

Berechnung der Dehnbarkeit von glatten Rechts/Links-Gestricken

Von Károly Lázár, Budapest

Der Autor beschreibt die Einflußfaktoren der Dehnfähigkeit von glatten Rechts/Links-Maschenwaren. Er zeigt auf, wie die maximale Dehnfähigkeit, die Maschendichte und das Flächengewicht zusammenhängen und wie diese Größen mit Hilfe der einfach zu ermittelnden Faktoren Garnfeinheit, Maschenlänge, Reihen- und Stäbchendichte berechnet werden können.

Bei der Herstellung von Unterwäsche, insbesondere von Slips, spielt die Dehnbarkeit des Gestricks eine sehr bedeutende Rolle. Ein Slip von hoher Qualität muß am Bund über eine Dehnbarkeit von ungefähr 100% verfügen. Das wird teilweise dadurch erreicht, daß beim Annähen des Elastikbands das Gestrick mit etwa 20% Zugabe zugeführt wird. Die Differenz zur gewünschten Dehnbarkeit muß aus der Maschenstruktur selbst kommen. Das Elastikband hat etwa 200% Dehnfähigkeit. Es wird normalerweise mit der Stichtype 406 angenäht, die bei korrekter Einstellung genügend dehnbar ist (Abb. 1). Für die Herstellung von Slips wird sehr häufig Rechts/Links-Gestrick verwendet. Wie ein Blick auf die Abb. 2 und 3 zeigt, hängt die Dehnfähigkeit dieser Gestrickart vor allem von der Maschenlänge l und vom Garndurchmesser d ab. Aus l und d wird eine charakteristische Kenngröße von Maschenwaren, das Maschenmodul σ , abgeleitet.

