Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 107/108 (1936)
Heft: 9

Artikel: Der heutige Stand der Drahtseilforschung
Autor: Bosch, M. ten
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-48360

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

INHALT: Der heutige Stand der Drahtseilforschung. — Die Zugseile der Luftseilbahnen an der Grimsel und an der Dixence. — Aufgaben und Organisation des Stadtplanbureau. — Erfahrungen aus dem Druckstollenbau. — Mitteilungen: Ein neuer Kerbschlagapparat. Sustenstrasse Innertkirchen-Wassen. Die Gleitsicherheit der Strassenbeläge. Die Steinkohle im Haushalt. Eine neue Strassenbrücke über die Elbe bei Dömitz. Lorrainehaldenlinie mit Aareübergang der SBB in Bern. Waldmanndenkmal in Zürich. Aussichtswagen III. Kl. der Oesterr. Bundesbahnen. Schweizer. Verein von Gas- und Wasserfachmännern. Eidg. Techn. Hochschule. Korrektion des alten Rheinbettes. — Nekrologe: E. F. Deluermoz. — Wettbewerbe: Platzgestaltung Place Alb. Thomas mit Zugang zum Internat. Arbeitsamt in Genf. Halbländl. Einfamilienhäuser. — Mitteilgn. d. Vereine.

Band 108 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 9

Der heutige Stand der Drahtseilforschung.

Von Prof. M. ten BOSCH, E. T. H., Zürich.

Das Drahtseil (vor rd. 100 Jahren zum ersten Mal als Schacht-Förderseil in Clausthal verwendet) findet heute in den mannigfachsten Gebieten der Technik als Kran- oder Aufzugseil, als Trag- und Zugseil für Seilbahnen, bei Hängebrücken, in elektrischen Freileitungen usw., eine ausgedehnte Verbreitung.

Man rechnet die Drahtseile zu den Maschinen*elementen*. Unter «Elemente» darf man aber nicht etwas Einfaches verstehen, denn Drahtseile sind sehr verwickelte Bauteile, die der Berechnung schwer zugänglich sind. Während man im allgemeinen bei den Maschinenteilen als Bedingung ihrer Brauchbarkeit eine vieljährige Lebensdauer stellt, zeigen Drahtseile eine oft überraschend kurze Lebensdauer. Die Frage nach der «wirtschaftlichsten» Lebensdauer soll hier nicht berührt werden; sie ist sicher noch nicht erreicht, denn das Ziel der Drahtseilforschung ist eine *Erhöhung der Lebensdauer*. Bei nicht zufriedenstellender Lebensdauer ist der Verbraucher leicht geneigt, die Schuld beim Hersteller zu suchen. Werkstoff- oder Verseilungsfehler sind aber nur selten für das Versagen eines Seiles verantwortlich. Die Ursache liegt (ähnlich wie bei den Wälzlagern) fast immer in der ungeeigneten *Anwendung*.

Die Betriebsbeanspruchungen sind immer so, dass das unter der Wirkung einer Zugkraft gespannte Seil mehr oder weniger oft gebogen und wieder gerade gestreckt wird. Neben diesen Zug- und Biegebeanspruchungen treten im Betrieb noch andere Faktoren auf, die von der *Kraftangriffstelle* (Befestigung, Ablenkung, usw.) herrühren, also ausserhalb der Seilkonstruktion liegen, und — wie die Erfahrung zeigt — die Lebensdauer oft ausschlaggebend beeinflussen.

Die Zugspannung σ_z wird so ermittelt, als ob das Seil aus einem Bündel paralleler, genau gleich belasteter Drähte bestehen würde, die sich gegenseitig nicht beeinflussen:

$$\frac{\pi}{4}\,\delta^2 \cdot i\,\sigma_z = P$$

worin P die Zugkraft in kg, δ der Drahtdurchmesser in mm und i die Anzahl Drähte im Seil bedeuten.

Solange wir genügend fern von der Angriffstelle der Kraft P entfernt sind (Prinzip von de St. Venant), von der Drahtreibung und von der Elastizität des Seilkernes absehen, wird die Dehnung und damit die Zugspannung vor allem von der verschiedenen Neigung der Drähte zur Seilaxe abhangen, also verschieden gross sein. Da die genannten, einschränkenden Bedingungen aber nicht vernachlässigt werden dürfen, stösst die Berechnung der *wirklich auftretenden* Zugspannungen auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten.

Die Biegespannung eines einzelnen Drahtes folgt — solange das Hooke'sche Gesetz gültig bleibt — aus der Gleichung der elastischen Linie:

$1/\varrho = M/JE$ (gültig für nicht zu starke Krümmungen)

und aus der Biegegleichung: $\sigma_b = \frac{M}{J}\,\frac{\delta}{2}$ zu

$$\sigma_b = \frac{\delta}{D}\,E \text{ kg/mm}^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

D = mittlerer Durchmesser der Rolle. Die Biegespannungen sind sehr gross: für $\delta = 1$ mm, $E = 22\,000$ kg/mm², $D = 220$, bezw. 440 mm wird $\sigma_b = 100$, bezw. 50 kg/mm²! Die Gleichung (1) ist aber sicher richtig, denn die Versuche zeigen, dass einzelne Drähte mit verschiedenem Durchmesser für ein bestimmtes Material und einen bestimmten Wert von σ_z und δ/D unter sonst gleichen Betriebsbedingungen eine *eindeutige Lebensdauer* haben (Abb. 1).

