

# RECHNERGESTÜTZTES VERFAHREN ZUR FESTSTELLUNG DER BEANSPRUCHUNG DER GARNE BEIM SCHUSSEINSCHLAG<sup>1</sup>

Miklós JEDERÁN\* und László KETSKE MÉTHY\*\*

\* Lehrstuhl für Polymertechnik und Textiltechnologie

\*\* Lehrstuhl für Mathematik

Technische Universität Budapest

H-1521 Budapest, Ungarn

Eingegangen am 17. Oktober, 1994

## Abstract

The purpose of the computer programme introduced in this article is to compute the various types of stress on the weaving machine in the period of weft beat up: the yarn tensile stress, the resistance to weft beat up and the fabric tensile stress. The programme is fit for determining the structural co-efficient (this is connected with the weavability), the movement of fabric edge and the warp and fabric elongation, depending on machine setting parameters, i.e., breaking angle of the basis level, the yarn basic stress and the density index.

The programme operates with the non-linear elastic material characteristics of the warp threads and of the fabric, the origin of which is their visco-elastic feature. They can be only determined by measuring, just like the structural co-efficient, the density index of the fabric and the relation called steepness relationship. The functions describing the elastic features and steepness can be given by the programme as regression functions after processing the measurement data.

*Keywords:* weaving machine, stress, elasticity, density index, structural co-efficient.

## 1. Einleitung

Die Beanspruchung der Kettenfäden beim Weben entwickelt sich als Superposition der Beanspruchung bei der Fachbildung und der Beanspruchung des Schußeschlages. Die Beanspruchungen bei der Fachbildung sind komplizierte Zusammenhänge, mittels eines Rechners können aber die Vorgänge analysiert und beschrieben werden [1].

Die Beanspruchungen werden von der Gewebestruktur, der Maschineneinstellung und der Elastizität der Kettfäden bzw. des Gewebes festgestellt. In diesem Artikel werden das Untersuchungsverfahren der Parameter, die die Beanspruchungen beim Schußesschlag beeinflussen, sowie das rechnergestützte Verfahren, zur theoretischen Bestimmung der Beanspruchungen beim Einschlag vorgestellt.

<sup>1</sup>Unterstützt von der Ungarischen Wiss. Forschungsstiftung (OTKA) Nr. 5-722

## 2. Die Beanspruchungen beim Einschlag determinierenden Garn- und Gewebeeigenschaften

Die wichtigsten Parameter der Garnbeanspruchungen beim Schußeingschlag und ihre Verbindungen zeigt die *Abb. 1*. Wie die Abbildung es darstellt, sind die dominierenden Parameter die Garneigenschaften, die strukturellen Kenngrößen des Gewebes, sowie die technologischen Abmessungen und die Einstellungsparameter der Webmaschine.

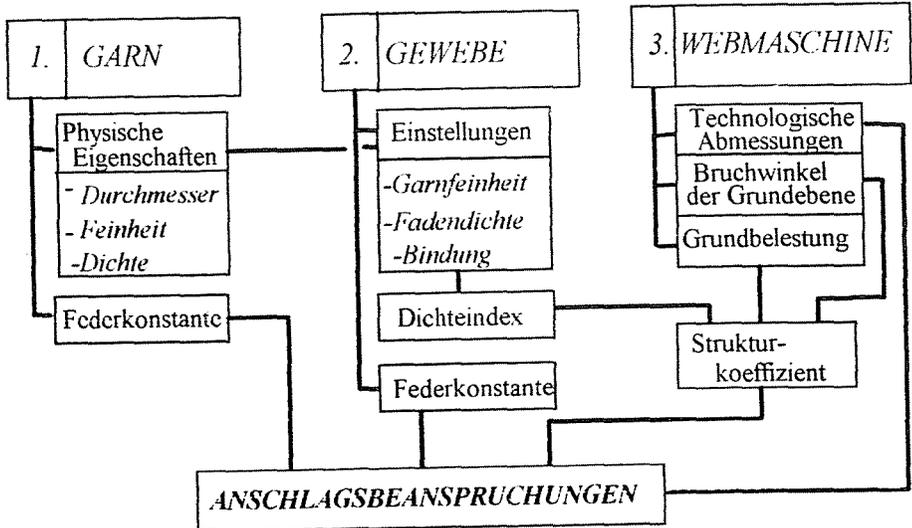


Abb. 1.

### 2.1 Die Garnfeinheit und der Garndurchmesser

Die *Garnfeinheit* ist ein Wert, der durch standardisiertes Verfahren festgestellt und in *tex* angegeben wird.

