahtbruchzahlen bezogen auf eine Litzenkuppe zu überprüfen.

Für andere Aufzugseile wird auf Angaben des Seilherstellers verwiesen. Bewährt haben sich unter Berücksichtigung der 9-litzigen Seile die in Bild 45 zusammengefassten Ablegedrahtbruchzahlen auf 2 unterschiedlichen Bezugslängen und ebenfalls auf einer einzelnen Litze. Die Ablegedrahtbruchzahlen sind in Anlehnung an DIN 15020 [20] kleiner als in ISO 4344 [3], d. h. auf der sicheren Seite angegeben.

Auf Altanlagen nach TRA 102 [21] werden die Aufzugseile in eine der höchsten Treibwerksgruppen von DIN 15020 [20] bzw. ISO 4309 [22] eingestuft, überwacht und abgelegt.

Zeigen die Außendrähte starke Verschleißmarken, so werden die Drähte vorzugsweise hier und in relativ schneller Folge brechen. Bei einer gleichmäßigen Drahtbruchverteilung wie in Bild 42 ist die Restnutzungsdauer recht gut abschätzbar.

Bild 42: Verschleißmarken und Drahtbrüche

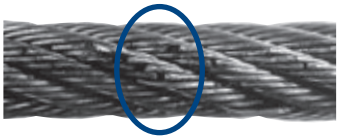


Bild 43: Drahtbruchnest

Bild 44: Ablegekriterien nach EN 12385-5 und ISO 4344 mit erweiterten und verschärften Ablegekriterien auch für 9-litzige Seile nach EN 81-20/-50 in Anlehnung an DIN 15020 [20]

Seilkonstruktion	Drahtzahlen in den Außenlitzen	Drahtbruchzahl auf einer Länge von 6 x Seil-Ø	Drahtbruchzahl auf einer Länge von 30 x Seil-Ø
DRAKO 6x19S – FC	= 114 Drähte	6	12
DRAKO 6x19W – FC DRAKO 6x25F – FC DRAKO 180B (in 6x25F– FC)	= 114 Drähte	10	19
DRAKO 8x19S – FC DRAKO 250H, 8mm	= 152 Drähte	10	19
DRAKO 8x19W – FC DRAKO 8x25F – FC DRAKO 250T DRAKO 250H (außer 8 mm) DRAKO 200B	= 152 Drähte	13	26
DRAKO 300T, 8mm	= 171 Drähte	14	25
DRAKO 300 T (außer 8 mm)	> 180 Drähte	16	32
DRAKO 180B (in 6x36WS– FC)	= 216 Drähte	18	35

Bild 45: Ablegekriterien nach EN 12385-5 und ISO 4344 erweitert und verschärft in Anlehnung an DIN 15020

	Ablegen oder Überprüfen innerhalb einer von einer sachverständigen Person vorgeschriebenen Zeit			Sofortige Ablage		
Kriterien	Seilklasse 6 x 19	Seilklasse 8 x 19	Seilklasse 9 x 19	Seilklasse 6 x 19	Seilklasse 8 x 19	Seilklasse 9 x 19
Durchschnittlich festgestellte Drahtbrüche zwischen Außenlitzen	Mehr als 12 pro Seilschlaglänge	Mehr als 15 pro Seilschlaglänge	Mehr als 17 pro Seilschlaglänge	Mehr als 24 pro Seilschlaglänge	Mehr als 30 pro Seilschlaglänge	Mehr als 34 pro Seilschlaglänge
Drahtbrüche vorwiegend in ein oder zwei Litzen	Mehr als 6 pro Seilschlaglänge	Mehr als 8 pro Seilschlaglänge	Mehr als 9 pro Seilschlaglänge	Mehr als 8 pro Seilschlaglänge	Mehr als 10 pro Seilschlaglänge	Mehr als 11 pro Seilschlaglänge
benachbarte Drahtbrüche in einer Außenlitze	4	4	6	Mehr als 4	Mehr als 4	Mehr als 6
Zwischenbrüche	1 pro Seilschlaglänge	1 pro Seilschlaglänge	1 pro Seilschlaglänge	Mehr als 1 pro Seilschlaglänge	Mehr als 1 pro Seilschlaglänge	Mehr als 1 pro Seilschlaglänge

Häufig gestellte Fragen zu Drahtseilen in Aufzügen

Die Europäische Seilnorm EN 12385-3 [23] verweist für Aufzugseile in diesem Zusammenhang auf die ISO 4344.

In außereuropäischen Ländern gelten die jeweiligen nationalen Vorschriften für die Ablegereife.

Das Ablegekriterium Drahtbruchzahl kann unter bestimmten Umständen versagen: Drahtbrüche infolge äußeren Verschleißes treten nur auf, wenn im Seiltrieb Seilscheiben, insbesondere die Treibscheiben, aus Grauguss oder Stahl sind. Werden in einem Aufzug nur Kunststoffrollen verwendet, können unter bestimmten Umständen eher innere als äußere Drahtbrüche entstehen. Es sind die Sicherheitstechnische Richtlinie für Aufzüge „Seilrollen aus Kunststoff“ zu beachten oder durch Versuche – bestätigt durch eine notifizierte Stelle – erweiterte Kriterien für den sicheren Einsatz zu ermitteln.

Bei welcher Durchmesserabnahme muss abgelegt werden?

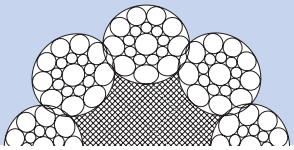
Durchmesserabnahme

Bedingt durch äußeren und inneren Drahtverschleiß kommt es bei langer Aufliegedauer der Aufzugseile zu einer kontinuierlichen Durchmesserabnahme. Bei Seilen mit Fasereinlage wird dieser Effekt durch das Austrocknen und Zerreiben der Fasereinlage noch verstärkt.