Die Biegespannungen aus einem aus vielen Drähten zusammengesetzten Seil werden nun ebenfalls nach Gl. (1) berechnet, indem das Seil wieder als Bündel *reibungsfrei* nebeneinander liegender *gerader* Drähte betrachtet wird; man nimmt also an, dass die einzelnen Drähte aufeinander frei gleiten können. Die Gesamtspannung in einem gebogenen Seil ist also (nach Reuleaux, 1861):

$$\sigma_t = \sigma_z + \sigma_b = \frac{P}{\frac{\pi}{4}\,\delta^2 i} + \frac{\delta}{D}\,E \quad . \; . \; . \; . \quad (2)$$

C. von Bach hat 1881 die Richtigkeit dieser Gleichung bestritten und zwar auf Grund folgender Ueberlegungen: «Wenn ein im Betrieb bewährtes Seil nach dieser Gleichung berechnet wird, so ergeben sich Spannungen bis zu 3000 kg/cm². Solche Spannungen, die dazu noch oft wechseln, könnte das Seil auf die Dauer nicht ertragen, ergo muss die wirkliche Beanspruchung kleiner sein als die berechnete». — Die Gleichung von Reuleaux weiche deshalb so stark von der Wirklichkeit ab (sagte C. von Bach), weil die *Schraubenform* dabei nicht berücksichtigt sei. Er führte dementsprechend einen Berichtigungsfaktor β ein und schreibt

$$\sigma_t = \frac{P}{\frac{\pi}{4}\,\delta^2 i} + \beta\,\frac{\delta}{D}\,E \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

mit $\beta = {}^3/_8$ für Transmissionsseile und $\beta = {}^1/_4$ für die besonders biegsamen Kran- und Aufzugseile.

Der Streit um die richtige Berechnung der Drahtseile hat lange gedauert. Prof. Benoit (Karlsruhe) hat einzelne Phasen dieses «Drahtseilkrieges» in seinem Buch «Die Drahtseilfrage» erzählt. Heute ist diese Streitfrage wohl eindeutig zu Gunsten der Gleichung von Reuleaux entschieden.

Durch eine mathematische Untersuchung kann leicht nachgewiesen werden, dass ein verseilter Draht beim Biegen sich noch etwas stärker krümmt als ein gerader und deshalb auch eine etwas (rd. 3 %) grössere Biegespannung erleidet. Schon die einfachen Versuche von Isaachsen (1907) und eindringlicher die ausgedehnten Versuche von Prof. Benoit haben gezeigt, dass — entgegen der Bach'schen Vermutung — ein verseilter Draht viel weniger Biegungen bis zum Bruch aushält (nur etwa den hundertsten Teil!) als ein einzelner Draht. Nur zu einem sehr geringen Teil kann diese unbestreitbare Tatsache dadurch erklärt werden, dass beim Schlagen des Seiles in den einzelnen Drähten bedeutende Vorspannungen auftreten, die oberhalb der Streckgrenze liegen und eine Verfestigung des Materials (Erhöhung der Streckgrenze, Verminderung der Dehnung) zur Folge haben, aber bei wiederholten Beanspruchungen oberhalb der Elastizitätsgrenze die Lebensdauer der Drähte verkürzen. Die Auseinandersetzungen hatten zur Folge, dass man sich viel intensiver mit den tatsächlichen Beanspruchungen in einem Seil befasste, denn auch die Gleichung von Reuleaux kann noch lange nicht alle Brucherscheinungen erklären.

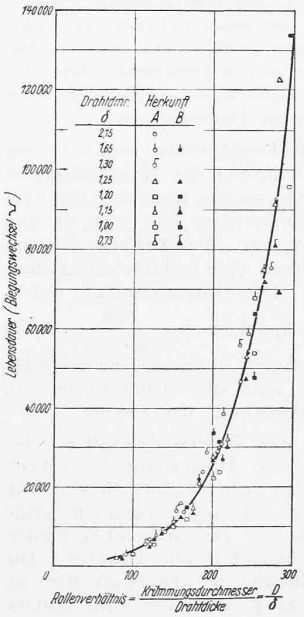


Abb. 1. Lebensdauer von Seildrähten verschiedener Dicke und Herkunft. $K_z = 130$ kg/mm², $\sigma_z = 30$ kg/mm². Die Punkte sind Mittelwerte aus je 10 Versuchen. (Prof. Woernle, T. H. Stuttgart.)

So folgte z. B. aus den Untersuchungen, dass unter sonst gleichen Versuchsbedingungen, die Lebensdauerkurven der einzelnen Seile für σ_t = konstant *nicht zusammenfallen* (Abb. 2, S. 94); die Lebensdauer ist verschieden, je nach der Drahtdicke und Konstruktion des Seiles (Gleich- oder Kreuzschlag). Schon aus der Tatsache, dass ein Einzeldraht bis zu 100mal soviel Biegungen bis zum Bruch aushält als der im Seilverband liegende Draht, muss man schliessen, dass beim Biegen eines Seiles noch andere, *wesentliche* Beanspruchungen auftreten als bei der Ableitung der Reuleaux'schen Gleichung vorausgesetzt sind.