Der *Garndurchmesser* kann mittels der Formel

$$d = c\sqrt{T_{\text{tex}}} , \quad (1)$$

festgestellt werden. Die Konstante  $c$  wird in der Literatur [4] abhängig von der Materialdichte  $\rho$  angegeben.

## 2.2 Die Elastizität der Fäden und des Gewebes

Es ist eine komplizierte Aufgabe, die Elastizität der Textilmaterialien zu untersuchen, da die Garne und die Gewebe viskoelastische Eigenschaften haben und die Elastizität (die elastische Dehnung) von der nichtlinearen Charakteristik und von den Umständen (Größe und Periodizität) der

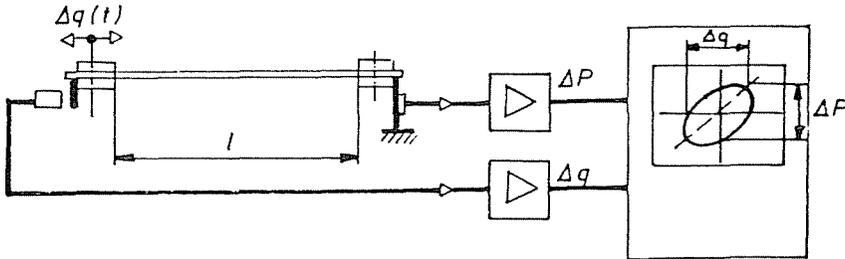


Abb. 2.

Beanspruchung abhängt. Die Elastizität des Garnes und des Gewebes wurde also mittels eines Pulsators durch ein Meßverfahren festgestellt (Abb. 2). Den diesbezüglichen Forschungen nach ist das Ergebnis eine Ellipse, die die Funktion  $\Delta P = f(\Delta q)$  darstellt, und die Oberfläche dieser Ellipse ist mit der Dämpfung des Musters proportionell [2]. Nach ausreichend vielen wiederholten Beanspruchungen wird aber die Ellipse flach und ihre Oberfläche (die Dämpfung des Musters) kann vernachlässigt werden. Der Zusammenhang der Belastung und der elastischen Dehnung der Garne und des Gewebes ist – auch innerhalb der an der Webmaschine auftretenden Beanspruchungsgrenzen – nichtlinear. Darum kann nur die sog. *lokale Federkonstante* festgestellt werden, die zu einer gewissen Belastung (oder Dehnung) gehört und die Tangente in einem gewissen Punkt der Kurve ist (Abb. 3):

$$c = \frac{dP}{dq} . \quad (2)$$

Ein akzeptabel genauer Wert der lokalen Federkonstante kann nur durch zyklische Deformationen sehr kleiner Amplitude festgestellt werden. Pulsator-Verfahren kann diesen Wert sehr gut annähern, wenn sich das Intervall der zyklischen Deformationen bei einer gewissen Grundbelastung auf den Wert  $\varepsilon < 0,1$  der spezifischen Dehnung beschränkt [3].

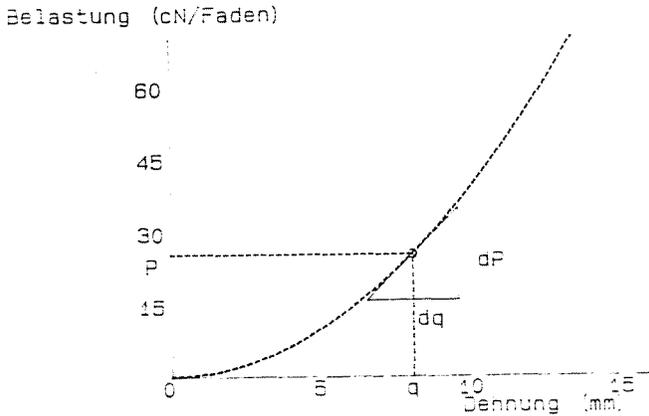


Abb. 3.

Die Federkonstante der Textilmaterialien hängt auch von der Länge des Materialstückes ab. Da die Länge des Garn- bzw. Gewebestückes, die während des Webens in Anspruch genommen wird, unterschiedlich ist, ist es zweckmäßig, die Federkonstante durch die sog. *spezifische Federkonstante* ( $c'$ ) mit der Dimension cNm/mm anzugeben:

$$c' = \frac{dP}{dq} \frac{l}{n} . \quad (3)$$

In dieser Formel bedeuten  $l$  die jeweilige Meßlänge und  $n$  die Anzahl der Fäden im Muster.

Die Abb. 4 zeigt die gemessenen Werte der spezifischen Federkonstante und der Belastung eines geschlichteten Baumwollgarnes von 20 tex sowie die zu den Meßpunkten passende Regressionskurve.