Bei einer Durchmesserabnahme von 6 % bezogen auf den Nenndurchmesser (ein 13 mm-Seil hat nur noch einen Durchmesser von 12,2 mm), sollte das Aufzugseil sofort abgelegt werden, weil

- die Gefahr eines plötzlichen Seilrisses, z. B. infolge innerer Drahtbrüche an den Berührstellen der Litzen besteht (Bild 46),
- die Treibfähigkeitsberechnung darauf basiert, dass das Seil genau in die Rille passt und somit die projektierte Treibfähigkeit mit zu dünnen Aufzugseilen nicht mehr gegeben ist und
- Treibrillen, die mit zu dünnen Seilen einlaufen, für neue Seile zu eng sind und diese dann verstärkt schädigen.

Bild 46: Litzenberührung und -einkerbung



Wie ist bei Rostentwicklung in den Litzengassen zu verfahren?

Korrosion

Beim Auftreten von Rostpulver in den Litzengassen muss in den betroffenen Seilabschnitten der Seildurchmesser kontrolliert werden. Bei Durchmesserabnahmen kleiner 4 % bezogen auf den Nenndurchmesser kann das Seil im Allgemeinen durch Nachschmieren noch saniert werden. Als Ursachen für die Rostentstehung werden zu geringe Schmierung, falsche Nachschmierung und feuchte oder aggressive Schachtatmosphäre unterstellt.

Bild 47: Seil im gestreckten Zustand

Bei Durchmesserabnahmen größer 6 % bezogen auf den Nenndurchmesser ist ein Seilwechsel erforderlich. Als Ursache für die Rostentstehung wird eine zu starke Reibung zwischen den Außenlitzen unterstellt. Normalerweise stützen sich die Außenlitzen auf der Seileinlage ab, die Reibung zwischen den Außenlitzen ist klein. Nimmt aber der Durchmesser der Seileinlage infolge des Seilverschleißes ab, kommt es zum gegenseitigen Abstützen der Außenlitzen und damit zu starker Reibung dazwischen. Der entstehende Abrieb sieht nicht metallisch blank, sondern rotbraun aus (Passungsrost). Dieser Verschleißvorgang wird „Seilbluten“ genannt. Das entstehende Rostpulver ist als „red dust“ oder „rouging“ bekannt, [24]. Die Gefahr liegt in den dabei möglichen inneren Drahtbrüchen, die erst nach Entlastung und starkem Biegen des Seiles sichtbar werden (Bild 47 und Bild 48). Charakteristisch sind die langen Drahtbruchenden.

Bild 48: Seil im gebogenen Zustand

Treibscheiben

Welche Rillenformen gibt es?

Treibscheiben

Rillenformen

Bei den Rillen für Treibscheiben wird zwischen Formrillen (Keilrillen, Sitzrillen mit Unterschnitt) und Rundrillen unterschieden. Die Rillenform beeinflusst wesentlich die Treibfähigkeit aber auch die Seillebensdauer. Allgemein kann man sagen: je „bequemer“ das Seil „gebettet“ wird, desto höher ist die Seillebensdauer, aber desto geringer ist die Treibfähigkeit.

Verschleiß

Während des Betriebes können die Rillen verschleißen. Die Rillen müssen besonders beim Seilwechsel untersucht werden. Neue Seile, vielleicht an der oberen Durchmessertoleranz, werden auf eingelaufene Rillen mit verschlissenem zu kleinen Rillenradius mit nur kurzer Aufliegezeit reagieren.

Schädlich für die Seillebensdauer sind auch ungleich tief eingelaufene Rundrillen, insbesondere bei Antrieben mit doppelter Umschlingung. Die Seile werden in Rillen mit unterschiedlichen Wirkdurchmessern unterschiedlich schnell befördert. Der Wegausgleich erfolgt durch übergroßen Schlupf, der z. T. an einem lauten Knacken erkennbar ist. Die Seilbereiche zwischen Antriebs- und Gegenscheibe der doppelten Umschlingung können dabei außerordentlich hohen „Zerrspannungen“ unterworfen sein.

Beim Seilwechsel sind daher die Rillenprofile von ungehärteten Treibscheiben stets nachzumessen. Die Messschablonen für die Rillen sollten in 1/10 Millimeterschritten gestuft sein. Bild 49 zeigt ein Beispiel aus Eigenfertigung von PFEIFER DRAKO. Ab welchem Durchmesserunterschied zwischen neuem Seil und eingelaufener Rille man die Treibscheibe auswechselt, hängt davon ab, ob

- mit dieser Paarung nicht zu viel Treibfähigkeit vorhanden ist und der Fahrkorb bei der Aufsetzprobe an die Schachtdecke gezogen wird,
- die unvermeidliche Lebensdauerminderung durch die überhöhte Pressung akzeptiert wird und
- es sich um Seile mit Faser- oder mit Stahleinlage handelt.

Bild 49: Beispiel für Radienschablonen (Eigenfertigung)

Nachdrehen von Treibscheiben

Nachdrehen

Bei der Aufzuginstandhaltung wird immer wieder festgestellt, dass eine Treibscheibe mit dem ersten Seilsatz 10 bis 15 Jahre ohne Probleme im Einsatz gewesen ist und nach dem Nachdrehen anlässlich des Seilwechsels schnell Verschleiß oder Seilabdrücke zeigt. Nach einer Untersuchung über die Einsatzbewährung solcher nachgedrehten Treibscheiben, durchgeführt vor bereits mehr als 25 Jahren bei einem großen Automobilhersteller mit etwa 700 Aufzuganlagen, ist ein solches Verhalten sogar statistisch typisch für nachgedrehte Scheiben. Es konnte festgestellt werden, dass jeweils ein Jahr nach dem Nachdrehen 60 % der Scheiben schon wieder gewechselt werden mussten. Damit wird der naheliegende Schluss, dass die neuen Seile schuld sind, widerlegt. Nicht alle neuen Seile können zu den Rillenschäden geführt haben. Es ist vorstellbar, dass der Guss im Rillenbereich durch jahrzehntelange Schwelldruckbeanspruchung allmählich zermürbt wird und nach Abdrehen der glattgefahrenen Deckschicht im Rillenprofil nun empfindlich reagiert.

