

Entwurf eigendrehungsfreier Litzenseile

von

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

(Received March 31, 1973)

Zusammenfassung

Wir haben nach einer analytischen Methode, die sich zur Darlegung der mechanischen Eigenschaften von Litzenseilen eignet, untersucht, wie groß der Einfluß des Seilschlagwinkels, des Litzenschlagwinkels und des Drahtdurchmessers auf das Eigendrehungsverhalten der Seile ist. Unter den eigendrehungsfreien Seilen, die wir auf diese Weise ermittelt haben, fanden wir einige Seile der näheren Untersuchung wert, und wir haben sie versuchsweise hergestellt, um sie auf ihre Freiheit von Eigendrehungstendenzen zu prüfen.

1. Einleitung

Für Fahrstühle, Krane und seigere Schächte usw. sind viele "Betriebsseile" nötig und in diesem Anwendungsbereich ist Eigendrehungsfreiheit erforderlich. Zwar werden bei den Seilen, die jetzt als sog. eigendrehungsfreie Seile verwendet werden, Drahtdurchmesser und Schlagwinkel durch trial- and error-Methoden bestimmt. Aber diese Seile erfüllen die Bedingung der Freiheit von Eigendrehungstendenzen nur bis zu einem gewissen Grad, und in der Praxis ändert sich dann die Schlaglänge der inneren und äußeren Litzenlagen, manchmal entstehen Verformungen, die Kernlitze wölbt sich nach außen durch, oder die Litzen erhalten das Aussehen eines leicht geflochtenen Korbes.

Es wurden bereits viele Untersuchungen über die Eigendrehung von Seilen veröffentlicht.^{1),2),3),4),5),6)} Aber dabei wurde diese allzusehr vereinfacht, oder bloß von der experimentellen Seite beleuchtet. Besonders für Litzenseile ist noch keine vollständige theoretische Untersuchung durchgeführt worden. Deshalb liegen auch

* Institut für Maschinenbau

** Institut für Präzisionsmechanik

noch keine abschließenden Ergebnisse über eigendrehungsfreie Litzenseile vor.

In dieser Abhandlung haben wir nach einer analytischen Methode, die sich zur Darlegung der mechanischen Eigenschaften von Litzenseilen eignet,⁷⁾ untersucht, wie groß der Einfluß des Seilschlagwinkels, des Litzenschlagwinkels und des Drahtdurchmessers auf das Eigendrehungsverhalten der Seile ist. Unter den eigendrehungsfreien Seilen, die wir auf diese Weise ermittelt haben, fanden wir einige Seile der näheren Untersuchung wert, und wir haben sie versuchsweise hergestellt, um sie auf ihre Freiheit von Eigendrehungstendenzen zu prüfen.

2. Eigendrehungstendenzen bei Seilen aus Kern- und Seitenlitzen mit etwa gleichem Drahtdurchmesser

Bei gewöhnlichen Seilen macht man den Kerndraht der Litze etwas größer als die Seitendrähte, damit die Seitendrähte mit genügend Zwischenraum geschlagen werden können, aber bei den inneren und äußeren Litzenlagen ist der Drahtdurchmesser etwa gleich.

Zurest untersuchen wir das Eigendrehungsverhalten von Seilen mit etwa gleichen Drahtdurchmessern. Zwischen dem Schlagwinkel α_{rn} des Seiles und dem Litzen-durchmesser d_{sn} besteht derselbe Zusammenhang wie zwischen dem Schlagwinkel α_{sn} der Litze und dem Drahtdurchmesser d_n beim Spiralseil,⁸⁾ so ergibt sich die folgende Gleichung:

$$d_{sn} = \frac{2R_n\pi \sin\left(\frac{\pi}{2} \pm \alpha_{rn}\right)}{i_{rn}\left\{1 + \zeta_{rn} \sin\left(\frac{\pi}{2} \pm \alpha_{rn}\right)\right\}} \quad (1)$$

Dabei ist:

i_{rn} : Zahl der Litzen R_n : mittlerer Litzenwindungshalbmesser
 +: rechtsgängiger Schlag -: linksgängiger Schlag

Das Zwischenraumkriterium ζ_{rn} wird folgendermaßen definiert (allgemein wird für ζ_{rn} etwa 0.06 angenommen):

$$\zeta_{rn} = \frac{\{(\text{Kreisumfang durch die Litzenmitten einer Lage}) - (\text{Summe der Länge der Kreisabschnitte in den Seitenlitzen})\}}{(\text{Seitenlitzenzahl} \times \text{Seitenlitzen-durchmesser})}$$

2.1 Litzenseile mit zwei Litzenlagen (Hercules-Litzenseil)

Typische Seile der bisherigen Hercules-Litzenseil-Reihe sind: <Hanfseele + 6×7+12×7> (wir stellen das Seil als HC 18×7 in seinem Aufbau dar, siehe Bild 1), <1×7+6×7+11×7, oder 18×7> und <1×7+6×7+12×7, oder 19×7>.



