

Entwurf eigendrehungsfreier Spiralseile

von

Susumu SATO*, Mikio NAKAI** und Toshio AIDA*

(Received December 28, 1972)

Zusammenfassung

Mit Hilfe von theoretischen und experimentellen Untersuchungen über das Eigendrehverhalten verschiedener Spiralseilarten und dazugehörigen Berechnungen haben wir eine Möglichkeit für die Herstellung eigendrehungsfreier Spiralseile gefunden.

1. Einleitung

Im allgemeinen werden als ruhende Seile - Tragseile von Brücken oder von Seil-schwebbahnen - Spiralseile verwendet. Dabei ist es erforderlich, daß sie drehungs-frei sind. Denn bei einer Befestigungsart, die eine freie Eigendrehung erlaubt, drehen sich die Seile um ihre Achse und erfahren unter Zug eine ungleichmäßige Kraftverteilung auf die Drahtlagen und eine stärkere Dehnung, wenn jedoch keine Eigendrehung möglich ist, entsteht an der Befestigungsstelle ein Torsionsmoment. Die Befestigung von Seilen bildet deshalb ein Problem. Es ist also wichtig, mög-lichst eigendrehungsfreie Seile zu bekommen. Bisher wurden verschiedene theore-tische wie experimentelle Untersuchungen über das Eigendrehverhalten von Seilen veröffentlicht^{(1), (2), (3), (4), (5)}, dabei wurde im theoretischen Fall sehr vereinfacht und der Druck zwischen angrenzenden Drahtlagen außer acht gelassen.

Wir stellten theoretische und experimentelle Untersuchungen über das Eigen-drehverhalten der Spiralseile an und berücksichtigten dabei den Druck zwischen Kerndraht und Seitendrähten, sowie den Druck zwischen den Seitendrähten der inneren und äußeren Lagen. Wir haben gleichzeitig das Eigendrehverhalten ver-schiedener Seilarten untersucht und Berechnungen angestellt.⁽⁶⁾ So haben wir eine Möglichkeit gefunden, eigendrehungsfreie Spiralseile zu bekommen, was im folgenden dargelegt werden soll. Zugleich haben wir die allgemeinen Bedingungen erforscht, unter denen die Drehung verhindert werden kann, haben dann auf Grund der Resultate eigendrehungsfreie Seile angefertigt und ihre Eigenschaften weiterhin

* Institut für Präzisionsmechanik

** Institut für Maschinenbau

experimentellen Untersuchungen unterworfen.

2. Voraussetzungen für eigendrehungsfreie Spiralseile

2.1 Berechnungsmethode

(a) Beziehung zwischen dem Schlagwinkel α_{sn} und dem Drahtdurchmesser d_n

Wenn Seitendrähte ohne Zwischenräume zwischen den einzelnen Seitendraht-Lagen geschlagen werden, entstehen bei Zugbeanspruchung Drücke. Diese Drücke bringen häufig eine Verschiebung im Gleichgewicht der Kräfte mit sich, der Querschnitt deformiert sich und die Seitendrähte treten aus ihrer angestammten Lage heraus. Um das zu vermeiden, achtet man beim Schlagen des Seiles darauf, daß zwischen den Seitendrähten ein Zwischenraum bestehen bleibt.

Wenn die Seitendrähte mit einem bestimmten Zwischenraum geschlagen werden, ergibt sich etwa folgende Beziehung zwischen dem Seitendrahtdurchmesser d_n und dem Schlagwinkel α_{sn}

$$d_n = \frac{2R_{wn} \pi \sin\left(\frac{\pi}{2} \pm \alpha_{sn}\right)}{i_{wn} \left\{1 + \zeta_{sn} \sin\left(\frac{\pi}{2} \pm \alpha_{sn}\right)\right\}} \dots\dots\dots(1)$$

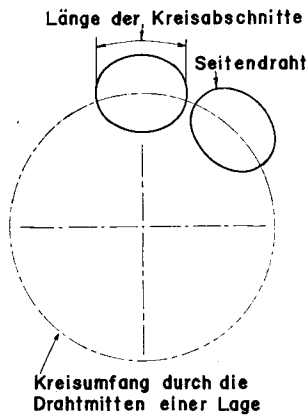


Bild 1 Schema von Seitendrähten eines Spiralseiles

- Dabei ist + : rechtsgängiger Schlag - : linksgängiger Schlag
 R_{wn} : Mittlerer Windungshalbmesser d_n : Seitendrahtdurchmesser
 i_{wn} : Seitendrahtzahl

