Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 67 (1949)

Heft: 14

Artikel: Einfluss der sekundären Biegung und der inneren Pressungen auf die Lebensdauer von Stahldraht-Litzenseilen mit Hanfseele

Autor: Wyss, Th.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-84032

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. Siehe Rechtliche Hinweise.

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. Voir Informations légales.

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. See Legal notice.

Download PDF: 26.04.2025

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

67. Jahrgang Nachdruck von Bild oder Text nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 14

Einfluss der sekundären Biegung und der inneren Pressungen auf die Lebensdauer von Stahldraht-Litzenseilen mit Hanfseele

Von Prof. Dr. TH. WYSS, EMPA, Zürich

DK 625.927

Zusammenfassung

Für die Beanspruchung und die Lebensdauer von Stahldraht-Litzenseilen mit Hanfseele sind vor allem die *sekundären Biegespannungen* und die *Pressungen* zwischen Scheibe und Seil, sowie zwischen den sich berührenden Litzen massgebend. Zur Berechnung dieser Spannungen und Pressungen werden Formeln entwickelt und auch Angaben über ihre zulässige Höhe gemacht. Ausserdem wird die plastische Verformung untersucht. Die Anwendung der Formeln auf Aufzugseile, Typ B, wird gezeigt; die Formeln können jedoch ganz allgemein auf Bergbahnseile, Abspannseile, Seile im Bergbau, Zugseile von Schwebebahnen usw. angewendet werden. Der vorliegende Aufsatz bildet einen Abschnitt einer grösseren Arbeit, betitelt «Untersuchungen über die Beanspruchung und Berechnung von Stahldrahtseilen der Schwebe- und Standseilbahnen», der demnächst als EMPA-Bericht Nr. 166 erscheinen wird.

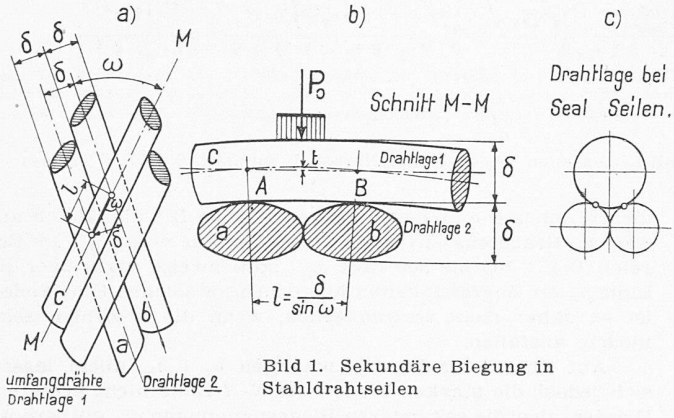


Bild 1. Sekundäre Biegung in Stahldrahtseilen

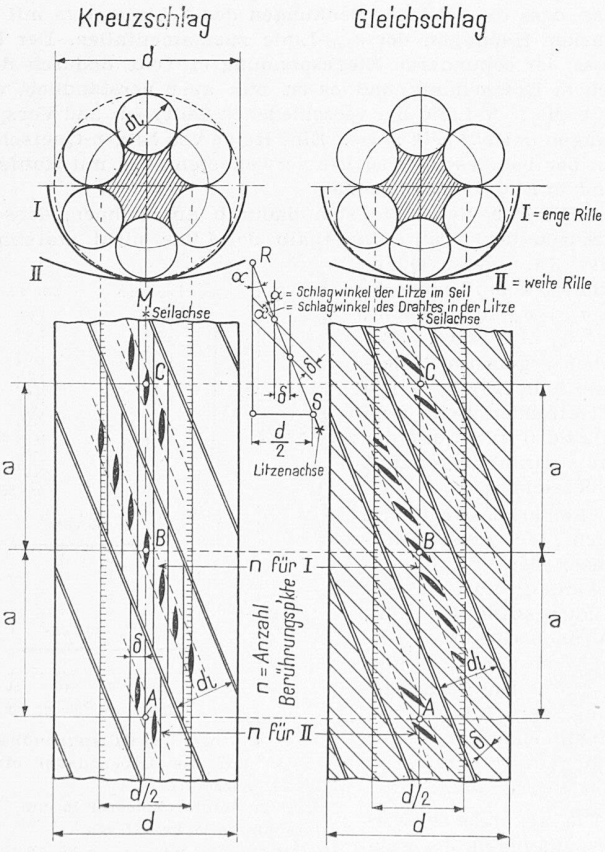


Bild 2. Laufspuren von Litzenseilen

A) Beanspruchungen aus sekundärer Biegung

Sekundäre Biegung tritt bei Stahldrahtseilen überall da auf, wo sich die einzelnen Drahtlagen kreuzen und die auf einen Aussendraht C wirkende Querlast P_0 (Bild 1) z. B. in der Mitte eines solchen Feldes sich geltend macht. Die maximale Beanspruchung in einem Draht der äussersten Lage setzt sich wie folgt zusammen:

$$\sigma_{tot} = \sigma_z + \sigma_{b_1} + \sigma_{b_2} + f_1(\tau) + f_2(\tau) \tag{1}$$

Dabei ist

σ_z die Zugbeanspruchung aus der Seilkraft S
σ_{b_1} die primäre Biegespannung nach Reuleaux od. Isaachsen
σ_{b_2} die sekundäre Biegespannung aus der Querbelastung P_0
$f_1(\tau)$ die Beanspruchung aus Drall
$f_2(\tau)$ die Beanspruchung aus Reibung

Die nachfolgende Untersuchung befasst sich mit σ_{b_2}. Unter der Berücksichtigung, dass sich P_0 über eine gewisse Strecke verteilt, dass die Stützweite l durch die Verformung des Drahtes etwas verringert wird und dass der Draht kontinuierlich verläuft, soll als maximales Biegemoment in Feldmitte

$$M_{max.} \sim \frac{P_0\, l}{16} = \frac{P_0\, \delta}{16 \sin \omega} \tag{2}$$

angenommen werden. Hierin bedeuten P_0 die Querbelastung des Drahtes, δ den Drahtdurchmesser, ω den Schnittwinkel zweier Drahtlagen. Dieses Biegemoment wurde absichtlich niedrig gewählt. Durch Einführung des Widerstandsmomentes des Drahtes der äussersten Lage und unter der Voraussetzung, dass die Drähte der beiden Lagen den gleichen Durchmesser aufweisen, wird:

$$\sigma_{b_2} = 2\,\frac{P_0}{\pi\,\delta^2 \sin \omega} = 0{,}636\,\frac{P_0}{\delta^2 \sin \omega} \tag{3}$$

Wesentlich ist die Grösse der Kraft P_0, die von der Art der Querbelastung abhängt. Ferner ist der Aufbau des Seils von Einfluss, was im Schlagwinkel ω und in der Drahtdicke δ zum Ausdruck kommt.

