

# PRÜFUNG VON ELASTISCHEN WAREN DURCH GUMMIMEMBRANBERSTUNG

Von

A. VÉKÁSSY

Lehrstuhl für Textiltechnologie und Leichtindustrie, Technische Universität, Budapest

(Eingegangen am 30. Juli 1971)

Unter den stark dehnbaren Erzeugnissen der Textilindustrie sind die Wirkwaren die kennzeichnendsten. Will man über deren mechanische Eigenschaften Aufschluß erhalten, ist es am zweckmäßigsten, eine Untersuchungsmethode anzuwenden, bei der die untersuchte Ware einer Beanspruchung ausgesetzt wird, die die beim Tragen vorkommenden Beanspruchungen womöglich gut annähert.

Das Streifen-Zerreißverfahren — ob das einfache oder das Verfahren System Grab angewandt wird — würde nicht nur deshalb keine einwandfreie Information liefern, weil Wirkwaren fast überhaupt keinen Beanspruchungen ausgesetzt sind, die dem Streifen-Zerreißen entsprechen, sondern auch, weil sich diese Prüfung nicht bei jeder auf einer Wirkmaschine hergestellten Ware anwenden läßt. Waren in Schlußsystem sind z. B. wegen der Auftrennung zum Reißen in Maschenreihenrichtung nicht geeignet. Dabei ist beim Streifen-Zerreißen die Lastverteilung außerordentlich ungleichmäßig, es kommt eine starke Kontraktion vor, wodurch unzuverlässige Meßwerte erhalten werden.

Der Gebrauchsbeanspruchung von Wirkwaren steht eine auf eine Kugel­fläche verteilte Ausbeulungsbelastung am nächsten. Kleiderstücke, die die Knie, Ellbogen, Fersen usw. bedecken, sind derartigen Beanspruchungen ausgesetzt.

Für eine die Gebrauchsbeanspruchungen annähernde Untersuchung können also die auf Berstbeanspruchung fußenden Kugeldruck- oder Gummimembran-Verfahren in Frage kommen.

Die Kugeldruckuntersuchung ist in der Ausführung einfacher, doch wird die Berstkraft durch die Veränderung des Verhältnisses der bei der Deformation entstehenden zwei Flächenarten und durch die damit entstehende, verwickelte Kraftverteilung sowie durch die starke Reibung zwischen Kugel und Wirkware wesentlich und je nach Warenart in verschiedener Weise beeinflußt.

Das Gummimembran-Verfahren hat den Vorteil, daß sich Gummi und Ware zusammen ausdehnen; damit können die Reibungskräfte bei der Deformation vernachlässigt werden.

### Untersuchung des Gummimembrane-Berstverfahrens

Bei der Berstmethode unter Anwendung einer Gummimembrane verformen sich die die Belastung übertragende Gummiplatte und die untersuchte Ware gleichzeitig.

Eine wichtige Frage dieser Untersuchungsmethode besteht darin, wie sich bei der Berstbeanspruchung die Belastung auf der Oberfläche der Gummimembrane und vor allem der untersuchten Ware verteilt.

Um dies zu ermitteln, führte ich eine Versuchsreihe durch.

Bei Berstbeanspruchungen bis zu derselben Wölbhöhe ist eine unterschiedliche Verformung zu verzeichnen, je nach dem, ob nur die Gummimembrane ohne Wirkware oder die beiden gemeinsam belastet werden. Die Gummimembrane isotroper Struktur nimmt mit guter Näherung eine Kugelfläche an, während bei der Belastung des Komplexes Gummi-Wirkware bereits eine Abweichung von der Kugelfläche zu verzeichnen ist. Die erhaltene Fläche kann auch nicht als Rotationsfläche betrachtet werden.

Offenbar entsteht bei der Berstbeanspruchung eine Wechselwirkung zwischen den beiden Materialien, die sich darin geltend macht, daß der Formänderung der Gummimembrane durch das geringere Dehnungsvermögen der Ware von anisotroper Struktur Grenzen gesetzt werden.

Die Wechselwirkung läßt sich lediglich insofern auflösen, daß das Verhalten der Gummimembrane von der Ware unabhängig geprüft werden kann, während es nicht möglich ist, die Ware vom Gummi unabhängig zu machen.

#### Lastverteilung bei Gummimembranen unter Berstbeanspruchung

Es liegt auf der Hand, auf die Spannungs-Dehnungsverhältnisse der beim Berstversuch verwendeten Gummiplatten die Beziehungen der Rotationschalen auf Grund der Membrantheorie anzuwenden. Übrigens wird in der Membrantheorie an den Kanten des angehobenen Flächenelements eine lineare Spannungsverteilung angenommen (Abb. 1) und aus den Gleichgewichtsgleichungen der auf die Fläche  $dS$  wirkenden Elementarkräfte  $dP_1$ ,  $dP_2$ ,  $dP_3$  und  $dP$  wird die Beziehung

$$\frac{p_m}{R_k} + \frac{p_r}{R_t} = p \quad (1)$$

abgeleitet, wo

- $p$  den Druck des auf die Membrane wirkenden Mediums,
- $p_m$  die lineare Spannung in Meridianrichtung,
- $p_r$  die lineare Spannung in Radialrichtung

bedeuten. Die Halbmesser  $R_k$  und  $R_t$  sind in Abb. 2 zu sehen.

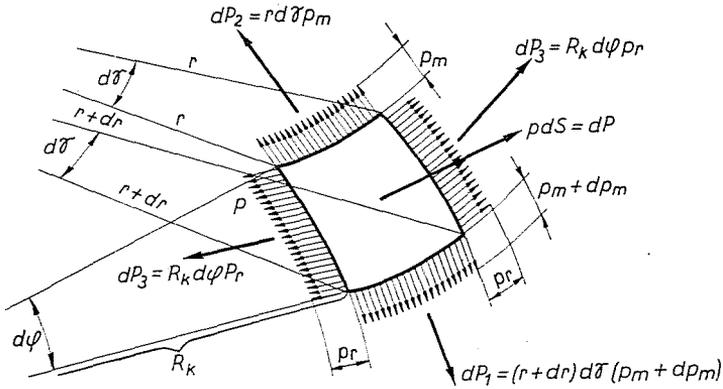


Abb. 1

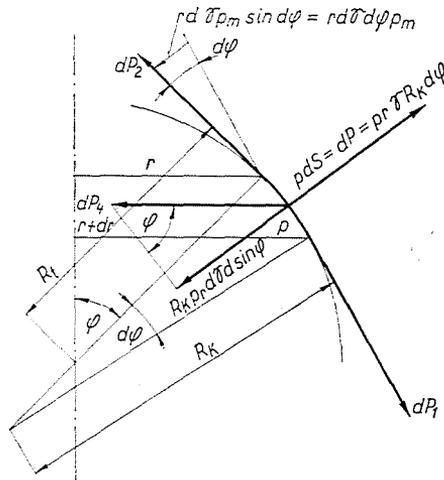


Abb. 2

Ist die Rotationsfläche eine Kugel mit dem Halbmesser  $R$ , so gelten

$$R_k = R_t = R$$

und

$$p_m = p_r = \frac{pR}{2} \quad (2)$$

Wird die Beanspruchung des Gummis beim Berstversuch als zweiachsiger Zug betrachtet, ergibt sich die Zugspannung im Querschnitt der Membrane zu

$$\sigma = \frac{P_m}{V_g} \quad (3)$$

wo  $V_g$  die Wanddicke der Membrane bedeutet, die sich bei der Belastung verändert.

Da sich bei der Belastung das Volumen des Gummis praktisch nicht verändert, gilt

$$(1 + \lambda_x)(1 + \lambda_y)(1 + \lambda_z) = 1, \quad (4)$$

wo  $\lambda$  den linearen Formänderungsfaktor der Gummiplatte in Richtung der Achsen  $x, y$  und  $z$  bedeutet. Bei zweiachsigem Zug sind die linearen Dehnungen zur Membranoberfläche, d. h. zur Ebene  $xy$  paralleler Richtung gleich, also ist

$$(1 + \lambda_x) = (1 + \lambda_y) = (1 + \lambda).$$

Die Zugspannung  $\sigma$  im Membranquerschnitt ändert sich im Laufe der Belastung, weil  $V_g \neq \text{konst.}$  ist.

Zwischen der Wanddicke ohne Belastung  $V_{g_0}$  und dem auf die Fläche senkrechten, linearen Formänderungsfaktor  $1 + \lambda_x$  besteht die Beziehung:

$$V_g = V_{g_0}(1 + \lambda_x) = V_{g_0} \frac{1}{(1 + \lambda_x)(1 + \lambda_y)} = \frac{V_{g_0}}{(1 + \lambda)^2}. \quad (5)$$

Damit ergibt sich die Zugspannung unter Anwendung der Beziehungen (2), (3) und (5) zu

$$\sigma = \frac{pR}{2V_{g_0}}(1 + \lambda)^2. \quad (6)$$

Aus dem Vorstehenden folgt, daß bei einer Deformation unter gegebener Drucklast, die durch den Halbmesser  $R$  bestimmt ist, die Lastverteilung dem Wert  $(1 + \lambda)^2$  verhältnisgleich ist, wobei letzterer nichts anderes ist als das Flächendehnungsverhältnis  $1 + \varepsilon_T$ .

Die Lastverteilung in der Membrane wird aus dem Verhältnis  $\left(\frac{F_x}{f_x}\right)$  einer auf der Oberfläche der Gummiplatte der Belastung vorangehend aufgezeichneten Fläche ( $f_x$ ) zu derselben, nach der Belastung vergrößerten Fläche ( $F_x$ ) ermittelt.

Der Einfachheit halber wurde die Membrane zu einer Halbkugel verformt und es wurde festgestellt, daß die aufgezeichneten Flächen bei der Deformation örtlich große Deformationsabweichungen zeigten, je nach dem, in welchem Abstand sie vom Mittelpunkt der Membrane liegen.

Die Flächendehnungsverteilung wird — unter Berücksichtigung der isotropen Struktur der Membrane — zweckmäßigerweise so untersucht, daß die unbelastete Membranoberfläche auf konzentrische Kreise mit konstant zunehmenden Halbmessern aufgeteilt wird (Abb. 3).

