

SEILE UND SEILKONSTRUKTIONEN

BARTHEL, THOMAS; SCHEUNEMANN, WOLFGANG; VOGEL, WOLFRAM

Bei „Stahldrahtseile für Treibscheibenaufzüge“ handelt es sich um eine sechsteilige Artikelreihe zu Fragen, die in den letzten Jahren zwischen Anwendern und Seilherstellern diskutiert wurden. Sie soll dabei behilflich sein, häufige Fragestellungen zu beantworten und bei der Ursachenforschung im Falle eines unerwarteten Verhaltens der Kombination Aufzug / Seil zu unterstützen. Viele Antworten sind das Ergebnis von Forschungsprojekten oder der gemeinsamen Ursachenermittlung mit den Betreibern der Anlagen.

An dieser Stelle möchten sich die Autoren bei allen Gesprächspartnern für deren Offenheit bedanken.

Der vorliegende zweite Teil handelt vornehmlich von Seilkonstruktionen und technischen Regeln rund um das Seil im Aufzug.

Das einfachste Aufzugsseil erhält man, indem 6 Litzen z. B. in Warrington-Konstruktion um eine Fasereinlage geschlagen werden (Bild 15). 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 gehen zum Teil in z. B. für die Treibfähigkeit ungünstige Dimensionen. Das 8-litzige Seil mit Naturfasereinlage hat heute weltweit an Bedeutung gewonnen und darf als das am häufigsten verwendete Aufzugsseil betrachtet werden (Bild 16 und Bild 17).

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

Wegen 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 [6] bzw. EN 81-1/1986 [7] berücksichtigen die Pressungsberechnung in vereinfachter Form. In EN 81-1/1998 ist dies nicht mehr ersichtlich und soll durch eine spezielle Berechnung des Seilsicherheitsfaktors nach Anhang N aufgefangen werden. Die Pressung sollte aber trotzdem stets mit betrachtet werden. Hohe Mindest-Sicherheitsfaktoren (Verhältnis von Mindestbruchkraft zu Betriebslast) von 12 (USA und Japan 10) benötigen nur wenig metallischen Querschnitt im Seil. Seildurchmesser können aber gerade wegen dem

Lebensdauer mindernden Einfluss 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 wie

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

Diese lange Anforderungsliste wird erfüllt durch Vollstahlseile wobei z. B. die Anzahl der Außenlitzen zusätzlich noch auf 9 erhöht wird. Bild 9 zeigt Beispiele für Vollstahlseile. Bild 19 zeigt ei-

ne bewährte Aufzugsseilkonstruktion mit Stahleinlage. Nachdem sich diese Aufzugsseile mit Stahleinlage auch international in anspruchsvollen Gebäudeprojekten hervorragend bewährt haben, sind sie in den internationalen Normen aufgenommen worden.

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

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 $8 \times 19 +$ 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 dieser Vorteil zumindest zum Teil „aufgebraucht“.

Drehungsarme Seilkonstruktionen (Bild 10) sollten in Treibscheibenaufzügen nicht verwendet werden, da es zu Überkreuzung der äußeren und inneren Litzenla-

