

Spannungszustand vollverschlossener Tragseile im Bereich von Umlenkungen - Analyse, räumliche FE-Modellierung und Sensitivitätsanalyse

Katharina Kunz

1. Motivation

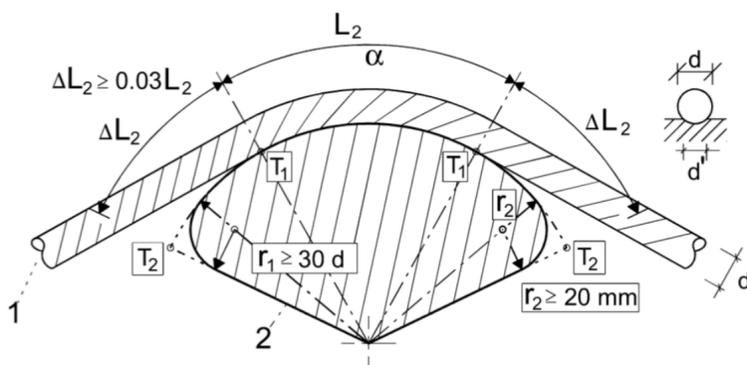
Seile finden durch ihr gutes Verhältnis von Eigengewicht zu Tragfähigkeit in verschiedenen Bereichen, wie im Ingenieurbau oder in der Fördertechnik, Anwendung.



Durch Biegung um Umlenkstellen, wie z.B. Tragseile einer Hängebrücke um die Umlenksättel, entstehen in den einzelnen Drähten durch Überlagerung verschiedener Effekte dreidimensionale Spannungszustände. Diese wurden durch die bekannten analytischen Ansätze bisher noch nicht vollständig beschrieben. Die numerische Berechnung bietet neben analytischen und experimentellen Analysen eine weitere Möglichkeit, die Problematik zu untersuchen.

2. Normative Vorgaben

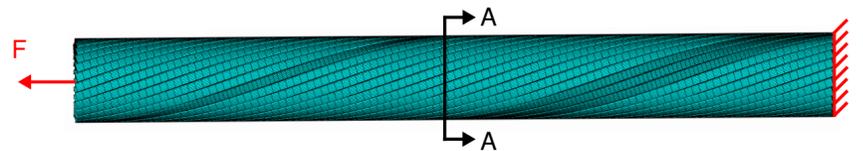
Die DIN EN 1993-1-11 sowie der nationale Anhang stellen zur Dimensionierung der Umlenkstellen nur grobe Vorgaben bereit und fordern stattdessen häufig Versuche zur Ermittlung der Tragfähigkeit. Die Angaben in den Normen geben keinen direkten Aufschluss über die in den Seildrähten herrschenden Spannungen. Stattdessen soll durch geometrische Vorgaben der Sattelabmessungen sichergestellt werden, dass der Einfluss gewisser durch die Biegung hervorgerufener Effekte beschränkt wird.



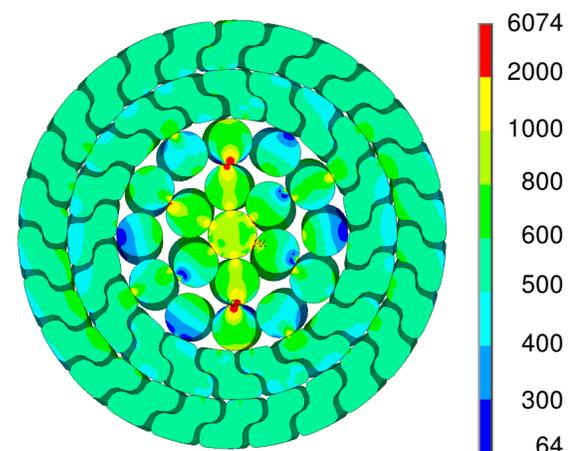
Bei Nichteinhaltung der geometrischen Bedingungen ist eine vollständige, rechnerische Ermittlung der Tragfähigkeit für umgelenkte vollverschlossene Seile nicht möglich. Hinsichtlich der Ermüdungssicherheit stellt die Norm ein Berechnungsverfahren der Lebensdauer gebogener Seile bereit, soweit die obigen Randbedingungen eingehalten sind. Generell empfiehlt die Norm jedoch zur Abschätzung der Lebensdauer diese durch Versuche zu ermitteln.

3. FE-Simulation

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Spannungszustände an geraden und umgelenkten Seilen mit der FE-Simulationssoftware ANSYS Mechanical untersucht. Die Drähte wurden mittels Volumenelemente diskretisiert und die Kontakte zwischen den Drähten sowie zwischen Seil und Umlenkscheibe durch entsprechende Kontaktelemente berücksichtigt. Es wurde eine numerische Modellierung von offenen und vollverschlossenen Spiralseilen vorgenommen, welche zunächst nur durch eine axiale Zugkraft belastet und daraufhin mittels einer Änderung der Kraftvektors über eine Scheibe gebogen wurden. Im Rahmen einer Sensitivitätsstudie wurden die Einflüsse der Seilgeometrie, der Drahtreibung, einer Winkeländerung der Kraftvektors sowie der Sattelgeometrie auf die Drahtspannungen analysiert.



VonMises-Vergleichsspannungen [$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$] im Schnitt A-A:



4. Bewertung

Die numerischen Untersuchungen von durch Zug und Biegung belasteten Spiralseilen ergaben eine plausible Abbildung der vorherrschenden Spannungszustände. Die FE-Modelle konnten gewisse Effekte berücksichtigen, welche in den bekannten analytischen Ansätzen vernachlässigt werden.

Im Rahmen einer Abschätzung der aus einer Winkeländerung des Lastvektors resultierenden Ermüdungsbelastung ergab sich im Bereich der Umlenkstelle bzw. dem Ablaufbereich eine deutliche Reduzierung der Lebensdauer. Plastische Effekte an den Stellen lokaler Spannungskonzentrationen werden durch das vorhandene Betriebsfestigkeitsmodell nicht erfasst.