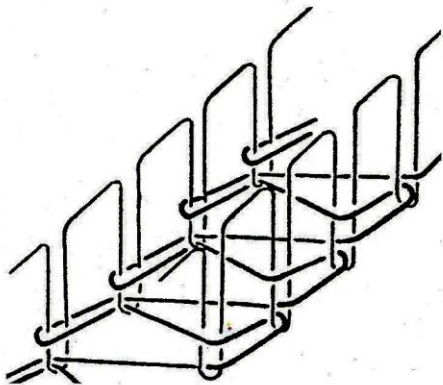


Abb. 1

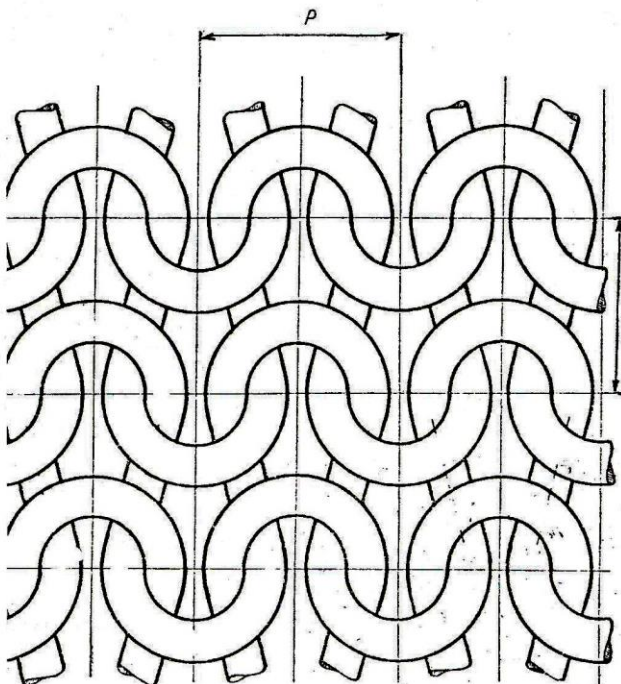


Abb. 2

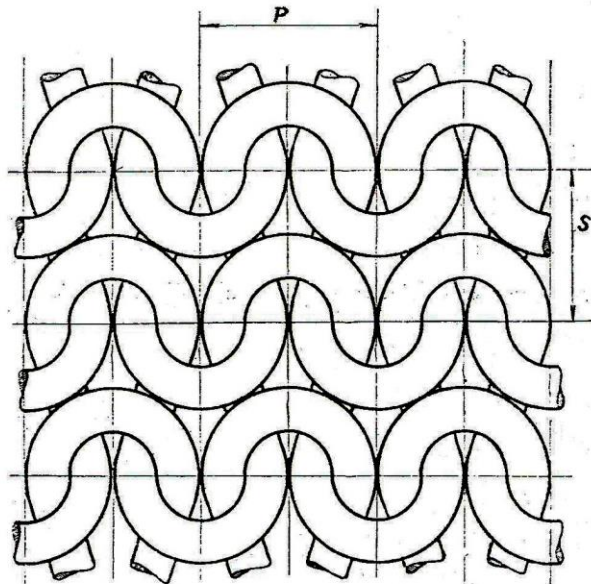


Abb. 3

$$\text{Maschenmodul } \sigma = \frac{l}{d} \quad (1)$$

Grundlegende Untersuchungen [2] haben gezeigt, daß praxisrelevante Werte des Maschenmoduls σ zwischen 17 und 30 liegen; die meisten Gestricke für Unterwäsche weisen ein Maschenmodul von 20 auf. Gestricke mit der «regulären Dichte», die dadurch beschrieben wird, daß benachbarte Maschenschleifen in Reihen und Stäbchen einander berühren (siehe Abb. 3), haben einen σ -Wert von 17,33. Das theoretisch erreichbare Minimum beträgt 13,40 [2].

In der folgenden Untersuchung wird nur die Querdehnung analysiert, da bei Slips der Bund in der Regel auch nur in Maschenreihenrichtung geschnitten wird.

Bei der Querdehnung des Gestricks werden die gebogenen Teile der Maschenschleifen gestreckt und in den Kreuzungspunkten erfolgt eine gegenseitige Querschnittsverformung der Garne. Die dieser Analyse zugrundeliegende Dehnung soll allerdings nur so groß sein, daß keine Verdehnung des Garns eintritt, somit kann auch davon ausgegangen werden, daß die Fadenlänge in der Masche unverändert bleibt.

Dalidovicz [1] beschreibt den maximalen Abstand P_{\max} zweier Maschenstäbchen im Falle einer solchen Dehnung mit

$$P_{\max} = l - 3 \cdot d \cdot \pi \quad [\text{mm}] \quad (2)$$

Für den schwierig zu ermittelnden Durchmesser d kann nach Formel (1) auch $l:\sigma$ eingesetzt werden:

$$P_{\max} = l - 3 \frac{l}{\sigma} \pi = l \left(1 - \frac{3\pi}{\sigma} \right) \quad [\text{mm}] \quad (3)$$

Die Querdehnung des Gestricks (Dehnung in Maschenreihenrichtung) ist

$$\epsilon_r = \frac{P_{\max} - P}{P} \cdot 100 [\%]$$

wobei P der Stäbchenabstand im Originalzustand, also unge dehnt, ist.

Die Aufgabe der Praxis ist es, Gestricke auszuwählen oder zu produzieren, die eine bestimmte Dehnbarkeit aufweisen. Um diese Aufgabe erfüllen zu können, muß man wissen, welche Abhängigkeit die Maximaldehnung ϵ_r von der Maschenlänge

und dem Garndurchmesser aufweist. Die Maschenlänge und der Garndurchmesser sind nicht immer meßbar oder einfach zu bestimmen.

Ein Näherungswert der Maschenlänge kann aus der Projektion der Maschenschleife relativ einfach berechnet werden [1]:

$$l = \left(\frac{P}{2} + d\right) \pi + 2\sqrt{S^2 + d^2} \text{ [mm]} \quad (5)$$

wobei P wieder den Stäbchenabstand und S den Reihenabstand darstellt.