Wird ein Bündel paralleler, unverseilter Drähte so über eine Rolle gebogen, dass die Längsverschiebung an den *Enden* verhindert wird, so treten natürlich viel grössere Biegespannungen auf, nämlich

$$\sigma_b = \frac{d}{D}\,E \quad (d = \text{Durchmesser des Drahtbündels}).$$

Bei einer Verseilung der Drähte zur Litze liegt jeder schrauben-

förmig gewickelte Draht auf dem Umschlingungsbogen zum Teil aussen (in der Zugzone) und zum Teil innen (in der Druckzone). Sobald die Reibung zwischen den einzelnen Drähten überwunden ist, tritt durch die Verschiebung ein Längenausgleich ein. Der Ausgleich in jedem Draht ist aber nur dann vollständig, wenn gleichviel Zug- und Druckzonen auf dem Umschlingungsbogen liegen, d. h. wenn die *Schlaglänge der Litze ganzzahlig im Umschlingungsbogen aufgeht.* Tut sie das nicht, dann muss auch in den einzelnen Drähten einer Litze bei der Biegung eine Vergrösserung der Biegespannung, also eine Verminderung der Lebensdauer eintreten.

Das Gleiten der einzelnen Drähte ist nur nach Ueberwindung der Reibung möglich, die dadurch verursacht wird, dass die Drähte bei der Biegung aufeinander gepresst werden. Da die Reibungskräfte an verschiedenen Punkten des Seilquerschnittes verschieden sind, geht die Verschiebung allmählich vor sich, anfangend bei den äussersten Lagen einer Litze. Die in Abb. 3 zusammengestellten englischen Versuche [1]) zeigen deutlich den Einfluss des umspannten Bogens auf die Lebensdauer. Ist der Bogen grösser als etwa die halbe Schlaglänge des Seiles, so ist die Lebensdauer sehr klein und nur schwach abhängig von der Bogenlänge. Bei kleineren Bogen als die halbe Schlaglänge nimmt die Lebensdauer rasch und bedeutend zu. Die Biegespannung in einem verseilten Draht setzt sich also aus zwei Teilen zusammen:

1. von der Reibung herrührend, da der Zusammenhang der Drähte *nicht vollständig* aufgelöst wird (oft Reibungsspannung genannt),

2. Biegung um die eigene Schweraxe (nach Gleichung 1).

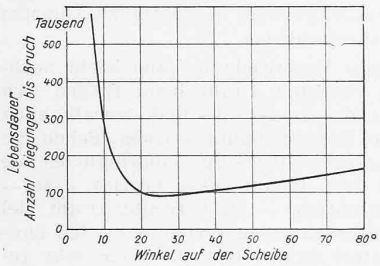


Abb. 3. Einfluss des umspannten Bogens auf die Lebensdauer von Drahtseilen. (British wire rope research commission.)

Sie ist also sicher *grösser* als die Gleichung von Reuleaux ergibt und deshalb war die Bach'sche Korrektur ($\beta = {}^3/_8$ bis ${}^1/_4$) so verhängnisvoll. Eine der am schwersten wiegenden Folgen der Nichtberücksichtigung der Biegespannungen waren vor wenigen Jahren die vielen Drahtbrüche in den Tragkabeln zweier amerikanischer Hängebrücken (Mount Hope Bridge und Ambassador Bridge), die grosses Aufsehen erregten und zu ausgiebigen Diskussionen Anlass gegeben haben. Bei diesen Hängebrücken wurden zum ersten Mal an Stelle der sonst üblichen kaltgezogenen und verzinkten Drähte, solche nach einem verwickelten Verfahren warm behandelte und verzinkte verwendet. Man erreichte bei diesem Werkstoff anscheinend einen Höchstwert aller Festigkeitseigenschaften (Streckgrenze, Dehnung usw.).

Dennoch traten unheimlich viele Drahtbrüche auf bei einer Zugspannung von nur 22 kg/mm², während die Bruchfestigkeit 160 kg/mm² betrug. Die Brüche traten an den Kauschen der Verankerungswiderlager auf (Abb. 4) und zwar dort, wo die Drähte an den Ankerschuhen eine scharfe Ablenkung erfuhren. Die Biegespannung nach Gl. (1) beträgt dort $\sigma_b = \frac{4{,}9}{2 \cdot 248} \cdot 21500 = 210$ kg/mm²! Dennoch suchte oder vermutete man die Bruchrusache in einer «Sprödigkeit» der Drähte.

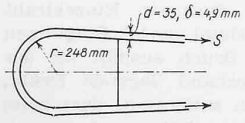


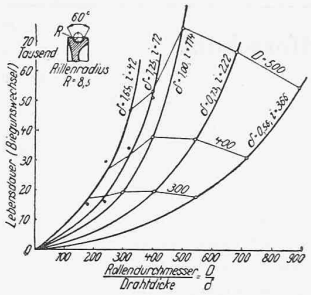
Abb. 4. Biegung der Seile an den Kauschen der Verankerungen.