Bild 1. Ausführung eines Hercules-Litzenseiles

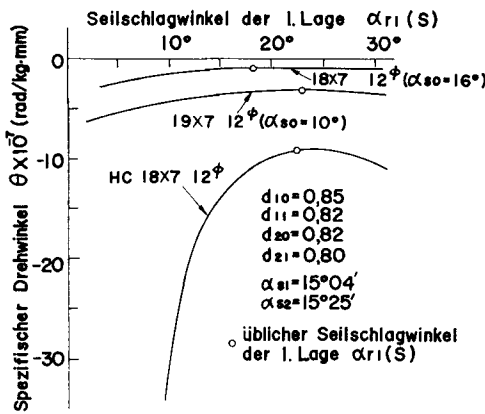


Bild 2. Beziehung zwischen dem Seilschlagwinkel der 1. Lage α_{r1} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei Hercules-Litzenseil

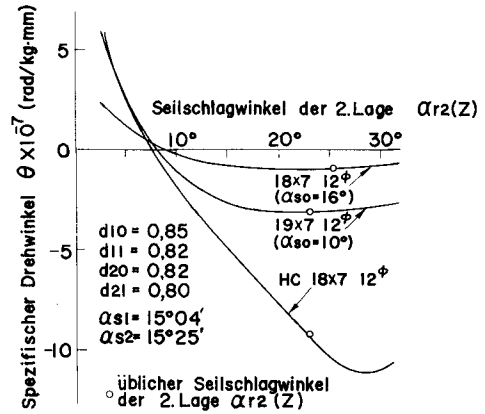


Bild 3. Beziehung zwischen dem Seilschlagwinkel der 2. Lage α_{r2} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei Hercules-Litzenseil

Weil die Schlagwinkel, besonders der Seilschlagwinkel α_{rn} , auf die Eigendrehungstendenz von Seilen einen großen Einfluß haben, berechneten wir den spezifischen Drehwinkel θ (wir nannten den Drehwinkel gegenüber der Belastungseinheit und Längeneinheit den spezifischen Drehwinkel θ) unter Änderung des Seilschlagwinkels α_{rn} für die oben erwähnten drei Litzenseile, wobei der Litzenschlagwinkel α_s und der Drahtdurchmesser die üblichen Werte aufwiesen. Bild 2 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Seilschlagwinkel der ersten Litzenlage α_{r1} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei entsprechendem Seilschlagwinkel der zweiten Litzenlage α_{r2} . Das Minimum des absoluten Wertes von θ tritt nahe bei $\alpha_{r1} = 23^\circ$ auf, d.h. der übliche Seilschlagwinkel α_{r1} läßt sich leicht schlagen und kommt dem benötigten Wert relativ nahe.

Bild 3 zeigt Berechnungsergebnisse bezüglich des Zusammenhangs zwischen α_{r2} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei bestimmtem Seilschlagwinkel α_{r1} . Aus dem Bild ersieht man, daß der Seilschlagwinkel der zweiten Litzenlage α_{r2} , um die Bedingung der Eigendrehungsfreiheit ($\theta = 0$) vollkommen zu erfüllen, für das HC 18×7 -Seil $7,5^\circ$, für das 18×7 -Seil $8,5^\circ$ und für das 19×7 -Seil 8° sein muß. Es ist aber günstig beim Gebrauch des Seiles, wenn der Seilschlagwinkel α_{r2} der zweiten Litzenlage wie üblich 13° – 25° beträgt, deshalb nahmen wir an, daß es bei drei Seilen

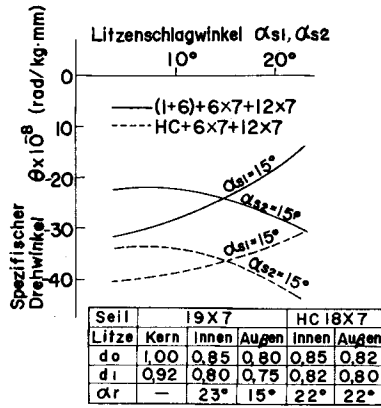


Bild 4. Beziehung der Litzenschlagwinkel α_{s1} , α_{s2} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei Hercules-Litzenseile

schwierig ist, ein vollkommen eigendrehungsfreies Seil zu erhalten. Weiter behielten wir den bisher üblichen Wert für den Seilschlagwinkel bei und änderten die Schlagwinkel der inneren bzw. äußeren Litzen, um die Änderung des spezifischen Drehwinkels θ zu untersuchen. In Bild 4 sind die Ergebnisse dargestellt. Bei einem von uns als entsprechend angenommenen Litzenschlagwinkel α_{s2} der zweiten Drahtlage erreicht der absolute Wert des spezifischen Drehwinkels θ bei etwa $\alpha_{s1} = 9^\circ$ ein Minimum. (α_{s1} : innerer Litzenschlagwinkel) Dagegen wird bei einem von uns entsprechend angenommenen α_{s1} , θ kleiner mit zunehmendem α_{s2} .

Aus den Bildern 2, 3, 4 folgt, daß man trotz Änderung des Seilschlagwinkels α_r bzw. Litzenschlagwinkels α_s und einem günstigen Schlagwinkel der äußeren Litzenlage von $\alpha_{r2} = 15^\circ - 20^\circ$ kein eigendrehungsfreies Seil erhalten kann. Also