Auch ζ_{sn} ist ein Kriterium für den Zwischenraum und wird folgendermaßen definiert:

$$\zeta_{sn} = \frac{\{(\text{Kreisumfang durch die Drahtmitten einer Lage}) - (\text{Summe der Länge der Kreisabschnitte in den Seitendrähten})\}}{(\text{Seitendrahtzahl} \times \text{Seitendrahtdurchmesser})} \quad (\text{Siehe Bild 1})$$

Wenn ζ_{sn} zu groß wird, entstehen manchmal unregelmäßige Schläge bei der Verseilung und damit ergeben sich leicht Deformationen. Aber ζ_{sn} muß andererseits eine gewisse Größe haben, damit die Seitendrähte ein und derselben Lage einander bei Zug nicht berühren.

In der Abhandlung haben wir Spiralseile mit 4, 5 und 6 Lagen untersucht und unter Berücksichtigung des oben Erwähnten die in Tafel 1 angegebenen Werte für ζ_{sn} angenommen.

Tafel 1. Zwischenraumkriterien ζ_{sn} der einzelnen Lagen zur Berechnung des Eigendrehungsverhaltens.

Seitendrahtlage	1. Lage	2. Lage	3. Lage	4. Lage	5. Lage	6. Lage
ζ_{sn} (%)	3,89	3,14	2,45	2,20	2,07	2,07

(b) Bedingung für Eigendrehungsfreiheit

In der Analyse der mechanischen Eigenschaften von Spiralseilen⁶⁾ wird der spezifische Torsionswinkel $\partial\phi/h$ unter Zugbelastung \bar{P} folgendermaßen ausgedrückt:

$$\partial\phi/h = q_{30}\phi\bar{P} \dots\dots\dots(2)$$

q_{30} : $1/c_0$ c_0 : Torsionssteifigkeit des Kerndrahtes

Die Bedingung für Eigendrehungsfreiheit ist nach Gl. (2) $\partial\phi/h=0$ d.h. $\phi=0$.

Nun ist bei freier Eigendrehung das auf das Seil wirkende Torsionsmoment $\bar{N}=\text{Null}$ ($\bar{N}=0$). Also ist die Bedingung für Eigendrehungsfreiheit, daß bei freier Eigendrehung, d.h. bei $\bar{N}=0$, unter Zugbelastung $\phi=\text{Null}$ ist. Weil ϕ aber eine sehr komplexe Funktion des Schlagwinkels α_{sn} , der Ausführung des Seiles, und der mechanischen Eigenschaften des Kerndrahtes oder der Seitendrähte usw. ist, kann man, bei gleichem Seitendrahtdurchmesser jeder Lage, nur unter großen Schwierigkeiten die Bedingungen herstellen, die die Erlangung eigendrehungsfreier Spiralseile ermöglichen. Darum haben wir die Seitendrahtdurchmesser (also Schlagwinkel α_{sn}) jeder Lage variiert, gemäß den Berechnungsergebnissen die spezifischen Torsionswinkel gezeichnet, und aus deren Kurven die Bedingung $\phi=0$ gefunden.

2.2 Berechnungsergebnisse

(a) Bei gleichem Seitendrahtdurchmesser jeder Lage

Bilder 2, 3 zeigen die Berechnungsergebnisse für spezifische Torsionswinkel, wobei die Seitendrähte der einzelnen Lagen unverändert bleiben, die Kerndrähte aber ein wenig vergrößert wurden. In den Bildern ist $d_n=\lambda_n d_0$. Also ist λ_n das

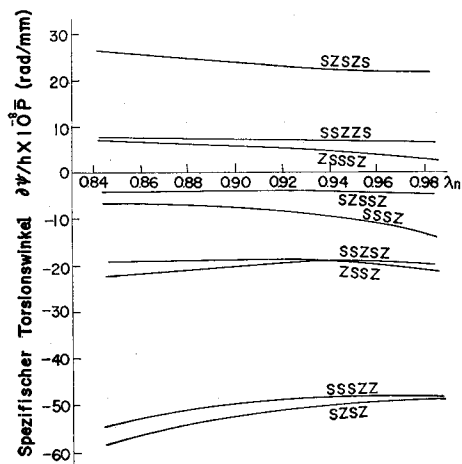


Bild 2 Beziehung zwischen Seitendrahtdurchmesser und spezifischem Torsionswinkel (Spiralseile mit 4 und 5 Lagen)