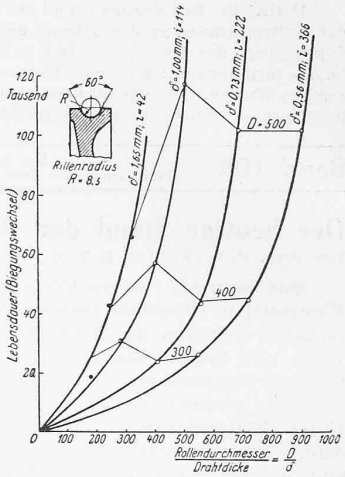
Neben der Vernachlässigung der Erhöhung der Biegespannung durch die Reibung zwischen den Drähten nimmt die Berechnung der Drahtseile nach der Gleichung von Reuleaux auch keine Rücksicht auf die gleichzeitig bei der Biegung auftretenden *Druckspannungen* zwischen den benachbarten Drähten. Die Druckspannungen können bei den kleinen Berührungsflächen an den Kreuzungsstellen der Drähte sehr gross werden. Sie ändern den Mohr'schen Spannungskreis (Abb. 5) und erklären in einfacher Weise die Erfahrungstatsache, dass die Lebensdauer der Seile nicht von der grössten Spannung σ_t allein abhängt. Die Berechnung der Grösse der Druckspannungen zwischen den

[1]) Fourth report of the wire rope research comm. Proc. Inst. Mech. Engs. 1930, Seiten 553/602.

Der heutige Stand der Drahtseilforschung

Abb. 2. Einfluss vom D/δ auf die Lebensdauer von Drahtseilen, links für Kreuzschlag, rechts für Gleichschlag (Versuche von Woernle).





Drähten und zwischen Draht und Unterlage ist recht verwickelt und könnte erst bei genauer Kenntnis der *Seilkonstruktion* versucht werden. Ihr Vorhandensein erklärt aber die bekannten Versuchsergebnisse von Benoit, dass die Drähte in einer Litze oder in einem Seil eine erhöhte Lebensdauer haben müssen, wenn sie um eine Scheibe mit Lederfutter gebogen werden.

Aus der Tatsache, dass die Lebensdauer der Seile durch die Reibung der aufeinander gleitenden Drähte erheblich beeinflusst wird, können folgende wichtige *allgemeine Schlussfolgerungen* gezogen werden:

1. Die Bruchlast eines Seiles bietet keinen Anhalt für die Bewährung im Dauerbetrieb.

2. Dauernd wechselnde Biegespannungen erfordern ein möglichst *zähes* Material. Für das Gleiten der Drähte sind *harte* Oberflächen erwünscht; harte Werkstoffe sind aber spröde und für wiederholte Biegung ungeeignet. Beide Bedingungen werden am besten erfüllt für Stahldraht mit einer Bruchfestigkeit $K_z =$ 160 bis 180 kg/mm². Eine höhere Bruchfestigkeit als 180 kg/mm² ist nach den Normen mit Recht ausgeschlossen.

3. Gegenbiegungen sind nach Möglichkeit zu vermeiden; sie vermindern die Lebensdauer um etwa 25 %.

4. Durch geeignete Schmierung kann die Lebensdauer des Seiles erhöht werden (Abb. 6).

5. Nicht zu dünne Drähte wählen; δ grösser als 0,5 mm. Die Normen lassen allerdings noch Drähte von 0,4 mm zu.

6. Die Rillenform soll sich dem Seil möglichst anschmiegen (Abb. 7). Günstigster Rillenradius = 1,05 × Seilradius.

7. Keilrillen (bei Treibscheiben) vermindern die Lebensdauer der Seile gegenüber Rundrillen, infolge der höhern Pressung zwischen Seil und Stützfläche. Die Lebensdauer sinkt mit abnehmendem Keilwinkel (Abb. 7).

8. Der Winkel, unter dem die Drähte unter sich liegen, ist beim Kreuzschlagseil viel grösser (etwa 30°), als beim Gleichschlagseil (etwa 2°, bei den Normseilen[2]), vergl. Abb. 8), somit auch die Flächenpressung. Gleichschlagseile haben deshalb in Rundrillen eine höhere Lebensdauer als Kreuzschlagseile. Diese sind aber wegen geringerer Drallwirkung dennoch zu bevorzugen. Bei Keilrillen zeigt sich das Kreuzschlagseil überlegen, infolge der günstigeren Auflage der Drähte (fast parallel zur Seilaxe) in der Keilrille (vergl.. Abb. 9 auf S. 95).

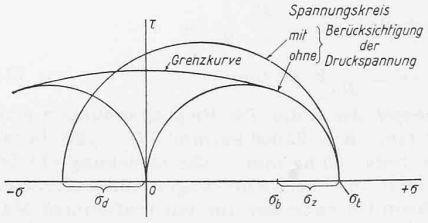


Abb. 5. Erhöhung der Bruchgefahr durch quer wirkende Spannungen.

Aus der Tatsache, dass das Gleiten der Drähte die Lebensdauer der Seile erheblich beeinflusst, können aber auch wichtige

[2]) Die vorläufigen Normen für die Berechnung der Kranseile (DIN E. 120, Entwurf 3. Deutscher Kran- und Fördermittelverband, Berlin 1933) schreiben bei Verwendung von Normseilen das Verhältnis $D/\delta = 500$ bis 600 und $D/d = 20$ bis 25 vor. Daraus folgt das zulässige Mass $d/\delta = 25$ bis 20, bezw. 30 bis 25. Diese Vorschrift schliesst die genormten A-Seile ($d/\delta =$ 15,5 bis 16,2) und zum Teil die genormten B-Seile ($d/\delta =$ rd. 22) aus. Die genormte C-Konstruktion wird in der Praxis mit Recht wenig verwendet. Beide Vorschriften: Normseile und Verhältnis D/δ und D/d stehen also miteinander in Widerspruch.

