

ISBN 3-88314-312-X

Forschungsbericht 98

BUNDESANSTALT FÜR
MATERIALPRÜFUNG (BAM)
BERLIN

Bestimmung des elastischen Verhaltens von Maschenwaren — Stretch- und Erholungsvermögen —

von Dr. rer. nat. Edmund Schnabel

Dezember 1983

56 Seiten, 13 Abbildungen, 28 Tabellen

Herausgegeben von der
Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)
Unter den Eichen 87, 1000 Berlin 45
Telefon 030/8104-1 Telex 183261 bamb d

Copyright © 1983 by Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven

Verlag und Vertrieb:
Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, 2850 Bremerhaven 1
Telefon 0471/46093-95

Zusammenfassung

Die für Gewebe und andere textile Flächengebilde gebräuchlichen Methoden zur Bestimmung der elastischen Eigenschaften sind für Maschenwaren in den meisten Fällen ungeeignet, da diese sehr hohe Dehnbarkeit besitzen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde ein Prüfverfahren entwickelt, das es gestattet, aufgrund der bei einem einachsigen Belastungszyklus gefundenen Kennwerte Rückschlüsse auf das Verhalten von Maschenwaren beim praktischen Gebrauch hinsichtlich ihres elastischen Verhaltens zu ziehen.

Dabei war es wesentlich, den Einfluß folgender Parameter auf die elastischen Kenngrößen zu untersuchen:

1. Art des Belastungszyklus, 2. Belastungsgrenzen und Vorspannkkräfte, 3. Verformungsgeschwindigkeit, 4. Relaxationszeit, 5. Belastungszeit und 6. Probenform.

Zur Festlegung dieser Parameter werden geeignete Vorschläge gemacht.

Es zeigte sich darüber hinaus, daß es zweckmäßig ist, die Maschenwaren aufgrund ihrer Dehnbarkeit in Reihenrichtung in drei Gruppen einzuteilen. Diese Gruppeneinteilung entspricht weitgehend dem vorgesehenen Verwendungszweck. Innerhalb der Gruppen können die Materialien nach den elastischen Kenngrößen in Stäbchenrichtung differenziert werden.

Summary

The methods of determination of the elastic constants of woven fabrics are in most cases unsuitable for knitted fabrics because of their extremely high extensibility. As is shown in this paper the elastic constants of those materials which are deduced from an uniaxial loading cycle may be used to estimate the elastic properties in practical use.

The influence of the following parameters was investigated:

1. Type of loading cycle, 2. Limits of loading and pretension, 3. Rate of extension, 4. Duration of relaxation, 5. Duration of loading, 6. Shape of sample.

It is suggested to classify the knitted fabrics into three groups according to their extensibility in the direction of the rows. This classification corresponds widely to the anticipated practical use. Within the groups the materials may be differentiated according to their elastic properties in the direction of the wales.

Dem Forschungskuratorium Gesamttextil danke ich für die Förderung dieses Forschungsvorhabens (AIF-Nr. 4831), die aus Mitteln des Bundeswirtschaftsministeriums über einen Zuschuß der Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen (AIF) erfolgte.

Frau Ing. (grad.) Edelgard Lorenz danke ich für wichtige Beiträge, Frau Marie-Louise Herzan für Hilfe bei der Ausführung der zahlreichen Messungen und Frau Ing. (grad.) Renate Raether für die Durchsicht des Manuskripts.

Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Problemstellung zur Ermittlung des elastischen Verhaltens von Maschenware	1
2.	Beschreibung der Materialien und Auswahl für Vorversuche	4
3.	Begriffe	4
4.	Auswahl der Prüfbedingungen	5
4.1	Auswahl der Versuchsparameter	5
4.1.1	Einfluß unterschiedlicher Belastungszyklen auf die elastischen Kenndaten	5
4.1.1.1	Versuchsdurchführung	8
4.1.1.2	Diskussion der Ergebnisse zum Einfluß verschiedener Belastungszyklen auf die elastischen Kenndaten	12
4.1.2	Einfluß unterschiedlicher Kraftgrenzen und Vorspannkkräfte auf die elastischen Kenndaten	14
4.1.2.1	Versuchsdurchführung	15
4.1.2.2	Diskussion der Ergebnisse zum Einfluß unterschiedlicher Kraftgrenzen und Vorspannkkräfte	15
4.1.3	Einfluß der verschiedenen Verformungsgeschwindigkeiten auf die elastischen Kenndaten	18
4.1.3.1	Versuchsdurchführung	18
4.1.3.2	Diskussion der Ergebnisse zum Einfluß verschiedener Verformungsgeschwindigkeiten	18
4.1.4	Einfluß einer Relaxationszeit auf die elastischen Kenngrößen	20
4.1.4.1	Versuchsdurchführung	21
4.1.4.2	Diskussion der Ergebnisse zum Einfluß einer Relaxationszeit	22
4.1.5	Einfluß einer Belastungszeit an der oberen Kraftgrenze auf die elastischen Kenndaten	24
4.1.5.1	Versuchsdurchführung	24
4.1.5.2	Diskussion der Ergebnisse zum Einfluß einer Relaxationszeit	24
4.2	Schlußfolgerungen aus den Vorversuchen zur Festlegung der Versuchsparameter	26
5.	Vorbemerkung zur Bestimmung der Ausbeulneigung	26
5.1	Versuchsdurchführung	27
5.2	Diskussion der Ergebnisse und Rangfolgenbildung bezüglich der Ausbeulhöhen	31
6.	Einachsiger Zugversuch zum Vergleich mit den Ergebnissen der Ausbeulneigung	32
6.1	Versuchsdurchführung	32
6.2	Diskussion zum Vergleich der Ergebnisse von Zugversuch und Ausbeulneigung	33
7.	Versuche mit vorgegebenen Dehngrenzen	34
7.1	Versuchsdurchführung	35
7.2	Diskussion der Ergebnisse mit vorgegebenen Dehngrenzen	
8.	Versuche mit schlauchförmigen Proben	36
8.1	Versuchsdurchführung	37
8.2	Diskussion der Ergebnisse zu Vorversuchen mit schlauchförmigen Proben	37
9.	Versuche mit schlauchförmigen Proben bei stufenweisem Anstieg der Kraftgrenzen	38
9.1	Versuchsdurchführung	39
9.2	Diskussion der Ergebnisse mit schlauchförmigen Proben bei stufenweisem Anstieg der Kraftgrenzen	42
10.	Versuche mit an den Seiten der Einspannklemmen überhängenden Proben	43
10.1	Versuchsdurchführung	43
10.2	Diskussion der Ergebnisse zu den Versuchen mit überhängenden Proben	49
11.	Zusammenfassung und Vorschlag für ein Prüfverfahren	53

1. Problemstellung zur Ermittlung des elastischen Verhaltens von Maschenwaren

In der Literatur, in den Laboratorien der Hersteller von Maschenwaren und in den Forschungsinstituten werden für die elastischen Eigenschaften von Maschenwaren die unterschiedlichsten Begriffe wie z. B. "Rücksprung", "Stretch", "Stretchvermögen", "Elastizität", "Dehnbarkeit" usw. verwendet. Eine einheitliche Definition dieser Größen war nicht festzustellen. Daher können die an verschiedenen Stellen veröffentlichten Resultate nicht miteinander verglichen werden, da sie unter verschiedenen Bedingungen erhalten wurden. Im Rahmen dieses Vorhabens sollten die verschiedenen Verfahren gesichtet werden, nach denen die Hersteller von Maschenwaren die elastischen Eigenschaften ihrer Produkte beurteilen. Von diesen Verfahren sollte das geeignetste evtl. mit geringen Modifikationen ausgewählt werden und an einer Anzahl verschiedenartiger Maschenwaren erprobt werden.