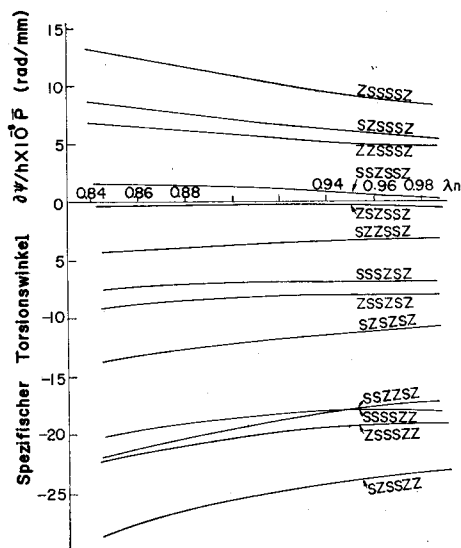


Bild 3 Beziehung zwischen Seitendrahtdurchmesser und spezifischem Torsionswinkel (Spiralseil mit 6 Lagen)

Verhältnis zwischen dem Kerndrahtdurchmesser d_0 und dem Seitendrahtdurchmesser d_n . Wie oben erwähnt, wird bei gleichem Querschnitt und gleichen Zwischenraum-Kriterien der Schlagwinkel α_{sn} nach Gl. (1) für gleichbleibende Seiten-

Tafel 2. Zusammenhang zwischen λ_n und α_{sn} bei gleichem Seitendrahtdurchmesser jeder Lage.

λ_n	α_{s1}	α_{s2}	α_{s3}	α_{s4}	α_{s5}	α_{s6}
0,85	22°59'	17°07'	15°24'	15°44'	16°52'	16°18'
0,88	20°09'	15°07'	13°55'	14°39'	16°05'	15°37'
0,90	18°05'	13°41'	12°53'	13°56'	15°34'	15°11'
0,91	16°59'	12°56'	12°20'	13°34'	15°19'	14°58'
0,92	15°48'	12°07'	11°47'	13°13'	15°04'	14°45'
0,93	14°34'	11°56'	11°13'	12°50'	14°48'	14°32'
0,94	23°13'	10°26'	10°39'	12°27'	14°33'	14°19'
0,95	11°45'	9°30'	10°01'	12°06'	14°18'	14°06'
0,96	10°03'	8°28'	9°24'	11°42'	14°03'	13°53'
0,98	5°26'	5°57'	8°02'	10°56'	13°33'	13°28'

drahtdurchmesser, also λ_n , berechnet. Aber selbst wenn λ_n für jede Lage gleich ist, sind die Schlagwinkel α_{sn} verschieden. Der Zusammenhang zwischen λ_n und α_{sn} ist aus Tafel 2 ersichtlich, wobei ζ_{sn} die in Tafel 1 gezeigten Werte annimmt.

Die Bezeichnungen in den Bildern 2, 3 zeigen die Schlagrichtung an, zum Beispiel bedeutet SZSSZ ein Spiralseil, bei dem vom Kerndraht ausgehend die erste Lage ein linksgängiger Schlag (S) ist, die zweite Lage ein rechtsgängiger Schlag (Z) und so weiter, bis zur äußersten Lage, die rechtsgängig (Z) ist. Die Eigendrehungsrichtung des rechtsgängigen Schlages nennen wir positiv und die des linksgängigen Schlages negativ.

Aus diesen Bildern ist folgendes zu ersehen:

(1) Je nach dem Schlagschema sind die spezifischen Torsionswinkel verschieden, d.h. wenn ein Seil mit einem Torsionsmoment, das das Seil in rechtsgängiger Richtung dreht, einem Torsionsmoment, das in linksgängiger Richtung dreht, das Gleichgewicht hält, ist der spezifische Torsionswinkel kleiner. Bei einem Spiralseil mit 4 Lagen sind die Möglichkeiten für ein Schlagschema mit kleinerem spezifischem Torsionswinkel gering, sie nehmen aber mit zunehmender Lagenzahl zu. Besonders erfüllt das Spiralseil mit 6 Lagen, ZSZSSZ, weitgehend die Bedingungen für Eigendrehungsfreiheit.

(2) Bei einer Änderung von λ_n (oder Änderung des Schlagwinkels) ändert sich der spezifische Torsionswinkel nicht wesentlich.