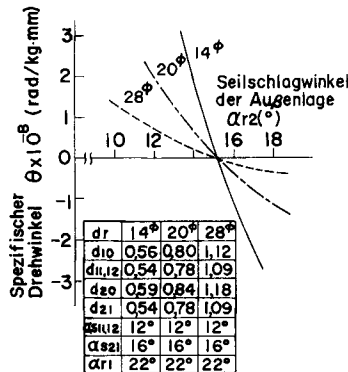


Bild 5. Beziehung zwischen dem Seilschlagwinkel der Außenlage α_{r2} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei HC+8x(1+6+12)+21x7-Seil

untersuchten wir das $HC+8 \times (1+6+12)+21 \times 7$ -Seil, dessen innere Litzen aus zwei Drahtlagen bestehen, dabei wurde die Eigendrehungstendenz der inneren Litzenlage verstärkt, was der der äußeren Litzenlage entgegenwirkte. Bild 5 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Seilschlagwinkel der äußeren Litzenlage α_{r2} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei $\alpha_{r1}=22^\circ$ (Seilschlagwinkel der inneren Litzenlage). Daraus folgt, daß man bei einem Seilschlagwinkel der äußeren Litzenlage von $\alpha_{r2}=15^\circ$ ein entsprechend eigendrehungsfreies Seil bekommt.

2.2 Litzenseil mit einer einzigen Litzenlage

Wie oben erwähnt, wird bei einem Litzenseil mit zwei Litzenlagen die Eigendrehungstendenz der inneren Litzenlage verstärkt und kompensiert die Drehung der äußeren Litzenlage. So konnten wir annehmen, daß selbst bei gleichen Drahtdurchmessern ein eigendrehungsfreies Seil zu erzielen sein würde. Also vergrößerten wir, um ein eigendrehungsfreies Seil mit einer einzigen Litzenlage zu erhalten, die

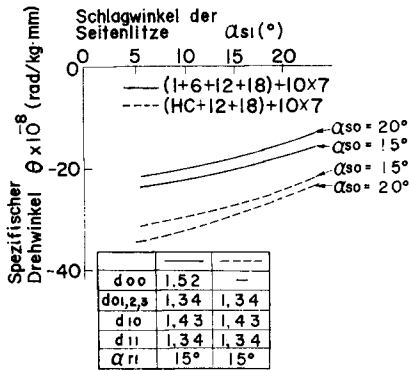


Bild 6. Beziehung zwischen dem Schlagwinkel der Seitenlitze α_{s1} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei Litzenseil mit 1 Litzenlage

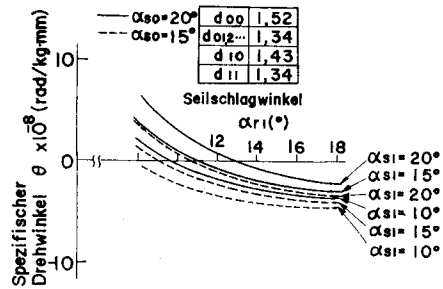


Bild 7. Beziehung zwischen dem Seilschlagwinkel α_{r1} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei $(1+6+12+18+24+30)+15 \times 7$ -Seil

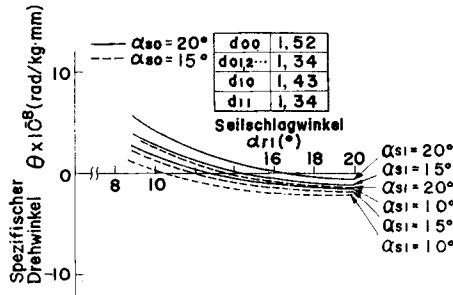


Bild 8. Beziehung zwischen dem Seilschlagwinkel α_{r1} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei $(1+6+12+18+24+30+36)+15 \times 7$ -Seil

Eigendrehungstendenz der Kernlitze als Gegengewicht zur Eigendrehungstendenz der Seitenlitzen. Bild 6 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Schlagwinkel der Seitenlitzen α_s und dem spezifischen Drehwinkel θ bei einem Seilschlagwinkel $\alpha_{r1} = 15^\circ$ einmal für ein $(1+6+12+18)+18 \times 7$ -Seil, und außerdem für ein $(HC+12+18)+10 \times 7$ -Seil, das zur Verstärkung der Biegsamkeit in der Mitte der Kernlitze eine Hanfseele aufweist. In beiden Seilen wird mit wachsendem Litzenschlagwinkel α_s der spezifische Drehwinkel θ kleiner, aber die Bedingung der Eigendrehungsfreiheit ($\theta=0$) wird nicht erfüllt. Weiter zeigen Bilder 7 und 8 den Zusammenhang zwischen dem Seilschlagwinkel der Seitenlitze α_{r1} und dem spezifischen Drehwinkel θ für ein $(1+6+12+18+24+30)+14 \times 7$ -Seil und ein $(1+6+12+18+24+30+36)+15 \times 7$ -Seil, bei denen die Kernlitze zur Vergrößerung ihrer Eigendrehungstendenz aus vielen Drahtlagen besteht. In Bild 7 ist der Winkel α_{r1} , der die Bedingung der Eigendrehungsfreiheit ($\theta=0$) erfüllt, nur ein wenig größer als bei dem Seil in Bild 6, aber bei dem Seil in Bild 8 ist der Seilschlagwinkel α_{r1} etwa 15° (bei einem Litzenschlagwinkel von $\alpha_s=20^\circ$). Also kann man ein Litzenseil mit einer einzigen Litzenlage durch die Vermehrung der Drahtlagen der Kernlitze selbst bei gleichen Drahtdurchmessern eigendrehungsfrei gestalten, aber in der Praxis verschlechtern sich die Seileigenschaften wegen zu großer Biegesteifigkeit.