In der Literatur findet man im Maschenformfaktor K eine weitere charakteristische Kenngröße:

$$K = \frac{P}{S} \quad (6)$$

Setzen wir für den in dieser Untersuchung ohne Berücksichtigung bleibenden Reihenabstand S aus Formel (6) für $S = P/K$, so kann die Gleichung (5) auch in folgender Form geschrieben werden:

$$l = \left(\frac{P}{2} + d\right) \pi + 2\sqrt{\left(\frac{P}{K}\right)^2 + d^2} \text{ [mm]} \quad (7)$$

Die Projektion der Maschenschleife entspricht aber nicht der Realität, da die Masche eine dreidimensionale Form beschreibt. Deren Länge wird von Dalidovicz [1] wie folgt berechnet:

$$l = \sqrt{\left(\frac{P}{2} + d\right)^2 + d^2} + 2\sqrt{\left(\frac{P}{2}\right)^2 + d^2} \text{ [mm]}$$

Bei Rechts/Links-Maschenwaren ist das Ergebnis in der Maschenlänge nach Anwendung der beiden Methoden allerdings vernachlässigbar klein. Bei den untersuchten Gestriken betrug es nur 1 bis 5%. Deshalb wird bei den weiteren Berechnungen die Gleichung (7) verwendet.

In dieser Gleichung ist allerdings immer noch der schwierig bestimmbare Garndurchmesser d enthalten. Wird die Gleichung transformiert und dabei unter Anwendung der Formel (1) statt mit dem Garndurchmesser mit der Maschenlänge l und mit dem Maschenmodul σ gerechnet, so erhält man folgende Gleichung:

$$P^2 \left(\frac{\pi^2}{4} - \frac{4}{K^2}\right) + P \left(-\frac{1}{\sigma} \pi^2 - l\pi\right) + l^2 - 2\frac{l^2}{\sigma} \pi + \frac{l^2 \pi^2}{\sigma^2} - 4\frac{l^2}{\sigma^2} = 0 \quad (8)$$

In dieser Gleichung sind folgende Substitutionen sinnvoll:

$$\text{für } \frac{\pi^2}{4} - \frac{4}{K^2} = A$$

$$\text{für } -\frac{1}{\sigma} \pi^2 - l\pi = B \quad (9)$$

$$\text{für } l^2 - 2\frac{l^2}{\sigma} \pi + \frac{l^2 \pi^2}{\sigma^2} - 4\frac{l^2}{\sigma^2} = C$$

Wird A, B und C in (8) eingesetzt und nach P aufgelöst, so erhält man für die Berechnung des unverdehnten Abstands der Maschenstäbchen folgende Gleichung:

$$P = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \text{ [mm]} \quad (10)$$

Zur Berechnung von P muß K bekannt sein. K ist der Quotient aus Reihen- und Stäbchendichte, der bei Rechts/Links-Gestriken normalerweise 1,3 beträgt.

Mit der Gleichung (10) kann nun die maximale Dehnbarkeit eines Gestriks berechnet werden, wenn K, σ und l bekannt sind. In der Grafik der Abb. 4 ist die Dehnbarkeit in Abhängig-

keit des Maschenmoduls für unterschiedliche K-Werte aufgezeichnet.

Wie bereits erwähnt, ist es wegen des praktisch nicht meßbaren Garndurchmessers d auch nicht leicht, das Maschenmodul σ zu bestimmen. Ein Näherungswert für d ergibt die Gleichung

$$d = x \sqrt{\text{tex}} \quad (11)$$

wobei x eine Konstante ist, in die das spezifische Gewicht des im Garn verwendeten Faserstoffs und die Garnstruktur eingehen. Bei Baumwollgarnen im mittleren Feinheits- und Qualitätsbereich für die Strickerei beträgt $x = 0,037$.

Eine weitere Möglichkeit, der Bestimmung des ungewissen Garndurchmessers aus dem Wege zu gehen, ist die Verwendung der Maschendichte-Koeffizienten; sie werden auch Dimensionsparameter der Maschenwaren genannt. Die Maschendichte-Koeffizienten sind Konstanten, deren Wert vom Relaxationszustand der Maschenware abhängt. Sie kennzeichnen das Verhältnis der Maschendichte und der Maschenlänge. Es gilt

$$\text{für die Reihendichte } s = \frac{k_s}{l} \quad (12)$$

$$\text{und für die Stäbchendichte } p = \frac{k_p}{l} \quad (13)$$

wobei k_s der Koeffizient für die Reihendichte und k_p der Koeffizient für die Stäbchendichte ist. Wird die Maschenlänge l in cm eingesetzt, so erhält man die Maschendichte in Maschenzahl pro cm.