Dann wurde angenommen, daß sich bei einer geringen Änderung des Zwischenraumkriterien ζ_{sn}

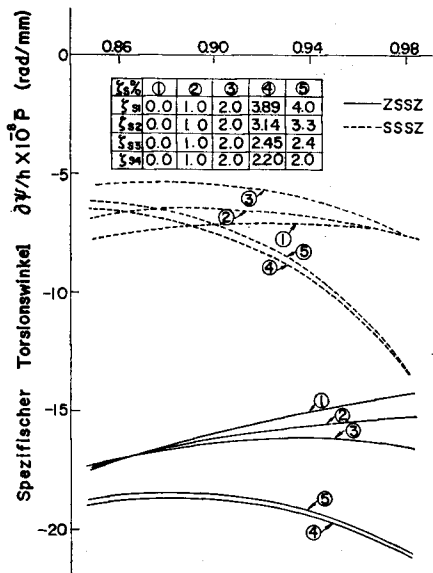


Bild 4 Änderung des spezifischen Torsionswinkels für verschiedene Zwischenraumkriterien ζ_{sn}

chenraumkriteriums ζ_{sn} (Änderung der Beziehung zwischen λ_n und α_{sn} der Tafel 2 gegenüber), der spezifische Torsionswinkel gegenüber λ_n ändert.

Aber aus Bild 4 (Änderung des spezifischen Torsionswinkels in Bezug auf verschiedene Zwischenraumkriterien ζ_{sn}) folgt, daß sich bei Änderung von ζ_{sn} der spezifische Torsionswinkel nicht allzu sehr ändert.

Wie aus Bildern 2, 3 ersichtlich, läßt sich für ein 6 Lagen-Seil Eigendrehungsfreiheit erlangen, aber nicht bei 4 oder 5 Lagen. Besonders bei 4 Lagen mit gleichen Seitendrahtdurchmessern ist es schwierig, nur durch Änderung der Zwischenraumkriterien ein vollkommenes eigendrehungsfreies Seil zu erhalten.

(b) Änderung des Verhältnisses λ_n zwischen Kerndrahtdurchmesser d_0 und Seitendrahtdurchmesser d_n

Bei gleichen Zwischenraumkriterien für jede Lage, gemäß Tafel 2, ändert sich nach Änderung der Seitendrahtdurchmesser d_n der Lage n (Änderung von $\lambda_n = d_n/d_0$) der Schlagwinkel α_{sn} , und für die Wahl der Querschnitte nehmen die Möglichkeiten zu.

Bild 5 zeigt die Änderung des spezifischen Torsionswinkels für ein Spiralseil mit 4 Lagen bei Änderung von $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ und λ_4 . Auf der Abszisse ist nur $\lambda_n = \lambda_4$ der 4. Lage aufgetragen und λ_n der anderen Lagen sind aus den Tabellen der Bilder ersichtlich. Die λ_n werden so gewählt, daß der Schlagwinkel α_{sn} der 1. und

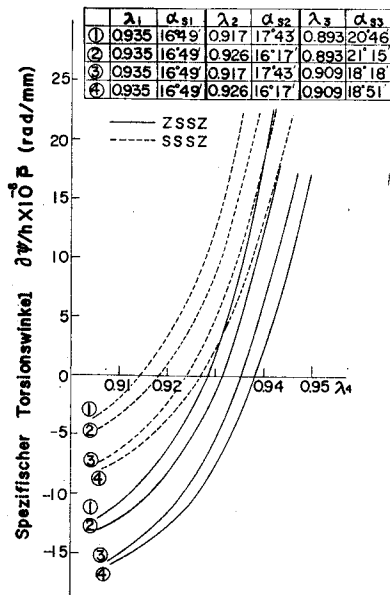


Bild 5 Beziehung zwischen Seitendrahtdurchmesser und spezifischem Torsionswinkel für Spiralseil mit 4 Lagen

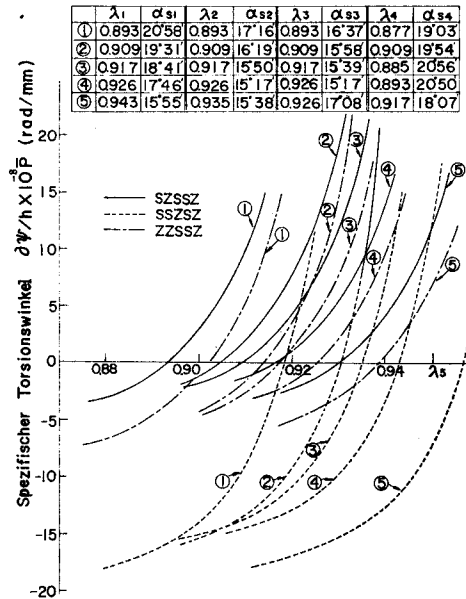


Bild 6 Beziehung zwischen Seitendrahtdurchmesser und spezifischem Torsionswinkel für Spiralseil mit 5 Lagen

