

EINFLUSS DER KETTFÄDEN- UND GEWEBEELASTIZITÄT AUF DIE BEANSPRUCHUNG DER KETTE WÄHREND DES ANSCHLAGS

Von

M. JEDERÁN

Lehrstuhl für Textiltechnologie und Leichtindustrie,
Technische Universität, Budapest

(Eingegangen am 11. Mai, 1966)

Vorgelegt von Prof. dr. A. VÉKÁSSY

Die Beanspruchung der Kettfäden während des Webvorgangs entwickelt sich aus der Überlagerung der bei der Fachbildung und beim Schußanschlag auftretenden Beanspruchungen. Unter normalen Bedingungen sind diese Beanspruchungen — wie dies aus bekannten Ergebnissen [4] hervorgeht —, voneinander unabhängig. Die Beanspruchungen des Garns während der Fachbildung sind verhältnismäßig konstant. Die beim Anschlag entstehenden Beanspruchungen hingegen hängen von der Gewebestruktur, der Webmaschineneinstellung und der Elastizität sowohl des Kettgarns als auch des Gewebes ab.

Die vorliegende Abhandlung befaßt sich mit der Analyse der Elastizität von Kette und Gewebe. Der praktische Wert unserer Resultate ließ sich auch experimentell beweisen. Unsere Untersuchungen beschränken sich auf die Schußanschlagverhältnisse von nur leinwandbindigen Geweben.

I. Vorgang des Schußanschlags

Die Verhältnisse der Gewebebildung sind durch die Kett- und Schußfäden bzw. durch mehrere wechselseitig zusammenhängende mechanische Parameter und Einstellungsbedingungen der Webmaschine bestimmt. Eine gleichzeitige Berücksichtigung der erwähnten Vielzahl von Parametern würde jedoch die Analyse des Schußanschlagvorgangs erheblich erschweren, weshalb wir unter Voraussetzung quasi-statischen Verhältnisse von folgenden Bedingungen ausgehen:

a) die Kette ist innerhalb des untersuchten Gewebeelements als ideal flexibel zu betrachten;

b) der Querschnitt der Schuß- und Kettfäden ist kreisförmig, und der Faden behält seine Form während des Anschlags. Für den Fall des idealen Gewebes kann daher ein Kettgarn mit punktförmigem Querschnitt vorausgesetzt werden, und bei konkreten Berechnungen werden wir mit dem fiktiven Garndurchmesser $d = \delta_1 + \delta_v$ rechnen (Abb. 1).

c) das Schußgarn ist unelastisch und beim Anschlag nimmt es keine wellenförmige Form an;

d) Kette und Gewebe sind elastisch;

e) die Kettfäden im Fach haben die gleiche Spannung.

Bei gewebegeometrischen Berechnungen werden von obigen Bedingungen die der ideal flexiblen Kette und die des vorausgesetzten Fadenquerschnitts

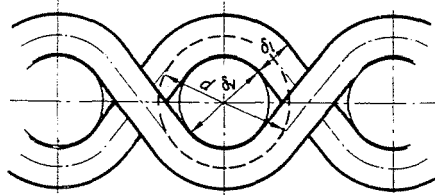


Abb. 1. Idealisierter Schnitt durch ein Gewebe in Kettrichtung

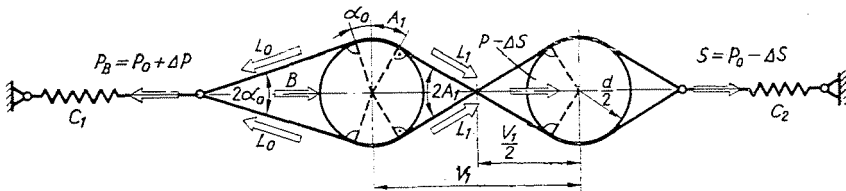


Abb. 2. Modell zur Untersuchung des Schußanschlags

als übliche Bedingungen betrachtet. Im weiteren werden zwar diese Werte benützt, die daraus abgeleiteten Konstanten unserer Beziehungen können jedoch auch durch andere, die tatsächlichen Verhältnisse besser reproduzierenden Werte ersetzt werden.

Die Bedingung eines wellenfreien Schußgarns läßt sich daraus ableiten, daß die Zone der Gewebebildung am Webstuhl zwischen Breithalter und Blatt liegt. In diesem Abschnitt stimmt die Breite des Gewebes beim Anschlag mit der Blattbreite, d.h. mit der Länge des eingetragenen Schußfadens überein. Beim Anschlag nimmt also der Schußfaden tatsächlich keine wellenförmige Form an.

Abb. 2 zeigt ein Modell dieser Verhältnisse.

Auf dem Modell bilden Kette und Gewebe am Webstuhl ein durch zwei Federn ersetzbares zusammenhängendes elastisches System. Da die Anschlagkraft (B) ihre Wirkung zwischen der die Kette ersetzenden Feder c_1 und der das Gewebe ersetzenden Feder c_2 ausübt, sind die Federn im System parallel gekoppelt. Die resultierende Federkonstante ist also

$$c = c_1 + c_2. \quad (1)$$

Wird keine Anschlagkraft ausgeübt, ist die Grundspannung der Kette der des Gewebes gleich, d.h.

$$P_0 = S_0.$$

Für den Anschlag ist es nun charakteristisch, daß die Kettspannung während der Vorwärtsbewegung des Schusses — als Folge des konstruktionsbedingten Gewebewiderstandes und des Reibungswiderstandes — ansteigt, während die Gewebespannung abnimmt.

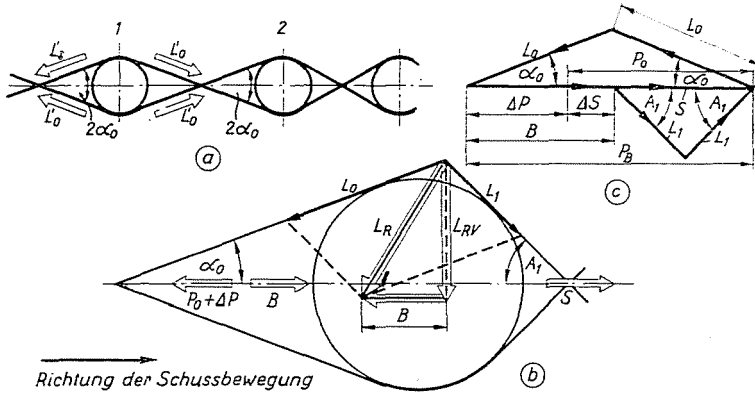


Abb. 3. Auf den Schuß wirkende Kräfte während des Anschlags

Bei idealisierten Webverhältnissen ist der Wert des Vorderfachs (α_0) konstant und bekannt. A_1 ist der Kettenkreuzungswinkel vor dem neuen Schuß am Ende des Anschlags, der durch den fiktiven Schußfadendurchmesser d und den Abstand der Schüsse gemäß Abb. 2 ausgedrückt werden kann.

$$\sin A_1 = \frac{d}{v_1} = dS_v, \quad (2)$$

wobei S_v die Schußdichte ist.

