

Vom Skilift bis zur Golden Gate Bridge: Wir vertrauen uns dem Drahtseil an. Wie ist es beschaffen? Und wie wird es kontrolliert?

Von Monika Etspüler

Jedes Jahr das gleiche Bild. Mit Eröffnung der Skisaison im Dezember wachsen die Schlangen an Seilbahnen und Liften. Ohne zu zögern, vertrauen sich Menschen der Technik aus Motoren und Drahttrassen an. Die Prüflingenieure des Instituts für Fördertechnik und Logistik (IFT) der Universität Stuttgart haben dann anstrengende Wochen hinter sich, in denen sie einen großen Teil ihrer Zeit in luftiger Höhe zugebracht haben, um die Trag-, Zug- und Förderseile der Bergbahnen zu inspizieren.

180 Seilbahnen betreut das Institut. Für die Mitarbeiter bedeutet das, sich bäuchlings auf einem Schlitten, der über dem Tragseil am Fahrwerk angebracht ist, festzuschlängeln, um dann Zentimeter für Zentimeter die finger- bis armdicken Seile abzufahren. Ihre ganze Konzentration gilt einem kastenförmigen Gerät, das so angebracht ist, dass es das Drahtseil umschließt. Es macht sichtbar, was normalerweise nicht zu sehen ist, nämlich den Zustand des Seils in seinem Innern.

Der rechteckige Kasten ermittelt Drahtbrüche, Korrosion, Druck- und Verschleißstellen und gehört zur Standardausrüstung jedes Seilprüfers. Regelmäßig werden damit die Seile von Bergbahnen und Förderanlagen, von Schwimmkränen auf hoher See und von Schiffshebeanlagen untersucht. Durch Permanentmagneten im Inneren des Geräts wird in dem zu prüfenden Seilabschnitt ein homogenes Magnetfeld entlang der Seilachse aufgebaut. Sind im Innern des Seils irgendwelche Störstellen vorhanden, so entsteht ein Streufeld, das von einer Messspule erfasst und als Signal weitergeleitet wird. Ein Tachorad, das mit dem Gerät verbunden ist, nimmt die Wegstrecke auf, so dass die Lage der Fehler später genau lokalisiert werden kann. Die Messungen werden in einen mobilen Rechner eingespeist und grafisch abgebildet. Mit Hand und bloßem Auge oder unterstützt durch Kamerasysteme wird zusätzlich die Außenhaut des Seils auf Schleifspuren, Roststellen und gelockerte Drähte hin inspiziert.

Nicht zuletzt die scharfen Kontrollen haben dem Drahtseil hohes sicherheitstechnisches Ansehen beschert. Doch das allein ist noch keine ausreichende Erklärung für seine Erfolgsgeschichte, die in den Bergwerken des 19. Jahrhunderts begann. Bis dahin verwendete man unter Tage Hanfseile und Ketten als Fördermittel. Hanf aber war teuer und eine Kette nur so stark wie ihr schwächstes Glied. Oberbergrat Julius Wilhelm Albert aus Clausthal kam auf die Idee, die parallel wirkenden lasttragenden Kräfte eines Faserseils und die Materialfestigkeit von Eisenketten miteinander zu kombinieren. Mit dem nach ihm benannten Albert-Seil schuf er ein Hebmittel, das alles, was bis dahin verwendet wurde, an Reißfestigkeit und Langlebigkeit übertraf. Im Sommer 1834 wurde das erste Drahtseil der Weltgeschichte in dem knapp 55 Meter tiefen Schacht der Grube Caroline in Clausthal erprobt. Es hatte einen Durchmesser von 18 Millimeter und bestand aus drei Litzen, die sich wiederum aus je vier Drähten zusammensetzten. Das Versagen eines Seils war jetzt kalkulierbar geworden. Es kündigte sich durch einzelne Drahtbrüche an, so dass genügend Zeit blieb, es zu reparieren oder auszutauschen.