Vom Expertengremium des Technischen Ausschusses des Gesamtverbandes der Deutschen Maschen-Industrie e. V. Gesamtmasche wurden hierzu folgende Artikelgruppen ausgewählt:

1. Maschenoberbekleidung
 - a) Hosenstoffe
 - b) Damenkleiderstoffe
 - c) Badeanzüge
2. Maschenunterbekleidung, -nachtwäsche aus
 - a) Fein- und Doppelripp
 - b) Single-Jersey
 - c) Frottier-Stretch
3. Feinstrumpfhosen, Stützstrümpfe, Feinstrümpfe

Um die Versuchsparameter einzuschränken, sollten bei der Maschenunterbekleidung nur Waren aus Baumwolle oder aus Baumwoll/Polyestermischungen (50 % : 50 %) untersucht werden. Die genannten Maschenwarengruppen sollten sowohl Rund- als auch Flachstrickware umfassen, nicht aber Raschelware und Kettenwirkware.

Als wesentlich wurde angesehen, die genannten Artikelgruppen unter gleichen Bedingungen zu prüfen und zu beurteilen. Dieses Prüfverfahren sollte ferner gestatten, die elastischen Eigenschaften mit geringem Geräteaufwand möglichst zerstörungsfrei am ganzen Warenstück zu messen, und zwar mit einachsiger Beanspruchung. Mehrachsige und dreidimensionale Prüfverfahren wie z. B. Wölb- und Ausbeulverfahren sollten dabei unberücksichtigt bleiben, waren aber wie sich im Laufe der Untersuchungen zeigte notwendig, um Korrelationen zum Verhalten in der Praxis aufzuzeigen.

Weiterhin zeigte es sich, daß die 3. Artikelgruppe aufgrund ihrer völlig andersartigen Konstruktion (variable Maschendichte, geschlossene Form) nicht mit den anderen beiden Artikelgruppen vergleichbar war. Monoaxiale Beanspruchungen erschienen dafür auch nicht sinnvoll. Es wurde daher darauf verzichtet, auch diese Artikel in die Untersuchungen mit einzubeziehen, da auch von den Herstellern dieser Artikelgruppe kein apparatives Prüfverfahren genannt wurde.

2. Beschreibung der Materialien und Auswahl für Vorversuche

Von der Geschäftsführung des Gesamtverbandes der Deutschen Maschen-Industrie wurden die Mitgliedsfirmen aufgefordert, Material für die Untersuchungen der einzelnen Artikelgruppen zur Verfügung zu stellen, möglichst mit Angabe des Verwendungszweckes und einer Beurteilung des Praxisverhaltens.

Wir erhielten Materialien, deren Konstruktionsdaten in Tabelle 1 zusammengestellt sind.

Bei dem Badeanzugstoff (Probe 9) handelt es sich um eine Kettenwirkware, die eigentlich nicht in die Untersuchungen mit einbezogen werden sollte. Nach Auskunft eines führenden Herstellers von Badeanzügen sind jedoch Strickwaren für diesen Anwendungszweck zur Zeit nicht aktuell. Dieses Material wurde dennoch in die Untersuchungen mit einbezogen, um auch für diese Artikelgruppe Ergebnisse zu erhalten.

Zur Auswahl und Festlegung der Prüfbedingungen konnten aus zeitlichen Gründen und aus Gründen der Materialeinsparung nicht alle zur Verfügung gestellten Artikel herangezogen werden. Es wurden daher für die Vorversuchsreihe nur zwei Maschenwaren (A und B, Tab. 1) ausgewählt, die bei etwa gleichem Flächengewicht unterschiedliche Konstruktionen und ein unterschiedliches elastisches Verhalten aufweisen, so daß sich eine Änderung eines Versuchsparameters auch unterschiedlich auswirken würde.