Die Schußanschlagverhältnisse können anhand des Anschlagwiderstandes, der beim Anschlag entstehenden Kettspannung und der Geweberandbewegung beurteilt werden. Er ist ein auf dem Blatt wirksamer dynamischer Widerstand, während die beim Anschlag herrschende Kettspannung eine technologische Beanspruchung ist, die sich der bei der Fachbildung entstehenden Kettspannung überlagert.

Es sei vorausgesetzt, daß der Schützen den Schuß in der Weise in das offene Fach einträgt, daß er dabei beide Fächer berührt. Es sei ferner angenommen, daß sich der Fachvertritt vor dem Anschlag abspielt. In diesem Fall sind die Spannungen (L'_0) der Kettfäden, die sich vor und nach dem eingetragenen Schuß um einen Winkel $2\alpha_0$ kreuzen (Abb. 3a, Schuß 1) einander gleich.

Für die Kettspannung, ausgedrückt durch die vor dem Anschlag herrschende Grundspannung P_0 , kann man

$$L'_0 = \frac{P_0}{2 \cos \alpha_0}, \quad (3)$$

schreiben.

Wenn der einzutragende Schuß durch das Blatt vorwärtsgeschoben wird, sinkt die Spannung der vor dem Schuß liegenden Kettfäden auf L_1 ab, während sich die Spannung der hinter ihm liegenden Kettfäden auf L_0 erhöht (Abb. 3b).

Da das Schußgarn beim Anschlag zwischen den Kettfäden gleitet, beträgt die Gesamtspannung der hinter dem Schuß befindlichen Kettfäden

$$L_0 = L_1 e^{\mu(\alpha_0 + A_1)} = \frac{S}{2 \cos A_1} e^{\mu(\alpha_0 + A_1)} = \frac{S}{2 \cos A_1} \exp [\mu(\alpha_0 + A_1)], \quad (4)$$

wobei

$$L_1 = \frac{S}{2 \cos A_1}. \quad (5)$$

Der Anschlagwiderstand läßt sich aus der Summe der in die Anschlagrichtung fallenden Komponenten der auf den Schuß einwirkenden Kräfte ermitteln (Abb. 3b), man hat also

$$B = 2(L_0 \cos \alpha_0 - L_1 \cos A_1)$$

bzw. mit (4) und (5)

$$B = S \{ \varrho \exp [\mu(\alpha_0 + A_1)] - 1 \}, \quad (6)$$

wobei

$$\varrho = \frac{\cos \alpha_0}{\cos A_1}. \quad (7)$$

In dem durch (6) ausgedrückten Anschlagwiderstand ändert sich beim Anschlag als Folge der Ketten- und Gewebeelastizität die Gewebespannung S . Beim Anschlag verringert sich die ursprüngliche Spannung des Gewebes mit der Federkonstante c_2 um ΔS bzw. seine Dehnung um y (d. h. um die Größe der Geweberandbewegung), es wird somit

$$S = P_0 - \Delta S = P_0 - c_2 y. \quad (8)$$

Gleichzeitig erhöht sich die vor dem Anschlag herrschende Spannung P_0 der Kette mit der Federkonstante c_1 um ΔP und ihre Dehnung um y . Die Kett-

spannung beim Anschlag (P_B) ist also

$$P_B = P_0 + \Delta P = P_0 + c_1 y. \quad (9)$$

Das Vektorpolygon in Abb. 3c stellt diese Beziehungen für die Kraftverhältnisse der Abbildungen 3a und 3b graphisch dar. Aus dem Vektorpolygon kann man für den Anschlagwiderstand unter Anwendung der Beziehungen (8) und (9)

$$B = \Delta P + \Delta S = (c_1 + c_2) y = 2(L_0 - L'_0) \cos \alpha_0 + \Delta S \quad (10)$$

schreiben, woraus sich durch Substituierung von (3) und (4) in (8) sich für die Geweberandbewegung

$$y = P_0 \frac{\varrho \exp [\mu (\alpha_0 + A_1)] - 1}{c_1 + c_2 \varrho \exp [\mu (\alpha_0 + A_1)]} \quad (11)$$

ergibt.

Durch Einsetzen von (11) in (10) oder von (11) in (8) und der so erhaltenen Ergebnisse in (6) erhält man für den Anschlagwiderstand

$$B = P_0 (c_1 + c_2) \frac{\varrho \exp [\mu (\alpha_0 + A_1)] - 1}{c_1 + c_2 \varrho \exp [\mu (\alpha_0 + A_1)]}. \quad (12)$$

Zur Ermittlung der beim Anschlag auftretenden Kettspannung ist (11) in (9) einzusetzen. Unter Berücksichtigung von (1) ergibt sich dann

$$P_B = P_0 (c_1 + c_2) \frac{\varrho \exp [\mu (\alpha_0 + A_1)]}{c_1 + c_2 \varrho \exp [\mu (\alpha_0 + A_1)]}. \quad (13)$$

Anhand der abgeleiteten Beziehungen können sowohl die Geweberandbewegung (11) als auch die resultierende Fadenspannung beim Anschlag (13) bzw. der Anschlagwiderstand (12) bestimmt werden.

In den Beziehungen sind jedoch drei problematische Parameter enthalten:

a) Der für die Gewebestruktur charakteristische Koeffizient $P = \varrho \exp [\mu (\alpha_0 + A_1)]$.