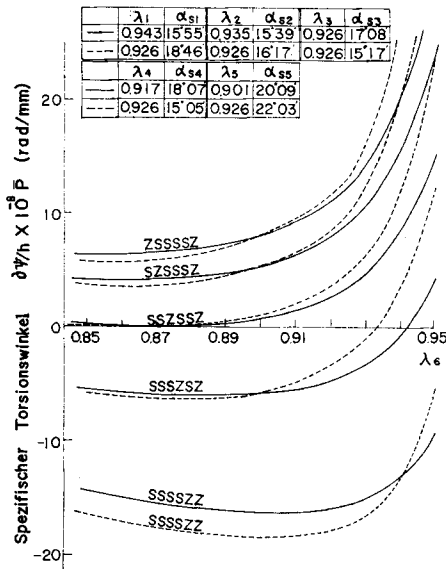


Bild 7 Beziehung zwischen Seitendrahtdurchmesser und spezifischem Torsionswinkel für Spiralseil mit 6 Lagen

2. Lage 16° – 18° , und der Schlagwinkel α_{s3} der 3. Lage 18° – 22° beträgt, und wir wollten durch die Änderung der Seitendrahtdurchmesser der 4. Lage (also ihrer Schlagwinkel) Eigendrehungsfreiheit erreichen.

Aus Bild 5 folgt, daß für ein Spiralseil mit 4 Lagen durch Änderung von λ_n (also Änderung des Schlagwinkels $\alpha_{s,n}$), die Bedingungen für Eigendrehungsfreiheit ermittelt werden können.

Bilder 6, 7 zeigen Berechnungsergebnisse für Spiralseile mit 5 bzw. 6 Lagen, die wir in der selben Weise wie für Bild 5 erhalten haben. Aber aus Bild 6 ergibt sich, daß bei einem SSZSZ-Spiralseil die Eigendrehungstendenz des rechtsgängigen Schrages ein wenig stärker ist, und für SZSSZ- oder ZZSSZ-Spiralseile leichter Eigendrehungsfreiheit erzielt werden kann als bei SSZSZ.

Auch aus Bild 7 ist zu erkennen, daß bei ZSSSSZ- und SZSSSZ-Spiralseilen die Eigendrehungstendenz des linksgängigen Schrages, bei einem SSSSZZ-Spiralseil die des rechtsgängigen Schrages zu stark ist, und sich von den hier zur Diskussion stehenden Spiralseilen die SSSZSZ- oder SSZSSZ-Seile am besten für eigendrehungsfreie Spiralseile eignen.

Weiter folgt aus Bildern 5, 6, 7, daß sich mit größerer Lagenzahl eine Änderung des Torsionswinkels gegenüber λ_n immer weniger auswirkt. Außerdem ist anzunehmen, daß Spiralseile mit 5 Lagen (ZSSSZ, SZSSZ, Bild 2) und Spiralseile mit 6 Lagen (ZSSSZ, SSZSSZ, Bild 3) besonders geringe Eigendrehungstendenzen zeigen.

Wie oben ausgeführt, spielt also das Schlagschema für die Erzielung von

Tafel 3. Ausführungen der Probeseile.

Seiten- draht- lage	Anzahl d. Drähte	1 x 61			1 x 61			1 x 91			1 x 127		
		Schlag- richtung	Draht- durch- messer (mm)	Schlag- winkel	Schlag- richtung	Draht- durch- messer (mm)	Schlag- winkel	Schlag- richtung	Draht- durch- messer (mm)	Schlag- winkel	Schlag- richtung	Draht- durch- messer (mm)	Schlag- winkel
Kern- draht	1	—	2,90 (2,90)	—	—	2,90 (2,90)	—	—	2,90 (2,90)	—	—	2,90 (2,90)	—
1. Lage	6	Z	2,698 (2,70)	18°06' (17°26')	S	2,697 (2,70)	17°51' (17°26')	S	2,703 (2,70)	18°03' (17°26')	S	2,707 (2,70)	12°20' (12°16')
2. Lage	12	S	2,698 (2,70)	14°00' (14°10')	S	2,697 (2,70)	13°59' (14°10')	Z	2,700 (2,70)	14°36' (14°10')	S	2,702 (2,70)	11°00' (12°11')
3. Lage	18	S	2,599 (2,60)	15°52' (16°45')	S	2,595 (2,60)	15°49' (16°45')	S	2,694 (2,70)	13°44' (15°06')	S	2,698 (2,70)	11°00' (12°13')
4. Lage	24	Z	2,698 (2,70)	10°38' (10°39')	Z	2,638 (2,65)	13°29' (13°33')	S	2,598 (2,60)	14°28' (15°22')	Z	2,688 (2,70)	11°09' (12°11')
5. Lage	30	—	—	—	—	—	—	Z	2,636 (2,65)	12°39' (12°58')	S	2,573 (2,58)	15°50' (17°00')
6. Lage	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Z	2,487 (2,50)	10°42' (10°48')

() angestrebte Werte

eigendrehungsfreien Seilen eine wichtige Rolle.