Vor Beginn der Versuche lagen keine Angaben der Hersteller von Maschenwaren über die elastischen Eigenschaften der zur Verfügung gestellten Materialien vor.

Tabelle 1 Technologische Merkmale des Prüfmaterials

Probe	Bindung	Flächengewicht g/m ²	Maschenstäbchen S Maschenreihen R Anzahl/dm	Ist-Feinheit tex	Faserstoff (% Angaben lt. Hersteller)	Garnart
Oberbekleidung mit höherer Dehnbarkeit						
A	Rechts/Rechts	200	S 95 R 134	24	60% Wolle 40% PAC	Spinnfaser
B	R/R-Milano-Ripp	260	S 106 R 142	25	60% Wolle 40% PAC	Spinnfaser
1	R/R/Gekreuzt	148	S 166 R 132	12	PES	Multifil
11	Rechts/Links	180	S 143 R 178	13 x 2	70% PES 30% Wolle	Spinnfaser
9	R/L-Trikot-Tuch mit Schußlegung	203	S 178 R 519	L I Schuß 15 L II Trikot geschl. 2,3 L III Tuch geschl. 5,3	Elastogarn PA PA	Monofil Monofil Multifil
Oberbekleidung mit geringer Dehnbarkeit						
2	Doppelrelief- Längsrippe	393	S 124 R 250	25 19	PAC PES	Multifil
3	Doppelrelief- Längsrippe	309	S 114 R 261	17	PES	Multifil
4	Doppelrelief- Längsrippe	278	S 105 R 215	18	PES	Multifil
Unter- und Freizeitbekleidung mit höherer Dehnbarkeit						
5	R/R-Doppelripp	207	S 99 R 137	12 x 2	Baumwolle	Spinnfaser (gefacht)
6	R/R-Feinripp	178	S 113 R 164	17	Baumwolle	Spinnfaser
7	R/R-Feinripp	167	S 119 R 161	16	50% Baumwolle 50% PES	Spinnfaser
10	R/L-Schlingen- plüsch	268	S 98 R 143	18 13	75% Baumwolle 25% PES	Spinnfaser Multifil

3. Begriffe

In diesem Bericht werden folgende Begriffe verwendet
(siehe auch Darstellung 1):

$$\text{Gesamtdehnung} \quad G = \frac{L_F - L_A}{L_A} \cdot 100 \%$$

$$\text{Restdehnung} \quad R = \frac{L_E - L_A}{L_A} \cdot 100 \%$$

$$\text{Elastische Dehnung} \quad E = G - R \%$$

$$\text{Elastisches Dehnungsverhältnis} \quad DV = \frac{E}{G} \cdot 100 \%$$

Hierin und im Folgenden bedeuten:

- L_O Einspannlänge
- L_A Ausgangslänge unter Einwirkung der Vorspannkraft
- L_B Länge nach Belastung, völliger Entlastung und erneuter Belastung bis zur Vorspannkraft
- L_E Länge nach Be- und Entlastung unter Einwirkung der Vorspannkraft
- L_F Länge unter Einwirkung einer bestimmten Kraft F
- F_M Maximalkraft oder Belastungsgrenze
- F_V Vorspannkraft
- D_F Dehnkraft
- S Stäbchenrichtung
- R Reihenrichtung
- \bar{x} Mittelwert
- $\pm s$ Streuung (Standardabweichung)
- h Ausbeulhöhen

Im Text sind die Indizes auf Zeilenhöhe geschrieben.

4. Auswahl der Prüfbedingungen

Entsprechend der Themenstellung des Forschungsvorhabens sollten die der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) zur Verfügung gestellten Prüfverfahren der elastischen Eigenschaften der einzelnen Hersteller von Maschenwaren miteinander verglichen und auf ihre allgemeine Anwendbarkeit hin untersucht werden.