In der Abb. 5 werden die gemessenen Werte der spezifischen Federkonstante als Funktion der Belastung des Gewebes und die Regressionskurven für Gewebe von Leinwandbindung gezeigt. Das Gewebe wurde aus Kette und Schuß von 20 tex und mit Kettendichte  $s_l$  von 360/10 cm hergestellt; die Schußdichte wurde variiert.

Die von der Belastung abhängigen Daten der Federkonstanten der Kette bzw. des Schusses müssen zur weiteren Verarbeitung als Funktion der Dehnung konvertiert werden. Abb. 6 zeigt das Prinzip des Konvertierens.

Von den Abb. 6a und 6b kann die folgende Formel für die Kurven, die zu den Meßpunkten passen, aufgeschrieben werden:

$$\Delta P_i = c_i \Delta q_i . \quad (4)$$

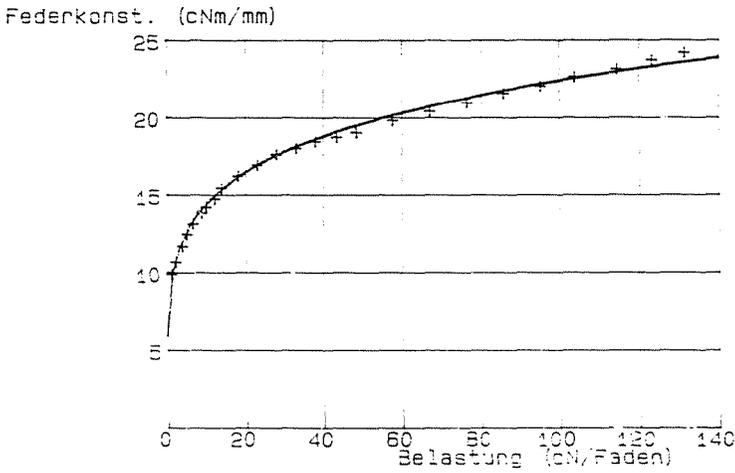


Abb. 4.

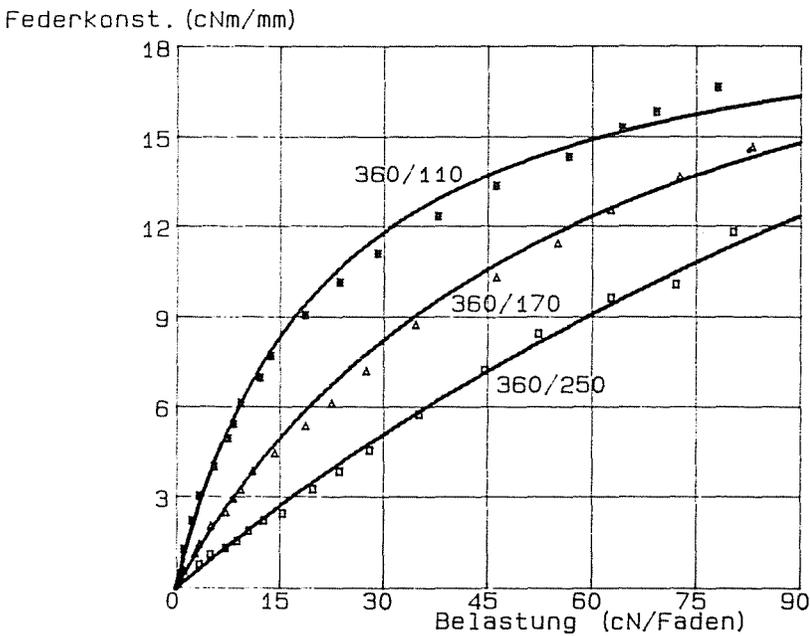


Abb. 5.

Wenn zwei nacheinander folgende Werte der Federkonstante  $c_{i-1}$  und  $c_{i+1}$  und die dazu gehörenden Belastungen  $P_{i-1}$  und  $P_{i+1}$  sind, sind die folgenden Formel gültig:

