

Über die Befestigung von Zugseilen an den Laufwerken

Mit diesem Beitrag, der in anderer Form schon publiziert worden ist [1] [2] [3], sollen die Erkenntnisse und Massnahmen in Erinnerung gerufen werden, welche in den 70er-Jahren an der ETH Zürich zur Verbesserung der Sicherheit der Verbindung von Zugseilen mit den Laufwerken erarbeitet wurden.



Abb. 1: Seilriss in der Nähe vom Austrittsquerschnitt, eine Folge der Ermüdungsbeanspruchung.

Belastung und der Stellung des Fahrzeuges. Die Torsion ändert sich etwa proportional zur Zugkraft. Die Schwingungen sind besonders stark bei Bahnen ohne Zugseil-Zwischenaufhängung und mit mehreren Stützen.

Gemäss Vorschriften muss das Seil über seine gesamte Länge und im ganzen Querschnitt kontrolliert werden können. Dazu gehört auch der Abschnitt bei und in den Befestigungen. Bei den früher üblichen Vergussköpfen war diese Kontrolle mit der erforderlichen Sicherheit nicht durchführbar. Obwohl die grösste Beanspruchung und damit die ersten Drahtbrüche in der Nähe vom Ende des Vergusskegels auftraten. (Abb. 1).

Besonders schädigend wirkte die Wechselbiegung, ausgelöst durch die Seilschwingung. Denn die charakteristische Eigenschaft

Autoren:
Gabor Oplatka und Max Schärli

Die Anforderungen an die Befestigungen

Die Zugseilbefestigungen müssen die Kräfte übertragen welche die Verbindung hauptsächlich auf Ermüdung beanspruchen. Die Kräfte setzen sich zusammen aus Zugkraft, Torsion und Biegung – Letztere aus der Schwingung des Seiles. Die Zugkraft ändert sich mit der

Bemerkung

Zurzeit (01.11. 21) ist nicht bekannt, wie und warum in diesem Jahr gleich zwei Zugseile gerissen sind. Der vorliegende Beitrag nimmt keinen Bezug auf die Ereignisse und soll die Untersuchungen in keiner Weise beeinflussen.

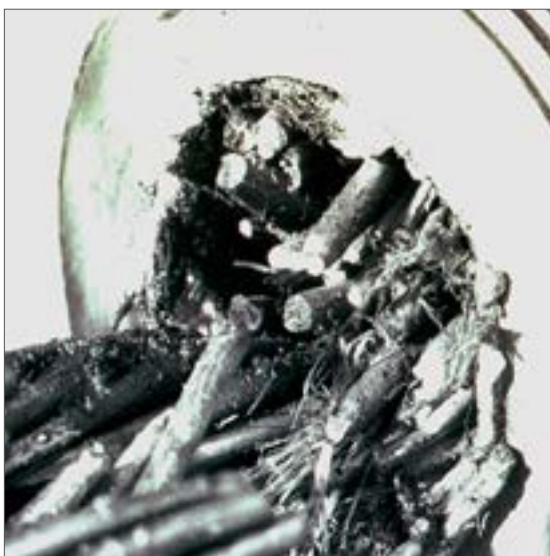


Abb. 2: Detail von Abb. 1. Die Ermüdungsbrüche liegen vorwiegend im Inneren des Querschnittes und sind deshalb vor dem Seilriss von aussen nicht sichtbar.

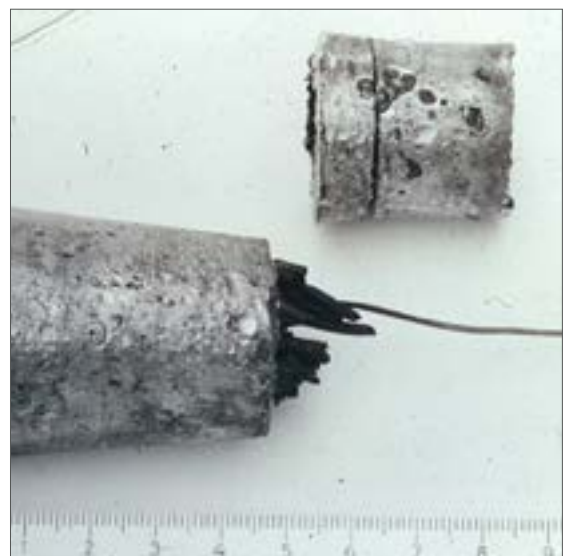


Abb. 3: Die Drahtbrüche lagen bei diesem Vergusskegel so weit hinten, dass sie erst nach dem Abschneiden des Vorderteils besichtigt werden konnten.