2.3 Probeweise Herstellung von Seilen

Unter Zugrundelegung unserer Ergebnisse haben wir theoretisch, eigendrehungsfreie Spiralseile errechnet. Wir haben dann unter Berücksichtigung der folgenden Punkte einige Ausführungen von eigendrehungsfreien Spiralseilen versuchsweise produziert.

(1) Wir machten die Schlagwinkel $\alpha_{s,n}$ der einzelnen Lagen kleiner als 20° , denn es war zu befürchten, daß die in den Seitendrähten entstehende Biegebeanspruchung bei größerem $\alpha_{s,n}$ größer würde.

(2) Da bei gleichen Seitendrahtdurchmessern der einzelnen Lagen die Herstellung einfacher ist, haben wir die Seitendrahtdurchmesser der inneren Lagen, die auf das Eigendrehungsverhalten keinen besonderen Einfluß haben, gleich groß genommen und für die der äußersten bzw. der nächstfolgenden einen anderen Durchmesser gewählt.

(3) Bei der Herstellung haben wir die Schlaglänge der beiden Lagen, die die gleiche Schlagrichtung haben und sich berühren, etwas verschieden gemacht. Der Grund war, daß beim Schlagen bei gleicher Schlaglänge die Seitendrähte der oberen Lage in die Seitendrähte der unteren Lage eingedrückt worden wären.

Tafel 3 zeigt Ausführungen von Probe-Spiralseilen.

Nach Tafel 3 sind die tatsächlichen Werte für die Schlagwinkel, die Drahtdurchmesser usw. etwas verschieden von den beabsichtigten Werten und die Frage ist, wie weit diese Abweichungen die Bedingungen für Eigendrehungsfreiheit ändern.

Die für praktische Probeseile berechneten spezifischen Torsionswinkel und Eigendrehungsmoduln $R^{(6)}$ werden in Tafel 4 gezeigt, ihre Werte sind sehr klein. Daher kann man sagen, daß die bei der Herstellung des Seiles entstehenden Abweichungen von den errechneten Werten die Eigendrehungstendenz nicht stark beeinflussen.

Tafel 4. Für Probeseile berechnete spezifische Torsionswinkel und Eigendrehungsmoduln.

Seilausführung	1 x 61 (ZSSZ)	1 x 61 (SSSZ)	1 x 91 (SZSSZ)	1 x 127 (SSSZSZ)
Spezifischer Torsionswinkel (rad/mm)	$1,474 \times 10^{-9} \bar{P}$	$1,041 \times 10^{-9} \bar{P}$	$-5,302 \times 10^{-10} \bar{P}$	$-1,378 \times 10^{-10} \bar{P}$
Eigendrehungsmodul $R (^\circ)$	0,18	0,13	0,12	0,05

3. Versuchsergebnisse und Betrachtungen

(a) Dehnung

Bilder 8, 9 zeigen Zugbelastungs-Dehnungs-Kurven für ein Spiralseil mit 4 Lagen (ZSSZ) bei freier bzw. gehemmter Eigendrehung.

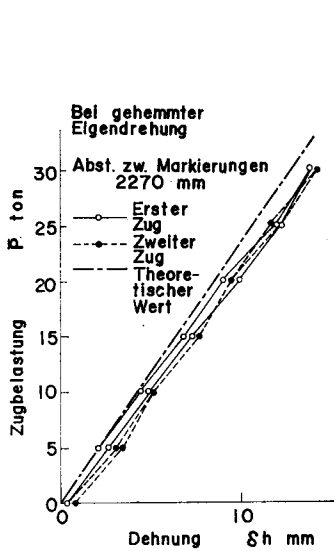


Bild 8 Zugbelastungs-Dehnungs-Kurve für 1×61-Seil (ZSSZ) bei gehemmter Eigendrehung