1. Seil nach Reuleaux, an einer Scheibe voll aufliegend

In diesem Falle lassen sich die Kräfte P_0 aus den Laufspuren nach Bild 2 näherungsweise ermitteln, wobei die Rillenweite I oder II der Scheibe und die Schlagart des Seils eine Rolle spielen.

Bezeichnet

P_0 die Kraft, quer auf einen Einzeldraht wirkend
S die Zugkraft im Seil
z die Anzahl der Litzen des Seils
m die Anzahl der Drähte des Seils, wenn alle einander gleich sind
a den Abstand der Scheitelpunkte A, B, C usw. der Litzen ($a = L/z$)
n die Anzahl Berührungspunkte innerhalb der Strecke a
L die Schlaglänge der Litzen
D den Scheibendurchmesser
d den Seildurchmesser

so wird:

$$P_0 = \frac{2\,S\,a}{n\,D} = \frac{2\,L}{n\,z\,D}\,S \tag{4}$$

Bezüglich n wird angenommen, dass bei *enger Scheibenrille* $P_{0\,max.}$ gleich einem *Mittelwert* aus einer gleichmässigen Druckverteilung über die Breite $d/2$ sei. In diesem Falle wird für Kreuzschlagseile und näherungsweise auch für Gleichschlagseile

$$n \cong \frac{d}{2\,\delta}$$

und somit als Mittelwert

$$P_0 = \frac{4\,L}{z\,d}\,\frac{\delta}{D}\,S \tag{4a}$$

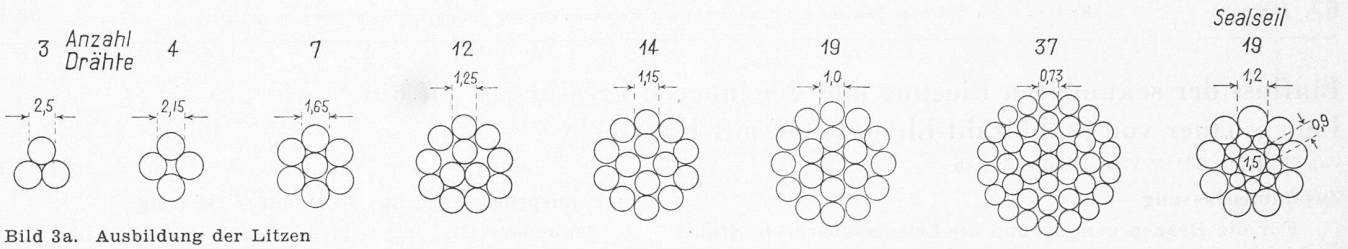


Bild 3a. Ausbildung der Litzen

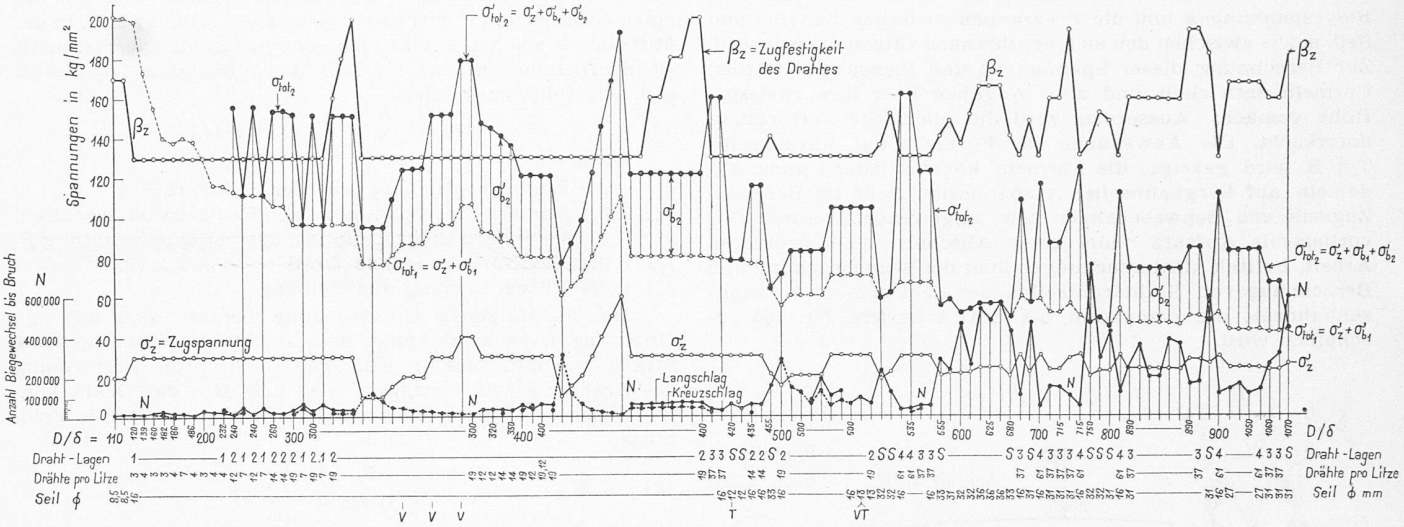


Bild 3. Zusammenstellung der Ergebnisse von Ermüdungsversuchen mit Litzenseilen (Woernle und Herbst, *V* verzinkt, *S* Seal, *T* Trulay)

woraus ferner nach Gl. (3) folgt

$$\sigma_{b_2} = \frac{2{,}544\, L}{\delta \sin \omega\, d\, z\, D}\, S \tag{5}$$

Bei Drahtseilen aus lauter gleichen Drähten kann die Zugspannung eingeführt werden, so dass bei m Drähten

$$\sigma_{b_2} = \frac{2\, L\, m}{\sin \omega\, d\, z}\, \frac{\delta}{D}\, \sigma_z \tag{6}$$

wird.

Daraus ist ersichtlich, dass die sekundäre Biegung σ_{b_2} abhängig ist vom Aufbau des Seils, von der Schlaglänge der Litzen und Drähte, ferner vom Wert δ/D und von σ_z. Sie nimmt bei sich vermindernder Schlaglänge ab.

Für normale Aufzugseile wird, wenn z. B. $L = 7{,}5\,\mathrm{d}$; $z = 6$; $\omega = 30^0$ gesetzt wird:

(6a) $m = 6 \times 19 = 114$ Drähte, $\sigma_{b_2} = 570\, \sigma_z\, \delta/D$

(6b) $m = 6 \times 37 = 222$ Drähte, $\sigma_{b_2} = 1110\, \sigma_z\, \delta/D$

(6c) $m = 6 \times 61 = 366$ Drähte, $\sigma_{b_2} = 1830\, \sigma_z\, \delta/D$

Für $L = 8{,}0\, d$ fallen die Werte σ_{b_2} um rd. 6 % grösser aus.