Noch immer orientiert sich die Anatomie von Hulseilen, die für Krane, Aufzüge oder in Bergwerken verwendet werden, an dem Albert-Seil. Heute erreichen diese laufend Seile jedoch ganz andere Größenordnungen. Unter ihnen existieren Kaliber von mehr als 300 Millimeter Durchmesser und einem Stückgewicht von mehr als 300 Tonnen. Schneidet man ein solches Seil auf, erkennt man im Querschnitt die einzelnen Litzen, die wie Rosetten um eine Faserstoffeinlage, die sogenannte Seele, angeordnet sind. Jede Litze wiederum setzt sich aus verdrehten, kaltgezogenen Einzeldrähten zusammen. Die Faserstoffeinlage verleiht dem Seil die nötige Biegsamkeit, so dass es schadlos über Treibscheiben oder Trommeln auf- und abgerollt werden kann. Gleichzeitig verhindert sie, dass die Litzen aufeinanderreiben und es so zu vorzeitigen Abnutzungen kommt.

Hauptsache, es hält



Drahtseilakt im Dienste der Sicherheit: Prüfung des Tragseils einer Bergbahn

Fotos IFT

Zur Kategorie der stehenden Seile gehören Abspannseile an Kranen und Fassaden oder Tragseile an Bergbahnen und Hängebrücken. Von ihnen wird erwartet, dass sie möglichst starr, glatt und vibrationsarm sind. Sie bestehen deshalb aus einem Kerndraht und mehreren Lagen von Drähten, die spiralförmig um den Kern geschlagen sind. Zum Teil werden sie nach außen hin noch durch Z-Drähte abgedichtet.

Eine Tragkonstruktion, die beim Brückenbau schon große Dienste geleistet hat, sind die sogenannten Paralleldrahtbündel. Sie werden an Ort und Stelle im Luftspinnverfahren hergestellt. Man führt dabei einzelne Drähte über die gesamte Spannweite hin und her und verlegt sie anschließend auf einem Kabelhilfssteg zu Drahtbündeln. Das Problem, die schweren Trossen zur Baustelle zu transportieren, erübrigt sich dadurch. Als berühmtes Beispiel für diese Technik steht die 1883 von Johann August Rößling erbaute New Yorker Brooklyn Bridge. 54 Jahre später kam beim Bau der Golden Gate Bridge das gleiche Verfahren zum Einsatz. Ein Tragseil besteht dort aus 27 572 nebeneinanderliegenden Einzeldrähten.

Rückblickend scheint es, als könne man das 19. Jahrhundert mit Fug und Recht als Jahrhundert des Drahtseils bezeichnen. Schon 1884 wurde das Litzenseil entscheidend verbessert, was im Grunde genommen den steilen Straßen San Franciscos zu verdanken war. Statt die Straßenbahnen von Pferden ziehen zu lassen, wie andernorts üblich, setzte man die heute noch existierenden Cable Cars ein. Doch die unterirdisch laufenden Drahtseile, an denen die Wagen geführt wurden, rissen immer wieder, sehr zum Ärger von Tom Seale, dem damaligen Direktor des Unternehmens. Er befasste sich deshalb mit verschiedenen Seilkonstruktionen und kam zu dem Ergebnis: Wenn für die Litzen starke Außendrähte und flexible Innendrähte verwendet werden, fallen die dicken Außendrähte immer wieder in die Täler der darunterliegenden Drahtlagen. Die Litzen werden dadurch fester und die Seile insgesamt belastbarer.