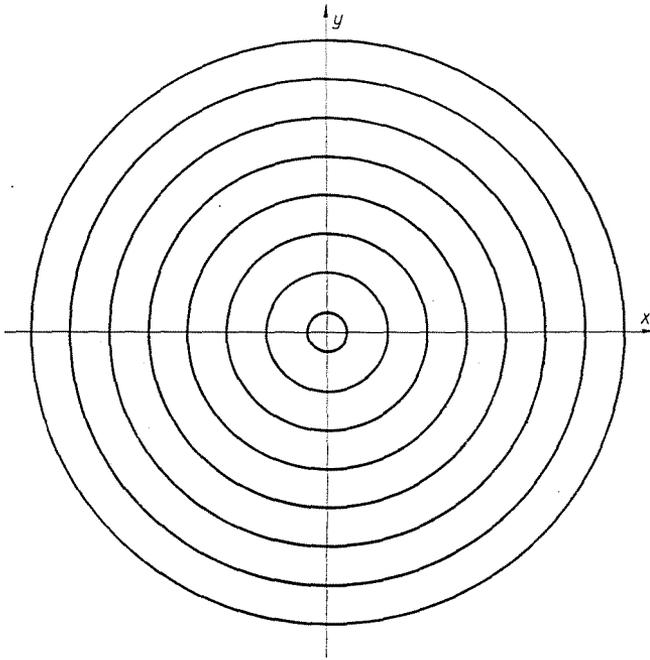


Abb. 3

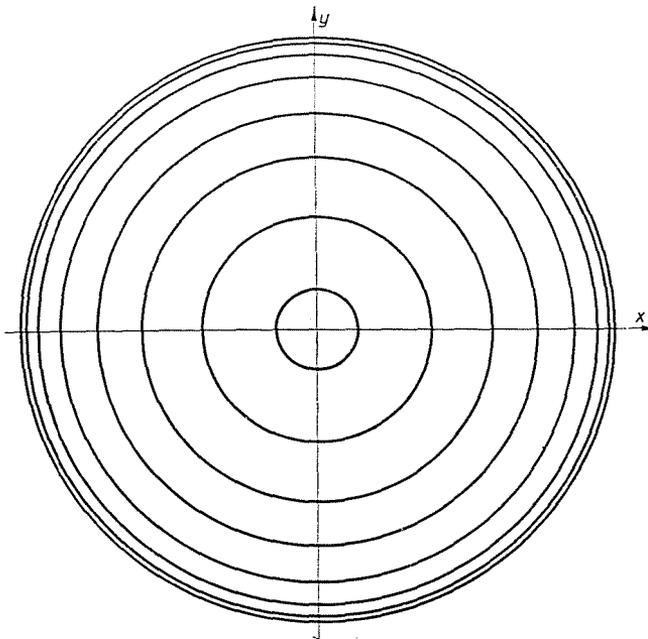


Abb. 4

Nach der Deformation zu einer Halbkugel liegen die konzentrischen Kreise in Draufsicht wie in Abb. 4 gezeigt. Wie zu erkennen ist, sind die Kreise auch weiterhin konzentrisch, doch liegen sie in verschiedenen Ebenen und ihre Anordnung den Meridian entlang ist nicht gleichmäßig (Abb. 5).

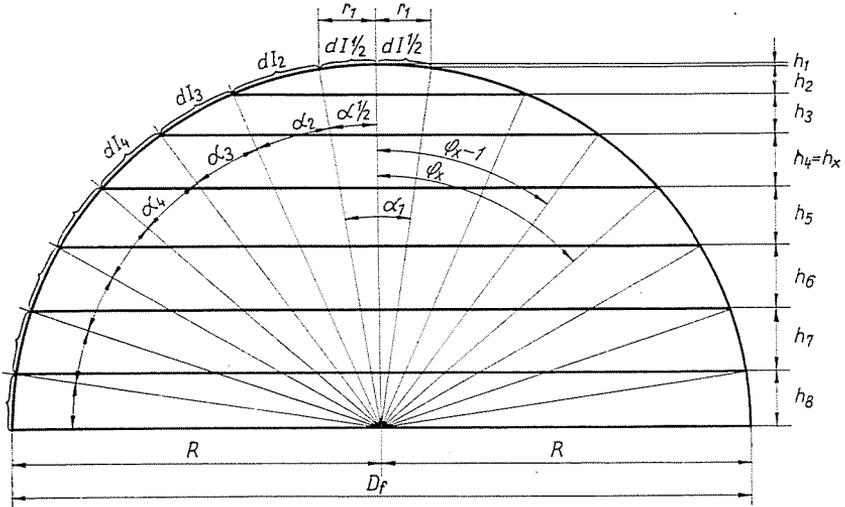


Abb. 5

Es wurden Berstversuche mit mehreren Gummiplatten unterschiedlicher Stärke durchgeführt. Alle wurden zu Halbkugeln verformt, es wurde also eine 100prozentige Flächendehnung erzeugt. Bei der Überprüfung der Formen der Meridiane aus mehreren Richtungen wurde beobachtet, daß diese regelmäßige Halbkreise darstellten.

Stärken der untersuchten Gummiplatten:

Bei	Gummi A	$V_{g_0} = 0,320$ mm
	Gummi B	$V_{g_0} = 0,450$ mm
	Gummi C	$V_{g_0} = 1,660$ mm

Sämtliche Gummiplatten wurden mit einem Kreisring mit dem Durchmesser  $D_f = 195$  mm eingespannt. Werden im zur Halbkugel verformten Zustand die zu den  $d_x$ -Werten gehörenden  $dI_x$ -,  $\alpha_x$ -,  $\sum_{i=1}^x \varphi_i$ -Werte abgelesen (Abb. 5), können daraus die Werte  $h_x$ ,  $F_x$  und  $F_x/f_x$  errechnet werden.

Da in unbelastetem Zustand auf sämtliche Gummiplatten gleiche Kreise aufgezeichnet wurden, sind die Werte  $d_x$ ,  $d_x - d_{x-1}$  und  $f_x$  bei allen drei Gummiplatten unverändert. Damit nehmen sie folgende Werte an:

Tabelle 1

Die Werte  $d_x$ ,  $d_x^2 - d_{x-1}^2$  und  $f_x$  der unbelasteten Gummipplatten

$x$	$d_x$ [mm]	$d_x^2 - d_{x-1}^2$ [mm <sup>2</sup> ]	$f_x$ [mm <sup>2</sup> ]	$C_x$
1	13	169	132,66	1
2	39	1352	1 061,32	8
3	65	2704	2 122,64	16
4	91	4056	3 183,96	24
5	117	5408	4 245,28	32
6	143	6760	5 306,60	40
7	169	8112	6 367,92	48
8	195	9464	7 429,62	56
			29 849,62	

Die Prüfungsdaten der Gummiprobekörper A, B, C sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Die berechneten Verhältniszahlen  $F_x/f_x$  in der Tabelle zeigen für die drei, zu Halbkugeln verformten Gummimembranen das Verhältnis der Flächen nach bzw. vor der Deformation des auf der ebenen Membrane bezeichneten Innenkreises und der diesen umgebenden Kreisringe, d. h. sie geben das der Lastverteilung proportionale Flächendehnungsverhältnis  $1 + \epsilon_T$  an.

Durch die Kreisringeinteilung der ebenen Membrane wurden eigentlich die Membranteile abgegrenzt, deren Flächendehnung als gleich betrachtet wird. So erhielt ich für die Verteilung der Flächendehnung und für die dieser proportionalen Lastverteilung eine diskrete Verteilung.

Bei abnehmendem Radiuszuwachs  $\Delta r$  nähert sich die diskrete Verteilung einer kontinuierlichen. Im vorliegenden Falle geben jedoch die mit der diskreten Verteilung erhaltenen Angaben hinreichenden Aufschluß.

Aufgrund der berechneten Verhältniszahlen  $F_x/f_x$  in Tabelle 2 können in Abhängigkeit vom Durchmesser der Membrane in unbelastetem Zustand die Lastverteilungsdiagramme aufgetragen werden. In Abb. 6 ist die Belastungsveränderung des Gummis A allein, in Abb. 7 ist jene der drei Gummis zusammen in Abhängigkeit von  $d_x$  dargestellt. Wie auch aus den Abbildungen zu erkennen ist, weichen die Verhältniszahlen  $F_x/f_x$  stark voneinander ab. Der im Mittelpunkt der Membrane angenommene  $F_1/f_1$ -Wert ist der höchste und nimmt allmählich auf den bei dem Teil neben dem kleinsten, umfassenden Kreisring erhaltenen Wert  $F_8/f_8$  ab. Die maximale Belastung einer Gummimembrane unter Berstbeanspruchung tritt also örtlich im höchsten Punkt der Kugel­fläche auf.

Tabelle 2

Die Daten der Lastverteilungsdiagramme von Gummimembranen A, B und C

$x$	$y_z$ [mm]	$a_x$ [°]	$h_x$ [mm]	$F_z$ [mm <sup>2</sup> ]	$F_z/f_x$	$C_x F_z/f_x$
Gummi A				$p = 0,015 \text{ kp/cm}^2$		
1	25,00	14,7	0,80	490,79	3,709	3,709
2	24,12	14,2	6,00	3 680,62	3,466	27,730
3	22,87	13,4	10,81	6 624,52	3,119	49,908
4	21,12	12,4	13,89	8 511,73	2,672	64,126
5	19,75	11,6	15,79	9 676,60	2,278	72,902
6	19,00	11,2	17,16	10 512,39	1,980	79,200
7	18,00	10,6	17,42	10 672,71	1,675	80,409
8	16,00	9,4	15,94	9 529,11	1,314	73,573
Gummi B				$p = 0,25 \text{ kp/cm}^2$		
1	27,5	16,2	0,97	592,88	4,467	4,467
2	24,5	14,4	6,44	3 945,27	3,715	29,723
3	22,0	12,9	10,62	6 504,02	3,062	49,000
4	20,5	12,0	13,56	8 303,74	2,607	62,558
5	19,5	11,5	15,58	9 545,02	2,247	71,910
6	18,5	10,9	16,65	10 199,41	1,921	76,840
7	17,5	10,3	16,88	10 338,84	1,623	77,889
8	16,9	9,9	16,81	10 270,10	1,386	77,599
Gummi C				$p = 0,14 \text{ kp/cm}^2$		
1	27,00	15,9	0,93	571,14	4,303	4,303
2	23,85	14,0	6,13	3 754,63	3,536	28,287
3	22,50	13,2	10,74	6 577,90	3,097	49,557
4	21,30	12,6	14,07	8 619,24	2,706	64,937
5	20,00	11,8	16,06	9 779,93	2,317	74,131
6	19,00	11,2	17,19	10 536,40	1,985	79,380
7	18,00	10,6	17,44	10 681,96	1,677	80,477
8	15,00	8,8	14,93	9 178,04	1,231	68,919

Man erhält von der Lastverteilung in einer Gummimembrane unter Berstwirkung ein viel reelleres Bild, wenn die Lastverteilung nicht in Abhängigkeit von dem mit konstantem  $\Delta r$  zunehmenden Durchmesser, sondern in Abhängigkeit von der unbelasteten Membranfläche oder von der verformten (im vorliegenden Falle Halbkugel-)Fläche angegeben wird.