$$\Delta P_i = P_{i+1} - P_{i-1} \tag{5}$$

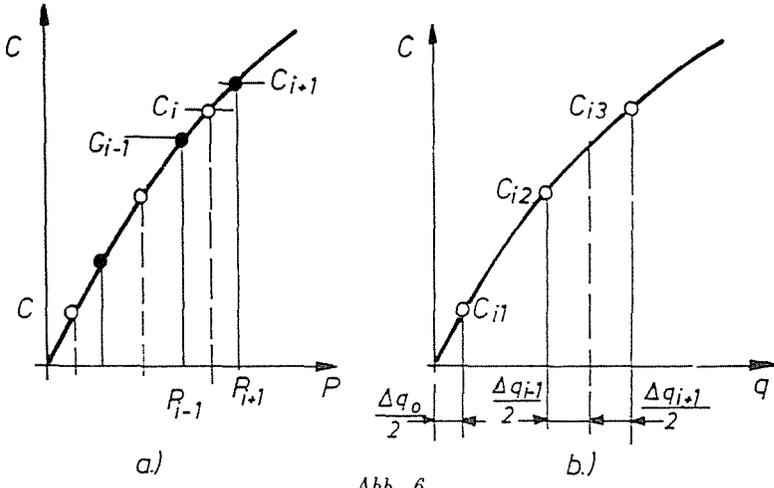


Abb. 6.

Federkonst. (cNm/mm)

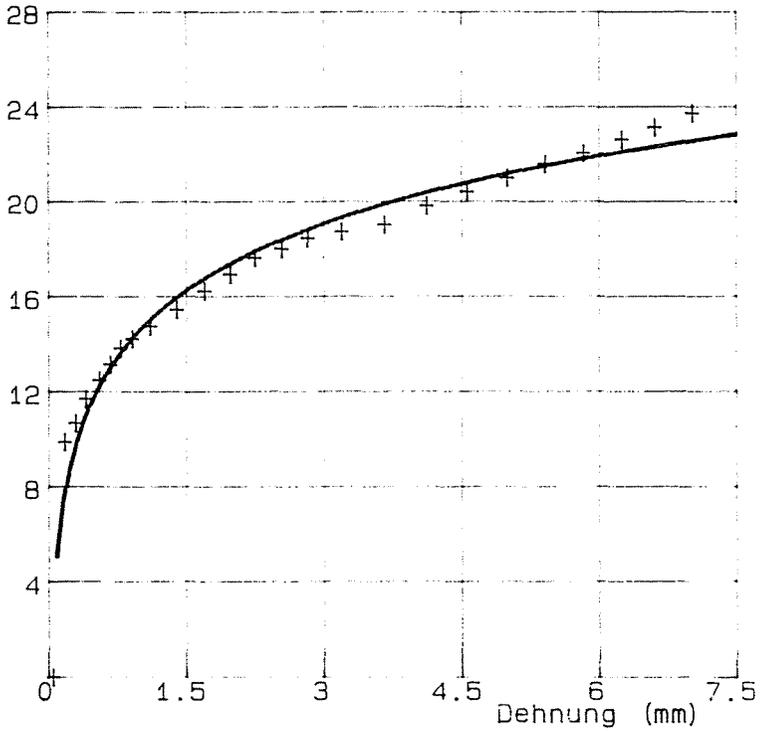


Abb. 7.

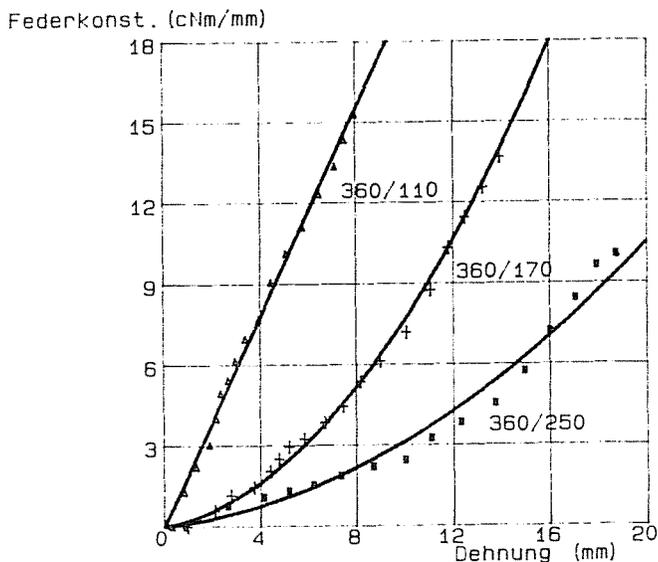


Abb. 8.

und

$$c_i = \frac{c_{i-1} + c_{i+1}}{2} \tag{6}$$

Aus diesen Gleichungen kommen:

$$\Delta q_i = \frac{P_{i+1} - P_{i-1}}{\frac{c_{i-1} + c_{i+1}}{2}} \tag{7}$$

und

$$q_i = \frac{\Delta q_0}{2} + \sum \left( \frac{P_{i+1} - P_{i-1}}{\frac{c_{i+1} - c_{i-1}}{2}} \right) \tag{8}$$

Die konvertierten Werte  $[c(P) \rightarrow c(q)]$  der Federkonstante der Kettenfäden sind in der Abb. 7, die des Gewebes in der Abb. 8 dargestellt.