Die der BAM überlassenen Versuchsbeschreibungen bestanden fast ausschließlich aus Streifenzugversuchen mit unterschiedlichen Versuchsparametern. Einzelheiten der Versuchsbedingungen lagen vor, sollten aber auf Wunsch der Maschenwarenhersteller nicht aufgeführt werden.

Das Hauptgewicht der zunächst durchgeführten Untersuchungen lag daher nicht bei einem Vergleich verschiedener Prüfverfahren, sondern bei der Auswahl geeigneter Prüfbedingungen. Wegen der Vielzahl der Prüfungen wurde aus Zeitgründen eine rechnergesteuerte Universalzuprüfmaschine verwendet.

4.1 Auswahl der Versuchsparameter

Als wesentlich wurde angesehen, den Einfluß folgender Versuchsparameter auf das elastische Verhalten von Maschenwaren zu untersuchen:

Belastungszyklen (4.1.1), Kraftgrenzen und Vorspannkraften (4.1.2), Verformungsgeschwindigkeiten (4.1.3), Relaxationszeiten (4.1.4) und Belastungszeiten (4.1.5).

4.1.1 Einfluß unterschiedlicher Belastungszyklen auf die elastischen Kenndaten

Zur Bestimmung der elastischen Eigenschaften eines Materials in einem Streifenzugversuch ist es erforderlich, dieses einem oder mehreren Belastungszyklen zu unterwerfen. Zur eindeutigen Bestimmung ist eine

Vorspannkraft FV notwendig. Bei Geweben wird diese im allgemeinen abhängig vom Flächengewicht gewählt (siehe DIN 53 857). Wie sich die Vorspannkraft auf Maschenwaren auswirkt, ist zunächst noch unbekannt.

Beim Belastungszyklus nach Darstellung 1 wird das Material, ausgehend von der Vorspannkraft FV, bis zu einer vorgegebenen Belastungsgrenze (Maximalkraft FM oder Gesamtdehnung G) gedehnt, anschließend entlastet bis zur Ausgangslänge LA und wieder bis zur Vorspannkraft FV belastet. Das Ende des Belastungszyklus liegt bei der Länge LB. Hieran erfolgt die Bestimmung der elastischen Kenndaten.

Dieser Art der Auswertung liegt der Gedanke zugrunde, daß ein Belastungszyklus erst dann beendet ist, wenn der Ausgangszustand, gegeben durch die Vorspannkraft FV, wieder erreicht ist (vergl. auch DIN-E 53 835, Teil 13). Sie wird im Folgenden Belastungszyklus 1 genannt.

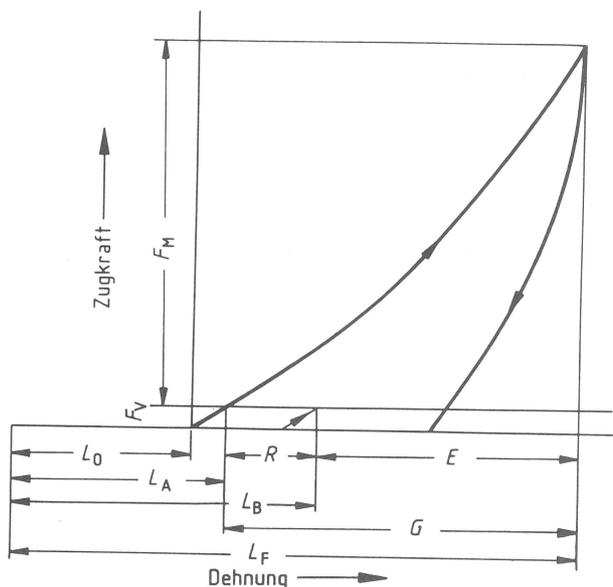
Führt man den Belastungszyklus auf diese Weise durch, so gibt man der Probe im entlasteten Zustand die Möglichkeit sich zu erholen, ehe sie wieder bis zur Vorspannkraft FV belastet wird. Allerdings ist die Relaxationszeit abhängig von der Entlastungs- und Belastungsgeschwindigkeit sowie einem evtl. vorhandenen Bewegungsstillstand im Umkehrpunkt.