Wird das Lastverteilungsdiagramm auf die unbelastete Membranfläche bezogen aufgezeichnet, so sind die für die einzelnen Intervalle erhaltenen Dehnungsverhältnisse den betreffenden Flächenteilen entsprechend gewogen zu berücksichtigen. Der Faktor  $C_x$  in der letzten Spalte der Tabelle 1 zeigt

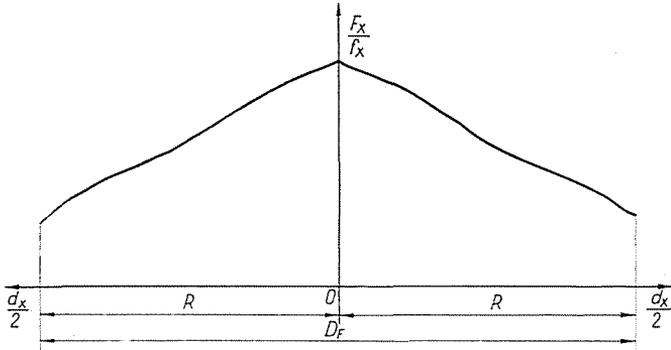


Abb. 6

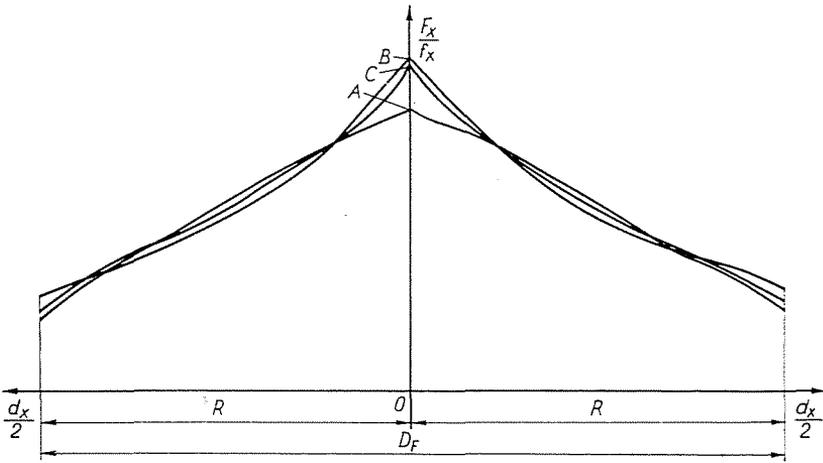


Abb. 7

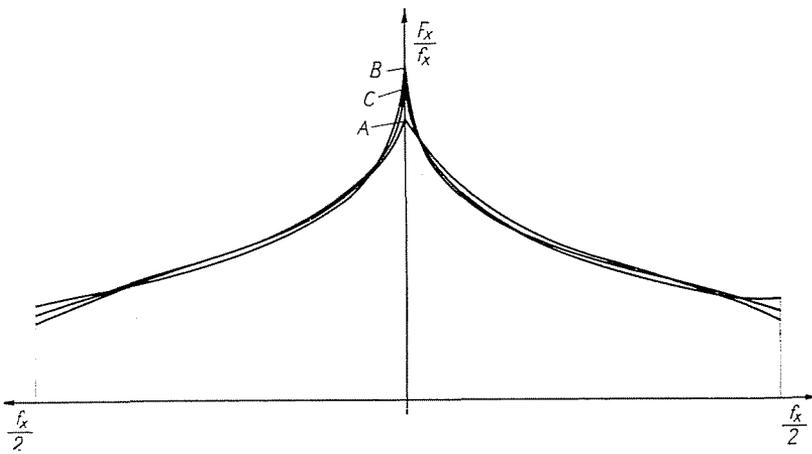


Abb. 8

das Verhältnis der Fläche des auf die Membrane gezeichneten inneren Kreises zu den Flächen der diesen umgebenden Kreisringe. Der äußerste Kreisring hat z. B. eine 56mal größere Fläche als die Fläche des inneren Kreises, das hier ermittelte Dehnungsverhältnis  $F_8/f_8 = 1 + \varepsilon_8$  kommt also auf einer 56mal größeren Fläche zur Geltung, als das für den Innenkreis erhaltene Dehnungsverhältnis  $F_1/f_1 = 1 + \varepsilon_1$ .

Die Lastverteilung der Gummimembranen A, B und C wurde in Abhängigkeit von den vom Koordinatenursprung rechts und links symmetrisch aufgetragenen  $f_x/2$ -Flächen in Abb. 8 dargestellt.

Mit Hilfe der gewogen berücksichtigten Dehnungsverhältniszahlen läßt sich bei einer Deformation genau bis zur Halbkugelform der zahlenmäßige Wert des durchschnittlichen Dehnungsverhältnisses nachweisen. Es gilt nämlich

$$\frac{f_1}{\sum_{x=1}^8 f_x} (1 + \varepsilon_1) + \frac{f_2}{\sum_{x=1}^8 f_x} (1 + \varepsilon_2) + \dots + \frac{f_8}{\sum_{x=1}^8 f_x} (1 + \varepsilon_8) = 1 + \varepsilon_{\text{durchsch. } \Sigma f_x}, \quad (7)$$

da jedoch  $1 + \varepsilon_x = \frac{F_x}{f_x}$

$$\frac{f_1}{\sum_{x=1}^8 f_x} \frac{F_1}{f_1} + \frac{f_2}{\sum_{x=1}^8 f_x} \frac{F_2}{f_2} + \dots + \frac{f_8}{\sum_{x=1}^8 f_x} \frac{F_8}{f_8} = 1 + \varepsilon_{\text{durchsch. } \Sigma f_x} \quad (8)$$

und nach Vereinfachung

$$\frac{F_1}{\sum_{x=1}^8 f_x} + \frac{F_2}{\sum_{x=1}^8 f_x} + \dots + \frac{F_8}{\sum_{x=1}^8 f_x} \frac{\sum_{x=1}^8 F_x}{\sum_{x=1}^8 f_x},$$

da der Zähler die Halbkugeloberfläche und der Nenner die Oberfläche der unbelasteten Membrane bedeuten, gilt also

$$\frac{\sum_{x=1}^8 F_x}{\sum_{x=1}^8 f_x} = 2 = 1 + \varepsilon_{\text{durchsch. } \Sigma f_x}.$$

Wird das Lastverteilungsdiagramm auf die Halbkugeloberfläche bezogen konstruiert, so sind vom Koordinatenursprung rechts und links  $F_x/2$ -Flächen anzusetzen. Die derartig konstruierten Diagramme für die Gummimembranen A, B und C sind in Abb. 9 gezeigt.

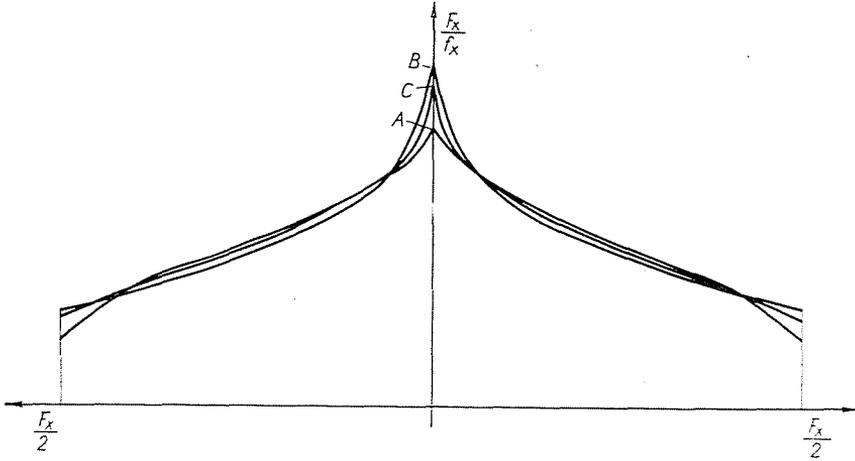


Abb. 9

Der numerische Wert des durchschnittlichen Dehnungsverhältnisses läßt sich in diesem Falle wie folgt ermitteln:

$$\frac{F_1}{\sum_{x=1}^8 F_x} (1 + \varepsilon_1) + \frac{F_2}{\sum_{x=1}^8 F_x} (1 + \varepsilon_2) + \dots + \frac{F_8}{\sum_{x=1}^8 F_x} (1 + \varepsilon_8) = 1 + \varepsilon_{\text{durchsch. } \Sigma F_x} \quad (9)$$

$$\frac{F_1}{\sum_{x=1}^8 F_x} \frac{F_1}{f_1} + \frac{F_2}{\sum_{x=1}^8 F_x} \frac{F_2}{f_2} + \dots + \frac{F_8}{\sum_{x=1}^8 F_x} \frac{F_8}{f_8} = 1 + \varepsilon_{\text{durchsch. } \Sigma F_x} \quad (10)$$

$\varepsilon_{\text{durchsch. } \Sigma F_x} \neq \varepsilon_{\text{durchsch. } \Sigma f_x}$ , da erforderlich wäre, daß die Beziehung  $F_x = 2 f_x$  für sämtliche bezeichnete, unbelastete und verformte Flächenteile gültig sei. Wird nämlich Formel (7) in der untenstehenden Form

$$\frac{2 f_1}{2 \sum_{x=1}^8 f_x} (1 + \varepsilon_1) + \frac{2 f_2}{2 \sum_{x=1}^8 f_x} (1 + \varepsilon_2) + \dots + \frac{2 f_8}{2 \sum_{x=1}^8 f_x} (1 + \varepsilon_8) = 1 + \varepsilon_{\text{durchsch. } \Sigma f_x} \quad (11)$$

angeschrieben, also Formel (11) mit Formel (9) verglichen, so besteht die Bedingung der Gleichstimmung von  $\varepsilon_{\text{durchsch. } \Sigma F_x}$  und  $\varepsilon_{\text{durchsch. } \Sigma f_x}$  darin, daß in jedem Glied  $F_x = 2 f_x$  oder, wenn  $F_x \neq 2 f_x$  ist,

$$\sum_{x=1}^8 2 f_x \frac{1 + \varepsilon_x}{\sum_{x=1}^8 F_x} = \sum_{x=1}^8 F_x \frac{1 + \varepsilon_x}{\sum_{x=1}^8 F_x}$$

gelte.