Doch wie belastbar sind Seile tatsächlich? Auf die längste Erfahrung im Umgang mit ihnen blickt die heutige DMT Seilprüfstelle in Bochum zurück, die 1903 von der Westfälischen Berggewerk-

schaftskasse, einer Selbsthilfeorganisation des Steinkohlebergbaus, eingerichtet wurde und seit 2007 zur TÜV-Nord-Gruppe gehört. Nach wie vor ist sie für die Sicherheit in den verbliebenen 75 Schachtförderanlagen für Steinkohle sowie in den etwa 80 Schächten der Kali-, Steinsalz-, Einlagerungs- und Besucherbergwerke in Deutschland verantwortlich, in denen Seile zum Teil extremsten Belastungen ausgesetzt sind. Sie befördern Menschen, Maschinen und Material mit bis zu 70 Kilometer in der Stunde in 1500 Meter Tiefe. In den Hauptförderschächten des Kaliberbaus erreichen sie 1000 Zügezahlen am Tag, so dass sie nach spätestens zwei Jahren ausgetauscht werden müssen.

Die Schadensbilanz der Seile hängt jedoch auch von ihrer Umgebung ab. In der trockenen Atmosphäre eines Kali- oder Steinsalzbergwerks setzen Drahtseile kaum Rost an, sondern werden überwiegend aufgrund von Drahtbrüchen ausgemustert. Dagegen sind es im feuchten Milieu eines Kohlebergwerks vor allem Korrosionsprozesse, die das Aus für ein Förderseil bedeuten. Faktoren wie die Massenverteilung zwischen Seileigengewicht, Fördermittelgewicht und Nutzlast, die Länge der Fahrwege sowie die Art der Seilträger und der Förderanlage beeinflussen zusätzlich den Abnutzungsprozess.

Allgemeine Aussagen zu Verschleiß und Lebenserwartung eines Seils sind deshalb schwer zu treffen. Seile sind hochspezialisierte Individualisten. Sie werden beim Hersteller als Einzelstück in Auftrag gegeben und genau den späteren Erfordernissen angepasst. Kaum fertiggestellt, beginnt schon ihr Dasein als Dauerprüfling. Anhand einer Seilprobe werden nochmals der Durchmesser der Drähte und die Verzinkungsdicke überprüft; Biege- und Drehmaschinen kontrollieren die plastische Verformbarkeit jedes Einzeldrahts; Zerreißversuche dienen als Grundlage zur Berechnung der Bruchkraft des gesamten Seils.

Man weiß heute, dass schon Abweichungen der Drahttoleranzen von wenigen hundertstel Millimeter oder Änderungen der Winkel zwischen den Drahtlagen in einer Litze vorzeitige Schäden hervorrufen können, wodurch die Lebenserwartung von Seilen drastisch verringert wird. Man weiß ferner, dass Drahtbrüche die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass im näheren Umfeld weitere entstehen. Bekannt ist auch, dass sicherheitstechnisch weniger die Drahtbrüche bedenklich sind, sondern vielmehr ihre Verteilung über das Seil. Es ist jedoch nicht möglich, alle diese Erkenntnisse unter einen Hut zu bekommen, denn bis heute gibt es kein analytisches Rechenprogramm, um die Lebensdauer von Seilen zu ermitteln. Nur durch im Experiment gewonnene Erfahrungswerte und durch Langzeitbeobachtungen ist es möglich, hinter dessen Geheimnisse zu kommen. Die DMT Seilprüfstelle und das Institut für Fördertechnik und Logistik betreiben deshalb große Forschungslabors. Armdicke Seile kommen hier auf die Streckbank. In Dauerschwingversuchen wird simuliert, wie der Lastwagen-Verkehr die Stabilität von Brückenseilen beeinflusst. Biegemaschinen setzen Seile so lange unter Biege- und Zugspannung, bis sie reißen.

Letztendlich aber entscheidet die Untersuchung vor Ort über die verbleibende Nutzungsdauer eines Seils. Der Gesetzgeber schreibt vor, um wie viel Prozent seine Bruchkraft verringert sein darf, bevor es ausgetauscht werden muss; 15 Prozent sind es im Fall eines Förderseils im Bergbau. Doch Seile unterliegen zum Ende hin einem beschleunigten Alterungsprozess. Andererseits sind sie teuer. Der Preis für neue Seilgarnituren ist nicht selten fünf- bis sechsstellig. In der Praxis kann das bedeuten, dass Gutachter Prüfungen im Abstand von nur wenigen Tagen vornehmen müssen, um Sicherheit und Wirtschaftlichkeit Rechnung zu tragen.