2.3 Litzenseil mit drei Litzenlagen (Nufflex-Litzenseil)

Weil ein Litzenseil mit drei Litzenlagen zwei innere Litzenlagen besitzt, durch die die Eigendrehungstendenz der äußersten Litzenlage kompensiert wird, und also die entgegengerichtete Eigendrehungstendenz relativ groß ist, konnten wir annehmen, daß das Eigendrehungsverhalten leichter günstig beeinflusst werden kann als bei einem Hercules-Litzenseil.

Für ein $HC+6 \times 7+12 \times 7+17 \times 7$ ($HC 35 \times 7$)-Seil zeigt Bild 9 den Verlauf des spezifischen Drehwinkels θ in Bezug auf den Seilschlagwinkel α_{r2} der 2. Litzen-

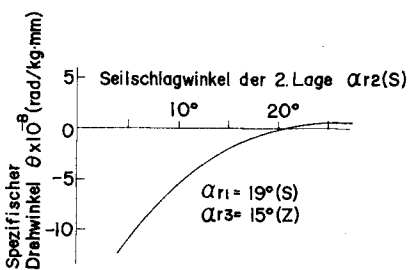


Bild 9. Beziehung zwischen dem Seilschlagwinkel der 2. Lage α_{r2} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei $HC 35 \times 7$ -Seil

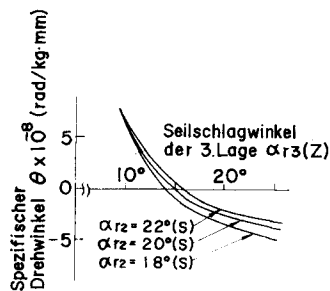


Bild 10. Beziehung zwischen dem Seilschlagwinkel der 3. Lage α_{r3} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei $HC 35 \times 7$ -Seil

lage, der sicherlich auf das Eigendrehungsverhalten einen großen Einfluß hat. Auch in Bild 10 ist der Zusammenhang zwischen dem Seilschlagwinkel α_{r3} der 3. Litzenlage und dem spezifischen Drehwinkel θ dargestellt. Selbst bei gleichen Drahtdurchmessern kann man ein entsprechend eigendrehungsfreies Seil ($\alpha_{r1}=19^\circ$, $\alpha_{r2}=20^\circ$, $\alpha_{r3}=15^\circ$) erhalten.

3. Das Eigendrehungsverhalten eines Seiles bei Änderung der Drahtdurchmesser

Wir haben bereits erwähnt, daß man selbst bei gleichen Drahtdurchmessern aus Nuflex-Litzenseil und Litzenseilen mit einer einzigen Litzenlage, deren Kernlitze aus vielen Drahtlagen zusammengesetzt ist, eigendrehungsfreie Seile entwickeln kann. Wenn sich also der Drahtdurchmesser entsprechend ändern ließe, müßte man auf einfache Weise ein eigendrehungsfreies Seil bekommen, dachten wir. Wenn man den Drahtdurchmesser der äußeren Litzenlage und damit deren Eigendrehungstendenz verkleinert, wird die Bedingung der Eigendrehungsfreiheit verhältnismäßig einfach erfüllt. Weil aber eine Verkleinerung des Drahtdurchmessers der äußeren Litzenlage

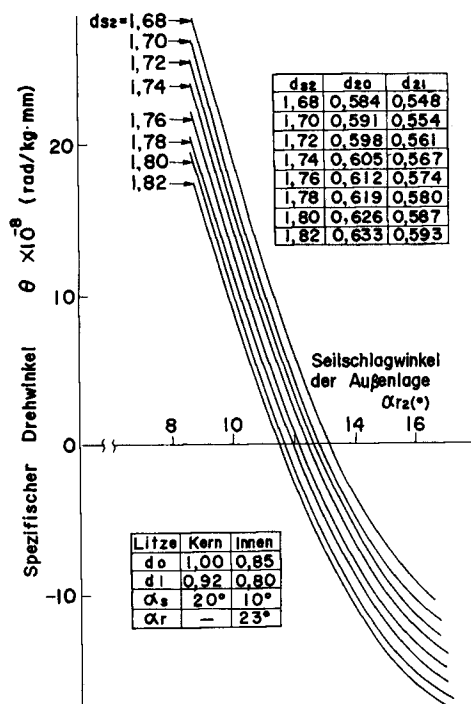


Bild 11. Beziehung zwischen dem Seilschlagwinkel der 2. Lage α_{r2} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei $1 \times 7 + 6 \times 7 + 16 \times 7$ -Seil

einen Zwischenraum zwischen den benachbarten Litzen entstehen läßt, muß zur Beibehaltung von normalen Zwischenräumen die Zahl der Litzen vermehrt werden.

3.1 Litzenseil mit zwei Litzenlagen

Bild 11 zeigt die Beziehung zwischen dem Seilschlagwinkel α_{r2} und dem spezifischen Drehwinkel θ für ein $1 \times 7 + 6 \times 7 + 16 \times 7$ -Seil, bei dem die Drahtdurchmesser der äußeren Litzenlage um 20%–28% kleiner sind als die Drahtdurchmesser der inneren Litzenlagen. Aus diesem Bild ist ersichtlich, daß ein Seilschlagwinkel α_{r2} von 11° – 13° die Bedingung der Eigendrehungsfreiheit ($\theta=0$) erfüllt. Der Seilschlagwinkel α_{r2} ist zwar etwas klein, aber solch ein Seil könnte hergestellt werden. Einen Fall von verringertem Drahtdurchmesser (damit wird i_{r2} größer) zeigt Bild 12 mit einer Kurve eines Seilschlagwinkels α_{r2} , der $\theta=0$ erfüllt. Mit einer Verminderung des Drahtdurchmessers wird α_{r2} größer, also muß man den Drahtdurchmesser der äußeren Litzenlage um etwa 40% des Drahtdurchmessers der inneren Litzenlage verringern, um für das Seil einen entsprechenden Seilschlagwinkel $\alpha_{r2}=15^\circ$ zu erhalten. Aber aus Gründen der Abnutzung eines Seiles ist es nicht wünschenswert, nur die Drahtdurchmesser der äußeren Litzenlage zu vermindern.