Tabelle 3

Die Daten zu der Bestimmung  $1 + \varepsilon_{\text{durchsch.}} \Sigma F_x$  bei den Gummimembranen A, B und C

$x$	$F_x$	$F_x \frac{1}{\Sigma F_x}$	$F_x/f_x$	$\frac{F_x}{\Sigma F_x} \frac{F_x}{f_x}$
Gummi A				
1	490,78	0,008221	3,709	0,03049
2	3680,62	0,061653	3,466	0,21372
3	6 624,52	0,110965	3,119	0,34613
4	8 511,63	0,142577	2,672	0,38095
5	9 676,61	0,162090	2,278	0,36927
6	10 512,39	0,176090	1,980	0,34866
7	10 672,71	0,1787754	1,675	0,29948
8	9 529,91	0,159633	1,314	0,20976
$1/\Sigma F_x = 1,67507 \cdot 10^{-5}$			$2,19846 = \sum_{x=1}^8 \frac{F_x}{\Sigma F_x} \frac{F_x}{f_x}$	
Gummi B				
1	592,88	0,009931	4,467	0,04273
2	3 945,27	0,0066086	3,715	0,23368
3	6 504,02	0,108947	3,062	0,33741
4	8 303,75	0,13909	2,607	0,37638
5	9 545,015	0,15988	2,247	0,37044
6	10 199,41	0,17085	1,921	0,33914
7	10 338,83	0,17318	1,623	0,28696
8	10 299,99	0,17253	1,386	0,21238
$1/\Sigma F_x = 1,67507 \cdot 10^{-5}$			$2,19912 = \sum_{x=1}^8 \frac{F_x}{\Sigma F_x} \frac{F_x}{f_x}$	
Gummi C				
1	571,17	0,0095675	4,303	0,04117
2	3 754,63	0,0628930	3,536	0,22238
3	6 577,90	0,110184	3,097	0,34127
4	8 619,24	0,14438	2,706	0,39065
5	9 839,93	0,1648	2,317	0,38177
6	10 536,40	0,1765	1,985	0,35025
7	10 681,96	0,1789	1,677	0,29994
8	9 178,0438	0,1537	1,231	0,18921
$1/\Sigma F_x = 1,67507 \cdot 10^{-5}$			$2,21665 = \sum_{x=1}^8 \frac{F_x}{\Sigma F_x} \frac{F_x}{f_x}$	

Für die untersuchten 3 Gummimembranen verschiedener Stärke wurde anhand der Untersuchungsergebnisse der Wert  $\varepsilon_{\text{durchsch.}} \Sigma F_x$  errechnet. Die Rechenergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefaßt. Wie aus der Summierung

in der Tafel zu erkennen ist, wurden folgende Werte erhalten:

$$\begin{aligned} \text{Gummi A : } 1 + \varepsilon_{\text{durchsch. } \Sigma F_z} &= 2,19846 \\ \text{Gummi B : } 1 + \quad \quad \quad \quad \quad &= 2,19912 \\ \text{Gummi C : } 1 + \quad \quad \quad \quad \quad &= 2,21665 \end{aligned}$$

Das heißt, es ergab sich in allen drei Fällen

$$\varepsilon_{T \text{ durchsch. } \Sigma F_z} > 2,$$

also ist

$$\varepsilon_{T \text{ durchsch. } \Sigma F_z} > \varepsilon_{T \text{ durchsch. } \Sigma f_z}$$

Vergleicht man die für die 3 untersuchten Gummiplatten erhaltenen Diagramme, läßt sich feststellen,

1. daß die Lastverteilung in den drei Fällen ähnlicher Natur ist, d. h. vom Zentrum ausgehend in Richtung des Perimeters abnimmt, wobei im Vergleich zur Belastung des Zentrums eine Verminderung von etwa 70 bis 75% zu verzeichnen ist;
2. daß die Lastverteilung am gleichmäßigsten ist, wenn sie auf den Einspannungsdurchmesser bezogen wird, und am ungleichmäßigsten, wenn sie sich auf die unbelastete Membranfläche bezieht;

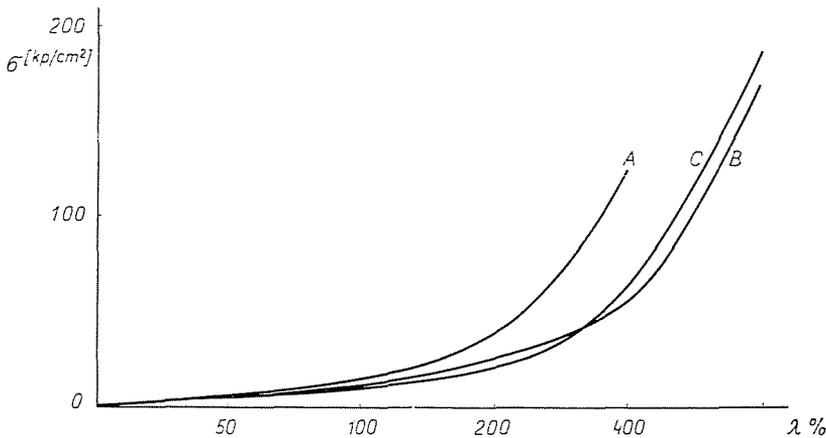


Abb. 10

3. daß von den drei Gummiplatten sich die Platten B und C hinsichtlich der Lastverteilung in ähnlicher Weise verhalten, d. h. daß hier die Lastverteilung weniger gleichmäßig, im Gummi A gleichmäßiger ist.

Dieses Verhalten läßt sich durch den unterschiedlichen Elastizitätsmodul erklären.

Nach Aufzeichnung des Spannungs-Dehnungs-Diagramms für die drei Gummiarten (Abb. 10) ergab sich, daß die Gummi B und C einen kleineren

mittleren Elastizitätsmodul haben als Gummi A. Das bedeutet, daß bei den Gummi B und C zu derselben Belastung eine größere Dehnung gehört als im Falle von Gummi A. Damit wird auch die Stärkeverminderung in der Umgebung des Zentrums bei den Gummi B und C größer sein. Dieser Umstand ist die Quelle der Ungleichheit.

### Lastverteilung in elastischen Waren unter Berstbeanspruchung

Aus dem vorstehenden Titel geht zwar nicht hervor, daß es sich hier offenbar um die gemeinsame Beanspruchung einer Gummimembrane und einer elastischen Ware bei Berstprüfung handelt, die erzielten Ergebnisse weisen jedoch stärker auf die Wareneigenschaften hin, weil dem Druck  $p$  des Mediums unterhalb der Membrane durch den gemeinsamen Widerstand von Ware und Gummi Gleichgewicht gehalten wird, d. h.

$$p = p_g + p_k$$

gilt, wobei im Vergleich zum durch die Ware vertretenen Druck  $p_k$  der durch die Gummimembrane vertretene Druck  $p_g$  um etwa die Größenordnung 10 kleiner ist.

Die an der Gummimembrane allein durchgeführten Untersuchungen brachten das etwas überraschende Ergebnis, daß die Lastverteilung trotz der isotropen Struktur ziemlich ungleich ist. Das läßt sich teils auf die Kreisring-Einspannung, teils auf die ungleiche Stärkenänderung des Gummis zurückführen. Bei den über den Gummi gezogenen elastischen Stoffen kommt noch zu den genannten Einflußfaktoren hinzu, daß diese Waren in der Regel von anisotroper Struktur sind. Besonders auffallend ist die Anisotropie der Wirkwaren, die sehr unterschiedliche Dehnungsvermögen in Richtung der Maschenreihen bzw. der Maschenstäbchen aufweisen.

Die bei der Prüfung der Gummimembrane angewandte Untersuchung der Lastverteilung anhand der flächenmäßigen Dehnungsverteilung bedarf also einer Umgestaltung. Die bei der Gummimembrane angewandte kreisringartige Flächeneinteilung mit konstant zunehmenden Halbmessern kam wegen der Anisotropie der Wirkware nicht in Frage. Statt dieser wurde auf die Oberfläche der unbelasteten Ware mit zu den Richtungen der Maschenreihen bzw. Maschenstäbchen parallelen Linien ein Quadratnetz aufgezeichnet (Abb. 11). Bei der Deformation im Berstversuch werden aus den auf der unbelasteten Warenfläche angelegten Quadraten annähernd sphärische Vierecke verschiedener Größe. Die Lastverteilung in der Ware läßt sich nun aus dem Verhältnis der Flächen der auf die Warenoberfläche vor der Belastung aufgezeichneten Quadrate zu den nach der Belastung zu sphärischen Vierecken verformten, vergrößerten Flächen ermitteln.

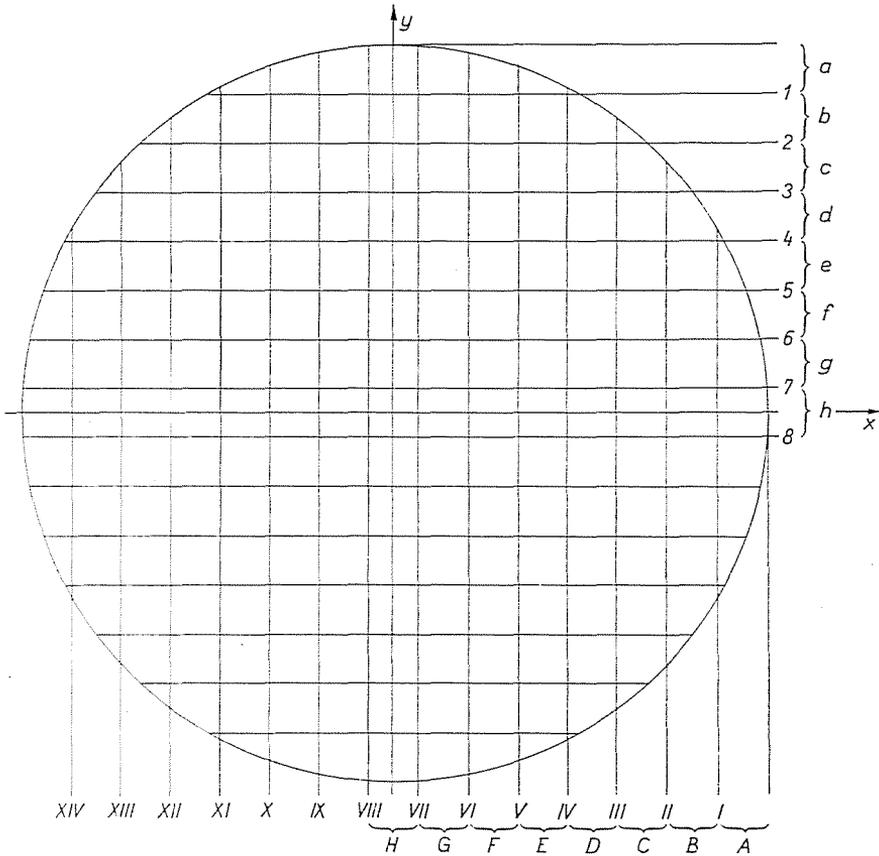


Abb. 11

Bei der für die Ermittlung der Dehnungsverhältnisse erforderlichen Bestimmung der Flächen der sphärischen Vierecke stellten sich eine Anzahl Probleme.

1. Die beim Berstversuch erhaltene Warenfläche stellt keine regelmäßige Kugelkappe dar.

2. Die zu den Maschenstäbchen bzw. zu den Maschenreihen parallelen Meridiane weisen wesentliche Abweichungen auf, also kann die erhaltene Warenfläche auch nicht als Rotationsfläche betrachtet werden.

3. Wird auch mit einer gewissen Vernachlässigung die Oberfläche der Ware als Kugelfläche betrachtet, lassen sich die aus der sphärischen Geometrie bekannten einfachen Beziehungen doch nicht anwenden, weil die Seiten der erhaltenen sphärischen Vierecke keine Großkreise der vorausgesetzten Kugel sind.