### 2.3 Die Kenngröße der Gewebedichte

Zur Charakterisierung der Gewebedichte werden der Multiplikations-Dichteindex – der aus der Geometrie des Gewebes abgeleitet werden kann – und der Strukturkoeffizient – der auch von der Maschineneinstellung abhängt – gewählt [4].

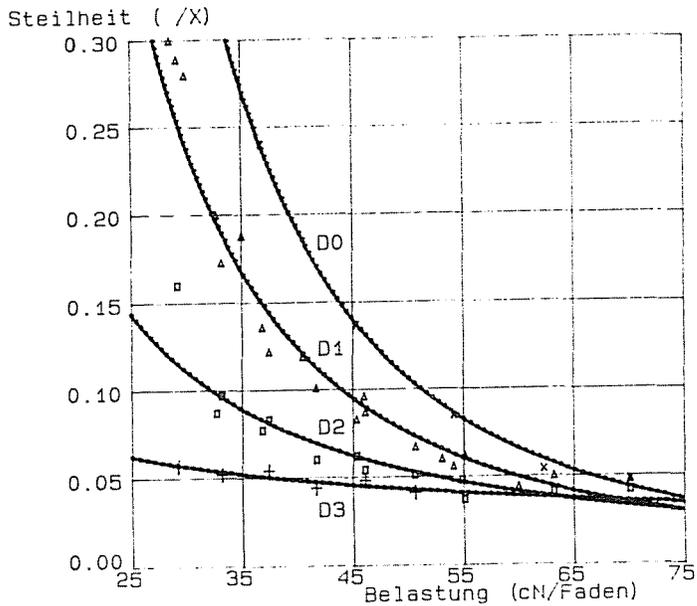


Abb. 9.

Der *Multiplikations-Dichteindex* ist

$$X = s_l s_v \left( d_v + \frac{d_l}{K_l} \right) \left( d_l + \frac{d_v}{K_v} \right) . \quad (9)$$

In dieser Formel bedeuten  $d$  den Garndurchmesser [mit der Formel (1) kalkuliert],  $s_l$  die Ketten- bzw.  $s_v$  die Schußdichte und  $K_l$  bzw.  $K_v$  den aktuellen Kreuzungsquotienten.

Zur Feststellung des *Strukturkoeffizienten*

$$\frac{\psi}{X} = f(\delta, P_0) \quad (10)$$

wurden die beim Einschlag gemessenen Beanspruchungsdaten und die davon berechnete Regressionsgleichung der *Steilheitsdaten* (Abb. 9) verwendet [3].

Die zur rechnergestützten Analyse notwendigen Funktionen wurden nach Abb. 10 vorbereitet und ins *Funktionsarchiv* gespeichert.

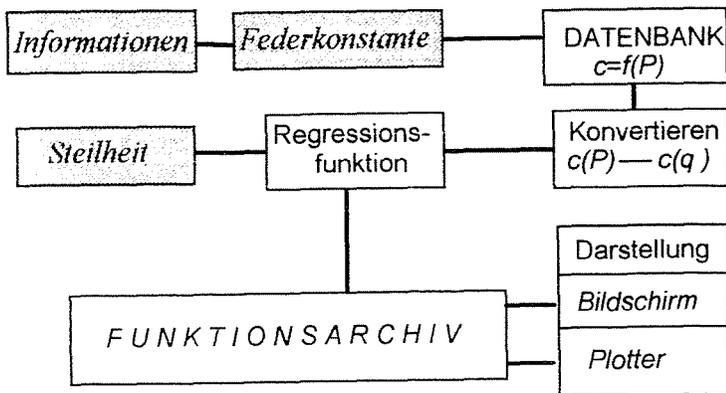


Abb. 10.

### 3. Die gemeinsame Charakteristik des Ketten- und Gewebesystems

Die Abb. 11 zeigt die Struktur des Computer-Programms der Beanspruchungen beim Einschlag.

Das Programmsystem löst die folgenden Aufgaben:

- a) Aktualisierung der *elastischen Elemente* des Ketten- und Gewebesystems der Webmaschine.

– Die *Federkonstante der Kette* kann aus der spezifischen Federkonstante  $c'_1(q)$  und aus der Länge  $l$  der Kettenfäden festgestellt werden:

$$c_1 = \frac{c'_1(q)}{l} . \quad (11)$$

– Die *Federkonstante des Gewebes* kann aus der spezifischen Federkonstante  $c'_2(q)$  und aus der Länge  $L$  des Gewebes berechnet werden:

$$c_2 = \frac{c'_2(q)}{L} . \quad (12)$$

- b) Die *Dichte des Gewebes* ist durch den Strukturkoeffizienten ( $\psi$ ) charakterisiert. Dieser Wert kann aus der Steilheitsfunktion (10) durch Eintippen der technologischen Einstellparameter  $X$  und  $P_0$  (mit der Vorwahl  $\delta$ ) festgestellt werden.