3.2 Litzenseil mit einer einzigen Litzenlage

Selbst bei einem Litzenseil mit einer einzigen Litzenlage, deren Kernlitze verhältnismäßig wenige Seitendrahtlagen hat, wie in Bild 12 wird bei Verminderung der Drahtdurchmesser der Seitenlitzen der Seilschlagwinkel α_{r1} ($\theta=0$ erfüllt) größer. Bild 13 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Seilschlagwinkel α_{r1} und dem spezifischen Drehwinkel θ , wobei die Drahtdurchmesser der Seitenlitzen etwa 45% ($i_{r1}=16$) kleiner sind als die Drahtdurchmesser der Kernlitze. In diesen Bild werden die

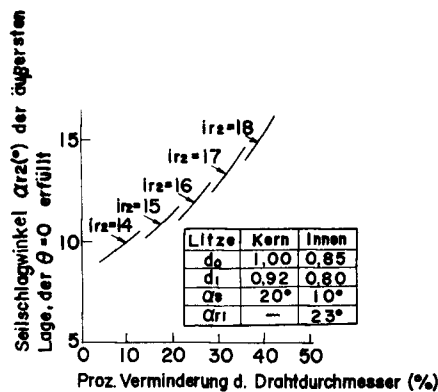


Bild 12. Kurve eines Seilschlagwinkels α_{r2} , der $\theta=0$ erfüllt, bei verringertem Drahtdurchmesser für $1 \times 7 + 6 \times 7 + i_{r2} \times 7$ -Seil

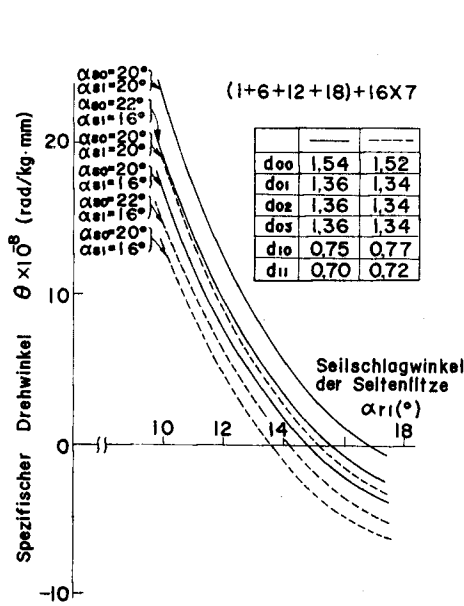


Bild 13. Beziehung zwischen dem Seilschlagwinkel der Seitenlitze α_{r1} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei $(1+6+12+18)+16 \times 7$ -Seil

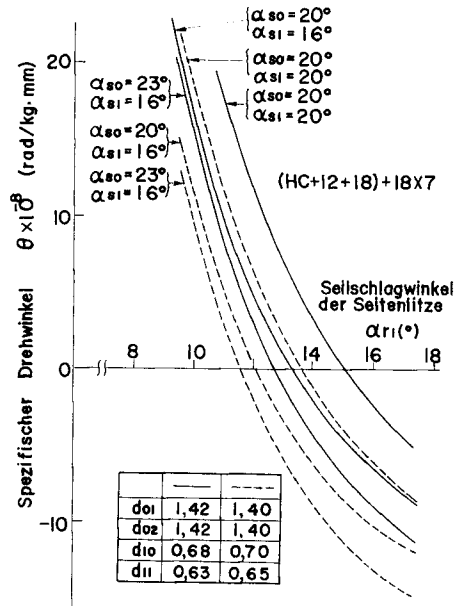


Bild 14. Beziehung zwischen dem Seilschlagwinkel der Seitenlitze α_{r1} und dem spezifischen Drehwinkel θ bei $(HC+12+18)+18 \times 7$ -Seil

Berechnungsergebnisse für verschiedene Kern- bzw. Seitenlitzenschlagwinkel α_s gezeigt, und man sieht, daß bei einem Litzenschlagwinkel von $\alpha_s=20^\circ$ die Bedingung der Eigendrehungsfreiheit bei einem Seilschlagwinkel von $\alpha_{r1}=15^\circ$ erfüllt ist. Außerdem kann man auch ein Seil mit Hanfseele eigendrehungsfrei machen, wie das Verhältnis des spezifischen Drehwinkels θ zum Seilschlagwinkel α_{r1} in Bild 14 zeigt, wenn man den Drahtdurchmesser der Seitenlitzten um etwa 55% gegenüber dem Drahtdurchmesser der Kernlitze ($i_{r1}=18$) verringert, und einen Litzenschlagwinkel von $\alpha_s=20^\circ$ wählt. Es handelt sich hierbei um die starke Verminderung der Drahtdurchmesser der Außenlitzten, von der oben die Rede war.