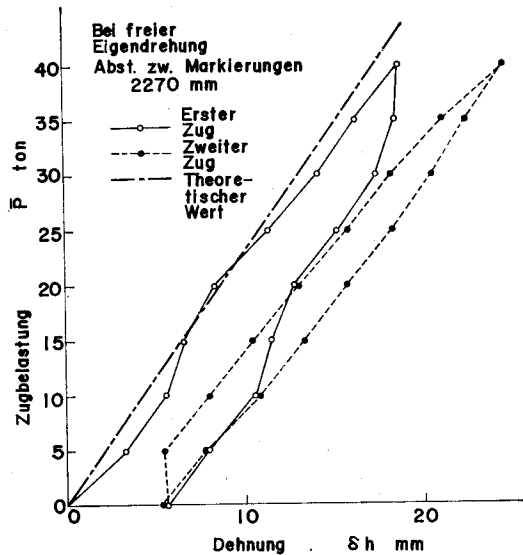


Bild 9 Zugbelastungs-Dehnungs-Kurve für 1×61-Seil (ZSSZ) bei freier Eigendrehung

Nach diesen Bildern ist die Dehnung bei freier und gehemmter Eigendrehung gleich. Das ist bei einem eigendrehungsfreien Seil selbstverständlich, da ja auch eine starre Fixierung kein Torsionsmoment hervorrufen darf.

Auch die theoretischen Werte sind in Bildern 8, 9 eingetragen. Abgesehen von den Hysteresiserscheinungen beim der ersten Zugbeanspruchung, die hauptsächlich auf Grund der Zwischenräume zwischen den einzelnen Lagen auftreten, stimmen die experimentellen mit den theoretischen Werten überein.

Auch diese Versuche bestätigten die Gültigkeit unserer analytischen Methode.

(b) Drehwinkel

Bilder 10, 11, 12, 13 zeigen den Zusammenhang zwischen Zugbelastung und Drehwinkel. Das Zeichen \oplus bedeutet, daß der Motor gegen die Richtung der Schlagrichtung der Drähte der äußersten Lage, d.h. der eigendrehenden Richtung des gewöhnlichen Spiralseiles rotiert, und \ominus bedeutet Rotation in der gleichen Richtung. Die in der Mitte liegenden Kurven zeigen Mittelwerte der Versuchsergebnisse bei \oplus bzw. \ominus Rotation des Motors.

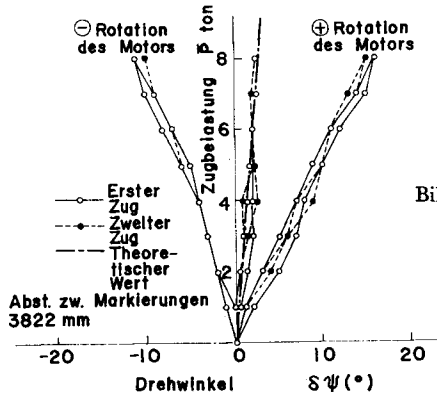


Bild 10 Zugbelastungs-Drehwinkel-Kurve für 1x61-Seil (ZSSZ)

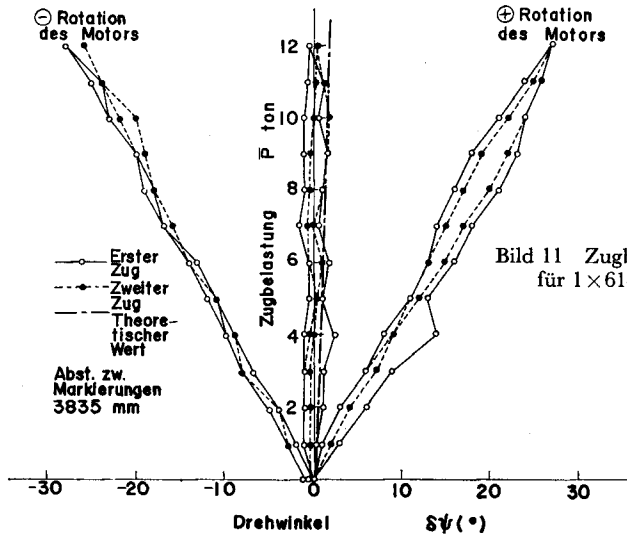


Bild 11 Zugbelastungs-Drehwinkel-Kurve für 1x61-Seil (SSSZ)

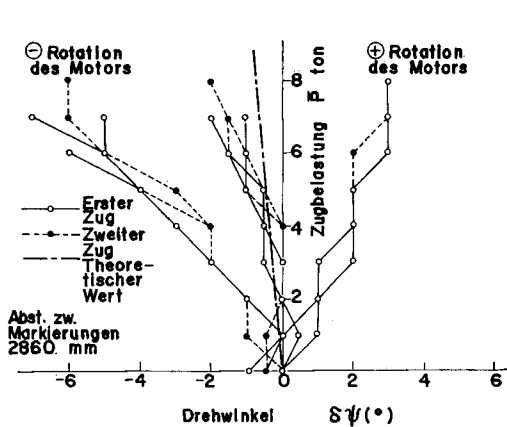


Bild 12 Zugbelastungs-Drehwinkel-Kurve für 1x91-Seil (SZSSZ)