Was ist eine ungehärtete Treibscheibe?

ungehärtete Scheiben

Das Material der Treibscheibe ist ohne weitergehende metallographische Untersuchungen nicht feststellbar. Allerdings kann die Härte der Treibscheibe gemessen werden. Aus Langzeitbeobachtungen hat sich herausgestellt, dass bei einer Härte bis 180 HB (Brinell-Härte) regelmäßig Seilabdrücke oder hoher Verschleiß der Rillen auftreten. Bei einer Härte der Rille zwischen 180 und 195 HB nimmt die Wahrscheinlichkeit ab, dass Seilabdrücke auftreten. Bei weiter zunehmender Rillenhärte über 200 HB besser über 210 HB sind diese Schadensbilder nur noch sehr unwahrscheinlich.

Für Grauguss GG 25 liegt bei einer Härte von etwa 230 HB die Grenze der gießtechnisch erreichbaren Härte. Die Härteprüfung sollte man nur an Stellen der Scheibe durchführen, an denen die harte Gusshaut 2 mm oder mehr abgedreht wurde, sonst gelangt man zu stark verfälschten Mess-

werten. Der Prüfkörper muss so stark angepresst werden, dass eine durch das Abdrehen verfestigte dünne Oberflächenschicht durchdrungen wird. Der Kugelgraphitguss GGG 60 zeigt bessere Materialeigenschaften als der GG25 ist aber auch teurer. Erfahrungen und Auswertungen von Expertengesprächen zeigen, dass nicht nur die Härte der Rille den Verschleiß bestimmt, sondern auch die Legierungsbestandteile wie z. B. das Kupfer (Cu), die die Verschleißfestigkeit deutlich anheben. Das Verschleißverhalten wird zudem beeinflusst durch die Ausbildung und Verteilung der Graphitpartikel im Guss. Nachteilig kann sich auch auswirken, dass die Scheiben vor der Verwendung nicht mehr gelagert, sondern unmittelbar nach dem Abguss bearbeitet und eingebaut werden.

Was ist eine gehärtete Treibscheibe?

Gehärtete Scheiben

Die Härtung von Keilrillen ist seit etwa 1967 üblich. Gehärtete, unterschnittene Sitzrillen sind seit etwa 1978 bekannt. Bei der Verwendung von gehärteten Seilrillen ist zu beachten, dass

- das Profil der unterschiedlichen Rillen und die Rillentiefe stimmen müssen („Das Seil kann bei harten Rillen nicht mehr nachhelfen“),
- die Kanten des Unterschnittes gut gerundet sein müssen, da sonst zwei tiefe Verschleißlinien an den Seilen zu erwarten sind,
- ein Nachschmieren der Seile unbedingt erfolgen muss,
- zu dünn werdende Seile – eher als bei den mitverschleißenden ungehärteten Treibrillen –, auf den Kanten des Unterschnittes laufen und dabei zu einer ungenügenden Treibfähigkeit führen und
- Sitzrillen mit Unterschnitt um 105° möglichst vermieden werden sollten, da bei der notwendigen Ausrundung der Unterschnittkanten kein nennenswerter Seilsitz übrig bleibt, die Lebensdauer klein ist und das Seil deformiert wird, besonders die Seilkonstruktion 8x19 + Fasereinlage. Das Seil läuft hier im ungünstigsten Fall auf den Kanten des Unterschnittes und reagiert darauf mit vorzeitigem Versagen.

Treibscheibe mit Kunststoffeinlage oder aus Vollkunststoff

Die Treibscheibe aus Kunststoff oder mit Kunststoffeinlage, bei der die Treibfähigkeit durch den Kunststoff stark erhöht werden kann, ist in Europa kaum bekannt. Bei der Paarung muss beachtet werden, dass die Ablegereifeerkennung durch äußerlich sichtbare Drahtbrüche erschwert sein kann. Allerdings ist auch festzustellen, dass in anderen Ländern diese Scheibenwerkstoffe erfolgreich eingesetzt werden.

Während TRA 003 und EN 81/1986 noch bindend Grauguss oder Stahltreibscheiben bzw. die Reibungszahl $\mu = 0{,}09$ vorgeschrieben haben, ist in EN 81-1/1998 und die EN 81-50/2014 die Festlegung der Reibungszahl an die Nenngeschwindigkeit der Aufzuganlage gekoppelt. Da eine Norm einen empfehlenden Charakter besitzt, wäre durch Nachweise der Gleichwertigkeit hinsichtlich der Sicherheit der Weg auch für alternative Treibscheibenmaterialien offen.

Was ist Pressung?

Pressung

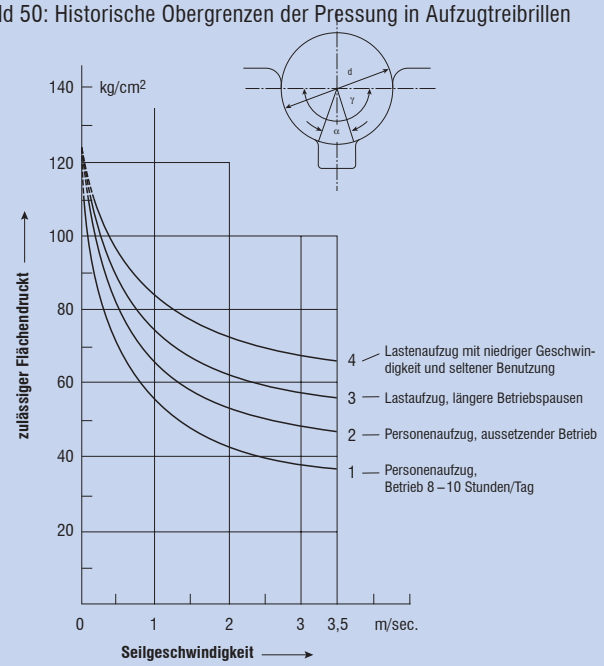
Der Pressung zwischen Seil und Treibscheibenrille müssen Aufzugkonstrukteure Aufmerksamkeit schenken. Durch die Anpassung der Pressung z. B. an die Benutzungshäufigkeit kann die Beanspruchung und damit die Seillebensdauer maßgeblich beeinflusst werden. In EN 81-1:1998 fehlt allerdings die noch in der Vorgängerversion aufgeführte Pressungsberechnung. Die Pressung wird „indirekt“ in die Berechnung des Seilsicherheitsfaktors nach Anhang N der EN81-1 eingebracht. Ein richtiger Schritt eine Mindestseillebensdauer in den Vordergrund zu rücken, aber eben unter der Verdrängung der expliziten Pressungsnachweise. Es kann festgehalten werden, dass bei einer Auslegung seit EN 81-1:1998 deutlich mehr Pressung möglich ist, als nach EN 81-1/1986 noch zulässig war. Ein Zusammenhang zwischen Pressung und Nutzung ist bereits im 1927 veröffentlichten Standardwerk über Treibfähigkeit [25] zu finden (Bild 50).