Da die Reihendichte s dem Kehrwert des Maschenreihenabstands S und die Stäbchendichte p dem Kehrwert des Maschenstäbchenabstands P entspricht, kann S und P auch in folgender Form geschrieben werden: Es gilt für



Formen

für Strumpfhosen und Strümpfe,
Socken, Söckchen und
Handschuhe.
Materialstärke: 3, 4, oder 5 mm







Für alle Maschinenfabrikate und Typen, für Form- und Form-Färbe-Maschinen, mit oder ohne Halterungen. Auch mit elektr. 3-Stufen-Heizung, 220 V - 180, 280, 350W. Beinform, Fußwinkel, Durchsichtslöcher, Profil, Kerben und Markierungen ganz nach Kundenwunsch.

Exklusiv durch:



Maschinen-Zubehör-Ersatzteile für die Strumpfindustrie
Winzerstrasse 24 · D-7538 Keltern-Ellmendingen/Pforzheim
Telefon (07236) 478 Fax (07236) 7478

$$\text{Maschenstäbchenabstand } P = \frac{l}{p} = \frac{l}{k_p} \quad (14)$$

$$\text{Maschenreihenabstand } S = \frac{l}{s} = \frac{l}{k_s} \quad (15)$$

Wenn man P und S in der Gleichung (5) durch (14) und (15) ersetzt und beide Seiten der Gleichung durch d dividiert, so erhält man:

$$\frac{l}{d} = \frac{l \cdot \pi}{d \cdot 2k_p} + \pi + \sqrt{\frac{4 \cdot l^2}{k_s^2 \cdot d^2} + 4} \quad (16)$$

und da nach (1) $l/d = \sigma$, lautet die neue Form dieser Gleichung

$$\sigma = \sigma \frac{\pi}{2k_p} + \pi + \sqrt{\frac{4}{k_s^2} \sigma^2 + 4} \quad (17)$$

Die Literatur nennt Werte der Maschendichte-Koeffizienten für verschiedene Relaxationszustände [3, 4]. Wenn diese Werte in die Gleichung (17) eingesetzt werden, kann σ berechnet werden (siehe Tab. I). Man sieht, daß sich die trocken relaxierte Maschenware im Bereich der regulären Maschenstruktur bewegt und daß der vollrelaxierte Zustand die dichteste Maschenstruktur aufweist. Die Abb. 5 zeigt die Abhängigkeit des Maschenmoduls σ von den Maschendichte-Koeffizienten.

Tabelle I

	k_p	k_s	σ	Quelle*
Trocken relaxierter Zustand	3,8	5,0	18,27	[3]
Nass relaxierter Zustand	4,1	5,3	14,58	[3]
Vollkommen relaxierter Zustand	4,2	5,5	13,47	[3]
Vollkommen relaxierter Zustand	4,1	5,7	13,35	[4]

* Die hier angegebene Literatur gibt den Wert von k_p und k_s ; σ wurde davon berechnet.

Es ist nun offensichtlich, daß eine Dehnung in Reihenrichtung (Querdehnung) auch vom Grad der Relaxation abhängt; je näher man an den vollrelaxierten Zustand der Maschenware kommt, desto kleiner wird der Wert des Maschenmoduls σ und desto geringer wird die Dehnfähigkeit des Gestricks. Da Kleidungsstücke aus Maschenwaren im Gebrauch viel gewaschen werden, erreichen sie früher oder später den vollrelaxierten Zustand. Deshalb muß schon bei der Konstruktion des Kleidungsstücks dieses Phänomen beachtet und genügend Reserve für die erforderliche Dehnbarkeit eingerechnet werden. Die Querdehnung der Maschenware hängt nicht nur vom Maschenmodul σ , sondern auch vom K-Wert, dem Quotienten aus Reihen- und Stäbchendichte, ab, wie in Abb. 4 zu sehen