Die im Folgenden Belastungszyklus 2 genannte Methode legt den Beginn auch durch den von der Größe der Vorspannkraft FV bedingten Spannungszustand der Probe fest. Nach dem Dehnen bis zu einer vorgegebenen Belastungsgrenze (Maximalkraft FM oder Gesamtdehnung G) und anschließender Entlastung bis zur Ausgangslänge LA erfolgt die Bestimmung der elastischen Kenndaten (vergl. Darstellung 2).

Aus der Art, wie die beiden Belastungsprozesse geführt werden, wird ersichtlich, daß die damit gewonnenen Ergebnisse verschieden sein werden in bezug auf die Restdehnung. Diese wird nach Zyklus 1 kleiner sein als

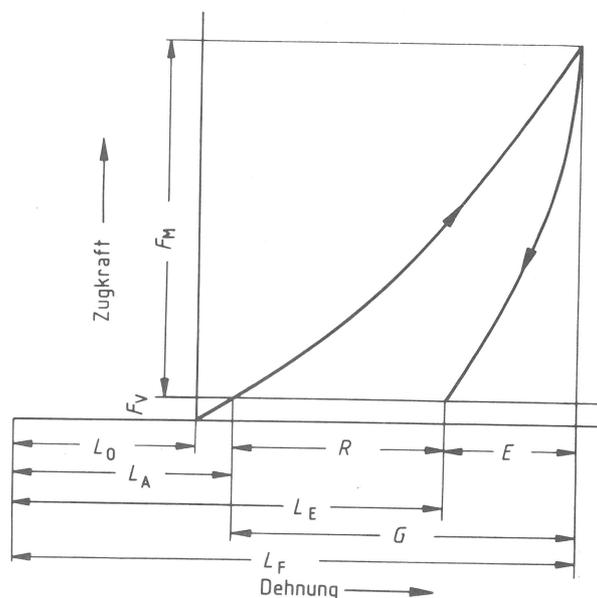
nach Zyklus 2, da der Probe im ersten Fall eine längere Relaxationszeit zur Verfügung steht. Außerdem müssen beide Zyklen bei sehr langsamer Belastungsgeschwindigkeit, im Vergleich zu den in der Probe möglichen Relaxationsprozessen, gleiche Ergebnisse liefern, da sich die Proben dann zu jedem Zeitpunkt im Gleichgewicht befinden.

Bei den folgenden Versuchsreihen wurden beide Belastungszyklen angewendet, um ihren Einfluß zu prüfen. Die Untersuchungen wurden an den Materialien A und B, in Reihenrichtung (AR bzw. BR) und in Stäbchenrichtung (AS bzw. BS) durchgeführt.



- L_0 = Einspannlänge
- L_A = Ausgangslänge unter Einwirkung der Vorspannkraft F_V
- L_B = Länge nach Belastung, völliger Entlastung und erneuter Belastung bis zur Vorspannkraft F_V
- L_F = Länge unter Einwirkung einer bestimmten Kraft F
- F_M = Maximalkraft
- F_V = Vorspannkraft
- R = Restdehnung
- E = elastische Dehnung
- G = Gesamtdehnung

Darstellung 1: Verlauf des Belastungszyklus 1



- L_0 = Einspannlänge
- L_E = Länge nach Be- und Entlastung unter Einwirkung der Vorspannkraft F_V
- L_A = Ausgangslänge unter Einwirkung der Vorspannkraft F_V
- F_M = Maximalkraft
- F_V = Vorspannkraft
- R = Restdehnung
- E = elastische Dehnung
- G = Gesamtdehnung