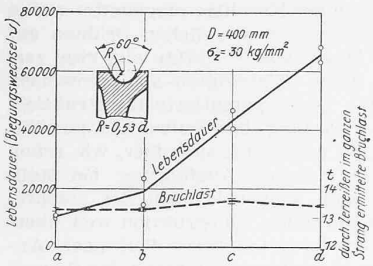


Abb. 1 (S. 93), 6, 7 und 9 nach «Z.VDI».

Abb. 6. Einfluss der Schmierung auf die Lebensdauer von Kreuzschlagseilen. 16 A 160 DIN 655, Seil a entfettet, b trocken angeliefert, c mit Holzteer, d mit Maschinenöl geschmiert. (Versuche von Woernle).

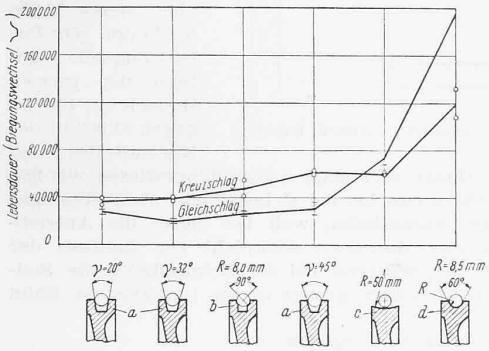


Abb. 7. Einfluss der Rillenform auf die Lebensdauer von Drahtseilen. 16 A, bezw. AL 130 DIN 655. D = 500 mm, δ_z = 20 kg/mm². (Versuche von Woernle.)

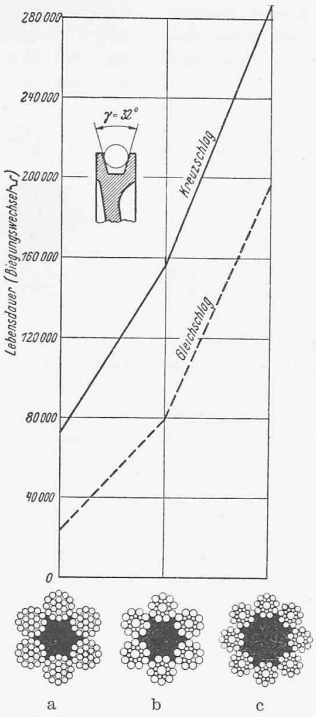


Abb. 9. Lebensdauer bei verschied. Bauart.
a Normalseil 16 A, bezw. AL 160 DIN 655.
b Seale-Seil 6 (1 · 1,5 + 9 · 0,7 + 9 · 1,2).
c Seale-Seil 6 (1 · 1,25 + 9 · 0,6 + 9 · 0,95).
D = 500 mm, δ_z = 20 kg/mm².

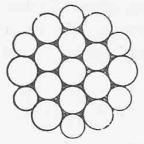


Abb. 10. Warrington-Litze.

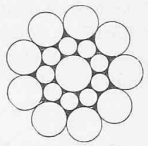


Abb. 11. Seale-Litze.

Schlussfolgerungen über die geeignetste *Seilkonstruktion* gezogen werden. Die Drahtseile sind *genormt;* die Normen sind in den europäischen Ländern praktisch gleich und dadurch gekennzeichnet, dass alle Drähte im Seil die gleiche Dicke haben. Die Normen umfassen folgende drei Ausführungsformen:

A mit 6 (1 + 6 + 12) = 6 · 19 = 144 Drähten,
B mit 6 (1 + 6 + 12 + 18) = 6 · 37 = 22 Drähten,
C mit 6 (1 + 6 + 12 + 18 + 24) = 6 · 61 = 366 Drähten.

Heute weiss man ganz bestimmt, dass diese «normale» Machart der Seile *nicht* die mit der grössten Lebensdauer ist (Abb. 9). Dieses ungünstige Verhalten normal aufgebauter Seile hat in den letzten Jahren dazu geführt, die alten, englischen Seilkonstruktionen mit ungleichstarken Drähten (seit 1890 bekannt) von neuem aufzunehmen. Diese Konstruktionen haben den Vorteil, dass die Drähte sich *nicht überschneiden,* indem alle Drahtschichten die gleiche Schlaglänge erhalten, also parallel laufen. Die Drähte berühren sich also theoretisch auf der ganzen Mantellinie.

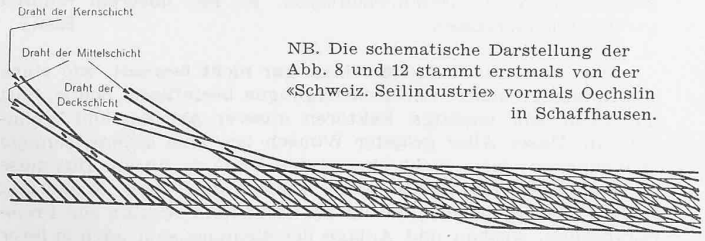
Bei der Warrington-Konstruktion (Abb. 10) wird dies dadurch erreicht, dass der zweite Schlag aus Drähten verschiedener Dicke besteht. Bei der Seale-Konstruktion (Abb. 11) besteht jeder Schlag wieder aus Drähten gleicher Dicke; die Drahtstärke ist aber in den einzelnen Schichten verschieden. Jede Schicht hat die gleiche Drahtzahl und zwangläufig die gleiche Schlaglänge; die Aussendrähte liegen immer in den Furchen zwischen zwei Innendrähten. Die Seale-Seile sind der Normkonstruktion in jeder Hinsicht überlegen (Abb. 9). Zweifellos müssen die bisherigen Normseile ihre privilegierte Stellung unter den Seilkonstruktionen aufgeben und an die Seale-Konstruktion abtreten. Der Deutsche Normenausschuss hat deshalb kürzlich neue Drahtseilnormen nach dieser Konstruktion vorgeschlagen (DIN. 656, Entwurf 1, Maschinenbau 1936, Juliheft, Seite 421).