Diese Schwierigkeiten wurden so überwunden, daß ich für jedes annähernd zu einem sphärischen Viereck verformte Flächenelement den Halb-

messer seiner Schmieggugel konstruierte und im weiteren bereits mit Kugel-  
flächen rechnete. Eine weitere Vereinfachung wurde bei der Flächenberech-  
nung der sphärischen Vierecke eingeführt. Es wurden nämlich die Projektionen  
auf die  $xy$ -Ebene der durch die vier Ecken der einzelnen sphärischen Vierecke  
bestimmten Seiten als Geradenabschnitte betrachtet. Eine Konstruktion in  
stark vergrößertem Maßstab zeigte, daß die Vernachlässigung ganz gering  
sei, wobei sich die Fehler bei einander gegenüber liegenden Seiten auch aus-  
gleichen.

Damit ergeben sich die in der Projektion durch Geradenabschnitte  
begrenzten Flächen der sphärischen Vierecke zu

$$F = \iint_{(T)} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} dx dy, \quad (12)$$

da

$$Z = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}$$

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{-x}{\sqrt{R^2 - x^2 - y^2}} \quad \frac{\partial z}{\partial y} = \frac{-y}{\sqrt{R^2 - x^2 - y^2}},$$

damit gelten

$$F = \iint_{(T)} \sqrt{1 + \frac{x^2}{R^2 - x^2 - y^2} + \frac{y^2}{R^2 - x^2 - y^2}} dx dy$$

$$F = \iint_{(T)} \frac{R}{\sqrt{R^2 - x^2 - y^2}} dx dy. \quad (13)$$

Die Ordinate  $y$  eines beliebigen Punktes  $P$  der Kugelfläche darf in  
polarer Form ausgedrückt werden (Abb. 12)

$$y = \sqrt{R^2 - x^2} \sin \varphi, \quad y^2 = R^2 \sin^2 \varphi - x^2 \sin^2 \varphi$$

$$dy = \sqrt{R^2 - x^2} \cos \varphi d\varphi$$

$$\sin \varphi = \frac{y}{\sqrt{R^2 - x^2}} \quad \varphi = \arcsin \frac{y}{\sqrt{R^2 - x^2}}. \quad (14)$$

Die Werte von  $dy$  und  $y^2$  in Gleichung (13) eingesetzt, erhält man

$$F = \iint_{(T)} \frac{R}{\sqrt{R^2 - x^2 - R^2 \sin^2 \varphi + x^2 \sin^2 \varphi}} \sqrt{R^2 - x^2} \cos \varphi d\varphi dx.$$

Nach Vereinfachungen und Zusammenziehungen hat man:

$$F = \iint_{(T)} \frac{R}{\sqrt{R^2 - x^2}} \frac{1}{\sqrt{1 - \sin^2 \varphi}} \sqrt{R^2 - x^2} \cos \varphi \, d\varphi \, dx = \iint_{(T)} R \, d\varphi \, dx$$

$$F = R \int_{x_1}^{x_2} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi \, dx = R \int_{x_1}^{x_2} (\varphi_2 - \varphi_1) \, dx.$$

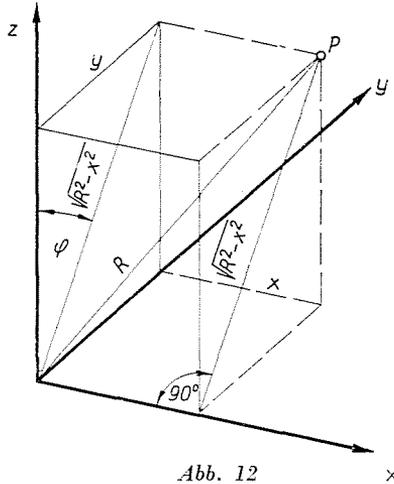


Abb. 12

Den Wert von  $\varphi$  aufgrund der Beziehung (14) eingesetzt, ergibt sich

$$F = R \int_{x_1}^{x_2} \left( \arcsin \frac{y_2}{\sqrt{R^2 - x^2}} - \arcsin \frac{y_1}{\sqrt{R^2 - x^2}} \right) dx. \quad (15)$$

Da die Seiten der sphärischen Vierecke in der Projektion auf die  $xy$ -Koordinatenebene durch Geradenabschnitte angenähert wurden, können  $y_2$  und  $y_1$  als lineare Funktionen von  $x$  ausgedrückt werden:

$$y_2 = m_2 x + b_2$$

und

$$y_1 = m_1 x + b_1,$$

damit gilt

$$F = R \int_{x_1}^{x_2} \left( \arcsin \frac{m_2 x + b_2}{\sqrt{R^2 - x^2}} - \arcsin \frac{m_1 x + b_1}{\sqrt{R^2 - x^2}} \right) dx. \quad (16)$$

Dieses Integral gibt die Oberfläche des sphärischen Vierecks über dem durch die Abszissen  $x_2$ ,  $x_1$  und die Geraden  $y_2 = m_2x + b_2$ ,  $y_2 = m_1x + b_1$  begrenzten Viereck an (Abb. 13).

In unserem Falle ist die Lage der sphärischen Vierecke einfacher, weil wir uns lediglich auf die Berechnung der Flächen der sphärischen Quadrate, die zur Maschenreihenrichtung zwischen den Meridianen  $7-8 = h$  parallel liegen, sowie der durch die Meridiane VII—VIII begrenzten, zu den Maschen-

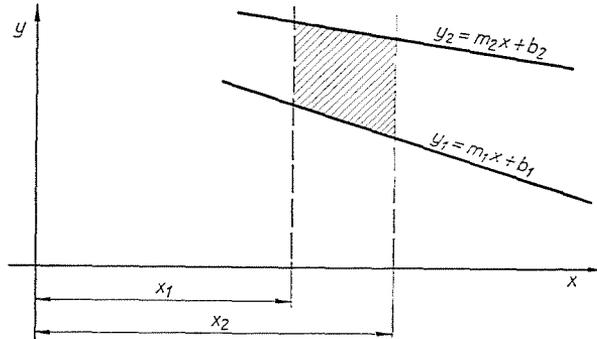


Abb. 13

stäbchen parallelen sphärischen Quadrate beschränken (Abb. 14). Die Fläche des z. B. aus dem Quadrat vor der Belastung  $Fh/P_{VI8}$ ,  $P_{V8}$ ,  $P_{V7}$ ,  $P_{VI7}$  nach der Deformation entstandenen sphärischen Quadrats  $P'_{VI8}$ ,  $P'_{V8}$ ,  $P'_{V7}$ ,  $P'_{VI7}$  ergibt sich als das Zweifache des hemisphärischen Quadrats über der  $x$ -Achse (Abb. 15). Das zum ebenen Viereck  $Fh$  gehörende, durch Verformung entstandene Viereck mit  $F'h'$  bezeichnet, läßt sich die gesuchte Fläche nach folgender Formel berechnen:

$$F_{F'h'} = 2 R_{F'h'} \int_{x_{VI7'}}^{x_{V7'}} \arcsin \frac{mx+b}{\sqrt{R_{F'h'}^2 - x^2}} dx, \quad (17)$$

wo  $R_{F,h}$ , den Halbmesser der zum sphärischen Quadrat  $F'h'$  gehörenden Schmiegunskugel bedeutet und

$$m = \frac{y_{V7'} - y_{VI7'}}{x_{V7'} - x_{VI7'}}$$

ist.

Die Ordinaten  $y_{Vv'}$ ,  $y_{VIv'}$ ,  $x_{V7'}$  und  $x_{VI7'}$  werden mit Hilfe einer für diesen Zweck konstruierten, in zwei Richtungen beweglichen Schieblehre abgelesen.  $b$  ist ein durch Konstruktion ermittelter Kennwert.

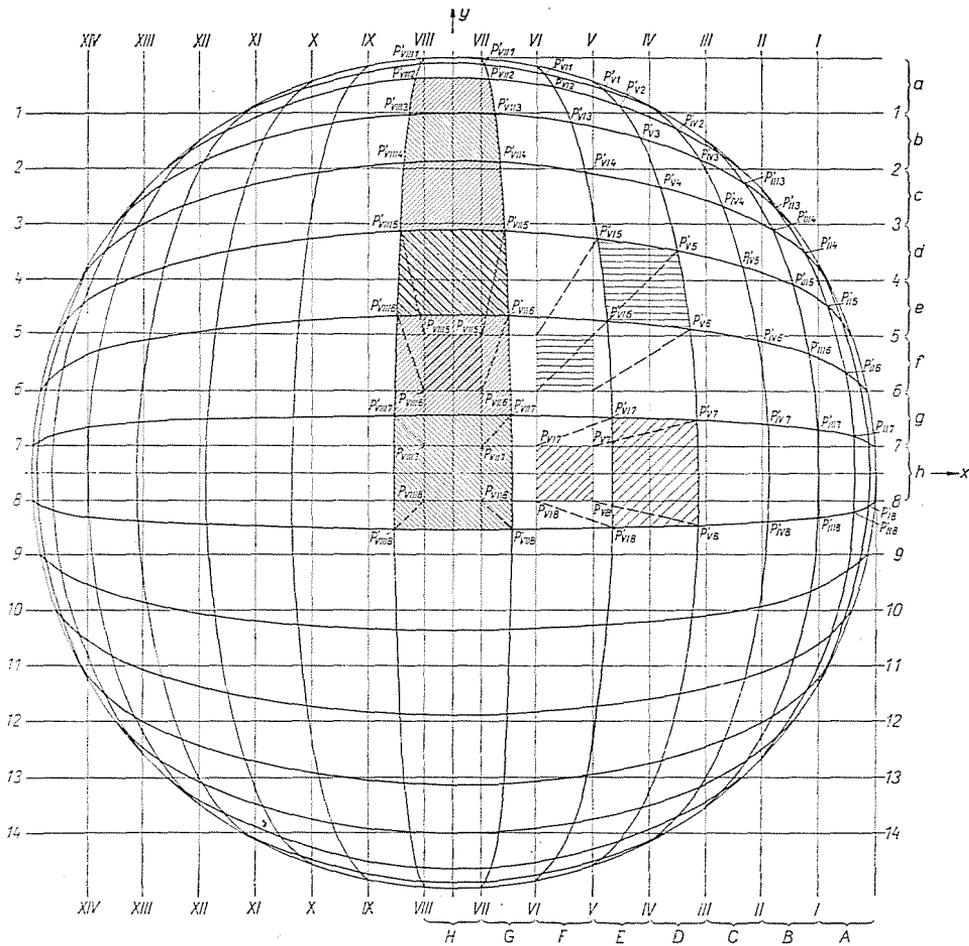


Abb. 14

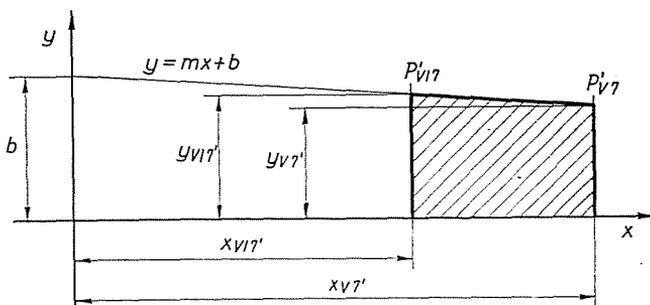


Abb. 15

Für die untersuchten verschiedenen Warenarten wurde die Lastverteilung lediglich entlang den Meridianen  $7-8 = h$  in Maschenreihenrichtung und den Meridianen VII—VIII =  $H$  in Maschenstäbchenrichtung ermittelt.