Zur Bestimmung des Strukturkoeffizienten muß man sowohl den Garnreibungskoeffizienten als auch die Kettfädenkreuzungswinkel kennen. Theoretisch lassen sich diese letzteren Werte auch unter Beachtung der Garndeformationen ermitteln. Im vorliegenden Fall bestimmen wir den Strukturkoeffizienten für das Peirce-Modell.

b) Das Problem der Kettenfederkonstante ist kompliziert, da zwischen Belastung und Dehnung bedingt durch den visko-elastischen Charakter des Garns, wenn überhaupt, nur selten eine lineare Beziehung besteht. Dies ist der Grund dafür, daß aus der in den Textilnormen für die Qualitätsbeurteilung

vorgeschriebenen mittleren Reißkraft und aus der zur Orientierung angegebenen (aber nicht vorgeschriebenen) Bruchdehnung (7) hinsichtlich des elastischen Verhaltens des Materials keine eindeutigen Folgerungen gezogen werden können.

Die Untersuchung der Elastizität des Garns ist von grundlegender Bedeutung, da von den ursprünglichen (vor dem Vorbereitungsvorgang bereits vorhandenen) Eigenschaften des in die Weberei einlaufenden vorbereiteten Garns nur einige Parameter (z. B. seine Dehnung, Reißkraft, Gleichmäßigkeit) bekannt sind, während jene Eigenschaften, die das Garn während der Vorbereitung oder nach dem Schlichten zeigt, bereits unbekannt sind. Auch stehen keine entsprechenden Untersuchungs- oder Betriebskontrollmethoden zur Verfügung, die über jene dynamisch-elastischen Eigenschaften des zu verarbeitenden Garns eindeutigen und zuverlässigen Aufschluß geben könnten, die das Garn unter Betriebsverhältnissen zeigt.

c) Die Elastizität des Gewebes ist ebenfalls ein zusammengesetztes Problem. Außer von der Elastizität der Kette bzw. von der des Schußgarns, hängt die Elastizität des Gewebes auch von der geometrischen Struktur, der Bindung und der Dichte des Gewebes ab. Der Bestimmung exakter Beziehungen stellen die beim Webevorgang auftretenden momentanen und bleibenden Deformationen unüberbrückbare Schwierigkeiten entgegen. Diesbezüglich stehen weder theoretische noch der Verallgemeinerung zugängliche experimentelle Ergebnisse zur Verfügung.

2. Der Gewebestrukturkoeffizient

Der Gewebestrukturkoeffizient ist ein Parameter, der die beim Schußanschlag herrschenden Verhältnisse beeinflusst. Zu seiner Bestimmung muß man die Zahl der beim Anschlag sich bewegenden Schüsse und die Kreuzungswinkel der Kettfäden kennen. Hierzu ist jedoch die Analyse der Entwicklung der instabilen Zone und ihres Verhaltens beim Anschlag erforderlich.

2.1. Gewebzone instabiler Schußdichte

Der letzte Schuß eines sich spontan stabilisierenden Gewebes nimmt seinen endgültigen Platz beim Anschlag ein. ZILAHÍ hat den Verlauf des Stabilisierungsvorgangs analysiert [8] und für die Grenzwerte der Kettfädenkreuzungswinkel die Beziehung

$$\cos A_1 = \cos \alpha_0 \exp [-\mu (\alpha_0 + \alpha_1)]$$

abgeleitet.

In der Praxis ist die Schußdichte in den meisten Geweben höher als in einem sich spontan stabilisierenden Gewebe. In solchen Fällen bildet sich bereits ein Anschlagstreifen, d.h. eine Gewebezone instabiler Schußdichte.

Die Bildung einer Gewebezone instabiler Schußdichte verläuft in der Weise, daß sich die Gewebespannung, sobald das Blatt seine vordere Totpunkt-lage verläßt und zurückzugehen beginnt, erhöht und die im Gewebe befindlichen Fäden wieder unter die Wirkung der gesamten Kettspannung fallen, die die im Anschlagstreifen liegenden Schüsse zur Fachöffnung hin verschiebt. Hört die Verschiebung der Schußfäden auf, gelangen die auf die Schüsse einwirkenden Kräfte wieder ins Gleichgewicht.

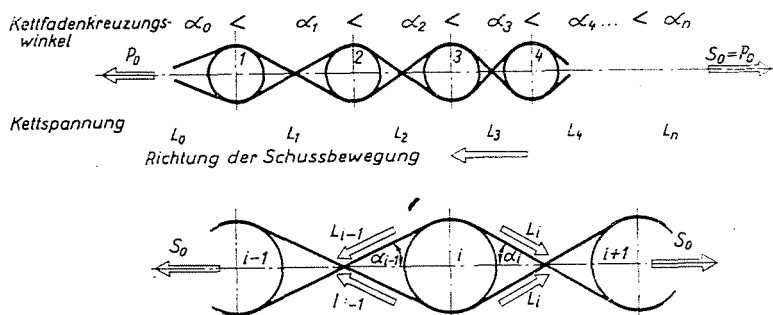


Abb. 4. Auf den Schuß wirkende Kräfte in der instabilen Zone

Abb. 4 zeigt die Anordnung der Schußfäden und das Verhältnis zwischen den auf die Schußfäden wirkenden Kräfte beim Aufhören der Schußbewegung in Richtung zum Fach hin.

Es bezeichne P_0 die in der Gewebeebene wirkende resultierende Kettspannung. Nachdem der Anschlag beendet ist, wird $S_0 = P_0$. Für das Gleichgewicht der auf den i -ten Schuß im Anschlagstreifen wirkenden Kräfte kann man dann

$$L_{i-1} \cos \alpha_{i-1} = L_i \cos \alpha_i \quad (14)$$

schreiben, wobei

$$L_i = L_{i-1} \exp [\mu (\alpha_{i-1} + \alpha_i)]. \quad (15)$$

Mit (15) gelangt man aus (14) nach Umordnung zu der Beziehung

$$\cos \alpha_{i-1} = \exp [\mu (\alpha_{i-1} + \alpha_i) \cos \alpha_i, \quad (16)$$

die eine verallgemeinerte Form der durch ZILAHİ abgeleiteten Beziehung (13) darstellt.

Aus der Beziehung (16) läßt sich der dem Schuß folgende Kettfadenkreuzungswinkel α_{i-1} anhand des vor dem gegebenen Schuß gebildeten Winkels α_i errechnen. Als Ausgangspunkt dient hierbei die stabilisierte (endgültige)

Schußdicke des gegebenen Gewebes, aus der der Kettfadekreuzungswinkel $\alpha_s = \alpha_i$ anhand der Beziehung (2) errechnet werden kann. Die früheren Werte ermittelt man durch wiederholte Anwendung der erhaltenen Ergebnisse.