Vorschriften

Vorschriften

Der Seilhersteller bekommt Maschinenräume von Aufzügen nur dann zu sehen, wenn die Seillebensdauer nicht so hoch ist, wie es sich der Betreiber vorgestellt hat. In vielen Fällen stellt sich heraus, dass die Auslegung nach der EN 81-50 erfolgt ist, also auf eine sichere Mindestlebensdauer gerechnet wurde, die aber nicht zu verwechseln ist mit einem betriebswirtschaftlich ausbalancierten Aufzug. Häufig sind die Parameter, die die Seillebensdauer bestimmen, bis an die Grenzen ausgereizt. Die Seillebensdauer ist entsprechend kurz. Zur Steigerung der Betreiberzufriedenheit sollte im Vorfeld der Anlagenplanung bereits zwischen den Partnern abgeklärt sein, welche Erwartungen an die Lebensdauer bestehen. Es muss dann aber auch das Bewusstsein wachsen, dass Lebensdauer Kosten verursacht.

Bild 50: Historische Obergrenzen der Pressung in Aufzugtreibrillen



Konformitätsprüfung

Die Bescheinigung über eine Konformitätsprüfung CA067 [26] gibt für den Entscheidungsprozess eine Hilfestellung durch Berechnung der zu erwartenden Fahrtenzahlen für praktisch frei wählbare Sicherheitsfaktoren aber $S_f \geq 12$ und D/d-verhältnisse bis D/d=18,5 (d = 6,5 mm, DRAKO 250 T). Der Treibfähigkeitsnachweis muss vorangestellt sein. Dies wird zukünftig auch für Aufzüge mit Forderungen nach hohen Lebensdauern möglich sein, setzt aber eine intensive Kommunikation zwischen Aufzugherstellern, Betreiber und Seilhersteller voraus.

Ablenk- und Umlenkscheiben

Seilscheiben

Ablenk- und Umlenkscheiben sollten aus dem gleichen hochwertigen Guss herzustellen sein wie die Treibscheiben. Die Rillen von Ablenk- und Umlenkscheiben laufen nur selten so tief ein, dass die neuen Seile dadurch beschädigt werden. Trotzdem sind auch die Rillen der Ablenk- und Umlenkscheiben beim Seilwechsel auf eingelaufene Rillen zu kontrollieren. Diese Kontrolle sollte auch auf die Lagerung der Scheiben und die Fluchtung ausgedehnt werden. Die Aussage, eine Scheibe mit nur geringem Umschlingungswinkel sei deshalb auch nur schwach beansprucht, ist falsch. Die Pressung ist genau so groß, als hätte die Scheibe z. B. 180° Umschlingungswinkel. Die Höhe der Pressung bestimmt auch hier den Scheiben- und Seilverschleiß. Universalscheiben für einen Bereich von Seildurchmessern haben sich nach Angaben von Aufzugherstellern nicht bewährt.

Bei Umlenkscheiben gibt es Kunststoffscheiben, z. B. aus Polyamid. Ihre Verwendung ist in Deutschland durch die Sicherheitstechnische Richtlinie für Aufzüge SR Kunststoffrollen [27] geregelt. Gegen eine Verwendung von Kunststoff-Seilscheiben zusammen mit einer Stahl- oder Grauguss-treibscheibe bestehen keinerlei Bedenken. Die Ablegereife wird durch z. B. äußerlich sichtbare Drahtbrüche, die durch den Lauf über die Treibscheibe auftreten, erkannt.

Häufig gestellte Fragen zu Drahtseilen in Aufzügen

Abdrücke

Der Rillenverschleiß in Form des Seilabdrucks (Zöpfchenbildung)

Tritt Zöpfchenbildung (Bild 51) als Form des Rillenverschleißes in allen Rillen gleichmäßig und stark ausgeprägt auf, so liegt mit großer Wahrscheinlichkeit eine zu geringe Scheibenhärte vor.

Ist die Scheibenhärte nach der Erfahrung eigentlich ausreichend wird das Auftreten von Seilabdrücken in einer oder einigen Rillen begünstigt u. a. durch folgende Umstände:

- ungleiche Seilspannungen,
- trockene Seile (Nachschmierung fehlt),
- im Betrieb drehende Seile und
- zu enge Rillen, z. B. durch Seilwechsel ohne Wechsel der eingelaufenen Treibscheibe.

In jedem Fall ist in erster Linie die Qualität des Gusses ausschlaggebend. Sehr wahrscheinlich besteht auch ein Zusammenhang zwischen der Rillenverschleißform und der Seilelastizität. Schließlich müssen diese Vertiefungen in den Rillen durch eine schraubende Bewegung des Seiles beim Lauf über die Scheibe ausgefeilt worden sein. Es hat sich gezeigt, dass 8-litzige Seile mit einer Fasereinlage aus Polypropylen überproportional häufig beim Auftreten von Seilabdrücken in Rillen aufgelegen haben. Seile mit Stahleinlage, also Seile mit deutlich geringerer Längselastizität, sind dagegen nur äußerst selten zusammen mit Seilabdrücken in Rillen anzutreffen, wenn die Scheibe hart genug ist.