Aehnliche Werte können auch bei Bergbahnseilen normaler Schlagart festgestellt werden. Der Schnittwinkel ω kann in Wirklichkeit noch bedeutend kleiner sein, so dass in einem solchen Fall die sekundären Spannungen σ_{b_2} eine bedeutende Steigerung erfahren können.

Dass die Spannungen σ_{b_2} eine wesentliche Rolle spielen, ergibt sich aus Bild 3. Darin wurden bei den Ermüdungs-Versuchen von Seilen verschiedener Ausbildung nach Woernle und Herbst[1]) die Anzahl der Biegewechsel N bis zur Zerstörung des Seils als Ordinate aufgetragen. Die Seile wurden entsprechend dem Verhältnis D/δ angeordnet, wobei sich dieses Verhältnis zwischen 100 und 1070 verändert. Im weiteren wurde die Grösse der Zugspannung σ_z angegeben, sowie diejenige der Zugfestigkeit des Drahtmaterials β_z und die Summe $\sigma_{tot_1} = \sigma_z + \sigma_{b_1}$ in kg/mm². Ferner zeigt Bild 3 die Art des Seils (Gleichschlag, Kreuzschlag oder Seal), sowie den Seildurchmesser und den Aufbau der Litzen, hingegen fehlen die Angaben über die Schlaglänge von Litzen und Draht.

Wie ersichtlich verläuft die N-Linie stark gewellt; ein allgemeiner Zusammenhang zwischen D/δ und der Anzahl der Biegewechsel N bis zum Bruch besteht ohne Berücksichtigung des Seilaufbaues nur in grossen Linien. So ist sehr wohl erkennbar, dass die Zahl N bei $D/\delta = 100$ bis 300 sehr niedrig ist und erst bei grösseren Werten D/δ allmählich anwächst. Beachtenswert ist auch der Verlauf von σ_{tot_1}: Im Bereich $D/\delta = 100$ bis 300 ragt σ_{tot_1} stellenweise sogar über die Linie β_z der Zugfestigkeiten hinaus. Unter solchen Umständen ist es daher nicht verwunderlich, wenn die N-Zahlen sehr niedrig ausfallen.

Auf Grund der Beanspruchungen $\sigma_z + \sigma_{b_1}$ allein lassen sich jedoch die starken Wellen der N-N-Linie nicht erklären. Werden aber die sekundären Biegespannungen σ_{b_2} mitberücksichtigt, wird also $\sigma_{tot_2} = \sigma_z + \sigma_{b_1} + \sigma_{b_2}$ gebildet, so erkennt man, dass die örtlichen Senkungen der N-Linie stets mit den starken Hebungen der σ_{tot_2}-Linie zusammenfallen. Der Einfluss der sekundären Biegespannung σ_{b_2} tritt dadurch deutlich in Erscheinung und es ist nun auch verständlich, weshalb die N-N-Linie bei verschiedenen Seiltypen und Vorspannungen *gewellt sein muss*. Eine Reihe von Litzen-Querschnitten der bei diesen Versuchen verwendeten Seile mit Hanfseele sind in Bild 3 eingezeichnet.

Für Seal-Seile, die sich dadurch auszeichnen, dass ein Kreuzen der Drähte innerhalb der Litze nicht stattfindet, Bild 3a, letzter Querschnitt, kommt nur $\sigma_{tot_1} = \sigma_z + \sigma_{b_1}$ in Betracht, da $\sigma_{b_2} = 0$ wird. Bei ihnen ergeben sich deshalb hohe N-Werte. Die betreffenden Seile sind in Bild 3 unten auf der Linie «Draht-Lagen» mit S bezeichnet.

Bemerkenswert ist auch der grosse Einfluss, den die Längsspannung auf die Ermüdungszahl N ausübt, da nach Gl. (6) σ_{b_2} direkt proportional mit σ_z geht. Die Verminderung der Zahl N mit zunehmendem σ_z findet daher auf einfache Weise ihre Begründung.

Die sekundären Biegespannungen σ_{b_2} werden bei *weiter Rille der*

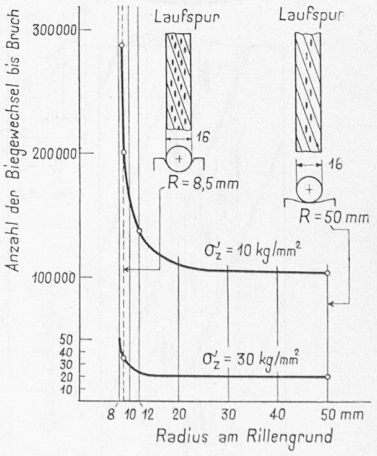


Bild 4. Einfluss des Rillengrundhalbmessers auf die Lebensdauer eines Kreuzschlagseiles.
Normaler Seildurchmesser 16 mm, Querschnittsfläche 89,5 mm², 114 Drähte, ∅ 1 mm, β_z = 130 kg/mm², Scheibendurchmesser 400 mm

[1]) Z. VDI 1929 bis 1934 und «Glückauf» 1938.

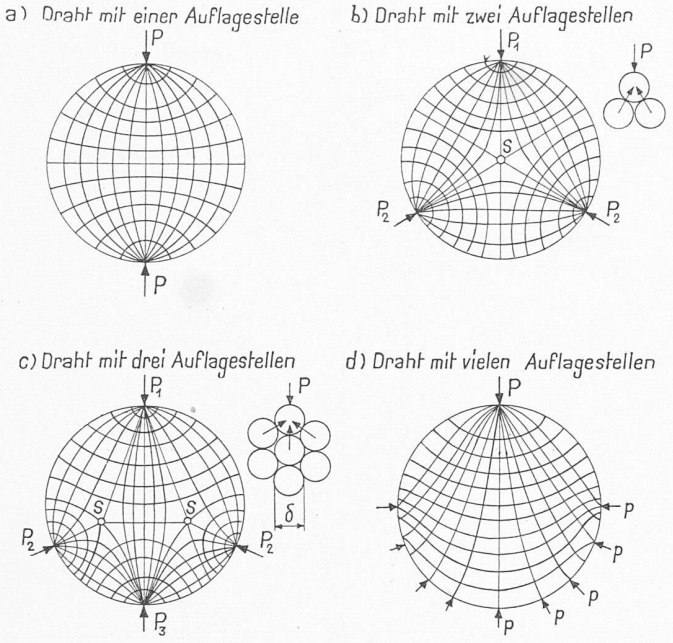


Bild 5. Kraftfelder im Drahtquerschnitt

Scheibe ganz wesentlich ungünstiger, weil dadurch die Zahl der Berührungspunkte stark herabgesetzt und demnach P_0 vergrössert wird. Dies kommt z. B. in Bild 4 zum Ausdruck, wo die Resultate einiger Versuche von Woernle[2]) mit Kreuzschlagseilen von 16 mm Durchmesser und enger, sowie weiter Rille der Scheibe dargestellt sind. Auch der Einfluss der verstärkten Vorbelastung von $\sigma_z = 30$ kg/mm² auf die Anzahl der Biegewechsel bis zum Bruch geht aus der wesentlich tieferen Lage dieser Kurve im Vergleich zu derjenigen von $\sigma_z = 10$ kg/mm² deutlich hervor.