Die Beziehung (16) kann auch in Nomogrammen dargestellt werden, wobei sich die wiederholte Anwendung der erhaltenen Kettfadekreuzungswinkel (die Bestimmung der nacheinander folgenden Kettfadekreuzungswinkel) als einfach erweist.

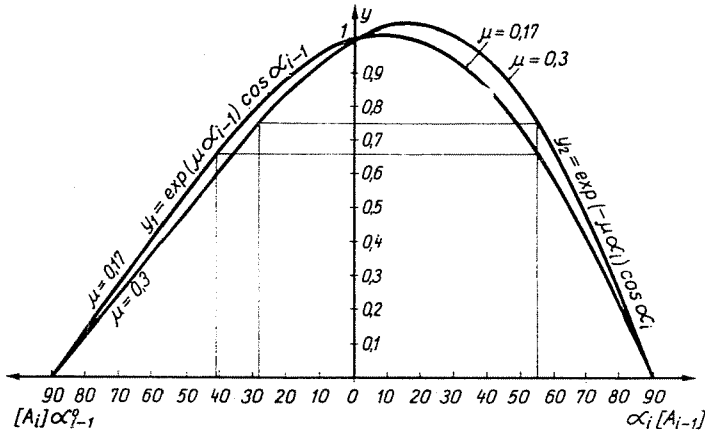


Abb. 5. Graphische Darstellung der Beziehung (17)

Das Nomogramm trägt man in zwei Schritten auf. Nach Umformung der Beziehung (16) kann man die zwei Seiten als gesonderte Funktionen auffassen und innerhalb der Grenzen $0 < \alpha < 90^\circ$ durch die Beziehungen

$$y_1 = \exp(\mu \alpha_{i-1}) \cos \alpha_{i-1} \quad (17)$$

und

$$y_2 = \exp(-\mu \alpha_i) \cos \alpha_i$$

den Parameter μ ausdrücken (Abb. 5). Zunächst liest man die den Punkten der gleichen Ordinaten an den Funktionskurven y_1 und y_2 zugehörigen zusammenhängenden Winkel α_i und α_{i-1} ab und trägt sie auf Abb. 6 mit dem Parameter μ bezeichnet in der Form $\alpha_{i-1} = f(\alpha_i)$ als Beziehung auf.

2.2. Anordnung der Schüsse beim Anschlag in der Gewebzone instabiler Schußdicke

Der Wert des Strukturkoeffizienten. Die Abb. 7 zeigt den Verlauf des Schußanschlages und den Stabilisierungsvorgang des nächstfolgenden Schußfadens im Anschlagstreifen.

Nach der Abbildung ist am Anfang des Anschlages (Abb. 7a)

$$\alpha_0 < \alpha_1 < \dots < \alpha_i,$$

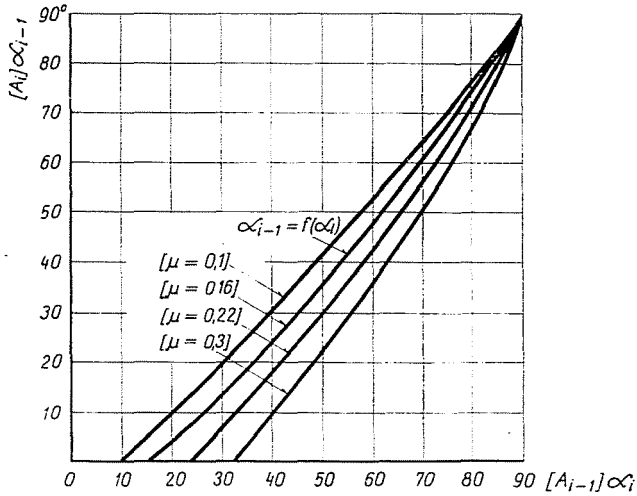


Abb. 6. Die Beziehung $\alpha_i = f(\alpha_{i-1})$ bzw. $A_{i-1} = f(A_{i-1})$

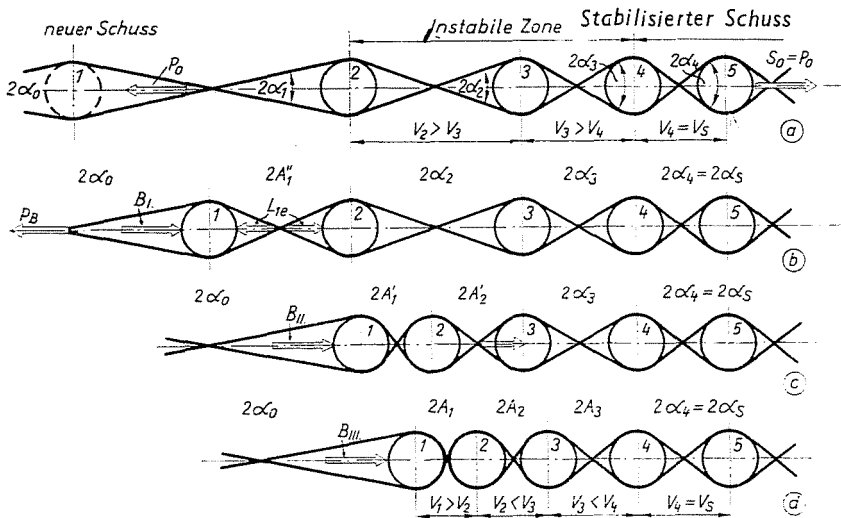


Abb. 7. Die Kettfadekreuzungswinkel während des Anschlags

die Schußdichte der Gewebezone instabiler Schußdichte ist also vor dem Anschlag des neuen Schusses 1 geringer als die stabilisierte Schußdichte. Hierbei werden beim Anschlag nicht nur die letzte, sondern auch mehrere der vorher eingetragenen Schüsse durch das Blatt wiederholt zwischen die Kettfäden gepreßt.

Im Anfangsmoment des Anschlags bewegt sich nur der neue Schuß 1 (Abb. 7b). Während seiner relativen Bewegung gelangt er immer näher an den Schuß 2 heran. Dabei vergrößert sich der Verkreuzungswinkel zwischen

den Schüssen 1—2 auf A_1'' , und unter der Einwirkung der Kraft L_{1e} schiebt sich auch der Schuß 2 vorwärts.