4. Versuchsergebnisse

4.1 Versuchsverfahren

Wir haben Seile mehrmals unter freier Eigendrehung bis zu etwa 60% der Seilbruchbelastung gezogen und die Dehnung und Drehung der Seile gemessen. Nur bei Litzenseilen mit einer einzigen Litztenlage ließen wir eine Zugbelastung von etwa 50% der Seilbruchbelastung im voraus dreißig Minuten lang einwirken (Vorbelastung). Dann haben wir die Seile in derselben Weise gezogen.

Tafel 1. Ausführungen der Probelitzenseile mit einer einzigen Litzenlage

Seilausführung		d_r (mm)	S_r (ton)	Drahtdurchmesser (mm)			
				Kernlitze		Seitenlitze	
				d_{00}	$d_{01,2,3}$	d_{10}	d_{11}
(1+6+12+18)+17×7	Theor. Wert	13,98	—	1,52	1,34	0,77	0,72
	Prakt. Wert	13,90	14,4	1,50	1,33	0,77	0,72
(HC+12+18)+18×7	Theor. Wert	14,0	—	—	1,42	0,68	0,63
	Prakt. Wert	13,80	14,2	—	1,42	0,67	0,63

Schlagwinkel				
Litze				Seil
α_{s01}	α_{s02}	α_{s03}	α_{s11}	α_{r1}
20°00' S	20°00' S	20°00' S	20°00' S	15°00' Z
19°43' S	19°51' S	19°05' S	19°30' S	15°06' Z
20°00' S	20°00' S	—	20°00' S	15°00' Z
20°08' S	19°34' S	—	19°43' S	14°49' Z

d_r : Seildurchmesser S_r : Seilbruchbelastung

Tafel 2. Ausführungen der Probelitzenseile mit zwei Litzenlagen

Seilausführung		d_r (mm)	S_r (ton)	Drahtdurchmesser (mm)					
				Kernlitze			Seitenlitze		
				d_{00}	$d_{01,2,3}$	d_{10}	$d_{11,2}$	d_{20}	d_{21}
1×7+6×7+16×7	Theor. Wert	14,05	—	1,25	1,15	1,06	1,00	0,75	0,71
	Prakt. Wert	14,10	12,5	1,26	1,15	1,07	1,00	0,76	0,72
HC+8×(1+6+12)+21×7	Theor. Wert	14,00	—	—	—	0,56	0,55	0,59	0,55
	Prakt. Wert	14,14	10,1	—	—	0,56	0,55	0,59	0,55

Schlagwinkel							
Kernlitze			Seitenlitze			Seil	
α_{s01}	α_{s02}	α_{s03}	α_{s11}	α_{s12}	α_{s21}	α_{r1}	α_{r2}
20°00' S	—	—	10°00' S	—	20°00' S	23°00' S	12°20' Z
20°11' S	—	—	10°13' S	—	20°06' S	22°54' S	12°46' Z
—	—	—	12°00' S	12°00' S	16°00' S	22°00' S	15°12' Z
—	—	—	12°18' S	11°58' S	15°13' S	21°39' S	15°17' Z

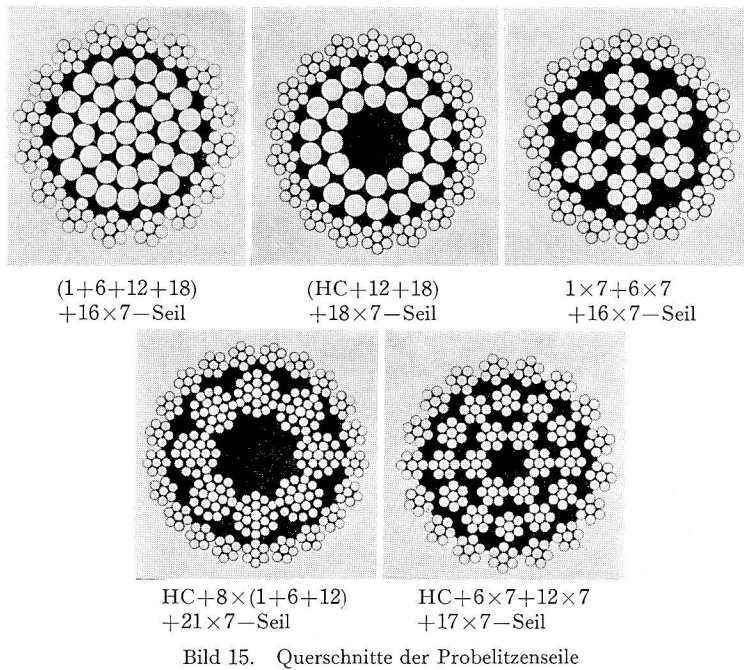
d_r : Seildurchmesser S_r : Seilbruchbelastung

Tafel 3. Ausführungen des Probelitzenseiles mit 3 Litzenlagen

Seilausführung		d_r (mm)	S_r (ton)	Drahtdurchmesser (mm)					
				d_{10}	d_{11}	d_{20}	d_{21}	d_{30}	d_{31}
HC +6×7 +12×7 +17×7	Theor. Wert	17,7	—	0,85	0,80	0,85	0,80	0,85	0,80
	Prakt. Wert	17,8	17,9	0,86	0,80	0,86	0,80	0,86	0,80

Litzenschlagwinkel			Seilschlagwinkel		
α_{s1}	α_{s2}	α_{s3}	α_{r1}	α_{r2}	α_{r3}
10°00' S	10°00' S	19°00' S	19°00' S	20°00' S	15°00' Z
10°10' S	10°10' S	19°13' S	18°36' S	18°51' S	15°24' Z

d_r : Seildurchmesser S_r : Seilbruchbelastung



Tafeln 1, 2, 3 zeigen Ausführungen der fünf Probeseile und Bild 15 zeigt deren Seilquerschnitte. Die Tafeln geben außerdem die berechneten Werte der Probeseile wieder, man sieht, daß zwischen den errechneten und den versuchsmäßig gefundenen Werten kleine Unterschiede bestehen.