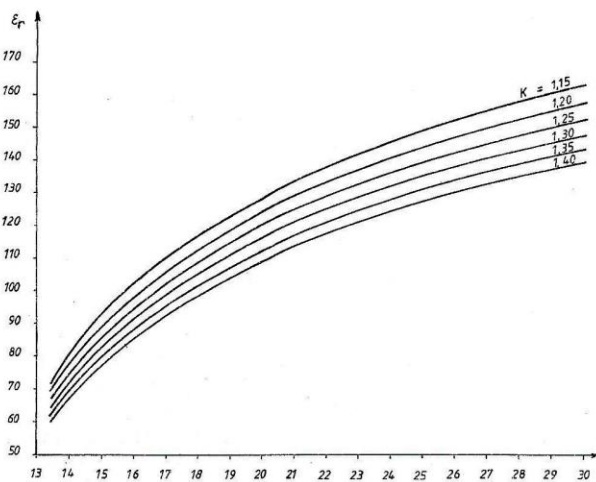


Abb. 4

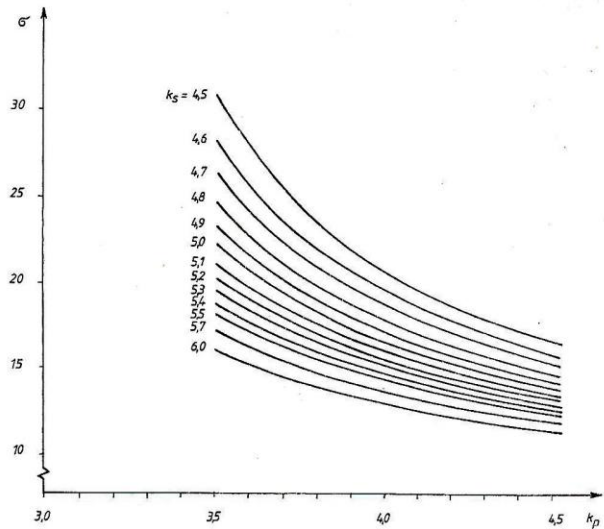


Abb. 5

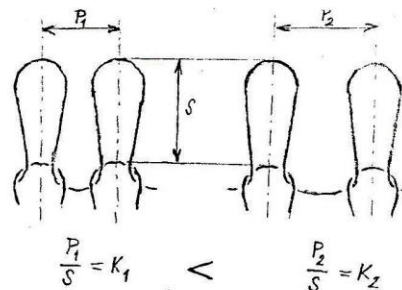


Abb. 6

ist. Je größer der Wert für K, desto größer ist der relative Unterschied des Maschenstäbchenabstands gegenüber dem Maschenreihenabstand (Abb. 6). Der größte K-Wert zeigt somit auch an, daß diese Maschenware bereits einen Teil ihres Querdehnungsvermögens eingebüßt hat.

Die eingangs gestellte Frage, welche Gestrickparameter eine 100%ige Querdehnung erlauben, kann nun mit Blick auf die Abb. 4 beantwortet werden. Nimmt man zum Beispiel einen K-Wert von 1,3 und ein Maschenmodul σ von 17,2 bei einer Garnfeinheit von 20 tex, so läßt sich der Garndurchmesser mit der Formel (11) berechnen:

$$d = 0,037 \cdot \sqrt{20} = 0,165 \text{ mm}$$

Die Maschenlänge läßt sich aus Formel (1) berechnen:

$$l = \sigma \cdot d = 17,2 \cdot 0,165 = 2,84 \text{ mm}$$

Zum Maschenmodul $\sigma = 17,2$ gehört nach Formel (17), oder abzulesen aus der Grafik in Abb. 5, der Stäbchendichte-Koeffizient $k_p = 3,9$, wenn für den Reihendichte-Koeffizient $k_s = 5,0$ eingesetzt wird. Mit den Formeln (12) und (13) lassen sich damit die folgenden Maschendichten berechnen:

$$\text{für die Reihendichte } s = \frac{k_s}{l} = \frac{5,0}{0,284} = 17,6/\text{cm}$$

$$\text{für die Stäbchendichte } p = \frac{k_p}{l} = \frac{3,9}{0,284} = 13,7/\text{cm}$$