Im weiteren (Abb. 7c) bewegen sich nur die Schüsse 1 und 2. Später jedoch beginnt unter der Einwirkung der Kraft L_{2e} auch der Schuß 3 sich zu bewegen. Zu Beginn der Bewegung des Schusses 3 vergrößert sich der Kettfadenkreuzungswinkel zwischen den Schüssen 1—2 auf A_1' , der zwischen den Schüssen 2—3 auf A_2' und so weiter.

Während des Anschlags nimmt also die Zahl der zwischen den Kettfäden sich bewegenden Schüsse so lange zu, bis der zuletzt stabilisierte Schuß (z. B. Schuß 3), über seine stabilisierte Lage hinaus eingeschlagen, so nahe an den bereits stabilisierten Schuß (Schuß 4) herangelangt ist, daß er nach Beendigung des Anschlags während seines Zurückgleitens die Bedingung der Stabilisation $3 = \alpha_s$ erfüllt (Abb. 7d).

Am Ende des Anschlags vergrößert sich also der Kettfadenkreuzungswinkel α_1 auf A_1 , der Winkel α_2 auf A_2 und der Winkel α_3 auf A_3 . Für die Lage eines beliebigen Schusses des Anschlagstreifens gilt also

$$\cos A_{i-1} = \exp[-\mu(A_{i-1} + A_i)] \cos A_i. \quad (18)$$

Gleichung (18) stimmt ihrer Form nach mit (16) überein, für sie kann daher das für (16) aufgetragene Nomogramm mit den Identifizierungen $A_i \equiv \alpha_{i-1}$ und $A_{i-1} \equiv \alpha_i$ ebenfalls verwendet werden (Abb. 6).

Bei der Lösung muß man von der Bedingung $A_i = \alpha_s$, von dem Kettfadenkreuzungswinkel hinter dem zuletzt stabilisierten Schuß ausgehen, während man die nächstfolgenden Winkel durch wiederholte Anwendung der Ergebnisse erhält.

Als Beispiel diene ein Gewebe mit der Einstellung 50/50, 305/275. Für diesen Fall ist

$$d = \delta_i + \delta_i = 2 \frac{1,26}{\sqrt{N}} = 0,35638$$

womit aus (2)

$$\alpha_s = \arcsin 0,98005 = 78,53^\circ.$$

Mit dem Reibungskoeffizient $\mu = 0,3$ aus Abb. 6 erhält man mit den Bezeichnungen der Abb. 7 für die Winkel α bzw. A folgende Werte:

| Für einen stabilisierten Schuß | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| vor dem Anschlag | am Ende des Anschlags |
| $\alpha_4 = 78,5^\circ$ | $\alpha_s = A_4 = 85,4^\circ$ |
| $\alpha_3 = 65^\circ$ | $A_3 = 88,4^\circ$ |
| $\alpha_2 = 62,1^\circ$ | $A_2 = 89,5^\circ$ |
| $\alpha_1 = 11,7^\circ$ | $A_1 = 89,8^\circ$ |
| $\alpha_0 = 11,7^\circ$ | $\alpha_0 = 11,7^\circ$ |

Im gegebenen Fall schieben sich also die letzten vier Schüsse — einschließlich des eingetragenen Schußfadens — unmittelbar vor dem Anschlag in Richtung nach dem Fach hin zurück, so daß nur der fünfte Schuß stabilisiert wird.

Der Gewebestrukturkoeffizient läßt sich durch die obigen Kettfadenskreuzungswinkel ausdrücken, wenn man anhand der Abb. 4 die Ausdrücke (5) und (4) auf Grund der Identität $L_1 = L_s$ aufschreibt.

Damit nimmt Gleichung (5) die Form

$$L_s = \frac{S}{2 \cos \alpha_s}, \quad (19)$$

Gleichung (4) die Form

$$L_0 = L_s \exp \left\{ \mu \left[\alpha_0 + \sum_{i=1}^{n-1} 2(A_{i-1} + A_1) + \alpha_s \right] \right\} \quad (20)$$

und Gleichung (7) die Form

$$\varrho = \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_s} \quad (21)$$

an.

Mit den obigen Angaben ergibt sich damit für den Strukturkoeffizienten

$$P = \varrho \exp \left\{ \mu \left[\alpha_0 + \sum_{i=1}^4 2(A_{i-1} + A_1) + \alpha_s \right] \right\} = 82,96. \quad (22)$$

3. Einfluß der Ketten- und der Gewebeelastizität

Die beim Anschlag entstehende Fadenspannung und der Anschlagwiderstand werden außer vom Strukturkoeffizienten und von der Grundspannung grundsätzlich auch durch die Federkonstanten (Elastizität) von Garn und Gewebe bestimmt.

Führt man den Elastizitätskoeffizienten

$$\xi = \frac{c_2}{c_1} \quad (23)$$

ein, der das Verhältnis der Federkonstanten ausdrückt, dann ist der Anschlagwiderstand auf Grund von (12), (22) und (23)

$$B = P_0 \frac{(\xi + 1)(P - 1)}{1 + \xi P}, \quad (24)$$

und die Kettspannung beim Anschlag an Hand von (13)

$$P_B = P_0 \frac{(\xi + 1) P}{1 + \xi P}. \quad (25)$$

Durch Dividieren der Beziehungen (24) und (25) ergibt sich

$$P_B = B \frac{P}{P - 1} \quad (26)$$

Abb. 8 zeigt den Wert des Anschlagwiderstandes (24) und den der Kettspannung beim Anschlag (25) in Abhängigkeit vom Elastizitätskoeffizienten ($P = 82,96$) sowie für den Fall der Einheits-Grundspannung ($P_0 = 1$).

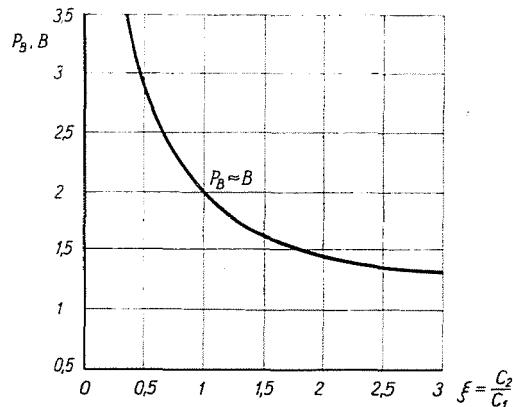


Abb. 8. Der Verlauf des Anschlagwiderstandes (B) und der Kettspannung beim Anschlag (P_B) in Abhängigkeit von ξ

Aus der Abbildung sind mehrere wichtige Umstände zu erkennen:

1. Das Verhältnis der Kettspannung beim Anschlag zum Anschlagwiderstand ist konstant und hängt nur vom Gewebestrukturkoeffizienten ab (Beziehung 26).