Aus Bild 3 ist ferner ersichtlich, dass auch bei den Seal-Seilen trotz $\sigma_{b_2} = 0$ noch wesentliche Streuungen in den N-Werten auftreten können. Es liegt dies in erster Linie an den Pressungen längs den sich berührenden Litzen; hierauf soll im folgenden Abschnitt eingegangen werden. Im weiteren muss hervorgehoben werden, dass die vorgehend aufgeführten Werte σ_{b_2} nur als *Näherung* anzusehen sind; mit ihnen soll der Einfluss gezeigt werden, den sie auf die Lebensdauer normaler Stahldrahtseile ausüben können.

2. Seil nach Isaachsen, durch eine Rolle quer beansprucht

Diese Belastungsart kommt z. B. bei Standseilbahnen über den Rollen der Ausweichstellen vor. Hierbei verteilt sich der Querdruck Q an ungünstigster Stelle auf zwei, event. drei Drähte und es wird der Druck pro Draht $P_0 \backsim Q/2$. Als sekundäre Biegung ergibt sich aus Gl. (3)

$$\sigma_{b_2} = 0{,}32 \frac{Q}{\delta^2 \sin \omega} \tag{7}$$

wobei Q den Rollendruck, δ den Drahtdurchmesser und ω den Schnittwinkel der zwei äussersten Drahtlagen bedeutet.

Für einen Querdruck von 100 kg, $\omega = 30°$ und Umfangdrähte von 3,5 mm Durchmesser wird z. B. $\sigma_{b_2} = 5{,}25$ kg pro mm². Bei der Verwendung von Seal-Seilen wird σ_{b_2} auch hier gleich null.

[2]) Z. VDI 1930, S. 185.

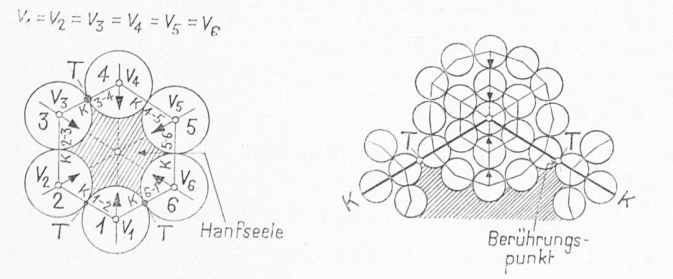


Bild 6a. An freier Stelle Bild 6b. Detail an einer Litze
Kraftfeld an einem gespannten Litzenseil

B) Beanspruchung aus innerer Pressung

Das Problem der Pressungen im Innern des Stahldrahtseils soll auf zwei Sonderfälle beschränkt werden[3]).

1. Kraftfelder im Drahtquerschnitt

Ueber die Hauptspannungsfelder in seitlich gepressten Drähten kann man sich an Hand von entsprechend belasteten Scheiben näherungsweise ein Bild machen. In Bild 5a ist das Hauptspannungsfeld einer kreisrunden Scheibe dargestellt, an der zwei gleich grosse, einander entgegenwirkende Kräfte P zur Wirkung kommen. Dieses Bild dürfte ähnlich sein dem Mittelschnitt durch das Feld eines Drahtes mit zwei einander gegenüber liegenden Belastungspunkten, charakterisiert dadurch, dass sämtliche Druckkraftlinien, die von einem Kraftangriffspunkt P ausgehen, in den Gegenpunkt einmünden.

Bild 5b kann näherungsweise als Mittelschnitt eines durch P_1 belasteten Drahtes aufgefasst werden, der auf zwei und in Bild 5c auf drei benachbarten Drähten aufliegt. In Bild 5d würden es viele auf der Unterseite des Drahtes befindliche Auflagestellen sein. Man sieht daraus, wie jeder Einzellast P ein bestimmtes lokales Feld zukommt, das sich durch Grenzlinien und singuläre Punkte abgrenzen lässt. Die Felder a, b und d wurden an Scheiben mit Hilfe photoelastischer Versuche ermittelt, das Feld 5c hingegen aus den Grenzfällen b und d vom Verfasser abgeleitet. Alle diese Bilder sind als Näherungen aufzufassen; die wirklichen räumlichen Hauptspannungsfelder der Drähte im Seilverband dürften noch wesentlich komplizierter sein.

2. Kraftfeld im gespannten Litzenseil aus Zug

a) Kraftfeld aus axialem Zug

Wird ein Litzenseil mit Hanfseele durch axialen Zug beansprucht, so haben sämtliche Litzen das Bestreben, sich gerade zu richten, was eine Bewegung in radialer Richtung nach dem Zentrum zu erzeugt. Infolge gegenseitiger Hinderung der Litzen entstehen die radialen Kräfte V und das Sechseck, bestehend aus den Druckkraftlinien K (Bilder 6 und 8). Da sich im Zentrum nur die Hanfseele befindet, so müssen die Kräfte V und K miteinander im Gleichgewicht sein.

Aehnliche Zusammenhänge zeigen sich auch bei der einzelnen Litze, wobei als Drucklinien Vielecke entstehen, die von der Anzahl der pro Lage vorkommenden Drähte abhängen. Von einzelnen Eckpunkten der Druckvielecke streben ferner radiale Drucklinien nach dem Zentrum zu. Beachtenswert sind die Punkte T, in denen sich die einzelnen Litzen berühren und wo die Drucklinie K hindurchgeht, Bild 6b. Ist die Druckkraft K zu gross, so entstehen an diesen Stellen unter Umständen starke Einpressungen (Bild 7). Es handelt sich hierbei um ein Abspannseil von 33 mm Durchmesser einer Schwebebahn, bestehend aus acht Litzen nach Seal-Konstruktion und einer Hanfseele. Die Aussendrähte weisen einen Durchmesser von 1,8 mm auf. Das Seil zeigt zahlreiche Drahtbrüche infolge zu starker Zugbeanspruchung und zu kleiner Scheibe an der Aussenseite. Bemerkenswert sind jedoch auch die ganz ausserordentlich tiefen Einpressungen an den Berührungsstellen einzelner Litzen mit davon ausgehenden Brüchen (Punkte T in Bild 6b). Daraus geht hervor, dass bei Seal-Seilen Misserfolge unter Umständen auf diese Ursache zurückzuführen sind. Die nähere Betrachtung der Einpressungen zeigt, dass sie nach Bild 10c angeordnet sind, wobei die Stellen B, B' usw. deutlich hervortreten.