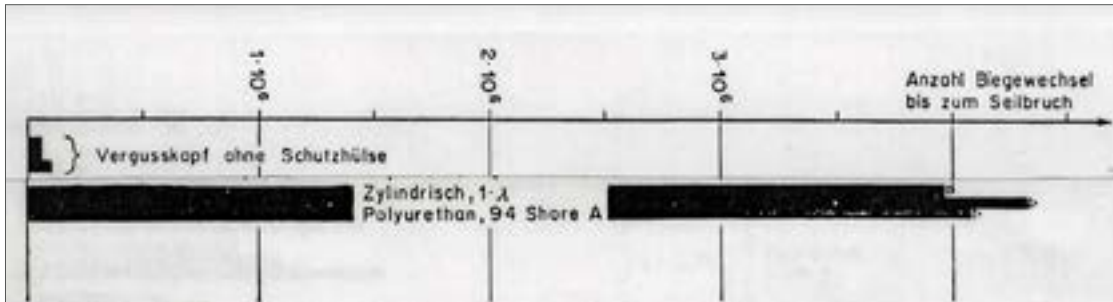


Abb. 4: In den Ermüdungsversuchen ohne Schutzhülse brachen die Seile nach 80'000 Biegewechseln. (Abb. 2 und 3). Die Versuche mit Schutzhülse gemäss Abb. 5 und 6 wurden nach 4 Mio. Biegewechseln nicht weitergeführt.

eines Seiles ist seine Biegeweichheit. Wird es gebogen, so verschieben sich die Drähte gegenseitig und die Spannungen werden abgebaut. In der Vergussmasse werden die Drähte aber blockiert, sie können sich nicht verschieben. In dieser Zone gleicht das Seil eher einer Stange, welche erst weiter draussen allmählich in ein Seil übergeht.

Erschwerend ist auch, dass die magnetinduktive Kontrolle hier nicht angewendet werden kann und, dass die Drahtbrüche zunächst im Inneren des Quer-

schnittes (Abb. 2) oder sogar im Inneren des Kegels auftreten (Abb. 3).

Erste Massnahmen

Der Eingang des Vergusskegels kann auf zwei Arten von der Wechselbiegung entlastet werden: a) durch Eliminierung der Seilschwingung oder b) Separierung der Orte der Zugkraftübertragung und der Wechselbiegung.

Aus praktischen Gründen wurde vorwiegend der zweite Weg beschritten. Um die Be-

lastung durch Wechselbiegung von der Zugkraftübertragung örtlich zu entkoppeln, wird dem Vergusskegel eine Schutzhülse vorgeschaltet. In den Ermüdungsversuchen mit Schutzhülsen verschiedener Materialien und Abmessungen, hat sich die in einem Stahlrohr eingeschobene Schutzhülse aus Polyurethan als am wirksamsten erwiesen. Die Versuche wurden nach 4 Mio. Biegewechseln abgebrochen (Abb. 4, 5 und 6). Ohne Schutzhülse erreichten die Seile lediglich 80'000 Biegewechsel.

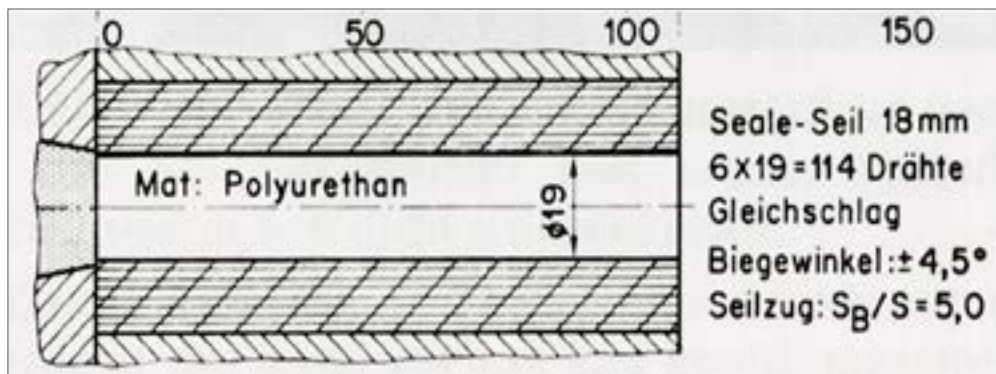


Abb. 5: Die Ermüdungsversuche mit dieser Schutzhülse wurden nach 4 Mio. Biegewechseln abgebrochen.