Eine der Angaben der Dehnungsverhältnisse wird durch die Elemente ( $F_{\square}$ ) des der Belastung vorangehend aufgetragenen Quadratnetzes dargestellt. Diese sind — mit Ausnahme der Fläche  $F_{Ah}$ ,  $F_{Oh}$ ,  $F_{H_a}$  und  $F_{H_o}$  neben der Einspannung — gleicher Größe:

$$F_{\square} = 13 \times 13 = 169 \text{ mm}^2$$

$$F_{Ah} = F_{Oh} \cong 167 \text{ mm}^2$$

Es wurden 5 Waren mit verschiedenem Kettenfadensystem auf Lastverteilung untersucht, und für jede Ware wurde der Berstdruck ermittelt. Die Lastverteilung wurde in jedem Falle bei einer 85 Prozent des Berstdrucks entsprechenden Warenflächendehnung geprüft. Zu dem 85prozentigen Berstdruck gehören bei den 5 verschiedenen Waren selbstverständlich unterschiedliche Flächendehnungen, worauf die aus der Wölbungshöhe der ausgebauchten Ware errechnete Größe  $\varepsilon_{Tm}$  hinweist. Eine unterschiedliche Flächendehnung ist zulässig, da ja die Tendenz der Lastverteilung bestimmt werden soll.

Beschreibung der untersuchten Warenarten:

- I. Kettenware aus Viskosefaden (einfacher Trikot)
- II. Kettenware aus Viskosefaden (Doppeltrikot)
- III. Kettenware aus Perlonfaden (Doppeltrikot)
- IV. Kettenware aus Baumwollgarn (Doppeltrikot)
- V. Kettenware aus wollenem Garn (Doppeltrikot)

Tabelle 4

Die Daten der geprüften Maschenware

Bezeichnung	$p^1/dm$	$s^1/dm$	$l$ [mm]	$P^1/p^1$	$\lambda$ %	$Nm$
I	110	250	2,24	128,8	15,8	164,0
II	115	212	2,63	131,6	15,5	165,2
III	150	300	2,22	286,0	34,5	166,5
IV	55	72	8,25	337,0	4,7	37,7
V	46	75	7,22	310,5	10,2	24,3

$p$  — Maschenstabdicke

$s$  — Maschenreihedichte

$l$  — Maschenlänge

$P$  — Reißkraft des Fadens

$\lambda$  — Reißdehnung des Fadens

$Nm$  — Metrische Feinheit des Fadens

Mit Hilfe der bei den Berstbeanspruchungen erhaltenen Prüfdaten und der Berechnungen unter Anwendung der Gleichungen (16) und (17) ergeben sich die in Tabellen 5 und 6 zusammengefaßten Daten.

Tabelle 5

Die Dehnungsverhältniszahlen entlang den Meridian in Richtung der Maschenreihe

Flächenverhältnisse Sphärisches $\square$ / Netz $\square$	Bezeichnung der Maschenware				
	I.	II.	III.	IV.	V.
$F_{Hh}/F\square$	1,899	1,577	1,935	2,012	2,053
$F_{Gh}/F\square$	1,872	1,554	1,861	1,928	1,991
$F_{Fh}/F\square$	1,826	1,506	1,806	1,859	1,906
$F_{Eh}/F\square$	1,758	1,455	1,743	1,807	1,777
$F_{Dh}/F\square$	1,695	1,3800	1,676	1,770	1,659
$F_{Ch}/F\square$	1,615	1,305	1,600	1,699	1,589
$F_{Bh}/F\square$	1,568	1,221	1,492	1,641	1,489
$F_{Ah}/F\square$	1,312	1,144	1,391	1,585	1,379

Tabelle 6

Die Dehnungsverhältniszahlen entlang den Meridian in Richtung der Maschenstäbchen

Flächenverhältnisse Sphärisches $\square$ / Netz $\square$	Bezeichnung der Maschenware				
	I.	II.	III.	IV.	V.
$F_{Hh'}/F\square$	1,861	1,577	1,932	2,011	2,053
$F_{Hg'}/F\square$	1,810	1,522	1,802	1,892	1,900
$F_{Hf'}/F\square$	1,748	1,458	1,767	1,816	1,781
$F_{He'}/F\square$	1,647	1,396	1,697	1,746	1,659
$F_{Hd'}/F\square$	1,549	1,302	1,589	1,692	1,579
$F_{Hc'}/F\square$	1,436	1,235	1,503	1,624	1,480
$F_{Hb'}/F\square$	1,342	1,178	1,401	1,566	1,372
$F_{Ha'}/Ha$	1,269	1,097	1,244	1,559	1,250

Anhand der Angaben in den Tabellen 5 und 6 läßt sich das Lastverteilungsdiagramm die Meridiane entlang in Maschenreihen- und in Maschenstäbchenrichtung der untersuchten Waren auftragen. Die Abbildungen 16, 17,

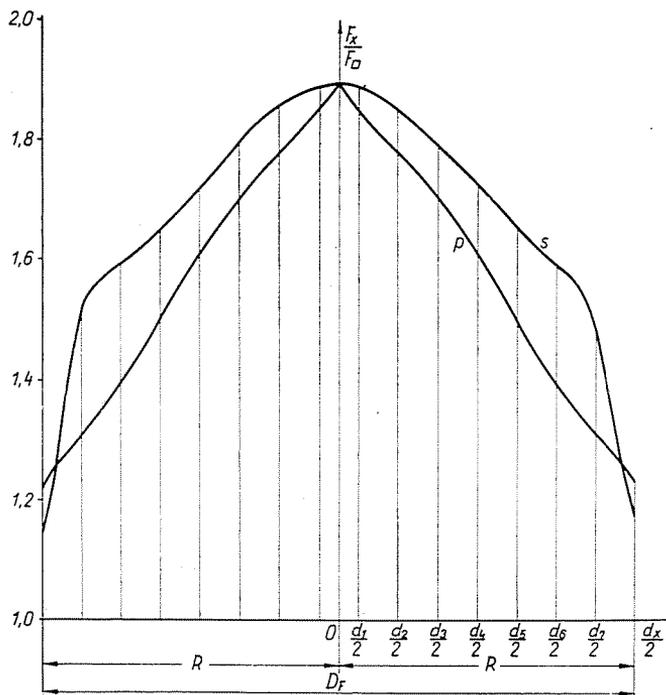


Abb. 16

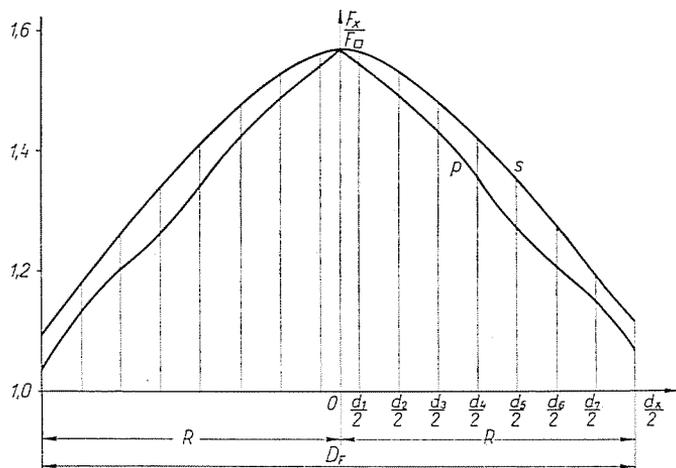


Abb. 17

18, 19 und 20 zeigen die Lastverteilungsänderungen in den untersuchten Waren I, II, III, IV und V die Meridiane entlang, sowohl in Maschenreihen- als auch in Maschenstäbchenrichtung.

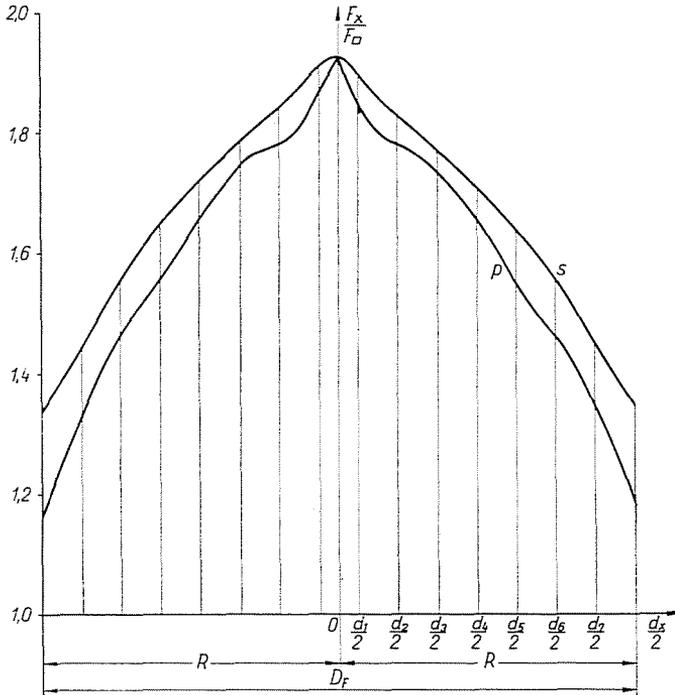


Abb. 18

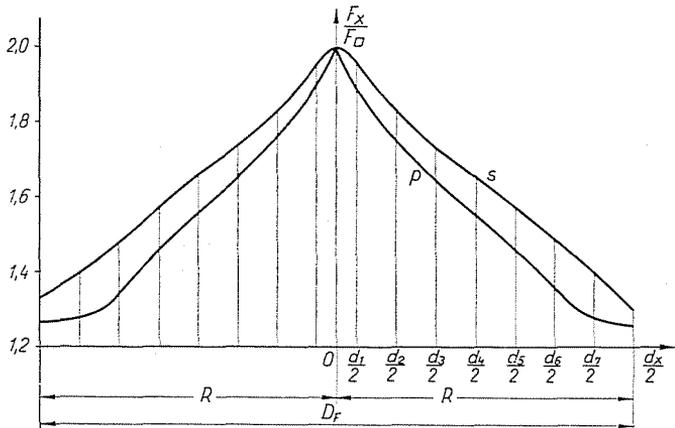


Abb. 19

Wie auch zu erwarten war, sind die Lastverteilungen in sämtlichen fünf Waren ungleichmäßig. Aufgrund der Meßergebnisse und der Diagramme werden folgende Feststellungen gemacht:

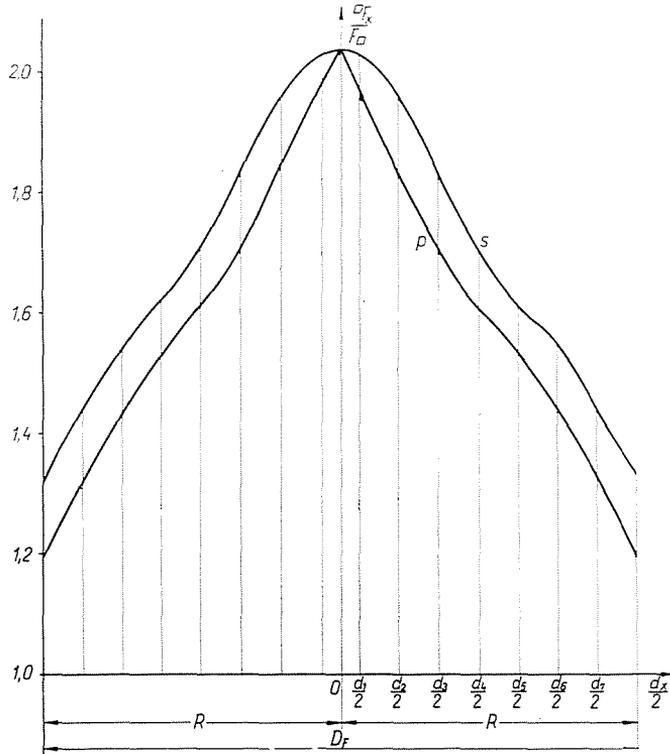


Abb. 20

1. Die Lastverteilungen sowohl entlang den Meridian in Maschenreihenrichtung als auch entlang den Meridian in Maschenstäbchenrichtung weisen bei sämtlichen Waren wesentliche Abweichungen auf.