b) Ermittlung der Kräfte V, K und P_0 an den Berührungsstellen zweier Litzen aus axialer Zugkraft

Diese Kräfte sowie die Pressdrücke können näherungsweise graphisch, Bild 8, oder rechnerisch ermittelt werden, wobei ein Seil mit sechs Litzen nach Bild 8a als Beispiel gewählt wird; die nachfolgende Herleitung ist jedoch allgemein gehalten. Die Linie A-B-C-D-C' stellt die Projektion der *Mittellinie* einer Litze dar, Bild 8b. Daraus lässt sich V angenähert aus der Scheitelzone C-D-C' (Bild 8a und 8d) ermitteln, wenn die Mittellinie als Schraubenlinie mit einer bestimmten Ganghöhe aufgefasst wird. Ist

S die Zugkraft im Seil,
S' die Zugkraft der Litze,
L die Schlaglänge der Litze (z. B. 7,5 bis 8,0 d),
z die Anzahl der Litzen im Seil,

[3]) Weitere Fälle werden im eingangs erwähnten EMPA-Bericht Nr. 166 behandelt.

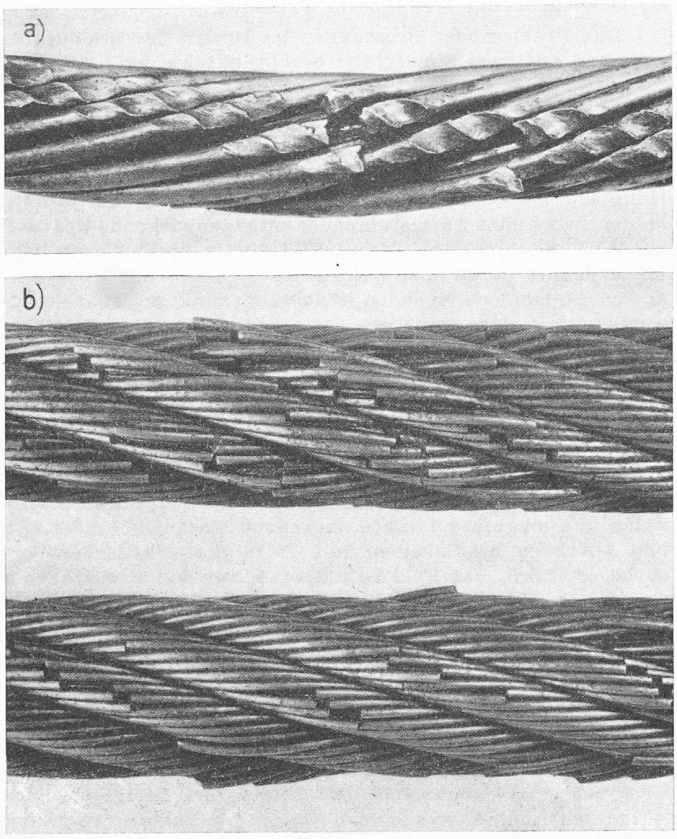


Bild 7. Starke lokale Einpressungen an den Litzen eines Abspannseiles von 33 mm Seildurchmesser, Sealkonstruktion. a Innenseite einer Litze; b Ansicht des ganzen Seils mit vielen Ermüdungsbrüchen

d der Seil- und d_l der Litzendurchmesser,
α der Neigungswinkel der Litze zur Seilaxe (Schlagwinkel der Litze),
r der Krümmungsradius in der Schmiegungsebene der Schraubenlinie der Litze bei D,

so wird nach Bild 8 c

$$S' = \frac{S}{z \cos \alpha}$$

und aus Bild 8 d folgt

$$dV^* = S' \, d\beta = \frac{S'}{r} \, ds$$

somit

$$V = \frac{dV^*}{ds} = \frac{S'}{r}$$

Aus der Schraubenlinie folgt ferner:

$$r = \frac{(d - d_l)}{2 \sin^2 \alpha} \tag{8a}$$

$$\sin \alpha = \frac{\pi (d - d_l)}{\sqrt{L^2 + \pi^2 (d - d_l)^2}} \tag{8b}$$

$$\cos \alpha = \frac{L}{\sqrt{L^2 + \pi^2 (d - d_l)^2}}$$

Demnach wird bezüglich Längeneinheit

$$V = \frac{2 \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha}{z (d - d_l)} S \tag{8c}$$

oder, wenn $\sin \alpha$ und $\operatorname{tg} \alpha$ durch die Abmessungen des Seils ersetzt werden:

$$V = \frac{2 \pi^2}{z L} \frac{(d - d_l)}{\sqrt{L^2 + \pi^2 (d - d_l)^2}} S \tag{8}$$

Die Druckkraft im Berührungspunkt B oder B', Bild 10 c, zweier Litzen ist

$$P_0 = \frac{a'}{2} K, \text{ wobei} \tag{9}$$

$$K = \frac{V}{2 \cos \gamma}; \quad \gamma = \frac{z - 2}{z} 90^0 \text{ und} \tag{9a}$$

$$a' = \frac{\delta}{\sin \frac{\omega}{2}} = \frac{\delta}{\sin \alpha'} \tag{9b}$$

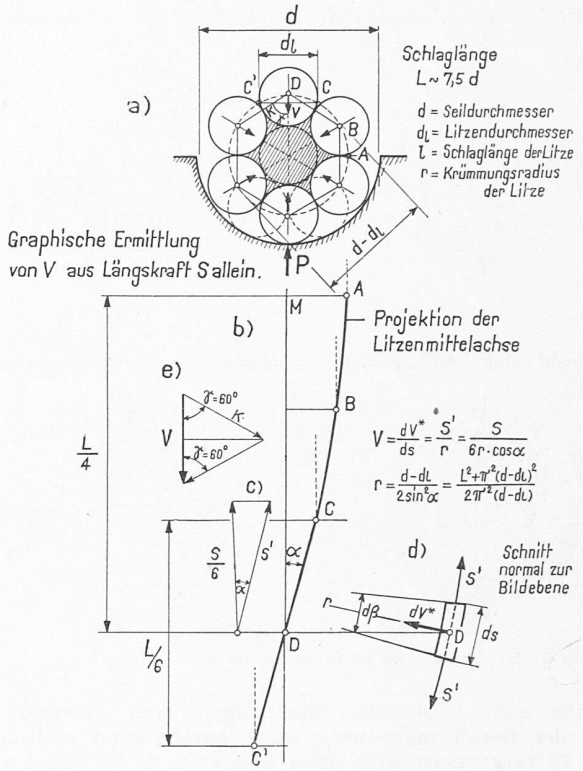


Bild 8. Litzenseil in Treibscheibe

Für die Punkte C und A' würde die Druckkraft nur halb so gross sein wie in B. Siehe auch Bild 7.