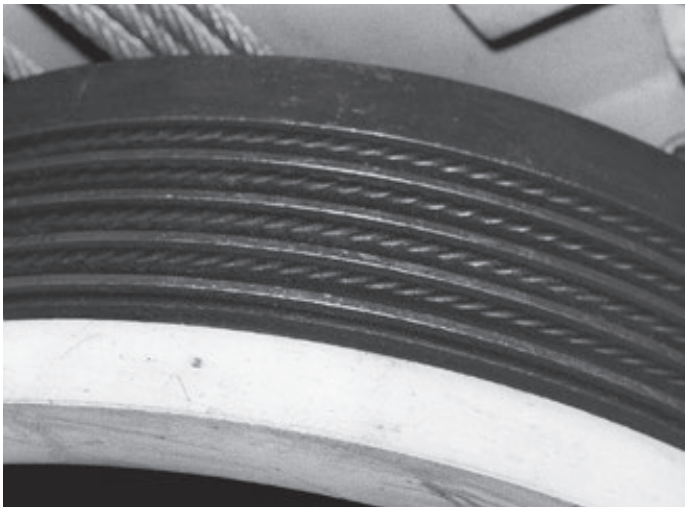


Bild 51: Seilabdrücke in den Rillen einer Treibscheibe

Literaturhinweise

[1] DIN EN ISO 16120, Walzdraht aus unlegiertem Stahl zum Ziehen

[2] EN 12385 – 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 EN ISO 18265 Metallische Werkstoffe – Umwertung von Härtewerten, Nov. 2003 früher DIN 50150, Umwertungstabelle für Vickershärte, Brinellhärte, Rockwellhärte und Zugfestigkeit, Dezember 1976, Beuth Verlag GmbH, Berlin

[5] TRA 003, Technische Regeln für Aufzüge – Berechnung der Treibscheibe, September 1981, Verein der Technischen Überwachungsvereine e. V., Essen

[6] DIN EN 81, Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Personen- und Lastenaufzügen sowie Kleingüteraufzügen, Teil 1 Elektrisch betriebene Aufzüge, Oktober 1986

[7] EN 81-1/1998, Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen. Teil 1: Elektrisch betriebene Personen- und Lastenaufzüge
EN 81-20/2014, Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen – Aufzüge für den Personen- und Gütertransport – Teil 20: Personen- und Lastenaufzüge
EN 81-50/2014, Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen – Prüfungen – Teil 50: Konstruktionsregeln, Berechnungen und Prüfungen von Aufzugskomponenten

[8] ASME A 17.1 Safety Code for Elevators and Escalators. The American Society of Mechanical Engineers, New York

[9] EN 13411 – Teil 4 (2002), Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 4: Vergießen mit Metall oder Kunstharz

[10] EN 13411 – Teil 3 (2003), Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 3: Verpresste Seilschlaufen

[11] EN 13411 – Teil 1 (2002), Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 1: Kauschen für Anschlagseile aus Stahldrahtseilen

[12] EN 13411 – Teil 7 (2004), Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 7: Symmetrisches Seilschloss

[13] EN 13411 – Teil 5 (2003), Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 5: Drahtseilklemme mit U-Bügel für Seilschlaufen

[14] EN 13411 – Teil 6 (2003), Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 6: Asymmetrisches Seilschloss

[15] Czitary, E., Seilschwebebahnen, Springer Verlag, Wien, 1951
Wyss, Th., Stahldrahtseile der Transport- und Förderanlagen, Schweizer Druck- und Verlagshaus AG, Zürich 1956

[16] Feyrer, K.: Drahtseile. Bemessung, Betrieb, Sicherheit. Springer-Verlag 2000

[17] Feyrer, K.; Jahne, K.: Seilelastizitätsmodul von Rundlitzenseilen. DRAHT 41 (1990) S. 498–504

[18] DIN EN 1993 Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten/Teil 1-1: Allg. Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

[19] VDI 2358 Drahtseile für Fördermittel, 2010

[20] DIN 15020, Grundsätze für Seiltriebe Blatt 2, Überwachung im Gebrauch, April 1974, Beuth Verlag GmbH, Berlin

[21] TRA 102, Technische Regeln für Aufzüge – Prüfung von Aufzuganlagen, April 1981, Verein der Technischen Überwachungsvereine e. V., Essen

[22] ISO 4309, wire ropes for lifting appliances-code of practice for examination and discard, 1990

[23] EN 12385 – 3 (2003), Drahtseile aus Stahldraht-Sicherheit – Teil 3: Information für Gebrauch und Instandhaltung

[24] Wire Rope Users Manual, American Iron and Steel Institute, Washington

[25] Hymans, F./Hellbronn, A. V., Der neuzeitliche Aufzug mit Treibscheibenantrieb, Springer Verlag

[26] CA067 Bescheinigung über eine Konfomitätsprüfung – Seiltrieb zur Verwendung als Teil des Triebwerks für Treibscheibenaufzüge bzw. indirekt hydraulisch betriebene Aufzugsanlagen, mit und ohne Fahrtenreduzierung, Juni 2016 von TÜV Süd für PFEIFER DRAKO

[27] SR Kunststoffrollen, Sicherheitstechnische Richtlinien für Aufzüge – Seilrollen ausKunststoff, Dezember 1984, Carl Heymanns Verlag KG, Köln, Berlin

Die richtigen Aufzugseile

Welche Seile für welche Aufzuganlage?

Die Zusammenstellung ist eine auf Erfahrung basierende Empfehlung und soll eine Hilfe bei der Auswahl der für Ihre Aufzuganlage am besten geeignete Seilausführung sein.

Suchen Sie sich in Tabelle 1 bis 4 gemäß Ihrer Anwendung die Seilausführung heraus, und finden Sie dann in Tabelle 5 die nach Preis – Leistung richtige Seilkonstruktion.

Beachten Sie bitte auch und insbesondere unsere Sonderlösungen wie z. B. im Bereich kleiner Seildurchmesser und kleiner D/d-Verhältnisse. Baumusterprüfbescheinigungen oder neue Bescheinigungen über eine Konformitätsprüfung zur erleichterten Zulassung Ihrer Anlage liegen bei uns bereit.