2. Die Lastkurve in Maschenreihenrichtung weicht von der Lastkurve in Maschenstäbchenrichtung ab; die erstere liegt über der letzteren. Das bedeutet, daß im Berstversuch in Maschenreihenrichtung größere Flächendehnungen entstehen.

3. In der Umgebung des Zentrums ist die Lastverteilung in Maschenreihenrichtung gleichmäßiger als in Maschenstäbchenrichtung.

4. Im Zentrum, wo die beiden Kurven zusammentreffen, stimmen die Belastungen in beiden Richtungen überein und erreichen den Maximalwert.

5. Theoretisch muß also die Ware im Zentrum reißen. Praktisch reißt sie in der Umgebung des Zentrums. Das Reißen beginnt an einer vom Zentrum entfernten Stelle, wenn eine schwächere Stelle des die Ware bildenden Fadens dorthin gerät, die trotz der geringeren Belastung zum Ausgang eines Risses wird. Die Reißrichtung wird durch die Struktur der Ware bestimmt, da in unmittelbarer Nähe des Zentrums zwischen den Lastverteilungen in den

zwei Hauptrichtungen noch kein wesentlicher Unterschied besteht. (So reißen die gewirkten Grundstoffe immer in Maschenstäbchenrichtung.)

Für den zahlenmäßigen Vergleich der Verteilungsgleichmäßigkeit der Belastungen wurden bei den 5 untersuchten Warenarten die quadratischen Streuungen ( $\sigma_s$ ,  $\sigma_p$ ) der Dehnungsverhältnisse je sphärisches Quadrat in Maschenreihen- und in Maschenstäbchenrichtung sowie deren Abweichungen ( $V_s$ ,  $V_p$ ) vom Mittelwert bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tab. 7 zusammengefaßt.

Tabelle 7

Die Ergebnisse für den zahlenmäßigen Vergleich der Verteilungsgleichmäßigkeit der Belastungen bei den untersuchten Warenarten

Zeichen der Ware	$\varepsilon_{T_0}^{0/0}$	$(FXh/F_{\square})[\%]$	$\sigma_s$	$v_s^{0/0}$	$(FHx/F_{\square})[\%]$	$\sigma_p$	$v_p^{0/0}$
I.	47,2	70,0	17,6	25,3	58,7	20,8	35,4
II.	26,3	39,3	14,8	37,7	34,6	16,0	46,2
III.	53,0	68,8	17,4	25,3	61,7	21,3	34,6
IV.	61,6	78,8	13,5	17,2	73,8	15,1	20,4
V.	50,1	73,0	22,7	31,1	63,5	24,8	39,0

wo  $(\overline{F_{Xh}/F_{\square}})^{[\%]}$  den Mittelwert der Dehnungsverhältnisse in Maschenreihenrichtung  
 $(\overline{F_{Hx}/F_{\square}})^{[\%]}$  den Mittelwert der Dehnungsverhältnisse in Maschenstäbchenrichtung bedeuten.

Durch die zahlenmäßigen Ergebnisse wird die Feststellung in Punkt 2 bestätigt, da für sämtliche untersuchten Waren einerseits

$$\left(\frac{\overline{F_{Xh}}}{F_{\square}}\right) > \left(\frac{\overline{F_{Hx}}}{F_{\square}}\right)$$

andererseits

$$\sigma_s < \sigma_p$$

gelten.

Die Feststellung in Punkt 2 wird durch die Bilderreihe Abb. 21 veranschaulicht, wo die Hälften der Meridiane der untersuchten Waren in Maschenreihenrichtung ( $s$ ) bzw. in Maschenstäbchenrichtung ( $p$ ) dargestellt sind. Dabei bedeuten in jedem Falle die obere Kurve ( $s$ ) den Meridian in Maschenreihenrichtung und die untere Kurve ( $p$ ) den Meridian in Maschenstäbchenrichtung.

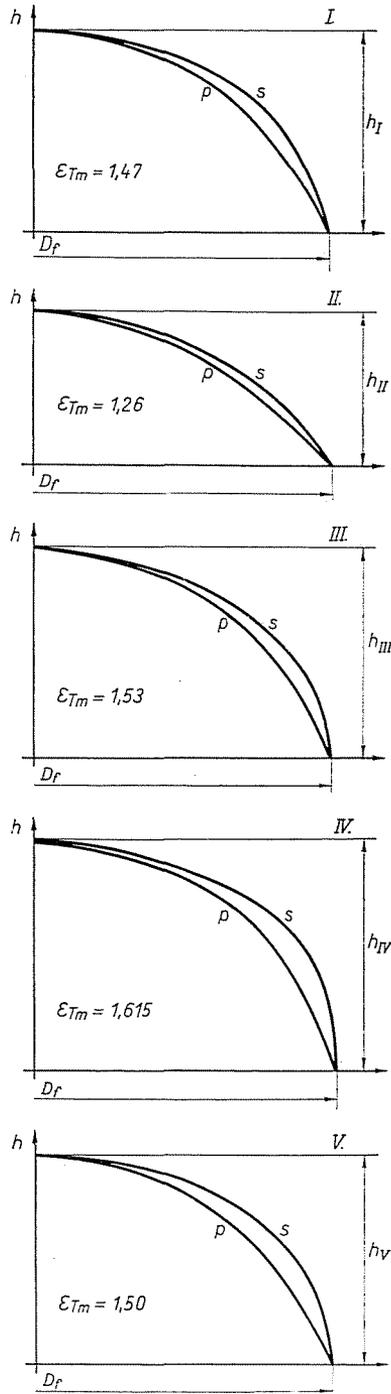


Abb. 21

### Berstbeanspruchung mit der Gummimembrane zur Bestimmung der Trageigenschaften von Maschenwaren

Die gewöhnlichen Berstprüfungen sowohl mit der Kugel als auch mit der Gummimembrane haben den gemeinsamen Fehler, daß dadurch die Berstkraft oder der Berstdruck und die Dehnung der dazu gehörenden Berstfläche bestimmt werden, wobei die den Wirkwaren gegenüber gestellte eigentliche Forderung unberücksichtigt bleibt, daß deren Lebensdauer — von zufälligen, gewaltsamen Beschädigungen abgesehen — nicht durch Zerreißen oder Bersten, sondern durch die Verminderung des ästhetischen Wertes bestimmt wird.

Die aus Wirkwaren hergestellten Kleidungsstücke werden unbrauchbar, wenn sie durch die wiederholten Beanspruchungen beim Tragen und Reinigen den Großteil ihrer Elastizität verlieren und eine bleibende Formänderung aufweisen, die unästhetisch gefunden wird.

Damit liegt der Gedanke auf der Hand, die hinsichtlich der mechanischen Prüfung günstigste Berstbeanspruchung mit der Ermüdungsprobe zu verbinden, d. h. die Wirkware nicht bis zum Bersten zu beanspruchen, sondern einer geringeren, jedoch wiederholten Berstbeanspruchung auszusetzen.

Ob nun die Dauerprüfung bei konstantem Berstdruck oder bei konstanter Dehnung durchgeführt wird, ergibt die Zahl der Beanspruchungen ein besseres Bild von der Formhaltungsfähigkeit und damit von der voraussichtlichen Lebensdauer der Maschenwaren, als die bei einer einmaligen Berstprüfung erhaltenen Daten.

Da die Ausbeulung der Maschenwaren beim Tragen in der Regel im Verein mit einer Verschleißbeanspruchung erfolgt, schien es naheliegend, ein Prüfgerät zu entwickeln, das dazu geeignet ist, die Dauer-Berstbeanspruchung mit der Scheuerprüfung der Maschenwaren zu verbinden.

Den Mitarbeitern des Lehrstuhls für Textiltechnologie der Technischen Universität Budapest gelang es, eine Einrichtung zu entwickeln, die eine Instrumentenmessung der Trageigenschaften von Maschenwaren ermöglicht.

Die Einrichtung stellt eigentlich eine Berstmaschine mit Gummimembrane dar, die geeignet ist

1. zur Bestimmung des Berstdruckes für die Maschenware;
2. zur Aufnahme des Diagramms der Berstbeanspruchung und Flächen-  
dehnung;
3. zum Bewirken einer einstellbaren Dauerberstbeanspruchung die den Berstdruck nicht erreicht.
4. Die Dauerbeanspruchungen können mit der Scheuerung der Maschen-  
ware verbunden werden.

Das Prinzipschema der Einrichtung ist in Abb. 22 dargestellt.

Die Teile der Einrichtung sind:

1. Antriebsmotor,
2. Schneckenantrieb,
3. Schraubenspindel,
4. Arbeitszylinder,
5. Gummimembrane,
6. geprüfte Maschenware,
7. Schalter für Druckmesser,
8. Druckfühler,
9. Signalumformer,
10. Oszillograph,
11. Diagramm,
12. Profilkurve zum Anzeigen der Dehnung der Maschenware,
13. Scheuerscheibe,
14. Scheuermotor,
15. Endschalter,
16. Elektrische Steuervorrichtung.