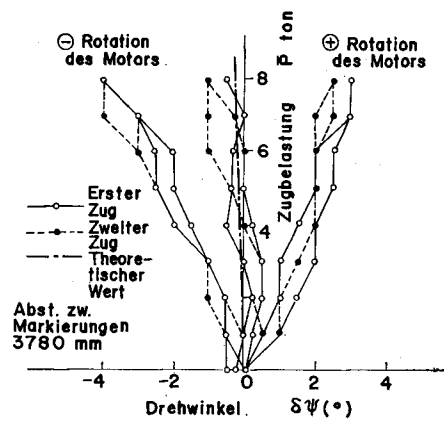


Bild 13 Zugbelastungs-Drehwinkel-Kurve für 1x127-Seil (SSSZSZ)

Aus diesen Kurven folgt, daß die Probeseile im großen und ganzen vollkommen frei von Eigendrehungstendenzen waren. D.h. selbst bei dem Spiralseil (ZSSZ) mit 61 Drähten, das unter den Probeseilen verhältnismäßig stark drehte, war der Eigendrehungsmodul $R=0$, 1° und somit bemerkenswert klein.

Die theoretischen Werte für alle Drehwinkel sind in Bildern 10–13 eingetragen. Aus einem Vergleich der theoretischen Werte mit den Versuchsergebnissen kann man feststellen, daß nach unserer analytischen Methode ein eigendrehungsfreies Spiralseil konstruiert werden kann. Allerdings sind in den Bildern die theoretischen Werte nicht genau Null, so daß auch die Werte der Versuchsergebnisse nicht Null sind, da die Probeseile, wie oben erwähnt, von den theoretisch errechneten Seilen eine geringe Abweichung aufweisen. Aber die Eigendrehwinkel der Probeseile sind nicht so groß, daß sie ins Gewicht fallen.

4. Zusammenfassung

Wir haben nach einer analytischen Methode, unter Berücksichtigung der Drücke zwischen den einzelnen Lagen, eigendrehungsfreie Spiralseile errechnet und darauf versuchsweise einige Seile hergestellt. Nach unseren Untersuchungen der Dehnungs- und Drehungseigenschaften der Probeseile fanden wir, daß nach dieser analytischen Methode eigendrehungsfreie Spiralseile hergestellt werden können. Dabei ist folgendes zu berücksichtigen:

(1) Bei einer geringen Zahl von Lagen und gleichem Seitendrahtdurchmesser der einzelnen Lagen ist es schwierig, Spiralseile mit geringer Eigendrehungstendenz zu erhalten. Bei verschiedenen Seitendrahtdurchmessern bzw. Schlagwinkeln für jede Lage kann man auf einfache Weise eigendrehungsfreie Seile bekommen, aber nur geringe Abweichungen von den errechneten Schlagbedingungen machen die Eigendrehungsfreiheit zunichte. Allerdings verringert sich mit zunehmender Lagenzahl der Einfluß von Abweichungen.

(2) Einen großen Einfluß auf das Eigendrehungsverhalten hat das Schlag-schema als solches. Man muß also den richtigen Schlag wählen, um ein eigendrehungsfreies Seil zu bekommen.

(3) Änderungen der Zwischenraumkriterien haben auf die Eigendrehungstendenz keinen großen Einfluß.

(4) Bei eigendrehungsfreien Seilen besteht kein Unterschied in den Dehnungseigenschaften bei freier und gehemmter Fixierung.

Schrifttum

- 1) E. Engel: Österreichische Ingenieur-Zeitschrift, S. 33, H. 1, 1 (1958)
- 2) S. Ikeda und I. Ueno: 5, Beitrag zur Drahtseilforschung (Japan), S. 83, Jan. (1958)

- 3) H. Kadonami: 7. Beitrag zur Drahtseilforschung (Japan), S. 26, May (1959)
- 4) E. Franke: Wire, p. 148, Aug. (1966)
- 5) P. Gibson, H. Cress, W. Kaufman and W. Gallant: Wire and Wire Products, p. 50, Nov. (1970)
- 6) T. Aida, S. Sato und M. Nakai: THIS MEMOIRS, 35, p. 141 (1973)