Abb. 6: Die in einem Stahlrohr eingelegte Schutzhülse aus Polyurethan (94° Sh A), aufgeschnitten nach dem Ermüdungsversuch.

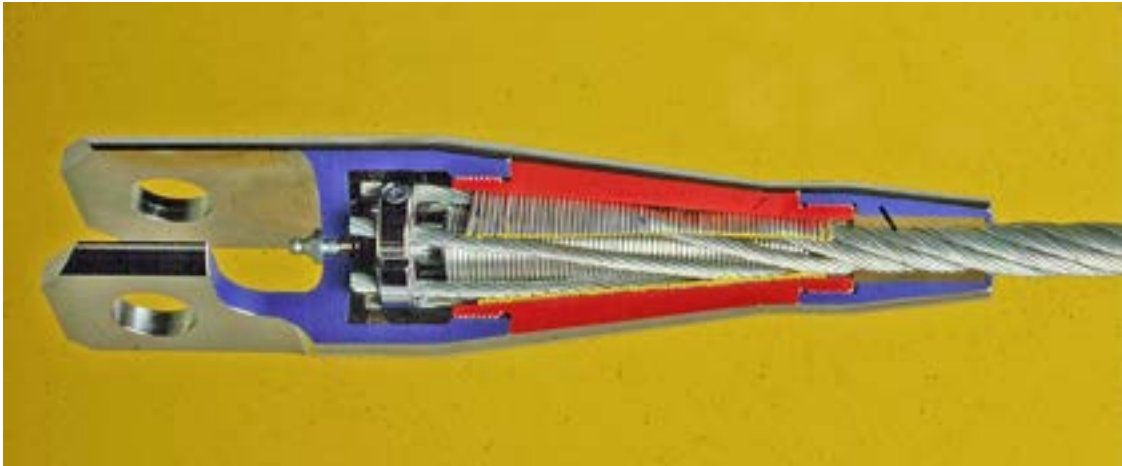


Abb. 7: Im Klemmkopf werden die einzelnen Litzen selbsthemmend verkeilt. Zur Kontrolle kann er zerlegt und anschliessend erneut montiert werden. Er erfüllt alle Anforderungen.

Die Lösungen

Mit der dem Vergusskopf vorgeschalteten Schutzhülse konnten die aus der Seilschwingung stammende Wechselbiege-Ermüdung und die Kontrolle dieses Seilabschnittes gelöst werden. Ungelöst blieb die Kontrolle des Vergusses selber sowie der Zustand des Seiles (inkl. Korrosion) beim und innerhalb des Kegels. Die Vergussköpfe müssen deshalb periodisch abgeschnitten und das Seil neu vergossen werden.

Die Lösung wurde schliesslich durch die ETHZ in der Form des auf die selbsthemmende Ver-

keilung basierenden Klemmkopfs gefunden. Dieser steht seit Ende der 70er-Jahre mit Erfolg zur Verfügung, er kann zur Kontrolle des Seiles zerlegt und – wenn alles in Ordnung ist – erneut montiert werden (Abb. 7).

Zudem können, unter bestimmten Voraussetzungen, Fahrzeuge auch mittels Klemmen an durchgehenden Zugseilen befestigt werden.

Literatur

[1] G. Oplatka und M. Roth: Drahtbrüche in Zugseilen in der Nähe von Befestigungsstellen.

Internationale Seilbahnrundschau. Teil 1 1974/4; Teil 2 1975/3

[2] G. Oplatka: Design and testing of steel wire rope terminations. OIPEEC Round Table Conference, Betlehem. August 2001, ODN 0709

[3] G. Oplatka und J. Ettl: Klemmkopf. Eine Befestigungsvorrichtung für Litzenseile. 4. OITAF-Kongress Wien 1975. Ebenfalls in Schweiz. Bauzeitung 1976/30 und ISR 1976/5.