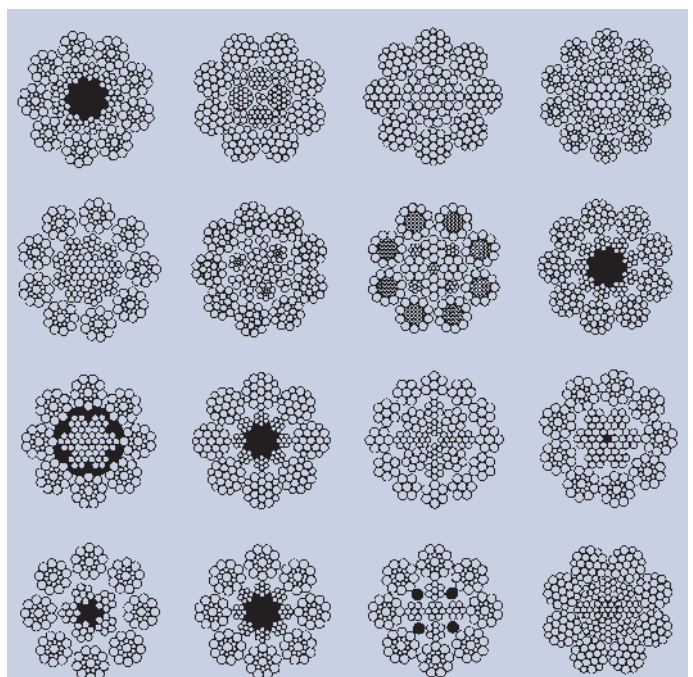
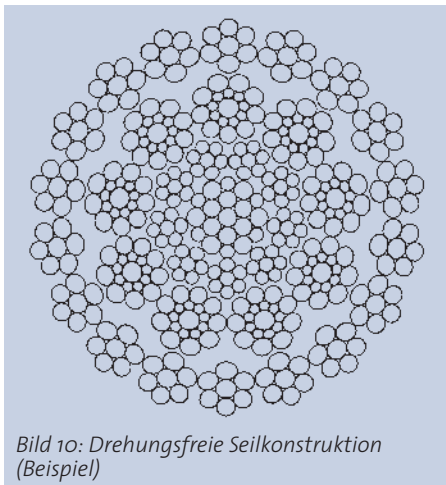


Bild 9: Übersicht von Aufzugsseilen in Vollstahlausführung



gen und hohen Pressungen kommt. Dadurch entsteht die Gefahr der unbemerkten inneren Seilzerstörung.

Warum diese Vielfalt der Aufzugsseilkonstruktionen?

Gibt es das ideale Aufzugsseil oder noch weitergehend gibt es sogar das Seil für alle denkbaren Anwendungen? Ein Seil für Treibscheibenaufzüge ist einem kompletten Beanspruchungskollektiv aus Biegung, Zug und Pressung aber auch durch Verschleiß zwischen den Drähten und zwischen Seil und Scheibe 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. je nach vorrangiger Beanspruchung muss die Seil- und Litzenkonstruktion gewählt werden. Bei hoher Biegebeanspruchung wird der Griff 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 Biegegewechseigenschaften) nicht mit Durchmesser un-

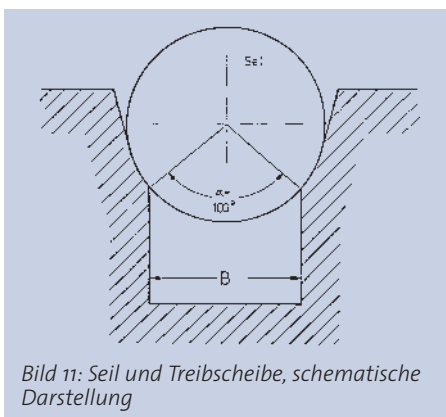


Bild 11: Seil und Treibscheibe, schematische Darstellung

ter 10 mm hergestellt. Die Konstruktion 6 x 19 Seale in Durchmessern über 16 mm scheidet aus wegen der sehr dicken Außendrähte, 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 und mit großen Förderhöhen, indirekt hydraulischen Aufzügen, Kleingüter-Aufzügen, verschiedenste Aufhängungen von Fahrkorb und Gegengewicht usw. 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. In der Umkehr sind einfache Seilkonstruktionen in High-Rise-Anlagen fehl am Platz. Zudem sind die in Bild 9 vorgestellten Seilkonstruktionen durchweg Spezialseile, die nicht von allen Herstellern in der ganzen Breite 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 so genannte Treibfähigkeit nachgewiesen werden, die auf das in Bild 11 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 Auftriebsverhältnisse 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 unterschrittenen Sitzrille mit einem Unterschnittwinkel $\phi = 105^\circ$ wird dies eindrucksvoll veranschaulicht (Bild 12 bis Bild 14). 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 12: 6-litziges Seil in Sitzrille 105°



Bild 13: 8-litziges Seil in Sitzrille 105°

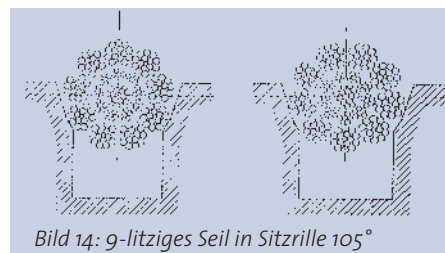


Bild 14: 9-litziges Seil in Sitzrille 105°

Welche Seile sind für welche Anlage geeignet?