Zwischen Draht und Litze treten analoge Zusammenhänge auf, wie zwischen Litze und Seil. Demnach ist wie in Bild 8 für die Litze:

L' die Schlaglänge der Umfangsdrähte,
a' der Abstand der Scheitelpunkte der Einzeldrähte, Bild 10 c,
α' der Winkel zwischen Draht- und Litzenaxe, Bild 10 c,
z' die Anzahl der Umfangsdrähte,
r' der Krümmungsradius des Drahtes in der Schmiegungsebene,
d_l der Litzendurchmesser,
δ der Drahtdurchmesser.

Daraus folgt nach Bild 10 c:

$$a' = \frac{L'}{z'} = \frac{\delta}{\sin \alpha'}$$

ferner ist

$$\sin \alpha' = \frac{\pi (d_l - \delta)}{\sqrt{L'^2 + \pi^2 (d_l - \delta)^2}}$$

$$\cos \alpha' = \frac{L'}{\sqrt{L'^2 + \pi^2 (d_l - \delta)^2}}$$

$$r' = \frac{(d_l - \delta)}{2 \sin^2 \alpha'} \tag{9c}$$

wobei die zusätzliche, von der gewundenen Litze herrührende Krümmung vernachlässigt wird.

Aus Gl. (9), (9a) und (9b) folgt

$$P_0 = \frac{\delta}{2 \sin \alpha'} \frac{V}{2 \cos \gamma}$$

und nach Gl. (8c) wird

$$P_0 = \frac{\delta}{2 \sin \alpha'} \frac{\sin \alpha \operatorname{tg} \alpha}{z \cos \gamma (d - d_l)} S \tag{9d}$$

Für $\sin \alpha'$, $\sin \alpha$, $\operatorname{tg} \alpha$ und $\cos \gamma$ können auch die Abmessungen des Seilaufbaues eingesetzt werden.

Im Falle, dass $\alpha' \sim \alpha$, vereinfacht sich Gl. (9d) zu

$$P_0 = \frac{\pi \delta}{2 z \cos \gamma L} S \tag{9e}$$

Für das Seil mit sechs Litzen und einer Schlaglänge der Litze $L = 7{,}5\, d$ wird $z = 6$, $\alpha = 15^0 40'$, $\gamma = 60^0$, $d - d_l = \frac{2}{3} d$; ferner ist unter Voraussetzung des entsprechenden Aufbaues der Litze $\alpha' = \alpha$. Dann folgt nach Gl. (8c) und (9a)

$$V = K = \frac{1}{26{,}5\, d} S \tag{10a}$$

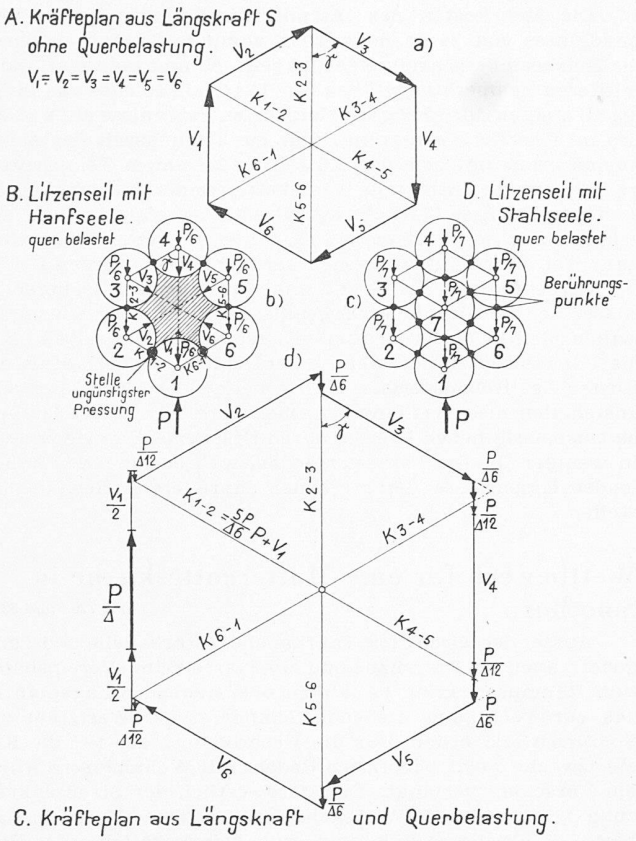


Bild 9. Kraftverhältnisse im querbelasteten Litzenseil

und die Druckkraft pro Draht an der Berührungsstelle zweier Litzen aus axialer Zugkraft S nach Gl. 9e:

$$(10) \qquad P_0 = \frac{1}{14{,}3}\,\frac{\delta}{d}\,S$$

3. Kraftfeld im quer belasteten Litzenseil und Druckkräfte an den Berührungsstellen zwischen zwei Litzen

a) Wirkung einer Einzelkraft P nach Isaachsen

Kommt für den ungünstigsten Fall nach Bild 9 eine Querbelastung P zur Geltung, so kann angenommen werden, dass beim Seil mit z Litzen jeder Litze eine Belastung P/z zukommt, die im Mittelpunkt der Litze angreift. Ausserdem kommen auch noch die Kräfte V und K aus der Zugkraft S zur Geltung. Es entsteht ein z-Eck der K-Kräfte, Bild 9b, wie sich dies in vereinfachter Weise beim gespannten Seil ohne Querbelastung. Bild 9a, ergibt.

Ueber die Verteilung der seitlichen Pressungen längs der Litze aus der Kraft P muss eine Annahme gemacht werden. Sie werden im Bereich der Angriffstelle am grössten sein und in der Längsrichtung nach beiden Seiten abklingen. Zur Erfassung der *Spitzenwerte* wird angenommen, dass sich die Pressung aus P längs der Berührungslinie der in Betracht kommenden Litze gleichmässig über eine Länge Δ verteilt, die gleich dem Litzendurchmesser d_l angenommen wird.