2. Die Kettspannung beim Anschlag (P_B) zeigt den höchsten Wert bei einer Kette, die im Verhältnis zum Gewebe unelastisch ist. Dieser Höchstwert nähert sich der Grundspannung mit wachsendem ξ asymptotisch. Bei einer unendlich elastischen Kette zeigt also die Kettspannung beim Anschlag keinen Spitzenwert.

3. Der Anschlagwiderstand (B), der die Beanspruchung des Blattes bestimmt, ist ebenfalls bei der unelastischen Kette am größten, und sein Wert nimmt — ähnlich wie die Kettspannung beim Anschlag — mit wachsendem ξ ab.

4. Das Problem der Federkonstanten

Die komplexe Rolle der Garnfederkonstante kann im Rahmen der gegenwärtigen Abhandlung nicht eingehend analysiert werden. Anderweitige Untersuchungen des Verfassers [9] haben gezeigt, daß die Elastizität des Garns einer-

seits eines jener Elemente ist, die die Elastizität des Gewebes bestimmen, und daß andererseits die Federkonstante des Garns sowohl von der Höhe als auch von der Zahl der erlittenen Beanspruchungen abhängt.

Die Elastizität von Garn und Gewebe läßt sich durch einfache Prüfung der Reißfestigkeit nicht erfassen. Es wurde daher nach dem Prinzip erzwungener Schwingungen eine Vorrichtung entwickelt. Diese Vorrichtung ermöglicht die Untersuchung der Elastizität im Bereich der vorgeschriebenen — im Ver-

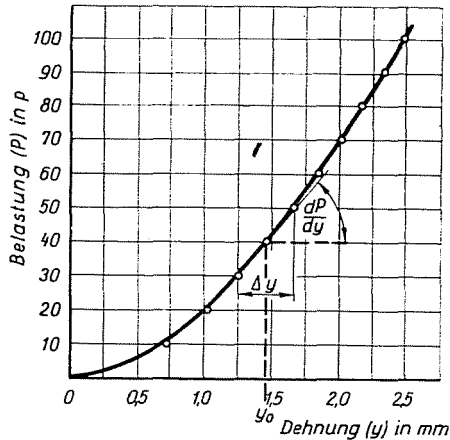


Abb. 9. Belastungs—Dehnungs-Merkmale eines geschichteten Baumwollgarns $N = 50$

hältnis zur Resonanzfrequenz — sehr niedrigen Frequenzen und bei vorgeschriebenen Dehnungs- und Belastungsverhältnissen. Dieser Untersuchungsmethode bedienten sich — meist unter Anwendung mechanisch betriebener Geräte — zur Prüfung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften von Fasern und Garnen EYRING und Mitarb. [10], BORODOWSKI [11], BRÖCKEL [12], BAUER und WINKLER [13] und andere Forscher, während DISCHKA und HAJMÁSSY [14] nach dieser Methode die Ermüdung von Geweben geprüft haben.

Auf Grund unserer Versuche können folgende, vom Gesichtspunkt der gegenwärtigen Abhandlung aus wichtige Feststellungen gemacht werden:

a) Das Belastungs/Dehnungs-Verhältnis von Garnen und Geweben ist nicht einmal innerhalb der am Webstuhl auftretenden Beanspruchungen ($\varepsilon < 1\%$) linear. Abb. 9 zeigt den Verlauf der Kurve für einen geschichteten Baumwollgarn $N = 50$. Wegen der nichtlinearen Charakteristik läßt sich nur die einer angegebenen Belastung oder Dehnung zugehörige Federkonstante definieren. Mit der Tangente an dem gegebenen Kurvenpunkt ergibt sich die sog. lokale Federkonstante zu

$$c = \frac{dP}{dy} \quad (26)$$

b) Die lokale Federkonstante kann jedoch nur für den Fall unendlich kleiner zyklischer Deformationen bestimmt werden. Die hiesigen Versuche ergaben für die lokale Federkonstante sehr gute Näherungswerte, wenn das Intervall der zyklischen Deformationen bei der gegebenen Grundbelastung auf eine spezifische Dehnung von $\varepsilon < 0,1\%$ beschränkt wurde.

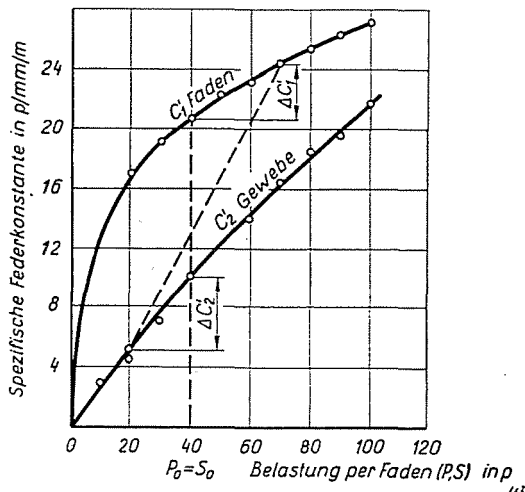


Abb. 10. Belastung/spezifische Federkonstante-Beziehung eines geschlichteten Baumwollgarns $N = 50$ und eines leinwandbindigen Gewebes der Dichte 50/50, 307/280

c) Es wurde festgestellt, daß unter den am Webstuhl auftretenden Beanspruchungsbedingungen und innerhalb der Beanspruchungszykluszahl eine mechanische Konditionierung des Kettgarns stattfindet. Dies besagt, daß es in dem zum Einweben gelangenden Kettenabschnitt zu keiner bleibenden Dehnung mehr kommt und das Garn ideal elastische Merkmale aufweist. Auf diesen Umstand hat bereits BRÖCKEL [10] hingewiesen.

Das durch Messung ermittelte spezifische (auf 1 m Länge bezogene) Verhältnis Belastung / Federkonstante für das untersuchte geschlichtete Baumwollgarn $N = 50$ und das Gewebe der Dichte 50/50, 307/280 zeigt Abb. 10.