Das Aktualisieren der Einstellparameter und das Integrieren der Gleichung (11) ergeben für die Kettenzugkraft  $P$  die Gleichung

$$P(q) = \int c_1(q) dq . \quad (13)$$

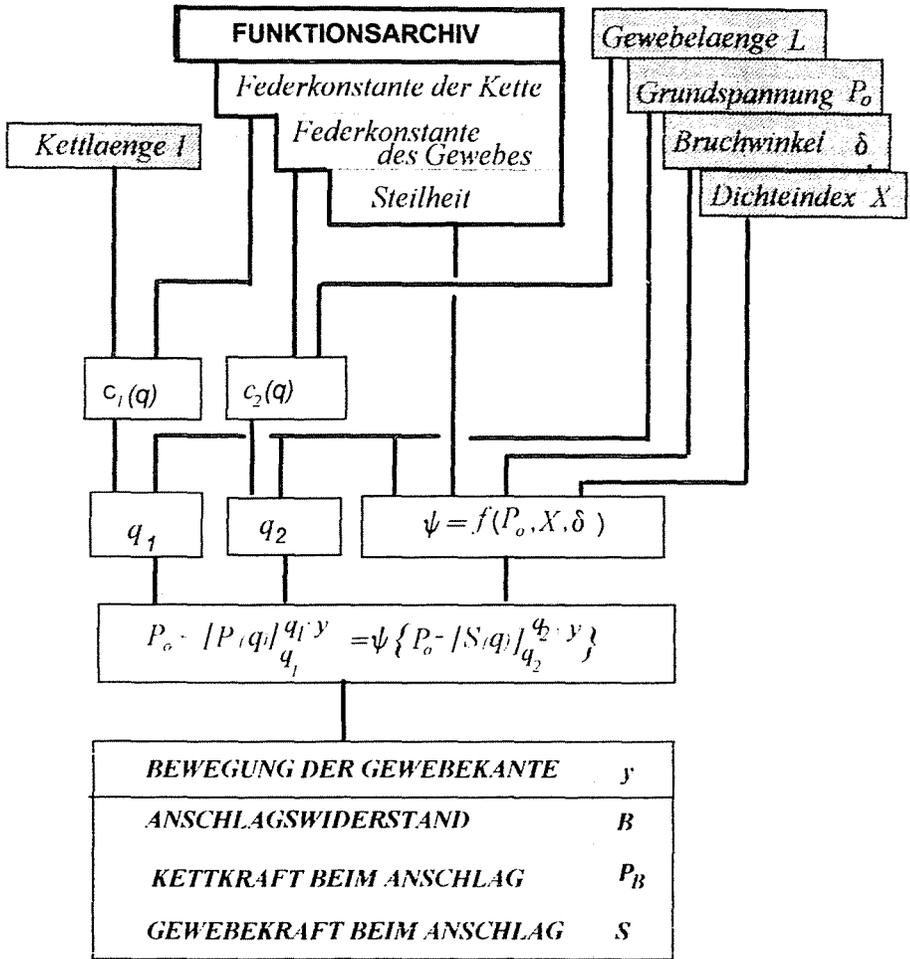


Abb. 11.

Ähnlicherweise bekommt man für die Gewebekraft  $S$  die Gleichung

$$S(q) = \int c_2(q) dq, \tag{14}$$

durch das Integrieren der Gleichung (12).

Sind die Charakteristiken nach Gleichungen (13) und (14) in einem gemeinsamen Koordinatensystem dargestellt, so zeigen sie die Kraft- und Dehnungsverhältnisse während des Webens, wenn die Charakteristik  $S(q)$  durch Transformation, Spiegeln und Verschieben von  $q(1) + q(2)$  aufgezeichnet wird (Abb. 12).