Mit den Maschendichten kann auch das Flächengewicht der glatten Rechts/Links-Maschenware nach folgender Formel berechnet werden:

$$M = \frac{p \cdot s \cdot l \cdot \text{tex}}{10} = \frac{13,7 \cdot 17,6 \cdot 0,284 \cdot 20}{10} = 137 \text{ g/m}^2$$

Angenommen, die Maschenware wurde, vielleicht um das Flächengewicht zu reduzieren oder um die Zuschnittausbeute zu optimieren, in der Veredlung um 5% breiter gespannt. Dadurch erhöht sich auch der K-Wert um 5% auf $K = 1,37$, weil der Maschenstäbchenabstand um 5% größer wurde.

Das Maschenmodul σ bleibt unverändert auf dem Wert 17,2, da sich bei der angenommenen Dehnung weder der Garn-durchmesser d , noch die Maschenlänge l ändern.

Die 5%ige Breitendehnung reduziert somit das Dehnungspotential auf 95%. Dies kann auch aus der Grafik in der Abb. 4 abgelesen werden.

Mit der Veränderung des Verhältnisses von Maschenreihen- zu Maschenstäbchenabstand (K) ändert sich natürlich auch das Verhältnis der Reihen- zur Stäbchendichte ($k_s:k_p$).

Unter der Annahme, daß sich bei der vorgenommenen Breitendehnung die Reihendichte nicht verändert hat und somit weiterhin $k_s = 5,0$ ist, gilt für k_p durch den um 5% von 1,3 auf 1,37 erhöhten K-Wert:

$$k_p = \frac{k_s}{K} = \frac{5,0}{1,37} = 3,65$$

Mit dem veränderten Wert von k_p ergibt sich die neue Stäbchendichte

$$p = \frac{k_p}{l} = \frac{3,65}{0,284} = 12,9/\text{cm}$$

und damit ein neues Flächengewicht

$$M = \frac{p \cdot s \cdot l \cdot \text{tex}}{10} = \frac{12,9 \cdot 17,6 \cdot 0,284 \cdot 20}{10} = 129 \text{ g/m}^2$$

Zusammenfassung

Eine der wichtigsten Eigenschaften von Maschenwaren ist ihre Dehnbarkeit. Für qualitativ hochwertige Kleidungsstücke sollte es nicht dem Zufall überlassen bleiben, ob die verwendeten Gestricke die geforderte Dehnbarkeit erreichen. Gestricke sollten mit Hilfe der bekannten Formeln berechnet und auf konkrete Dehnbarkeiten hin konstruiert werden.

Verwendete Formelzeichen:

σ	= Maschenmodul
l	= Maschenlänge
d	= Garndurchmesser
S	= Abstand zweier Maschenreihen
P	= Abstand zweier Maschenstäbchen
s	= Reihendichte
p	= Stäbchendichte
k_s	= Reihendichtekoeffizient
k_p	= Stäbchendichtekoeffizient
K	= Maschenformfaktor
χ	= Garnquerschnittskonstante
ϵ_r	= Querdehnung (in Reihenrichtung)
M	= Flächenmasse

Literatur

- [1] Dalidowitsch, A.S.
Osnovy teorii wjazanija
Legkaja Industrija, Moskau, 1970
- [2] Vékássy, A.
Examination of the cover factor and specific weight of weft-knitted texture based on the exact value of the loop length
Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae. Tom. XXXI. Fasc. 1-2, 1960
- [3] Spencer, D.
Knitting technology
Pergamon Press, Oxford, 1982
- [4] Araújo, M.D.; Costa, A.
A universal computer model for the engineering of weft-knitted fabrics
Journal of the Textile Institute, 1986, No. 4 □