Die grössten Drücke im Punkt T (Bild 6b), kommen bei derjenigen Litze vor, die durch die Kraft P direkt belastet wird. Diese hat bei einem Seil mit z-Litzen eine Kraft $P' = P(z-1)/z$ seitlich zu übertragen. Zur Kombination mit V aus der Seilkraft S muss P' auf die Längeneinheit umgerechnet werden, so dass sich ergibt:

$$(11) \qquad K_{1-2} = \left\{ \frac{(z-1)\,P}{z\,\Delta} + V \right\} \frac{1}{2\cos\gamma}$$

und nach Gl. (9, 9a und 9b) wird die Druckkraft an der Berührungsstelle zweier Litzen

$$(11\text{a}) \qquad P_0 = K_{1-2}\,\frac{\delta}{2\sin\alpha'}$$

Oder, wenn für V nach Gl. (8c) die Seilkraft S eingesetzt wird:

$$(12) \qquad P_0 = \frac{\delta}{4\sin\alpha'\cos\gamma} \left\{ \frac{(z-1)\,P}{z\,\Delta} + \frac{2\sin\alpha\,\mathrm{tg}\,\alpha}{z\,(d-d_l)}\,S \right\}$$

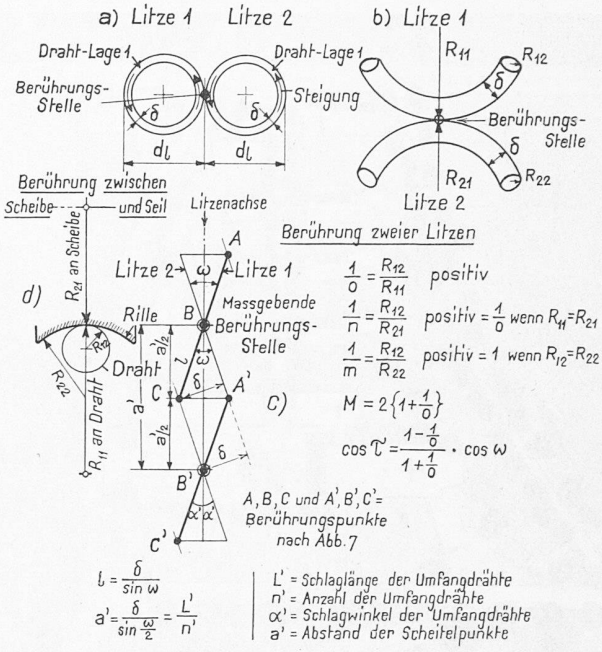


Bild 10. Krümmungsverhältnisse an einem Litzenseil

Für ein Seil mit sechs Litzen und einer Schlaglänge $L = 7{,}5\,d$ wird $z = 6$, $\alpha = 15^0\,40'$, $\gamma = 60^0$ und $\alpha' = \alpha$ unter Voraussetzung eines entsprechenden Aufbaues der Litze. Ferner ist $(d - d_l) = 2\,d/3$ und $\Delta = d_l = d/3$. Damit wird

$$(13) \qquad P_0 = \left\{ \frac{66\,P + S}{14{,}3} \right\} \frac{\delta}{d}$$

Wird angenommen, $P_{0\,\max}$ ergebe sich aus einer gleichmässigen Verteilung des Druckes längs einer Strecke $\Delta = d$, so wird

$$(14) \qquad P_0 = \left\{ \frac{22\,P + S}{14{,}3} \right\} \frac{\delta}{d}$$

Hierbei ist

P_0 = Druckkraft pro Draht zwischen zwei sich berührenden Litzen,
P = Rollendruck = Einzelkraft nach Isaachsen,
S = Zugkraft im Seil,
δ = Drahtdurchmesser der Umfangsdrähte,
d = Seildurchmesser.

Wenn sich der Rollendruck P im Gegensatz zu Bild 9b auf zwei oder drei Litzen verteilt, tritt für P_0 eine entsprechende Ermässigung ein.

b) Aufliegen auf der Treibscheibe nach Releaux

Nach Gl. (4) wirkt pro Scheitelpunkt der Litze die Kraft

$$(4\text{b}) \qquad P = 2\,a\,S/D$$

Je nach Ausbildung der Rille der Scheibe kann die örtliche Verteilung der Pressung aus der Kraft P längs den sich berührenden Litzen verschieden sein. Bei genau passender Rille dürfte sich diese Pressung über die ganze Länge gleichmässig verteilen, d. h. auf die Länge $\Delta = a = L/z$; bei stark offener Rille dagegen dürfte sich der grösste Seitendruck als Mittelwert aus einer gleichmässigen Verteilung über $\Delta = d/3$ ergeben.

α. Im Falle *genau passender Rille* wird somit nach Gl. (11), (4b) und (8c)

$$K_{12} = \frac{1}{2\cos\gamma} \left\{ \frac{(z-1)}{z}\,\frac{2\,S}{D} + \frac{2\sin\alpha\,\mathrm{tg}\,\alpha}{z\,(d-d_l)}\,S \right\}$$

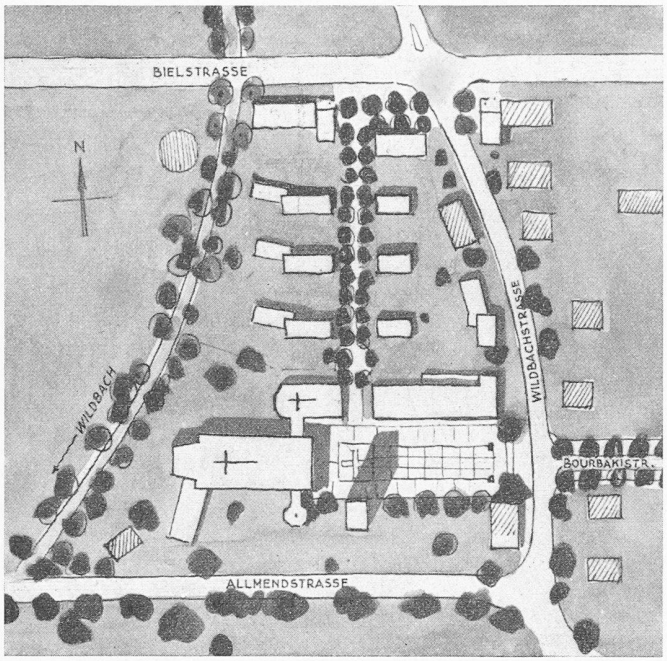
$$K_{12} = \frac{S}{z\cos\gamma} \left\{ \frac{z-1}{D} + \frac{\sin\alpha\,\mathrm{tg}\,\alpha}{(d-d_l)} \right\}$$

und nach Gl. (11a):

$$(15) \qquad P_0 = \frac{S\,\delta}{z\,2\sin\alpha'\cos\gamma} \left\{ \frac{z-1}{D} + \frac{\sin\alpha\,\mathrm{tg}\,\alpha}{(d-d_l)} \right\}$$

Für das Seil mit sechs Litzen und der Schlaglänge $L = 7{,}5\,d$ wird, wenn $\alpha' = \alpha$ und $z = 6$

$$(15\text{a}) \qquad P_0 = S\,\delta \left\{ \frac{3{,}1}{D} + \frac{1}{14{,}3\,d} \right\}$$



1. Preis, Lageplan 1 : 2500

β. Im Falle einer *sehr weiten Rille* wird

$$K_{12} = \frac{S}{z \cos \gamma} \left\{ \frac{3(z-1)\,a}{D\,d} + \frac{\sin \alpha \operatorname{tg} \alpha}{(d - d_l)} \right\}$$

und nach Gl. (11 a):

$$(16) \qquad P_0 = \frac{S\,\delta}{z\,2 \sin \alpha' \cos \gamma} \left\{ \frac{3(z-1)\,a}{D\,d} + \frac{\sin \alpha \operatorname{tg} \alpha}{(d - d_l)} \right\}$$

Für das Seil mit sechs Litzen und der Schlaglänge $L = 7{,}5\,d$ wird in diesem Fall, wenn $\alpha' = \alpha$:

$$(16\text{a}) \qquad P_0 = S\,\delta \left\{ \frac{11{,}5}{D} + \frac{1}{14{,}3\,d} \right\}$$

Hierbei ist

P_0 = Druckkraft pro Draht zwischen zwei sich berührenden Litzen,
S = Zugkraft im Seil,
D = Scheibendurchmesser,
d = Seildurchmesser.