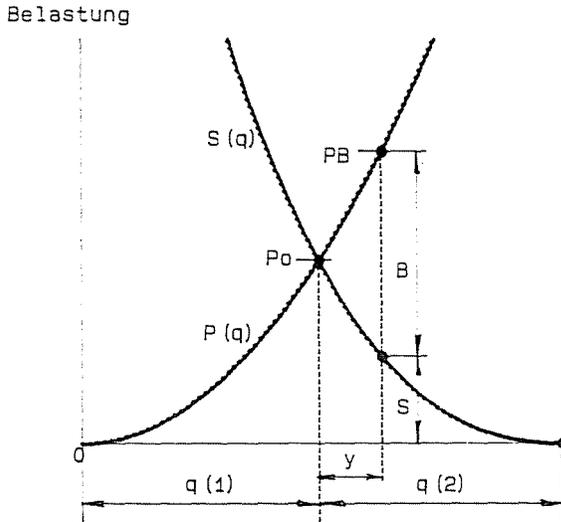


Abb. 12.

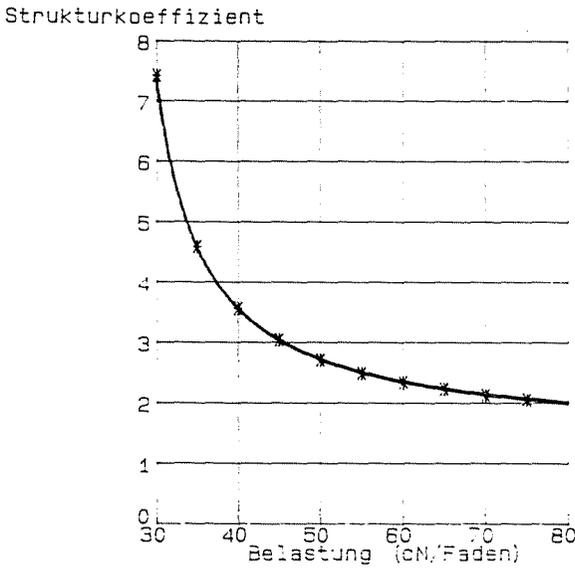


Abb. 13.

Vor dem Einschlag sind die Vorspannungen der Kette und des Gewebes gleich:  $P_0$ . Diese Vorspannung verursacht in der Kette eine Dehnung

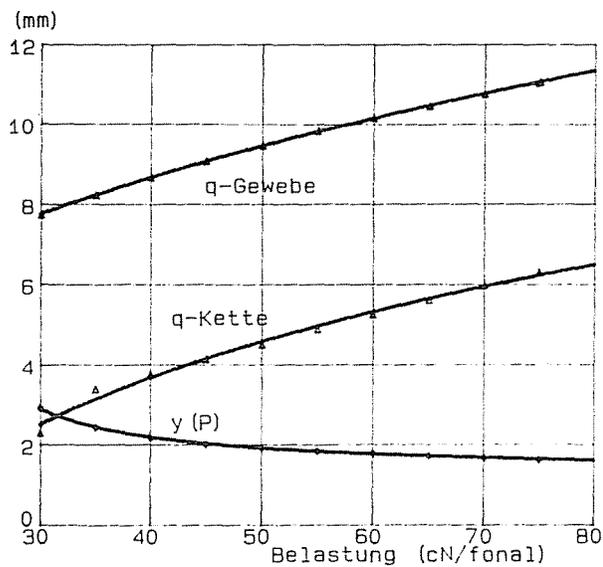


Abb. 14.

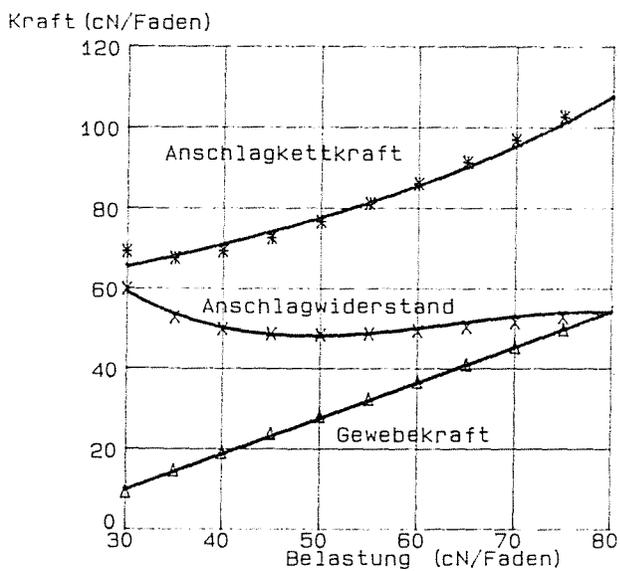


Abb. 15.

von  $q(1)$ , im Gewebe eine Dehnung von  $q(2)$ . In diesem Falle ist

$$\int_0^{q_1} c_1(q) dq = \int_0^{q_2} c_2(q) dq, \quad (15)$$

gültig.

Die Dehnungen  $q(1)$  und  $q(2)$ , die durch die Vorspannung hervorgerufen sind, können aus (14) und (15) festgestellt werden, angenommen, daß  $P_0 = P = S$  ist.