Für Zwecke konkreter Berechnungen eignet sich die nach der Methode der kleinsten Quadrate für beide Federkonstanten-Beziehungen aufgestellte empirische Formel (13). Für die Kette lautet sie

$$c_1 = \frac{1}{L} (0,87749 P_B - 0,01133 P_B^2 + 5,36 \cdot 10^{-5} P_B^3), \quad (27)$$

während sie für das Gewebe die Form

$$c_2 = \frac{1}{L} (0,164 S + 0,002025 S^2 - 0,000015 S^3) \quad (28)$$

hat. Hier ist L die freie, am Weben teilnehmende Kettenlänge, L_{sz} hingegen die freie Gewebelänge.

Die aus (27) und (28) ermittelte Federkonstante ist für eine konkrete Analyse noch nicht geeignet. Die Anschlagverhältnisse sind nämlich dadurch gekennzeichnet, daß sich die Federkonstantenwerte P_B und S während des Anschlags in entgegengesetztem Sinn ändern. Mit der Zunahme der Kettspannung beim Anschlag verringert sich die Spannung des Gewebes und umgekehrt. Die zwischen der Kettspannung beim Anschlag und der Gewebespannung bestehenden Zusammenhänge und ihre Benützung in unseren abgeleiteten Beziehungen führen zu Gleichungen höherer Ordnung, die sich jedoch — wegen der großen Zahl der Parameter — höchstens unter Anwendung einer elektronischen Rechenmaschine ökonomisch lösen ließen. Diese Arbeit ist gegenwärtig im Gang.

Auf die voraussichtlichen Änderungen der Federkonstanten bzw. Elastizitätskoeffizienten können jedoch aus den beim Anschlag in entgegengesetztem Sinn sich ändernden Kett- und Gewebespannungswerten Folgerungen gezogen werden. Zu diesem Zweck ist in Abb. 10 ein möglicher Fall dargestellt. Es sei vorausgesetzt, daß zu Beginn des Anschlags $P_0 = S_0$ ist. Während des Anschlags erhöht sich die spezifische Federkonstante der Kette auf $(c'_1 + \Delta c'_1)$, während die des Gewebes auf $(c'_2 - \Delta c'_2)$ sinkt. Dann ist

$$\xi = \frac{c'_2 - \Delta c'_2}{c'_1 + \Delta c'_1} < \frac{c'_2}{c'_1},$$

während des Anschlags nimmt also der Wert des Elastizitätskoeffizienten ab.

5. Versuchsergebnisse

In den bisherigen Ausführungen wurden die Änderungen der Federkonstanten von Kette und Gewebe in Abhängigkeit von der Grundbelastung beschrieben. Die Gleichungen (27) und (28) zeigen, daß der Wert der Federkonstanten der freien Ketten- bzw. Gewebelänge umgekehrt proportional ist. Diese Gesetzmäßigkeit kann zur Prüfung unserer theoretischen Ergebnisse herangezogen werden.

Zur Versuchskontrolle wurde eine Vorrichtung entwickelt, in der die freie (beim Anschlag aktive) Gewebelänge verkürzt wird. Dadurch wurde die Federkonstante des Gewebes erhöht.

Die Versuche wurden an einem sowjetischen Webstuhl AT—100—5M bei 200 U/min an leinwandbindigen Geweben der Dichte 50/50, 305/275, durchgeführt.

Abb. 11 zeigt für 4 Garne die Spannungsdiagramme, die bei verschiedenen freien Gewebelängen mit einem zwischen Streichbaum und Kettfadenschwinger angeordneten elektronischen Fadenspannungsmeßgerät (Tensotron) aufge-

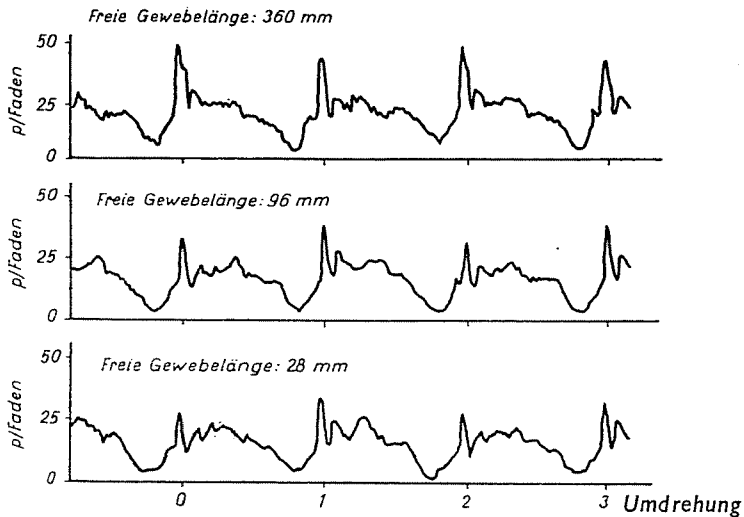


Abb. 11. Kettspannungs-Diagramme, aufgenommen an einem sowjetischen automatischen Webstuhl AT-100-5M bei verschiedenen freien Gewebelängen

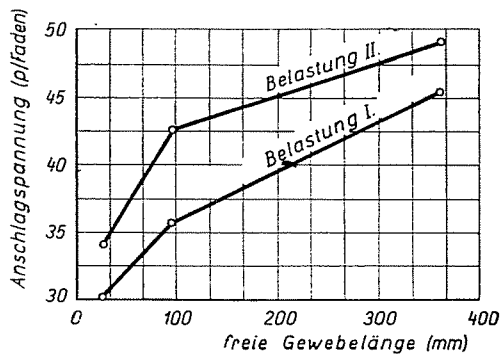


Abb. 12. Verlauf der Anschlagspannungen in Abhängigkeit von der freien Gewebelänge

nommen wurden. Aus Abb. 12 ist der Durchschnittswert der Anschlagspannungswerte von 100 Spannungswellen ersichtlich.

Aus Abb. 11 kann festgestellt werden, daß sich die Spitzenwerte der Anschlagspannung mit der Verkürzung der freien Gewebelänge erheblich vermindern. Die Durchschnittswerte zeigen folgendes Bild:

| Freie Gewebelänge (mm) | | 360 | 96 | 28 |
|------------------------|-----|----------------|-----------------|-----------------|
| Anschlagspannung | | | | |
| (p/Garn) | I. | 45,4 (100%) | 35,6 (78,5%) | 30,6 (66,5%) |
| | II. | 49,1 (100%) | 42,7 (87%) | 34,1 (69,4%) |

(Die in der Tabelle mit I. bezeichneten Werte wurden bei einer den Streichbaum belastenden Federarmlänge von 168 mm gemessen. Im Falle II. betrug dieser Wert 220 mm.)