Zweck dieser Zeilen ist, auch dem Schweiz. Normenbureau eine *Revision der Drahtseilnormen* (VSM 11 403) nahezulegen. Es sollte sich aber diesmal nicht einfach um eine Kopie der Deutschen Normen handeln. Die Schweiz verfügt über eine leistungsfähige Drahtseilindustrie, die zum Teil schon eigene Wege gegangen ist. Es sind noch verschiedene Fragen zu klären, so z. B. ob das 6-litzige Seil nicht besser durch das 8-litzige zu ersetzen sei. Die ursprünglichen Seilkonstruktionen von Warrington und Seale versagen, sobald eine dritte Drahtschicht notwendig wird. Die neuen deutschen Normen schlagen in diesem Fall an Stelle des Kerndrahtes eine 7-drähtige Kernlitze vor, wodurch aber der Vorteil der gleichen Schlaglänge für *alle* Drähte wieder verloren geht. Die «Ideal-Litze» der Schweiz. Seilindustrie, vorm. Oechslin in Schaffhausen (Abb. 12 und 13), löst diese Frage sicher viel zweckmässiger.

In der Schweiz besteht allerdings keine Einrichtung zur Durchführung von Dauerversuchen mit Drahtseilen. Eine solche Einrichtung kostet viel Geld, das z. Z. für diesen Zweck kaum aufgebracht werden kann. Die Dauerversuche sind ausserdem sehr zeitraubend, sodass vielleicht erst nach Jahren zuverlässige Grundlagen erreicht werden können. Die Untersuchung von Drahtseilen ist nämlich deshalb so schwierig und zeitraubend, weil der *Modellversuch* hier vollständig versagt. Seile mit geometrisch ähnlichem Querschnitt, gleicher Drahtgüte und entsprechend gleichen Schlaglängen der Litzen im Seil bei den selben Betriebsverhältnissen (gleiches D/δ, gleiche Zugspannung, gleiche Schmiegung zwischen Seil und Rolle, gleiche Schmierungsverhältnisse, usw.) geben nicht die gleiche Lebensdauer. Es war auch keine Gesetzmässigkeit zu erkennen, bald war das 13 mm-, bald das 16 mm- oder das 19 mm-Seil überlegen. Es besteht also zur Zeit keine Möglichkeit, von der Lebensdauer des einen Seiles auf die Lebensdauer eines andern, «ähnlichen» Seiles zu schliessen.

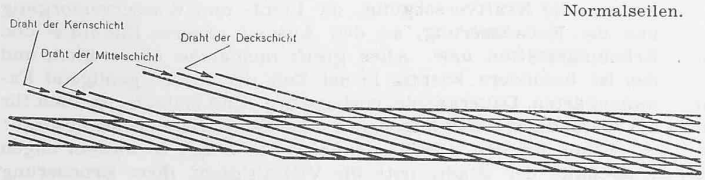
Unter diesen fast aussichtslosen Verhältnissen zur praktischen Klärung der geeignetsten Seilkonstruktion ist doch ein Lichtblick vorhanden. Da man weiss, dass hauptsächlich der Biegewiderstand zusammen mit dem Gleiten der Drähte aufeinander die Lebensdauer der Seile bedingt, kann man den *Seilbiegewiderstand direkt als Kriterium und als Mass für die Lebensdauer der Seile* betrachten.

Diesen Weg ist Dr. Ing. Hecker in seiner Dissertation «Ueber den Biegewiderstand von Drahtseilen» (Hannover 1933) gegangen. Alle Umstände, die erhöhend auf die Lebensdauer wirken, vermindern auch die Seilsteifigkeit (mit der leicht verständlichen Ausnahme der nachträglichen Verzinkung der Drähte).



NB. Die schematische Darstellung der Abb. 8 und 12 stammt erstmals von der «Schweiz. Seilindustrie» vormals Oechslin in Schaffhausen.

Abb. 8. Die Drähte der verschiedenen Schichten überkreuzen sich bei allen Normalseilen.



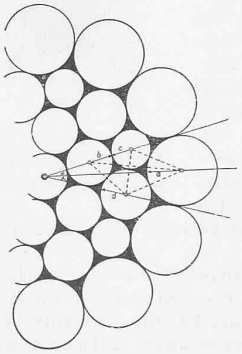


Abb. 12 und 13. «Ideal»-Litze mit 3 Drahtschichten der «Schweiz. Seilindustrie» Schaffhausen. Die Drähte der verschiedenen Schichten überkreuzen sich *nirgends.*

Abb. 13.

Die Arbeit beim Biegen eines Seiles muss durch eine zusätzliche Kraft S geleistet werden, die in kurzer Zeit mit hoher Genauigkeit gemessen werden kann. Aus den bisher vorliegenden Versuchen folgt:

$$S = C' \delta \frac{P + P_0}{D - D_0} \text{ kg}$$

worin C', P_0 und D_0 für jedes Seil verschieden ist, abhängig von der Machart, von der Reibungszahl der Drähte und Litzen und von dem Druck zwischen den einzelnen Drähten.