4.2 Versuchsergebnisse

(1) Drehwinkel

Bild 16a, b veranschaulicht die Drehwinkel für ein (1+6+12+18)+16×7, (HC+

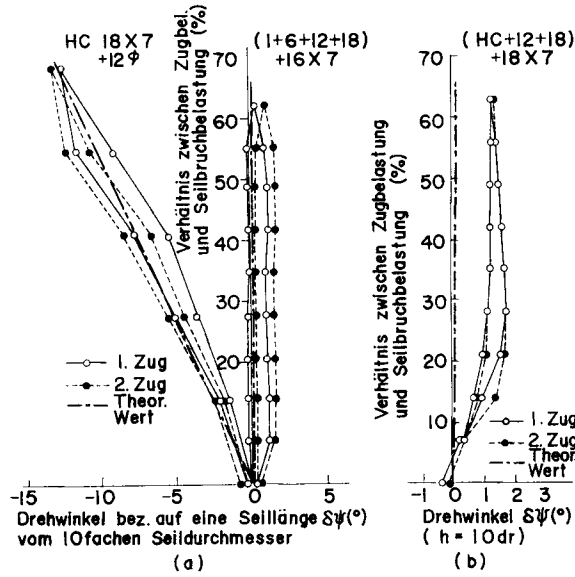


Bild 16. Zugbelastungs-Drehwinkel Kurve für Litzenseile mit 1 Litzlage

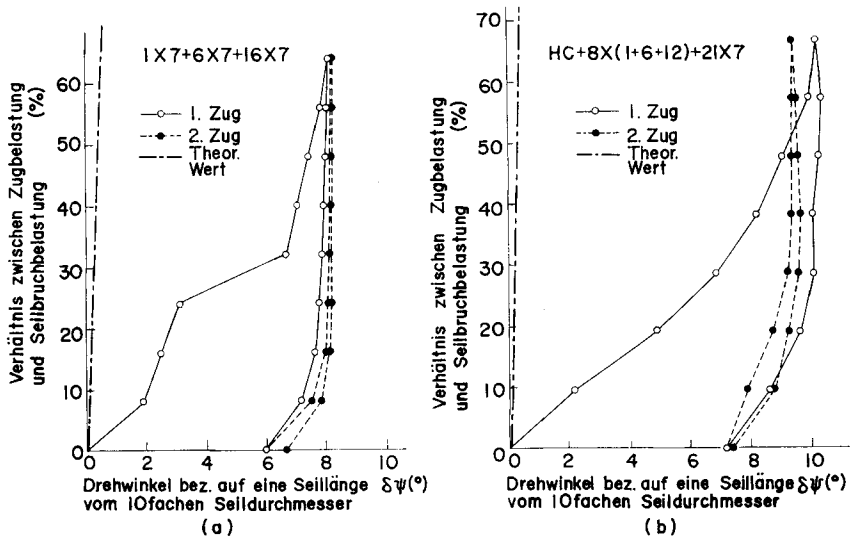


Bild 17. Zugbelastungs-Drehwinkel Kurve für Litzenseile mit 2 Litzlagen

12+18)+18×7—Seil, Bild 17a, b für ein 1×7+6×7+16×7, HC+8×(1+6+12)+21×7—Seil, Bild 18 für ein HC 35×7—Seil, bei einer Seillänge vom zehnfachen Seildurchmesser, gegenüber der Verhältniszahl zwischen Zug- und Seilbruchbelastung. In Bild 16a ist außerdem das Verhältnis zwischen Zugbelastung und Drehwinkel für ein HC 18×7—Seil, ein Hercules-Litzenseil, zum Vergleich für Probeseile dargestellt.

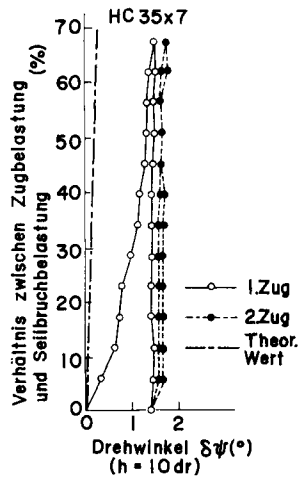


Bild 18. Zugbelastungs-Drehwinkel Kurve für HC 35×7—Seil

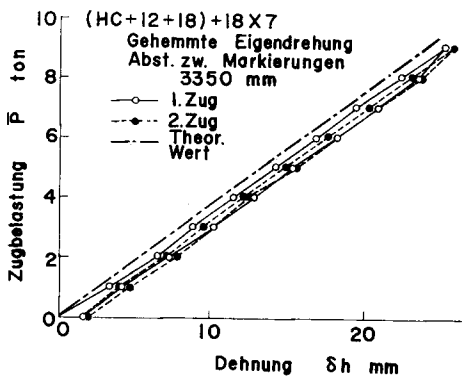


Bild 19. Zugbelastungs-Dehnungs-Kurven für (HC+12+18)+18×7—Seil bei gehemmter Eigendrehung