Bei Anfrage bieten wir Ihnen den Anhang dieser Schrift als ein einfaches Hilfsmittel, um Tragseile, gespannte Unterseile und Reglerseile anlagenabhängig auszuwählen. Ebenfalls ist erläutert, welche Gesichtspunkte zu den Zuordnungen Seil zur Aufzugsanlage 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 (hoher metallischer Querschnitt und erstklassige Fasereinlage) und
- ein niedriger Preis (Stahl und gutes Fasermaterial kosten Geld).

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

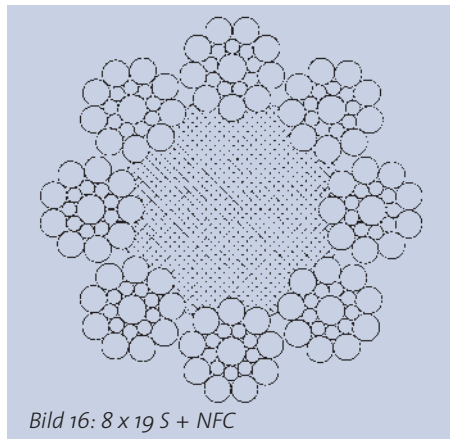
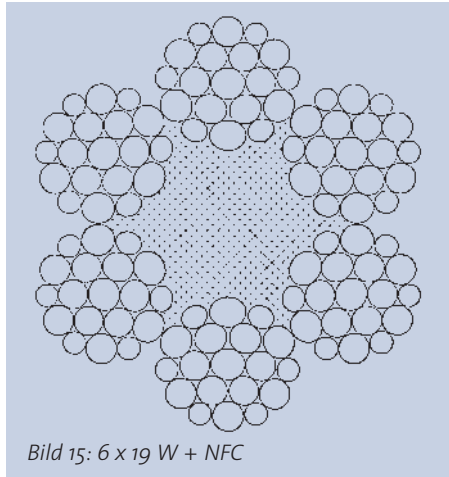
Wann kommt ein 6-litziges Seil mit Fasereinlage zum Einsatz?

In Bild 15 ist exemplarisch für diesen Seiltyp ein 6 x 19 Warrington mit Fasereinla-

ge 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 unterschrittene Seilsitzrillen und Keilrillen sollte überdacht werden.

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

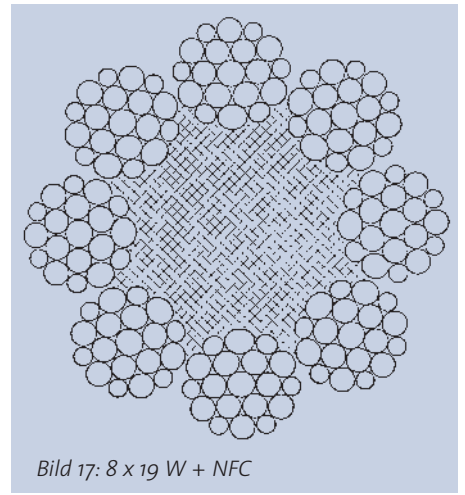
In Bild 16 ist exemplarisch für diesen Seiltyp ein 8 x 19 Seile mit Fasereinlage abgebildet. Die Vorteile und Einsatzgebiete sind im Folgenden dargestellt.

Vorteile:

- 8-litzige Seile sind runder als 6-litzige Seile, d. h. es gibt 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 8 x 19 Seile mit Naturfasereinlage (Bild 16) ist das weltweit am häufigsten eingesetzte Aufzugsseil. Aber



auch die Seilkonstruktion 8 x 19 Warrington mit Naturfasereinlage (Bild 17), 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.

Autoren

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

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

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