Tabelle 1 Treibscheibenaufzüge

Seillänge	Seilausführung					
	Benutzungshäufigkeit			hoher Komfortanspruch	hohe Laufruhe	komplizierte Seilführung
	gering	mittel	stark			
≤ 40 m	C	C	C	D	D	E
≤ 100 m	C	D	E	E	E	E
≤ 150 m	D	E	E	E	E/F	E
≤ 200 m	E	E/F	E/F	E/F	E/F/H	E
> 200 m	E	E/H	E/H	E/H	E/H	E

Allgemeine Anforderungen:

- Genau dosierte Schmierung wegen Treibscheibenantrieb
- Enge Seildurchmessertoleranz
- Drahtfestigkeit der Außendrähte im unteren Bereich des Toleranzfeldes

Tabelle 2 Indirekt hydraulische Aufzüge

Lebensdauer und Instandhaltung	Seilausführung		
	Benutzungshäufigkeit		
	schwach	mittel	stark
gute Lösung	G	G	G
bessere Lösung	–	G	G

Allgemeine Anforderungen:

- Gut, aber nicht übermäßig geschmiert
- Höhere Drahtnennfestigkeiten möglich, da hohe Bruchkraft hier besonders erwünscht ist
- Seildurchmessertoleranz wie für Nicht-Aufzugseile: –0 +5 %

Tabelle 3 Gespannte Unterseile

Seildurchmesser ø	Seilausführung
bis 24 mm	K
größer 24 mm	L

Allgemeine Anforderungen:

- Gut, aber nicht übermäßig geschmiert
- Keine hohen Bruchkräfte erwünscht (Gesamtbruchkraft Unterseile kleiner als Gesamtbruchkraft Tragseile)
- Seildurchmessertoleranz wie für Nicht-Aufzugseile
- Fasereinlage, wegen der Drehneigung von Unterseilen
- Fasereinlage aus synthetischem Material (Seile mit Fasereinlage aus Naturfaser reagieren auf starke Luftfeuchte mit Längenänderung)
- Kein Gleichschlagseil

Tabelle 4 Seile für Geschwindigkeitsbegrenzer (Reglerseile)

benötigte Seilkraft	Seilausführung
normal	M
hoch	N
sehr hoch	P

Anforderungen:

- Genau dosierte geringe Schmierung
- Für feuchtes Klima: verzinkt und mit synthetischer Fasereinlage

Tabelle 5 **Eignung der Seilkonstruktionen für die einzelnen Seilausführungen lt. Tabellen 1 bis 4**

Seil-konstruktion	Entsprechendes DRAKO Aufzugspezialseil	Vorteile	Nachteile	Empfohlene Seilausführung				
				Seilfestigkeitsklasse				
				1370 bzw. 1370/ 1570	1370/ 1770	1570 bzw. 1570/ 1770	1770	1960
6-litzig mit Fasereinlage	6 x 19 Seale + FC	montageunempfindlich, Preis sonst u. E. keine Vorteile	mit zunehmendem ø steif bis sehr steif, s. auch 6 x 19 Warrington	–	–	M	N	–
	6 x 19 Warrington + FC	gegenüber 8-litzigen Seilen größere Bruchkräfte	bei Keilrillen und unterschnittenen Rillen teilweise Vibrationen und starker Rillenverschleiß	–	–	M	N	P
	6 x 25 Filler + FC DRAKO 180 B*) 6 x 36 Warrington-Seale + FC DRAKO 180 B*)	Die Fasereinlage macht das Unterseil weniger empfindlich gegen die wegen der relativ schwachen Seilspannung häufiger auftretenden Seilverdrehungen	bei Vollstahloberseilen sind mehr oder dickere Unterseile zum Gewichtsausgleich erforderlich	K L	– –	K L	– –	– –
8-litzig mit Fasereinlage	8 x 19 Seale + FC oder 8 x 19 Warrington + FC oder 8 x 21 Filler + FC	Universalseil für den normalen Aufzug, montageunempfindlich, passt sich geringfügig eingelaufenen Rillen an, mittlerer Preis	niedrigste Bruchkraft aller hier vorliegenden Seile, höhere Seildehnung wegen großer Fasereinlage, dadurch auch schnellere Seil-ø-Reduzierung als bei 6 x 19 und Vollstahlseilen	–	C	C	–	–
	8 x 25 Filler + FC DRAKO 200 B*)	siehe 180 B	geringeres Metergewicht als bei 180 B	K	–	–	–	–
6-litzig mit Stahleinlage	6 x 19 Seale oder 6 x 19 Warrington + IWRC	nur für Reglerseile mit höherer erforderlicher Seilkraft	Preis höher als 6 x 19 + FC	–	–	P	–	P
Vollstahlseil 8-litzig mit Stahleinlage	DRAKO 250 T	hohe Bruchkraft, stärker gefettet, geringere Dehnung, weniger Seilkürzungen	Preis höher als 8 x 19 + FC	–	–	D P	–	–
	DRAKO 210 TF/TFS	hohe Bruchkraft, leicht erhöhte Querelastizität	Preis höher als 8 x 19 + FC	–	–	D	–	–
	DRAKO 250 H	erhöhte Bruchkraft, sehr geringe Seildehnung, weniger Seilkürzungen, selteneres Nachschmieren	Preis höher als 6 x 19 + FC	–	–	–	G	–
Vollstahlseil 9-litzig mit Stahleinlage	DRAKO 300 T DRAKO 375 T	hohe Bruchkraft, sehr geringe Seildehnung, sehr gute Lebensdauer	Preis höher als DRAKO 250 T	–	–	E P	–	E P
Vollstahlseil 9-litzig mit parallel verseilter Stahleinlage	DRAKO 300 TP	sehr geringe elastische Dehnung, sonst siehe DRAKO 300 T	Preis höher als DRAKO 300 T anspruchsvolle Montage	–	–	F	–	–

* Spezial-Gewichtsausgleichsseile für Aufzüge, für den ausschließlichen Einsatz als gespannte Unterseile

Hinweis:
Sollten Sie bisher eine andere Seilkonstruktion eingesetzt haben, als DRAKO Ihnen hier vorschlägt, so bietet dieser Umstand keinesfalls Anlass zur Sorge. Sie hatten bisher ein möglicherweise geeignetes, aber aus unserer Sicht nicht das optimale Seil verwendet.

Um die Anwendung einfach zu gestalten, können extreme Seilanordnungen in diesen Tabellen nicht angesprochen werden. Wir empfehlen in solchen Fällen ein Gespräch mit DRAKO.