Die wesentliche Steigerung von P_0 bei sehr weiter Rille der Scheibe geht aus dem Vergleich der Gl. (15 a) mit Gl. (16 a) deutlich hervor. (Fortsetzung folgt)

Rentabilität thermisch isolierender Oberlichtgläser

DK 666.247

Von Dipl. Arch. E. WUHRMANN, S. I. A., Zürich

Im Hinblick auf die seit 1939 beträchtlich gestiegenen Heizmaterialpreise dürfte es von Interesse sein, die Wirtschaftlichkeit thermisch isolierender Oberlichtgläser zu untersuchen. Zum Vergleich seien einerseits das übliche Drahtglas und anderseits das thermisch isolierende Isolux-Verbundglas[1]) in teuerster Ausführung herangezogen. Die Durchschnittspreise betragen für das Drahtglas 16 Fr./m², für das Isolux-Verbundglas 40 Fr./m², frei Baustelle, die Wärmedurchgangszahlen des Drahtglases $k = 4{,}93$ kcal/m² h °C, die des Isolux-Verbundglases $k = 2{,}12$ kcal/m² h °C. Bei einer Heizperiode von 200 Tagen und einem durchschnittlichen Temperaturgefälle von 15 °C (also 3000 Gradtagen, wie das in Zürich bei 18° Innentemperatur und 12° Heizgrenze der Fall ist), beträgt die jährliche Wärmeersparnis $(4{,}93 - 2{,}12) \cdot 24 \cdot 3000 =$ 202 320 kcal/m² Oberlichtverglasung. Bei einem Heizwert des Koks von 7000 kcal/kg und einem mittleren Wirkungsgrad von 65 % ergibt sich eine Koksersparnis von $202\,320/7000 \cdot 0{,}65 =$ 45,6 kg/m². Bei einem Kokspreis (samt Zufuhr und Lagerung) von 150 Fr./t folgt daraus die jährliche Ersparnis an Heizmaterialkosten zu 6,84 Fr./m² Oberlichtverglasung.

[1]) Beschrieben in SBZ Bd. 126, S. 303* (29. Dezember 1945).

Die Mehrkosten des thermisch isolierenden Isolux-Verbundglases von 24 Fr./m² werden somit in 3,5 Jahren durch die Heizkostenersparnisse getilgt sein. Nimmt man statt eines mittleren Temperaturgefälles von 15 °C ein solches von 20 °C an, so steigen die jährlichen Heizkostenersparnisse auf 9,12 Fr. pro m² Oberlichtverglasung, und die Tilgungszeit der Mehrkosten ermässigt sich auf 2,6 Jahre. Bei einem Temperaturgefälle von im Mittel nur 10 °C betragen die jährlichen Heizkostenersparnisse 4,56 Fr./m² Oberlichtverglasung und die Tilgungszeit der Mehrkosten rd. 5,2 Jahre. (Der Zinsverlust kann bei diesen Kalkulationen vernachlässigt werden.)

Berechnungen auf Grund anderer thermisch isolierender Gläser zeitigen ähnliche Ergebnisse. Für andere Heizmaterialien bleiben die prozentualen Ersparnisse die selben. Nur die Tilgungszeiten der Mehrkosten ändern im Verhältnis der Kosten des Heizmaterials. Man erkennt, dass sich die Mehrkosten thermisch isolierender Oberlichtgläser selbst bei verhältnismässig hohen Preisen durch Ersparnisse an Heizkosten in wenigen Jahren bezahlt machen, während die weiter laufenden Ersparnisse der folgenden Jahre einen Gewinn darstellen.

Wettbewerb für eine Muttergotteskirche in Solothurn

DK 726.5(494.32)

Ausser der Kirche mit Taufkapelle, Altarkapelle und Turm gehört auch ein Pfarrhaus und ein Pfarreiheim (Vereinshaus) zum Raumprogramm. Aus dem obenstehenden Lageplan ist das zur Verfügung stehende Gelände in der Weststadt von Solothurn ersichtlich; für die Ueberbauung des für die Kirchenzwecke nicht benötigten Bodens mit Wohnhäusern wurde ein Vorschlag verlangt. Das nordwestlich der Strassenkreuzung Allmendstrasse/Wildbachstrasse stehende Wohnhaus gehört der Kirchgemeinde und war beizubehalten. Als Bauetappen wurden vorgeschrieben: Kirche mit oder ohne Turm, Pfarrhaus, Vereinshaus. Sechs eingeladene Teilnehmer.

Aus dem Bericht des Preisgerichtes

Es sind sechs Projekte eingegangen. Die Vorprüfung hat einige Mängel gezeigt, die aber auf Grund einer einlässlichen Besprechung keinen Anlass zum Ausschluss eines Projektes ergeben. In einem ersten und einem zweiten Rundgang wird je ein Entwurf ausgeschieden. Die verbleibenden Projekte werden wie folgt besprochen:

Erster Preis, *Josef Schütz*, Zürich

Der durch die bestehende Bebauung längs der Bourbakistrasse geschaffene architektonische Raum wird von der neuen Kirchenanlage in überzeugender Weise aufgenommen und durch die Kirche selbst abgeschlossen. Die erstrebte Verbindung mit dem projektierten Schulhaus durch eine Grünanlage ist wohl überlegt, der monumentale Vorplatz aber etwas zu aufwendig.

Der Abstand zwischen Kapelle und Saalbau ist zu gering. Die unmotivierte Lage des Pflanzenraumes beeinträchtigt die gute Verbindung Sakristei — Chor. Die Anordnung des Ministrantenraumes im Erdgeschoss ist unzulässig. Die Trennung der Orgel in zwei Teile, die Glasfront der Eingangswand flankierend, ist nachteilig.

Die Mittelgänge im Pfarrhaus sind ohne Licht und Luft. Die winklige und schlauchartige Anordnung von Zugang und Garderobe des Pfarreisaales ist unbefriedigend. Es führen drei Eingangsaxen in den kleinen und nur eine in den grossen Saal.

Die Baukörper sind gut gegeneinander abgewogen. Die fein empfundene architektonische Behandlung der Fassaden erstreckt

1. Preis. Ostfassade von Turm, Kirche und Altarkapelle 1 : 600