

DISS ETH Nr. 11057

**Die Seilbiegung  
mit einer durch die innere Reibung,  
die Zugkraft und die Seilkrümmung  
veränderlichen Biegesteifigkeit**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

**Konstantin O. Papailiou**

Dipl. El.-Ing. TH Braunschweig  
Dipl. Bau-Ing. Universität Stuttgart

geboren am 3.7.1946

von Athen/Griechenland

Angenommen auf Antrag von:

**Prof. Dr. H.-R. Meyer-Piening, Referent**

**Prof. Dr. G. Oplatka, Korreferent**

**Dr. V. Esslinger, Korreferent**

**1995**

# Zusammenfassung

Die Seilbiegung stellt einen wichtigen Betriebszustand von Spiralseilen dar. Während des Biegevorganges verschieben sich die Drähte des Seiles gegenseitig, wobei die Reibung zwischen den einzelnen Drähten eine entscheidende Rolle spielt. Durch die Biegeverformung bleiben auch die Querschnitte für das gesamte Seil nicht notwendigerweise eben. Dies muss in der Formulierung des Ansatzes für die Biegesteifigkeit des Seiles berücksichtigt werden.

Unter Beachtung von allgemein anerkannten Grundsätzen für die Seilbiegung, wird im Rahmen dieser Arbeit ein Modell für mehrlagige Spiralseile vorgestellt, das auf einer, durch die innere Reibung veränderlichen und von der Seilkrümmung und von der Seilzugkraft abhängigen, effektiven Biegesteifigkeit basiert. Damit werden die Seillinie, die Seilkrümmung und die verschiedenen Komponenten der in den einzelnen Drähten des Seiles herrschenden Spannungen berechnet. Mit dem neuentwickelten "Seiltomographen" werden durch Abtasten der Seiloberfläche, die Seillinie und die Seilkrümmung experimentell ermittelt. Dabei ist eine recht gute Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung festzustellen.

Dieses Seilmodell wird auch auf Aluminium-Stahl-Verbundseile für die Stromübertragung erweitert und durch entsprechende Messungen bestätigt. Anschließend wird damit, als wichtige Anwendung, die Ermittlung der Wechselbiegespannungen, die in den einzelnen Drähten von solchen Leiterseilen bei wind-erregten Schwingungen entstehen, durchgeführt und mit der heute üblichen Bemessungspraxis verglichen. Durch die Berücksichtigung der von der inneren Reibung herrührenden Zusatzspannung, welche zusammen mit der Biegespannung die schwellende Längsspannung in den Seildrähten ergibt, wird eine bekannte Diskrepanz zwischen den gemessenen und den mit einfachen Seilmodellen, die auf einer konstanten Biegesteifigkeit basieren, berechneten Wechselbiegespannungen geklärt, sowie die Unsicherheit über den für diesen Betriebszustand gültigen Ansatz für die effektive Biegesteifigkeit des Seiles behoben. Damit kann schliesslich ein neuer Weg zur Festlegung der zulässigen Schwingungsbeanspruchungen für Leiterseile prinzipiell aufgezeigt werden.

# Summary

The bending of stranded cables is a severe loading case for these important structural components. During bending of such cables a movement between the individual wires of the cable takes place, which is greatly influenced by the frictional forces acting at the interwire contacts. Because of this movement, the planes for the crosssections of the cable do not necessarily remain plane, which has to be considered in the formulation of the bending stiffness of the cable.

The main subject of this work is to develop, based on generally accepted principles on the bending of cables, an adequate model to quantify the bending behaviour of multilayered stranded cables. This model leads, under consideration of the internal friction, to a variable effective bending stiffness, which also depends on the cable curvature and the tensile load acting on the cable. It becomes now possible to calculate analytically the deflection, the curvature and the various stress components in the wires of the cable. With the newly developed “cables scanner” the deflection and the curvature of the cable axis can also be determined experimentally. The comparison between theory and measurements shows good agreement.

The same model is extended to apply also to ACSR (Aluminium conductors steel reinforced), which are widely used in overhead transmission lines, and is validated by corresponding measurements. An important application of this work becomes finally the calculation of the dynamic bending stresses in the individual wires of such conductors, caused by wind induced (aeolian) vibrations. These calculations, which consider in addition to the ordinary alternating bending stresses in the wires, the secondary tensile stresses (“zusatz stresses”) resulting from the interlayer friction in the conductor, seem to resolve a known discrepancy between measured stresses and stresses calculated by the simpler conductor models in use today, which employ a constant bending stiffness, as well as to clarify the long outstanding uncertainty on the proper choice of the effective bending stiffness for vibrating conductors. This can well lead to the reconsideration of the fatigue stress limits for such conductors.