Die Beanspruchungen beim Einschlag mit nichtlinearer Faden- und Gewebe-Charakteristik sind in der *Abb. 12* interpretiert. Das vor dem Einschlag herrschende Kraft-Gleichgewicht des Systems wird bei dem Einschlag von der Bewegung  $y$  der Stoffkante verändert. Dies bedeutet, daß die Zugkraft beim Einschlag in der Kette

$$P_B = P_0 + \Delta P = P_0 + c_1(q)y, \quad (16)$$

und im Gewebe

$$P_B = P_0 + \Delta P = P_0 + c_2(q)y, \quad (17)$$

ist.

Die Bewegung  $y$  der Stoffkante, die die Verhältnisse beim Einschlag bestimmt, kann aus der Gleichung

$$y = \frac{S}{c_1(q) + c_2(q)}(\psi - 1) \quad (18)$$

abgeleitet werden [3].

Aus der *Abb. 11* folgt, daß

$$P_B = B + S \quad (19)$$

und

$$P_B = P_0 + \int_{q_1}^{q_1+y} c_1(q) dq, \quad (20)$$

$$S = P_0 - \int_{q_1}^{q_1+y} c_2(q) dq. \quad (21)$$

Unter Anwendung der Gleichung

$$B = S(\psi - 1) \quad (22)$$

[3] und sie in (20) und (21) eingesetzt ergibt sich der Zusammenhang der Parameter in dieser Form:

$$P_0 + \int_{q_1}^{q_1+y} c_1(q) dq = \psi \left[ P_0 - \int_{q_1}^{q_1+y} c_2(q) dq \right]. \quad (23)$$

Mit dem auf Grund der obigen Gleichungen ausgearbeiteten Computer-Programm (*Abb. 11*), zur Feststellung der Charakteristik-Kurven und der Beanspruchungen beim Einschlag können die charakteristischen Beanspruchungen beim Einschlag – durch wiederholtes, mit den Parametern  $X$ ,  $l$ ,  $\delta$ ,  $L$  und  $P_0$  durchgeführtes Rechnen – berechnet und durch die Regressionsgleichungen annähernd dargestellt werden.

#### 4. Ergebnisse

Wir stellen die Ergebnisse der Berechnungen mit dem dargelegten Programmsystem mit den folgenden Ausgangsdaten vor:

- Die spezifische Federkonstante der aus geschichteten Baumwollgarnen von 20 tex hergestellten Kette ist:

$$c'_1(q) = 14,433q^{0,2372}.$$

- Die spezifische Federkonstante des Gewebes, das aus Schuß und Kette von 20 tex in Leinwandbindung, mit einer Dichteeinstellung von 360/170 hergestellt wurde, ist:

$$c'_2 = q(0,1581 + 0,6q).$$

- Kettenlänge:  $l = 1,5$  m
- Stofflänge:  $L = 0,5$  m
- Steilheit: *Abb. 9*, D2
- Dichteindex:  $X = 57$
- Grundbelastung:  $30 < P_0 < 80$  cN/Faden

Die Ergebnisse der mit einer Stufe von  $\Delta P_0 = 15$  cN/Faden durchgeführten wiederholten Iteration werden in den *Abb. 13* bis *15* dargestellt:

- die *Abb. 13* zeigt den Strukturkoeffizienten  $\psi$ .
- die *Abb. 14* stellt die Bewegung  $y$  der Stoffkante und die  $q(P_0)$ -Werte der Kette bzw. des Gewebes dar,
- die *Abb. 15* veranschaulicht die Kettenzugkraft  $P_B$ , den Widerstand gegen Einschlag  $B$  und die Gewebezugkraft  $S$  in Abhängigkeit von der Grundbelastung.

## Literatur

1. JEDERÁN, M.: Rechnergestützte Analyse der Fadenbeanspruchungen beim Weben.
2. JEDERÁN, M. (1967): A szövet kialakulása és a szövés közbeni fonaligénybevételt meghatározó technológiai paraméterek vizsgálata. MTA Doktori értekezés, Budapest, 1967.
3. JEDERÁN, M. (1972): Der Gewebeindex-tabulliert. *Periodica Polytechnica. Mechanical Engineering*. Vol. 16, (1972), No. 3. S. 291–310.
4. JEDERÁN, M.: Zusammenhang der Garneigenschaften, der Gewebe-Dichteparameter und der Maschineneinstellungsparameter.
5. TRAUTER, J. – SCHOLZE, U.: (1992) *Textil Praxis International*, 1992. No. 11. S. 1011–1013.