Seit einigen Jahren schon sagen Fachleute voraus, dass Seile aus Fasermaterial das Drahtseil in Zukunft aus vielen Anwendungsbereichen verdrängen werden. Drahtseile haben zwar eine höhere Elastizität und sind widerstandsfähiger gegen Abrieb und mechanische Zerstörung, doch Faserseile sind zum Teil resistenter gegen Ermüdung. Was sie besonders aus-

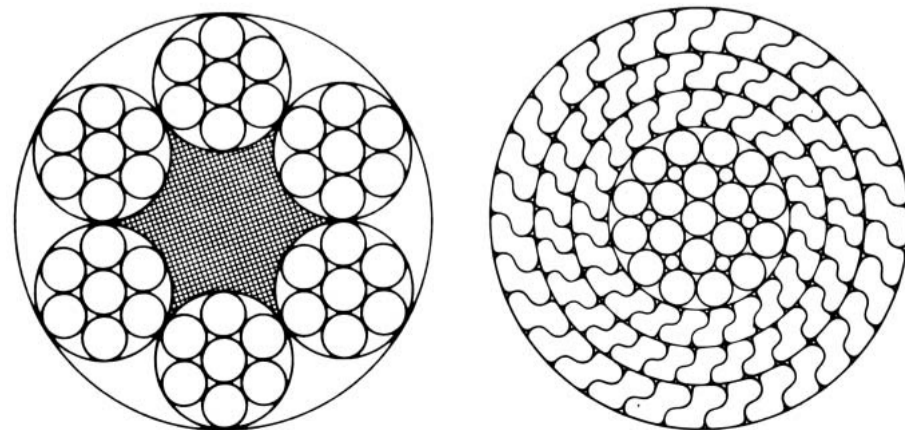


Schau mal: Der Prüfer und sein Schlitten

zeichnet, ist ihr geringes Eigengewicht. Vor allem in der Offshore-Industrie liebäugelt man deshalb mit ihnen. Denn während in 3000 Meter Tiefe die Gefahr besteht, dass Stahlseile schon aufgrund ihres Eigengewichts reißen, schwimmen Faserseile im Wasser. Zu den Favoriten zählen zurzeit die hochfesten Faserseile. Sie bringen 30 Prozent weniger Gewicht auf die Waage als ein Stahlseil und verfügen über eine extrem hohe Bruchkraft.

Ein Kompromiss zwischen Faser- und Stahlseil sind Hybridseile. Durch die Kombination von tragfähigem Faserkern und drum herum angeordneten Drahtlitzen sind sie in der Lage, hohe Lasten aufzunehmen. Kohlenstofffasern und Aramid könnten eines Tages für die Tragkabel von Hängebrücken mit wesentlich größeren Spannweiten als heute üblich eingesetzt werden. Bis jetzt hält sich die Verwendung von Faserseilen in Grenzen. Zum Einsatz kommen sie vor allem in Kränen, um deren Nutzlast zu erhöhen.

Ein Grund für den eher zögerlichen Einsatz könnte sein, dass bis heute kein Verfahren existiert, mit dem der Verschleiß von Faserseilen zu kontrollieren ist. Am IFT wurde nun ein hochfestes Faserseil, in das ein Sensorgarn eingearbeitet ist, entwickelt. Damit lässt sich der Zug, der auf das Seil ausgeübt wird, messen und die Belastung, der es ausgesetzt ist, berechnen. Doch bis solche Verfahren praxistauglich sind, hängen Mensch und Maschine wohl weiterhin – nein, nicht am seidenen Faden, sondern an dicken Stahlkraft des gesamten Seils.



Innereien im Querschnitt: Litzenseil (links) mit Faserstoffeinlage und sechs Litzen aus jeweils sieben Drähten, vollverschlossenes Spiralseil (rechts) mit drei Lagen Z-Drähten