Aus Abb. 12 und aus der obigen Tabelle ist ersichtlich, daß die freie Gewebelänge, also die Federkonstante des Gewebes, auf die Anschlagspannung einen erheblichen Einfluß ausübt.

Die Abnahme zwischen den zwei Grenzwerten beträgt im Falle I. 33,5%, im Falle II. 30,6%. An Hand dieser Angaben läßt sich die Tendenz der Endergebnisse unserer Ableitung beweisen. Der veränderliche Parameter der Meßergebnisse ist die Federkonstante des Gewebes, deren Wert mit der Verkürzung der freien Gewebelänge ansteigt. Dadurch erhöht sich auch der Wert des Elastizitätskoeffizienten. Mit dessen Zunahme aber verringert sich — wie dies aus Abb. 8 ersichtlich ist —, die Kettspannung beim Anschlag.

Schlußfolgerungen

In der vorliegenden Abhandlung wurden die Beanspruchungen des Kettgarns beim Anschlag untersucht. Unter idealisierten Verhältnissen analysierten wir den Vorgang des Schußanschlags und leiteten Beziehungen für die Geweberandbewegung beim Anschlag, für den Anschlagwiderstand und für die Anschlagkettspannung ab. Die Beziehungen zeigen, daß beim Schußansschlag der Strukturkoeffizient des Gewebes bzw. sowohl die Federkonstante der Kette als auch die des Gewebes eine sehr wichtige Rolle spielen. Für den Gewebestrukturkoeffizienten wurde eine Beziehung für den Fall eines idealisierten Gewebes abgeleitet, die Federkonstanten der Kette und des Schusses dagegen auf experimentellem Wege bestimmt. Es wurde darauf hingewiesen, daß die Federkonstanten des Garns und des Gewebes nicht konstant sind, sondern sich belastungsabhängig ändern. Auf die Anschlagbeanspruchungen des Garns übt das Verhältnis der Federkonstante des Gewebes und der der Kette einen großen Einfluß aus. Es wurde für einen gegebenen Fall experimentell bewiesen, daß die Spitzenwerte der Anschlagspannung mit der Ver-

kürzung der freien Gewebelänge, die eine Erhöhung der Federkonstante des Gewebes herbeiführt, auf 66,5%, bzw. auf 69,4% ihrer ursprünglichen Werte absinken.

Zusammenfassung

Es wurden der Mechanismus der Gewebebildung und die Parameter untersucht, die die Garnbeanspruchungen beim Abschlag bestimmen. Es konnte festgestellt werden, daß es sich bei diesen Parametern um den Strukturkoeffizienten des Gewebes bzw. um die Federkonstante der Kette handelt. Die theoretischen Ergebnisse haben gezeigt, daß das Verhältnis der Federkonstante des Gewebes zu der Kette vom Gesichtspunkt der Anschlagbeanspruchungen des Garns einer der entscheidenden Parameter ist. Mit der Zunahme des Verhältnisses dieser zwei Federkonstanten zeigt die Anschlagspannung bzw. der Anschlagwiderstand eine Abnahme hyperbolischen Charakters. Die theoretischen Ergebnisse wurden auch experimentell kontrolliert und die bei der Verkürzung der freien Gewebelänge ermittelten Ergebnisse haben die Endresultate der theoretischen Ableitungen in ihrer Tendenz bewiesen.

Literatur

1. ILLÉS, I.—ALPÁR, B.: Az egységes szövőgépbeállítás. lánconalsíkbeállító sablonok kialakítása (Einheitliche Webstuhleinstellung. Lehren zur Einstellung der Einzugslinie). Mitteilungen des Ung. Textilforschungsinstituts, II. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1955, S. 194—207.
2. ROHS, W.—GRIESE, H.: Einfluß der Webstuhleinstellung auf den Ausfall, insbesondere die Krumpfung von Halbleinen- und Baumwollgeweben. Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, No. 1320. W. Verlag, Köln u. Opladen, 1963.
3. HAMBURGER, W. I.—MORGAN, N. M.—BLATT, N. M.: Text. Res. J., II, 695—709 (1952).
4. ZILÁHI, M.: Szálasanyagok belső szerkezete és fizikai tulajdonságai közötti összefüggések (Die Beziehungen der inneren Struktur von Fasermaterialien und ihrer physikalischen Eigenschaften). Mitteilungen des Weiterbildungsinstituts für Ingenieure, Budapest, 1953.
5. OLOFSSON, B.: A general model of fabric as geometric-mechanical structure, J. Text. Inst. 55, T. 541 (1964).
6. JEDERÁN, M.: Mechanismus der Gewebebildung. Manuskript.
7. Methode für Baumwollgarn- und Zwirnuntersuchungen (Pamutfonalak és cérnák vizsgálati módszerei). Textilnorm/MSz. 3324—52.
8. ZILÁHI, M.: Pamutfonal láncrendszerek szövés közbeni feszültségének vizsgálata (Untersuchung der Spannungen in Baumwollgarn-Kettssystemen während des Webens). Dissertation, Ung. Akademie der Wissenschaften, 1956. Budapest.
9. JEDERÁN, M.: Elastische Eigenschaften von Textilmaterialien. Manuskript.
10. EYRING, H.—ALDER, M. G.—ROSMASLER, S. A.—CHRISTENSEN, C. J.: Forced vibration of polyamide monofil, Text. Res. J. 4, 223—246 (1952).
11. BORODOWSKI, M. S.: Zur Frage der Widerstandsfähigkeit von Textilmaterialien, Faserforschung u. Textiltechnik, 4, 146 (1952).
12. BRÖCKEL, G.: Messung der Kettfadenspannung. DFT. Reutlingen.
13. BAUER, A.—WINKLER, F.: Dynamische Zugprüfungen von Fäden. Faserforschung u. Textiltechnik 6, 248—253 (1964).
14. DISCHKA, Gy.—HAJMÁSSY, T.: Die Bestimmung des Ermüdungskennzeichens an Geweben mittels Dauerwechselbeanspruchungen in höheren Frequenzbereichen. Faserforschung u. Textiltechnik 8, 285—296 (1958).
15. BJERZEKOWITS, J. S.: Közelítő számítások (Näherungsberechnungen). Budapest, 1952.

Dr. Miklós JEDERÁN, Budapest XI, Budafoki út 8. Ungarn