Wenn Ihre Treibscheibenqualität durch geringe Härte etc. bereits Anlass zu Problemen gegeben hat, kann dies, unabhängig von der Anordnung Ihrer Anlage, bestimmend für die Seilauswahl sein. So müsste in einem solchen Fall ein Seil mit Mischfestigkeit 1370/1770 oder sogar generell ein Seil mit Stahleinlage statt eines Seils mit Fasereinlage gewählt werden.

Unser Lieferprogramm

Aufzugindustrie

- Spezialseile in 6- und 8-litzigen Konstruktionen
- Spezialseile mit 9 Außenlitzen für Hochleistungsanlagen
- Spezial-Gewichtsausgleichsseile
- Gewichtsausgleichsketten und Aufhängungen
- Seile für Kleingüter-Aufzüge, Geschwindigkeitsbegrenzer und Türantriebe
- Fassadenliftseile mit elektrischen Steuerleitern

Maschinen- und Bauindustrie

- Spezial-Kran- und Baggerseile mit 8 und 9 Außenlitzen
- Elektrozugseile in drehungsarmer und drehungsfreier Ausführung
- Drehungsfreie Seile für Turmdrehkrane und Autokrane
- Winden-, Hub-, Greifer- und Halteseile
- Anschlagseile nach DIN EN 13414-2/-3 sowie sonstige Anschlagmittel

Bergbau

- Koepe-Förderseile
- Trommelförderseile
- Flachförderseile
- Flachunterseile
- Rundunterseile
- Zugseile für Einschienen-Hängebahnen
- Hammerseile

Schachtbau

- Drehungsarme und drehungsfreie Bühnenförderseile
- Flachförderseile
- Abteufgreiferseile
- Führungsseile
- Lotseile

Erdölindustrie

- Rotary-Bohrseile nach API Spec. 9A und DIN 5881
- Schlämmseile
- Windenseile
- Schlagbohrseile
- Spillseile
- Anschlagseile

Ferner

- Seilendbefestigungen verschiedenster Art
- Einzieh- und Haltestrümpfe für Kabel und Seile
- Drahtseile mit Kunststoffummantelung
- Drahtseilzubehör
- Spiralseile (Bowdenzuglitzen)
- Tiefseewindenseil

Zulassungen und Zertifizierungen

- TÜV Süd
- Zugelassen von Germ. Lloyd, Lloyd's Register of Shipping
- Qualitäts-Managementsystem nach DIN EN ISO 9001
- Umweltmanagementsystem DIN EN ISO 14001
- Energiemanagementsystem DIN EN ISO 50001
- LOM Spanien
- GOST Russland

Zusätzliche Leistungen

Technische Beratung

Wir helfen Ihnen, aus einer Vielzahl von technischen Möglichkeiten, die für Sie beste Kombination bei Seilen und Seilzubehör zu finden.

Schon in der Planungs- und Auslegungsphase unterstützen und beraten wir Sie umfangreich. Neben jahrelanger Erfahrung stehen viele Berechnungsmöglichkeiten für die Auswahl des passenden Aufzugseils zur Verfügung. So können wir für Ihr Projekt das am besten geeignete Seil ermitteln, das System Seiltrieb im Aufzug verstehen und Sie somit umfassend beraten.

Wir bieten folgende Zusatzdienstleistungen:

Seillebensdauer- und Seildehnungsberechnung sowie Seilauswahl (DRAKO Rope Calculator)

Eine Seilberechnung ist ein komplexer Vorgang, mit vielen Faktoren, die zu berücksichtigen sind. Unser Technical Competence Center (TCC) hat aufgrund weitreichender und langjähriger Erfahrung eine professionelle Software zur Berechnung der Seillebensdauer und Seildehnung entwickelt. Aus diesem komplexen Programm ist eine Endnutzer-Version entstanden, die Ihnen die Auslegung Ihrer Anlage mit unseren Aufzugseilen stark erleichtert.

Darüber hinaus ist der bewährte DRAKO Rope Selector in den DRAKO Rope Calculator implementiert. Somit können Sie bereits im Vorfeld den Seiltrieb "Treibscheibenaufzug" nach EN 81 auslegen, das geeignetste Seil für das Zusammenspiel mit den übrigen Komponenten beurteilen und stets das richtige Seil für Ihre Anwendung ermitteln.

Als unser Kunde registrieren Sie sich kostenlos auf **www.drako.de**

Seil- und Anlagenbegutachtung

Manchmal kommt es in Aufzuganlagen zu unerwarteten Seilschäden, deren Ursache im ersten Moment nicht nachvollziehbar ist. Unsere Experten helfen Ihnen mit Ihrer Erfahrung, diese Ursache herauszufinden, um eine Wiederholung des Schadens nach einem Seilwechsel auszuschließen.

Wir beraten Sie gerne und kostenlos! Für tiefergehende Berechnungen und Leistungen erstellen wir Ihnen gerne ein Angebot.

Vereinfachte Bestellabwicklung

Wir möchten Ihnen die Auswahl und Bestellung so leicht wie möglich machen. Bitte verwenden Sie hierzu unsere Fax-Bestellformulare, die Sie sich Ihrem Bedarf entsprechend kopieren können. Sie können selbstverständlich auch Bestellungen oder Anfragen per E-Mail senden an: **info@drako.de**

Bevorratung

Wir halten für Sie permanent alle Größen an Gewichtsausgleichsketten und mehr als 80 verschiedene Seiltypen und -durchmesser für den Aufzugbereich bereit; in unserem Fertiglager liegen Seile in einer Menge von ca. 1.600 km. Hieraus können wir Ihren Lieferwunsch – Zwischenverkauf vorbehalten – zeitnah erfüllen.

Systemlieferung / Seile und Zubehör aus einer Hand

Benötigen Sie unsere Seile und/oder Gewichtsausgleichsketten auf der Baustelle mit beigepacktem Zubehör?

➜ Wir bieten maßgeschneiderte Lösungen für fertig kommissionierte Lieferungen.