P_0 entspricht der den Drähten beim Verseilen gegebenen Vorspannung, abhängig von der Bremsung der Spulen in der Seilmaschine. Sie wird in jeder Fabrik entsprechend der Anzahl, der Dicke und der Steifheit der Drähte, sowie der gewünschten Geschlossenheit des Seiles etwas anders eingestellt.

D_0 berücksichtigt die Verlagerung der neutralen Axe des Seiles und der Drähte im Querschnitt und die dadurch bedingte Reibung. Eine solche Verlagerung muss eintreten, weil der Krümmungsradius des Rillengrundes immer etwas grösser gemacht wird als der Radius des Seilquerschnittes. Der eine Draht, der theoretisch zuerst zum Aufliegen im Rillengrund kommt, kann den Seildruck ($2\ P/D$ kg/mm) auf die Rolle nicht übertragen; er wird deshalb in den Seilquerschnitt hineingedrückt, bis auch andere Drähte zum Aufliegen kommen. Diese Umlagerung im Querschnitt wird umso grösser sein, je grösser der Krümmungs-Radius des Rillengrundes gegenüber dem des Seilquerschnittes ist. Innerhalb den Versuchsgrenzen $\delta = 0{,}7$ bis 1,4 mm und für den Radius des Rillengrundes $r = d\ 2 - 1$ mm ist

$$P_0 = 200 + i\,\delta^3 \text{ kg und } D_0 = 100\ (\delta - 0{,}3) \text{ mm.}$$

Für normale Kreuzschlag A-Seile ist $C' = 1{,}8$, B-Seile $C' = 2{,}6$ und C-Seile $C' = 3{,}9$. Für Gleichschlagseile sind die C'-Werte um 15 bis 25 % kleiner; für verzinkte Seile um 15 bis 30 % grösser als für Kreuzschlagseile.

Solche Versuche mit Seilen nach der Seale-Konstruktion liessen sich z. B. in der EMPA in kurzer Zeit durchführen und könnten, ohne grosse Kosten, zuverlässige Unterlagen für eine neue Drahtseilnormung liefern.

Die Zugseile der Luftseilbahnen an der Grimsel und an der Dixence.

Von Ing. OSCAR OECHSLIN, Schaffhausen.

[Wenige Tage nach Eintreffen des Manuskriptes vorstehenden Aufsatzes von Prof. ten Bosch erhielten wir aus Schaffhausen die nachstehende Mitteilung von Ing. O. Oechslin, die wir ihrer Verwandtschaft wegen sogleich hier anschliessen. Die beiden Verfasser wussten gegenseitig nichts von ihren fast gleichzeitigen Einsendungen. Red.]

Gewiss ist es im Allgemeinen sehr schwierig, Seile und deren Lebensdauer von verschiedenen Bahnen oder sonstigen Anlagen miteinander zu vergleichen. Wenn ich nachfolgend dies trotzdem wage, so lassen die speziell hier vorliegenden Umstände, wie gleiche Längen der Bahnen, gleich stark dimensionierte Seile, gleiche Transportgüter, annähernd übereinstimmende Höhendifferenzen, die zu überwinden waren und die analogen klimatischen Verhältnisse einen solchen Vergleich sicherlich als berechtigt erscheinen.

Die Luftseilbahn beim Bau des Grimselwerkes führte von Innertkirchen auf den Nollen, auf dem das jetzige Grimsel-Hospiz steht, also von 637 m auf etwa 1910 m über Meer. Als Zugseil hatte sie ein 22 mm Seil (eine Etappe nur 20 mm ∅), das aus 6 Litzen zu 12 Drähten bestand. Diese 12-drähtigen Litzen waren aufgebaut aus einem 3-drähtigen Kern, der mit 9 Drähten umsponnen war, wie es den bisherigen normalen 72-drähtigen Zugseilen entsprach (Abb. 1), wenn die einfachere 6×7-drähtige Konstruktion als zu wenig biegsam nicht mehr ausreichte. Die Konstruktion war damals vorgeschrieben, und das Seil förderte während der Bauzeit nach Angabe der Werkleitung 111 900 t Güter, zumeist Zement. Wegen Verschleiss mussten während der Bauzeit 31 900 m dieses Seiles ersetzt werden, was nicht ganz einer Erneuerung des 35 700 m langen Zugseiles gleichkommt.

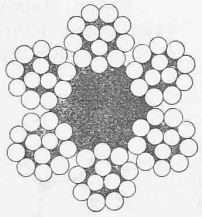


Abb. 1. Zugseil der Luftseilbahn beim Bau des Grimselwerks.