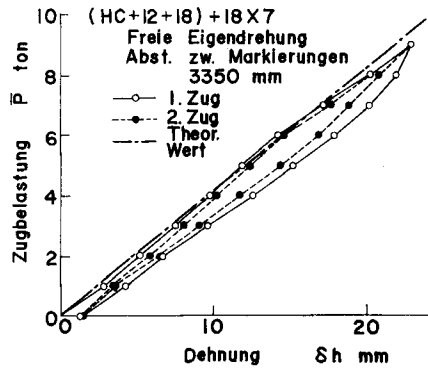


Bild 20. Zugbelastungs-Dehnungs-Kurven für (HC+12+18)+18×7—Seil bei freier Eigendrehung

Außer beim ersten Versuch wiesen alle Probeseile Eigendrehungsfreiheit auf. Aber im Bereich kleiner Zugbelastungen drehten die Seile ein wenig, besonders die Litzen-seile mit Hanfseele. Beim ersten Versuch konnten größere Eigendrehungen durch eine Vorbelastung beseitigt werden. (Siehe Bild 16a, b)

Als Beispiel zeigen Bilder 19, 20 Zugbelastungs-Dehnungs-Kurven für ein (HC+12+18)+18×7-Seil bei gehemmter bzw. freier Eigendrehung. Die Dehnungsergebnisse bei gehemmter bzw. freier Eigendrehung sind in diesem Fall dieselben wie bei eigendrehungsfreien Spiralseilen.

4.3 Betrachtungen

Bei allen Probeseile ist die Eigendrehungsfreiheit ziemlich vollkommen, aber die Frage blieb, ob in der Praxis nicht Verformungen entstehen würden. Also wurden die Probeseile über den Rand einer Scheibe gebogen und unter konstanter Zugbelastung mehrmals hin und her gezogen. Es hat sich ergeben, daß das Nuflex-Litzenseil praktisch verwendbar ist. Aber Litzenseile mit einer einzigen Litzenlage und Kernlitze erlaubten kein allzu starkes Biegen, so daß wir annehmen müssen, daß bei der praktischen Verwendung des Seiles Schwierigkeit entstehen könnten.

5. Zusammenfassung

Nach theoretischen Untersuchungen des Eigendrehungsverhaltens von Hercules-, Nuflex- und Litzenseilen mit einer einzigen Litzenlage, wurden versuchsweise einige eigendrehungsfreie Litzenseile hergestellt und erprobt. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen.

(1) Bei Litzenseilen mit einer einzigen Litzenlage mit gleichen Drahtdurchmessern, deren Kernlitze nur geringe Steifigkeit aufweist (die Zahl der Seitendrahtlagen ist klein), ist es schwierig, ein entsprechend eigendrehungsfreies Seil zu bekommen, aber ein eigendrehungsfreies Litzenseil mit mehreren Seitendrahtlagen in der Kernlitze kann man verhältnismäßig leicht produzieren.

(2) Litzenseile mit zwei Litzenlagen mit gleichen Drahtdurchmessern, wie beim Hercules-Litzenseil, sind kaum eigendrehungsfrei herzustellen, aber Litzenseile mit zwei Litzenlagen, deren innere Litze aus mehreren Drahtlagen besteht, können leicht eigendrehungsfrei gemacht werden.

(3) Nuflex-Litzenseile mit drei Litzenlagen mit gleichen Drahtdurchmessern können in eigendrehungsfreier Version hergestellt werden.

(4) Selbst Litzenseile mit einer einzigen Litzenlage, deren Kernlitze aus wenigen Drahtlagen besteht, und auch die Hercules-Litzenseile, können durch Verringerung der Drahtdurchmesser in eigendrehungsfreie Seile verwandelt werden. Jedoch ist die damit verbundene Schwächung des Drahtes wegen der Gefahr stärkerer Abnutzung nicht wünschenswert.

(5) Nach der Untersuchung von einigen Probeseilen kamen wir zu dem Ergebnis, daß sich alle Probeseile beinahe vollkommen eigendrehungsfrei machen ließen, aber für die praktische Verwendbarkeit stehen noch Untersuchungen bezüglich der Abnutzung und Biegeleichtigkeit der Seile aus.

Schrifttum

- 1) H. Heinrich: Wasserwirtschaft und Technik, S. 267, H. 28/30, (1937).
- 2) E. Engel: Österreichische Ingenieur Zeitschrift, S. 33, H. 1, 1 (1958).
- 3) S. Ikeda und I. Ueno: 5. Beitrag zur Drahtseilforschung (Japan), S. 83, 1 (1958).
- 4) H. Kadonami: 7. Beitrag zur Drahtseilforschung (Japan), S. 26, 5 (1959).
- 5) E. Franke: Wire, p. 148, Aug. (1966).
- 6) P. Gibson, H. Cress, W. Kaufman and W. Gallant: Wire and Wire Products, p. 50, Nov. (1970).
- 7) T. Aida, S. Sato und M. Nakai: THIS MEMOIRS, 35, p.141, (1973).
- 8) S. Sato, M. Nakai und T. Aida: THIS MEMOIRS, 35, p. 164, (1973).