24-Stunden-Antwort

Wenn absehbar ist, dass wir Ihnen nicht zum gewünschten Zeitpunkt eine Antwort auf Ihre Anfrage geben können, werden wir Ihnen spätestens am ersten Arbeitstag nach Eingang Ihres Schreibens mitteilen:

- wer Ihr Ansprechpartner ist,
- bis wann Sie mit der gewünschten Antwort rechnen können.

Eigenes Prüflabor

Wir führen visuelle Prüfung (Drahtbrüche, Korrosion, Verformung, Verschleiß), Einzeldrahtprüfung, Ganzzerreißung, Bruchkraftermittlung, Fettgehaltbestimmung, Dehnungsmessung sowie Biegewechselprüfung durch. Bei Bedarf erstellen wir Ihnen gerne ein entsprechendes Angebot.

Homepage

Alle technischen Daten finden Sie auch online auf unserer Homepage **www.drako.de**

"Wir möchten, dass Sie zufrieden sind. Nicht nur mit unseren Produkten, sondern auch mit unserem Service."

PFEIFER
DRAKO

PFEIFER DRAKO
DRAHTSEILWERK GMBH

Rheinstraße 19 – 23
D-45478 MÜLHEIM AN DER RUHR
Tel. +49-208-42901-0
Fax +49-208-42901-43
E-Mail info@drako.de
Internet www.drako.de

PFEIFER-Stammhaus

PFEIFER
SEIL- UND HEBETECHNIK GMBH

Dr.-Karl-Lenz-Str. 66
D-87700 MEMMINGEN
Tel. +49-8331-937-0
Fax +49-8331-937-294
E-Mail info@pfeifer.de
Internet www.pfeifer.info

Vertriebspartner in Europa

in Belgien/Niederlande
Handels- en Ingenieursbureau
Bakker & Co. B.V.
Postbus 1235
NL-3330 CE ZWIJNDRECHT
Tel. +31-78-6101666
Fax +31-78-6100462
E-Mail sales@bakker-co.com

in Österreich
PFEIFER SEIL- UND
HEBETECHNIK GMBH
Harterfeldweg 2
A-4481 ASTEN
Tel. +43-7224-66224-0
Fax +43-7224-66224-13
E-Mail office@pfeifer-austria.at

in Ungarn
Liftimpex Kft.
Liget u. 1
HN-5000 SZOLNOK
Tel. +36-56-372524
Fax +36-56-410586
E-Mail liftimpex@externet.hu

in Großbritannien/Irland
PFEIFER DRAKO LTD.
Marshfield Bank, Wollstanwood
GB-CREWE CW2 8UY
Tel. +44-1270-587728
Fax +44-1270-587913
E-Mail sales@pfeiferdrako.co.uk

in Luxemburg
PFEIFER SOGEQUIP S.À R.L.
Zone Industrielle Schifflange-Foetz
L-3844 SCHIFFLANGE
Tel. +352-574242
Fax +352-574262
E-Mail sogequip@pt.lu

in Russland
OOO PFEIFER
KANATI & PODJÖMNIE TEHNOLOGII
Pyzhevskiy pereulok,
h. 5, bld. 1, office 108
RU-119017 MOSKAU
Tel. +7-495-363-01-27
Fax +7-495-363-01-28
E-Mail kanaty@pfeifer-rossia.ru

in Spanien
PFEIFER CABLES Y EQUIPOS
DE ELEVACIÓN, S.L.
Avda. de los Pirineros, 25 - Nave 20
San Sebastian de los Reyes
ES-28703 MADRID
Tel. +34-91-659-3185
Fax +34-91-659-3139
E-Mail p-es@pfeifer.de

in Italien
Spanset Italia SRL
Via Nenni 13/A
IT-10036-SETTIMO TORINESE (TO)
Tel. +39-0118-16 97 44
Fax +39-0118-16 97 91
E-Mail info@spanset.it

in Griechenland
Helcoma
Th. Rotas & Co O.E.
65 Davaki str,
GR-17672 KALLITHEA, ATHENS
Tel. +30-210-951 37 05
Fax +30-210-951 34 90
E-Mail contact@helcoma.gr

in Polen
PFEIFER TECHNIKA LINOWA
I DZWIGOWA SP. Z O.O.
ul. Wrocławska 68
PL-55330 KREPICE k/Wrocławia
Tel. +48-71-3980760
Fax +48-71-3980769
E-Mail info@pfeifer.pl

Vertriebspartner weltweit

in USA/Kanada
AFD Industries, Inc.
555 Market Avenue North
CANTON, OH 44702
Tel. +1-330-4523300
Fax +1-330-4522331
E-Mail info@afdindustries.com

in den VAE/Dubai
PFEIFER MIDDLE EAST WIRE ROPE
& LIFTING TECHNOLOGY FZE
Jebel Ali Free Zone 1, RA08UA07,
PO Box 263081, DUBAI, UAE
Tel. +971-4-883-8445
Fax +971-4-883-8446

in Australien
Bullivants Lifting & Safety
Specialists
1 Bellevue Cct, Greystanes NSW 2145
Locked Bag 9, Wetherill Park NSW 2164
Tel. +61-2-86337296
Fax +61-2-96253400
E-Mail sales@bullivants.com

in Korea
Fine Incorporation
Room 2511, Masters Tower B/D,
#553, Dowha-Dong, Mapo-Ku,
SEOUL 121-815
Tel. +82 2 704 2794
Fax +82 2 704 2795
E-Mail finc2794@unitel.co.kr

in Hongkong/Südchina
Cobelco Industrial Supplies Ltd.
Room 01, 26/F, Tung Wai Commercial
Building
109-111 Gloucester Road,
WAN CHAI, HONG KONG
Tel. +852-2889-0080
Fax +852-2898-7077
E-Mail sales@cobelco.com.hk

in China
PFEIFER STEEL WIRE ROPE
(SHANGHAI) CO., LTD.
Building 1, No.366, Chen Xiang Road
Nanxiang Town, Jiading District,
Shanghai, China
CN-SHANGHAI 201802
Tel. +86-21-56778006
Fax +86-21-56779229
E-Mail info@pfeifer.com.cn

Weitere Informationen:
www.drako.de

09.19.100 WH/AWG