Die Luftseilbahn beim Bau des Dixence-Werkes führte von Sitten nach dem Val des Dix, somit von 490 m auf etwa 2240 m über Meer. Das Zugseil hatte auch hier 22 mm ∅, bestand ebenfalls aus 6 Litzen zu 12 Drähten, aber diese 12 Drähte waren nicht dem bisherigen Normalseil (Abb. 1) entsprechend (3 + 9 Drähte) geordnet, sondern es waren um einen 4-drähtigen Kern, 4 dicke Drähte, die in den Fugen der Kernlitze eingebettet waren und 4 dünnere Drähte, die zwischen diesen dicken Drähten auf dem Rücken der Kerndrähte lagen, also 8 Drähte aus zwei verschiedenen Durchmessern nach Warrington-Art gewunden (Abb. 2). Diese patentierte Konstruktion, die auf Vorschlag des Seilwerkes gewählt worden ist, zeigte sich auch hier, wie schon früher in dünnerer Ausführung bei Stellwerken und kleinen Winden der entsprechenden normalen Konstruktion weit überlegen. Es förderte dieses Seil nach Angabe der Werkleitung während der Bauzeit rd. 150 000 t Güter, ebenfalls zumeist Zement; zur Erneuerung brauchte aber dieses 35 900 m lange «Ox-Patent Zugseil» während der ganzen Bauzeit nur 1600 m, gegen 31 900 m des Normalseiles bei der Grimselbahn. Dabei darf noch darauf hingewiesen werden, dass die Antriebverhältnisse bei der Grimselbahn noch günstiger waren, als bei der Dixencebahn, weil bei dieser die Antriebscheiben in allen vier Stationen senkrecht zur Laufaxe der Bahn standen (Abb. 3), während bei der Grimselbahn die Seilscheiben parallel oder besser gesagt *in* der Laufaxe der Bahn lagen (Abb. 4).

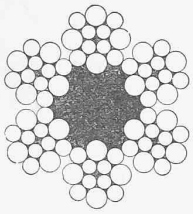


Abb. 2. «Ox-Patent»-Zugseil beim Dixence-Kraftwerk.

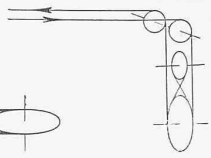


Abb. 3. Dixence.

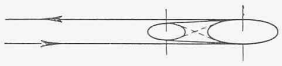


Abb. 4. Seilführung Grimsel.

Zusammengestellt zum Vergleich:

Seilbahn:	*Grimsel*	*Dixence*
Totale Bahnlänge	17,3 km	17,4 km
Höhenunterschied der Endstationen	rd. 1300 m	1750 m
Seildurchmesser	22 mm	22 mm
Seilkonstruktion: 6 Litzen zu 12 Drähten	normal	Ox-Patent
Gleichschlag	(3 + 9 Drähte)	[4 + (4 + 4) Drähte]
Totale Länge des Zugseiles	35 700 m	35 900 m
Gesamte Fördermenge	111 900 t	150 000 t
Benötigte Ersatzteile	*31 900 m*	*1600 m*

Der Unterschied im Seilverbrauch zu Gunsten des «Ox-Patent»-Zugseiles ist so gewaltig, dass selbst wenn dieses oder jenes Moment noch zu seinen Ungunsten in Rechnung gezogen werden will, dies doch an seiner Ueberlegenheit nichts ändern kann. Anderseits ist an der Minderwertigkeit des 72-drähtigen Normalseiles in Konstruktion 6 × 12 mit 1 Hanfseele nicht zu zweifeln. Dieses Ergebnis ist umso erfreulicher, als ich schon vor Jahren (siehe auch «Ueber Drahtseilkonstruktionen» in «Wasserwirtschaft» Wien, Heft 25—26, 1933) auf die Ueberlegenheit dieses Seil-Typs: der «Ox-Patent»-Konstruktion, hingewiesen habe.

Aufgaben und Organisation des Stadtplanbureau.

[Am 16. Januar d. J. hielt der Chef des Zürcher Stadtplanbureau, Arch. *K. Hippenmeier*, in der *Sektion Bern des S.I.A.* einen Vortrag über dieses Thema, der eine äusserst ergiebige Diskussion zeitigte: Vortrag und Diskussionsprotokoll umfassen 16 Folioseiten, sodass es fast unmöglich, aber auch kaum nötig ist, es vollinhaltlich zu veröffentlichen. Anderseits ist der Gegenstand so wichtig und von allgemeinem Interesse für andere Städte, dass wir den Vortragenden ersucht haben, sein Referat nach Möglichkeit zu kürzen und gleich auch die Diskussion in gedrängter Form zusammenzufassen. Er hat unserem Wunsch wie folgt entsprochen. Red.]

*

Wir sind uns im allgemeinen gar nicht bewusst, wie stark der Städtebau unsere Lebensbedingungen beeinflusst. Sonne, Luft und Licht sind wichtige Faktoren unserer Arbeits- und Wohnstätten. Unser Aller grösster Wunsch ist, eine schöne sonnige Wohnung zu einem nicht übersetzten Preis zu finden. *Das* muss und soll der Stadtbau in erster Linie vorbereiten. Grund und Boden in weitgehendem Besitz der Gemeinde verhilft zur Preisregulierung. Ausbau und Anlage der Siedlung sind auch in ihrer finanziellen Tragweite ein Produkt des Stadtbaues; denken wir nur an die Kraftversorgung, die Licht- und Wasserversorgung und die Entwässerung, an den Ausbau unserer Bildungs- und Erholungsstätten usw. Alles greift ineinander über. Sind, und das ist besonders wichtig in der Zeit der Krise, genügend Familiengärten, Dauergärten vorhanden? Und endlich: ist auch für ein anständiges Ruheplätzchen, am Ende unseres Lebens, gesorgt?

Schon bei der Urzelle, der *Altstadt*, selbst in diesem engen Ausschnitt der Stadt, tritt die Vielfältigkeit ihrer Erneuerung zu Tage; denn es gibt sozusagen in jeder Stadt absterbende Altstadtquartiere. Hier das richtige Vorgehen zur Behebung