Die Einrichtung arbeitet mittels Ölhydraulik. Der Kolben des Arbeitszylinders (4) wird durch einen Reversierelektromotor (1) über einen Schneckenantrieb (2) nach rechts und links bewegt. Unter Einfluß des ansteigenden Öldrucks beulen sich die Gummimembrane (5) und die darüber liegende geprüfte

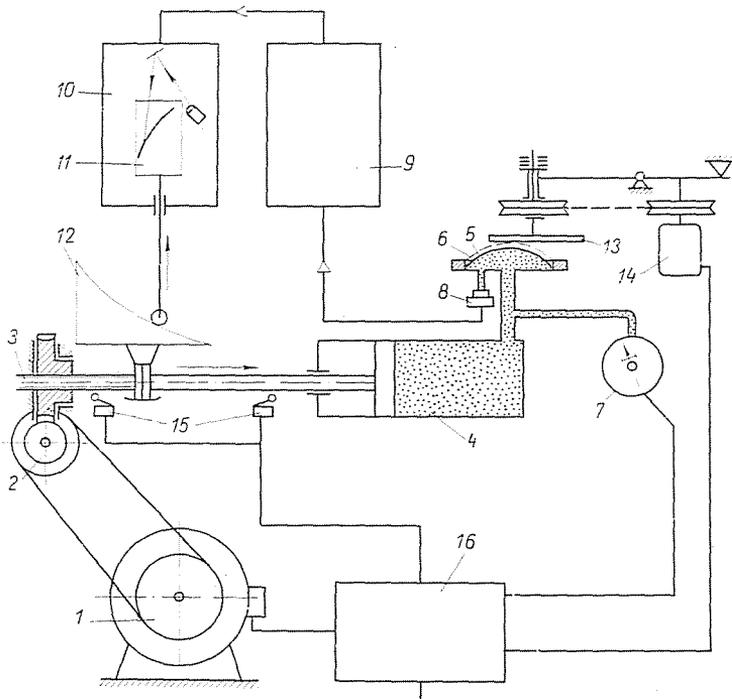


Abb. 22

Maschenware (6) aus. Der Öldruck kann bis zum Bersten der Maschenware erhöht werden, wobei dann das volle Berstdiagramm aufgenommen werden kann.

Das Diagramm wird mittels eines Oszillographen (10) registriert. Die Flächendehnung wird anhand der unter die Membrane gepreßten Ölmenge mittels einer Schablone von entsprechendem Profil in Flächendehnung umgewandelt gemessen. Der Druck wird elektrisch erfaßt (8) und auf den Schleifenzillographen (10) verstärkt (9) übertragen.

Die Scheuerung wird durch eine an einem Gelenkwerk befestigte Glasleinwand (13) durchgeführt, die, sich der ausgebeulten Maschenware anpassend, eine Drehbewegung ausführt.

Die Scheuerung erfolgt immer in der ausgebeulten Lage der Maschenware, wenn der Kolben in Rechtsstellung stehenbleibt, wobei dann ein kleiner Elektromotor (14) eine bestimmte Anzahl Umdrehungen ausführt. Die Scheuerscheibe scheuert die geprüfte Maschenware, im Zentrum, wo die Berstbeanspruchung der Maschenware, wie wir schon früher festgestellt haben, am größten ist.

Die Einrichtung wird elektrisch gesteuert. Von der vollen Berstung abgesehen werden die in der Einleitung unter den Punkten 3, 4 und 5 ange deuteten Aufgaben automatisch durchgeführt. Aus dem Berstdruck, aus der sich während einer bei vermindertem Öldruck oder herabgesetzter Flächendehnung durchgeführten Dauerbeanspruchung ergebenden bleibenden Dehnung, oder aus der sich bei einer kombinierten Berst- und Scheuerprüfung bis zum Bersten ergebenden Lastwechselzahl können Schlüsse auf die Trageigenschaften der Maschenware gezogen werden.

Für die meßtechnische Beurteilung der voraussichtlichen Verhaltenseigenschaften von elastischen Waren sind mit Hilfe der beschriebenen Einrichtung folgende Operationen vorzunehmen:

1. Flächendehnungsdiagramm des Berstdrucks bis zum vollständigen Reißen und Gummikurve (Abb. 23/a). Der Dauer-Berstversuch ist selbstverständlich bei einem Druck vorzunehmen, der kleiner ist als der Berstdruck  $p_r$ , der das Reißen der Ware herbeiführt.  $p_f = 0,65 p_r$ .

2. Die Diagramme der zum Dauerprüfdruck  $p_f$  gehörenden Dauer-Berstversuche (Abb. 23/b). Bei Dauer-Berstversuchen ohne Verschleißprüfung erhält man einen guten Anhaltspunkt für den Gebrauchswert der Ware durch die Lastwechselzahl ( $if$ ), bei der bei vermindertem Druck das Bersten erfolgt. Über die ästhetische Lebensdauer der untersuchten Waren erhält man einen noch wichtigeren Aufschluß durch die im Laufe der Dauerbeanspruchung immer zunehmende, bleibende Dehnung ( $\epsilon_{Tm}$ ).

3. Aus dem Diagramm der Dauer-Berstbeanspruchungen läßt sich das Diagramm der in Abhängigkeit von der Lastwechselzahl zunehmenden, bleibenden Dehnung  $\epsilon_{Tm}$  konstruieren (Abb. 23/c).

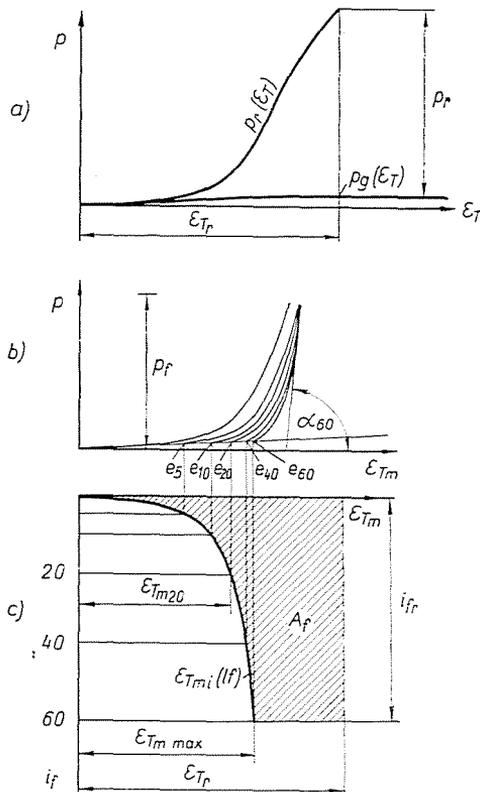


Abb. 23a—b—c

Es ist zweckmäßig, die Ergebnisse in den Diagrammen durch für den Vergleich geeignete, numerische Daten auszudrücken.

Um die Wareneigenschaften hinsichtlich der Dauerbeanspruchungen zu beschreiben, ist ein Kennwert erforderlich, der dem Kennwert für die Bezeichnung der vorteilhaften Eigenschaft, d. h.  $i_{fr}$ , direkt, und der größten bleibenden Dehnung  $\epsilon_{Tm \max}$  umgekehrt proportional ist. Diese Forderung wird befriedigt, wenn von der durch das Produkt  $\epsilon_{Tr} i_{fr}$  bestimmten Rechteckfläche die durch die Kurve  $\epsilon_{Tmi}(if)$  geteilte, gestrichelte Fläche  $A_f$  (Abb. 23/c) als ein Faktor betrachtet wird, der in bezug auf die bleibende Formänderung den Widerstand der Ware gegen Dauerbeanspruchungen zum Ausdruck bringt. Dieser Faktor, der als bleibender Formänderungswiderstand bezeichnet werden soll, läßt sich nach einer bekannten Flächenmeßmethode bestimmen. Durch den somit definierten Faktor  $A_f$  wird der Warenwiderstand gegen wiederholte Beanspruchungen mit hoher Genauigkeit ausgedrückt.

Wird der Dauer-Berstversuch mit Verschleißprüfung kombiniert, so wird die Verschleißwirkung durch die Verminderung der Lastspielzahl ver-

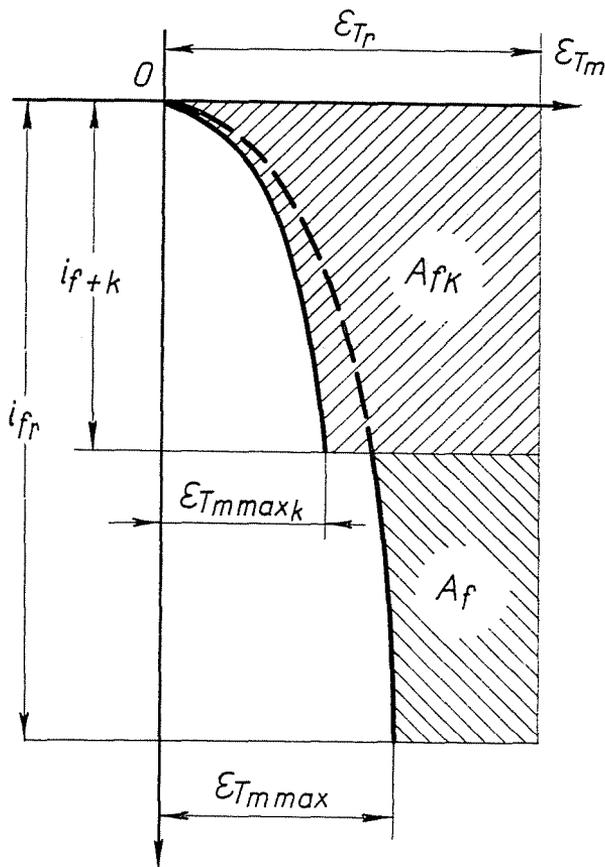


Abb. 24

anschaulicht, da

$$i_{f+k} < i_f$$

ist, oder der Einfluß der Verschleißbeanspruchung auf den bleibenden Formänderungswiderstand durch folgenden Quotienten ausgedrückt:

$$F_k = \frac{A_{fk}}{A_f} < 1,$$

wo  $A_f$  den bleibenden Formänderungswiderstand ohne Verschleiß,  $A_{fk}$  den bleibenden Formänderungswiderstand bei Verschleiß bedeuten.

Über den durch die obigen beiden Flächen gekennzeichneten Faktor erhält man in Abb. 24 Aufschluß.

Wie aus den vorstehenden Ausführungen zu ersehen ist, lassen sich mit Hilfe dieser Einrichtung nicht nur für gewirkte Grundstoffe, sondern

für jede Ware, jedoch vor allem für Waren mit stärkerer Dehnung meßtechnische Untersuchungsergebnisse ermitteln, die Folgerungen auf die Gebrauchseigenschaften der Ware gestatten.

### Zusammenfassung

Über die mechanischen Eigenschaften der elastischen Stoffe der Textilindustrie, die den Gebrauchsbeanspruchungen nahe stehen, gibt die Untersuchung des Berstverfahrens einen guten Aufschluß. Eine wichtige Frage dieser Untersuchungsmethode besteht darin, wie sich bei der Berstbeanspruchung die Belastung auf der Oberfläche der Gummimembrane und vor allem der untersuchten Ware verteilt.

Der Beitrag beschäftigt sich auf Grund der Beziehungen der unbelasteten und der infolge der Belastung vergrößerten Flächenelemente sowie bei den gemeinsamen Berstungen der verschiedenen Gummimembranen mit der Lastverteilung in der Gummimembrane und den Textilien.

Prof. Dr. Alajos VÉKÁSSY, Budapest XI., Sztoczek u. 2—4, Ungarn