Darstellung 2: Verlauf des Belastungszyklus 2

4.1.1.1 Versuchsdurchführung

Diesen Versuchen lagen folgende Versuchsbedingungen zugrunde:

Prüfgerät	Universalprüfmaschine Zwick 1454
Kraftaufnehmer	100 N
Messung der Längenänderung	Traversenweg
obere Kraftgrenze FM	0,5 und 5 N
Vorspannkraft FV	0,2 N
Verformungsgeschwindigkeit	100 mm/min
Probenlänge	300 mm
Probenbreite	50 mm
Einspannlänge	200 mm
Einspannbreite	50 mm
Anzahl der Versuche	je 5 in Reihen- (R) und Stäbchenrichtung (S)

Die Proben wurden glatt ohne Vorspannkraft eingespannt, die Vorspannung wurde über die ziehende Klemme aufgebracht.

Auswertung	Gesamtdehnung G, Restdehnung R, elastische Dehnung E, elastisches Dehnungsverhältnis DV
------------	--

Tabelle 2 Versuchsergebnisse zum Einfluß
des Belastungszyklus

Maximalkraft FM		0,5 N		5,0 N		5,0 N	
Vorspannkraft FV		0,2 N		0,2 N		0,5 N	
Belastungszyklus		1	2	1	2	1	2
<u>Gesamtdehnung G in %</u>							
Probe	Mittelwert						
	Streuung						
AS	\bar{x}	4,6	3,9	15,9	17,1	14,9	13,5
	+ s	0,2	0,1	0,6	0,2	0,7	0,4
AR	\bar{x}	27,9	26,8	128,6	125,0	94,0	90,4
	+ s	0,9	0,6	2,4	2,9	2,6	2,9
BS	\bar{x}	4,0	4,1	20,6	19,4	17,9	16,9
	+ s	0,1	0,1	0,4	0	0,2	0,3
BR	\bar{x}	6,5	6,0	43,6	42,9	40,9	37,9
	+ s	0,1	0,1	1,4	1,1	0,7	0,3
<u>Restdehnung R in %</u>							
AS	\bar{x}	0,4	2,3	0,9	4,8	0,8	5,2
	+ s	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
AR	\bar{x}	2,0	11,2	13,2	37,7	12,8	42,5
	+ s	0,4	0,2	1,1	0,8	0,8	3,3
BS	\bar{x}	0,3	2,4	1,5	4,6	1,0	5,6
	+ s	0	0	0,1	0,2	0,1	0,1
BR	\bar{x}	0,4	2,3	2,3	6,2	2,3	8,9
	+ s	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2
<u>Elastische Dehnung E in %</u>							
AS	\bar{x}	4,2	1,6	15,0	12,3	14,1	8,3
	+ s	0,2	0	0,5	0,2	0,6	0,2
AR	\bar{x}	25,9	15,6	115,4	87,3	81,2	47,9
	+ s	0,5	0,5	2,3	3,5	1,9	1,3
BS	\bar{x}	3,7	1,7	19,1	14,8	16,9	11,3
	+ s	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3
BR	\bar{x}	6,1	3,7	41,3	36,7	38,6	29,0
	+ s	0,1	0,1	1,3	0,9	0,7	0,3
<u>Elastisches Dehnungsverhältnis DV in %</u>							
AS	\bar{x}	91,3	41,0	94,3	71,9	94,6	61,5
	+ s	1,2	1,2	0,6	0,6	0,3	0,4
AR	\bar{x}	92,8	58,2	89,7	69,8	86,4	53,0
	+ s	1,3	0,5	0,8	1,2	0,5	2,4
BS	\bar{x}	92,5	41,5	92,7	76,3	94,4	66,9
	+ s	0,8	0,9	0,3	0,9	0,4	0,9
BR	\bar{x}	93,8	61,7	94,7	85,5	94,4	76,5
	+ s	1,1	1,3	0,4	0,7	0,3	0,6

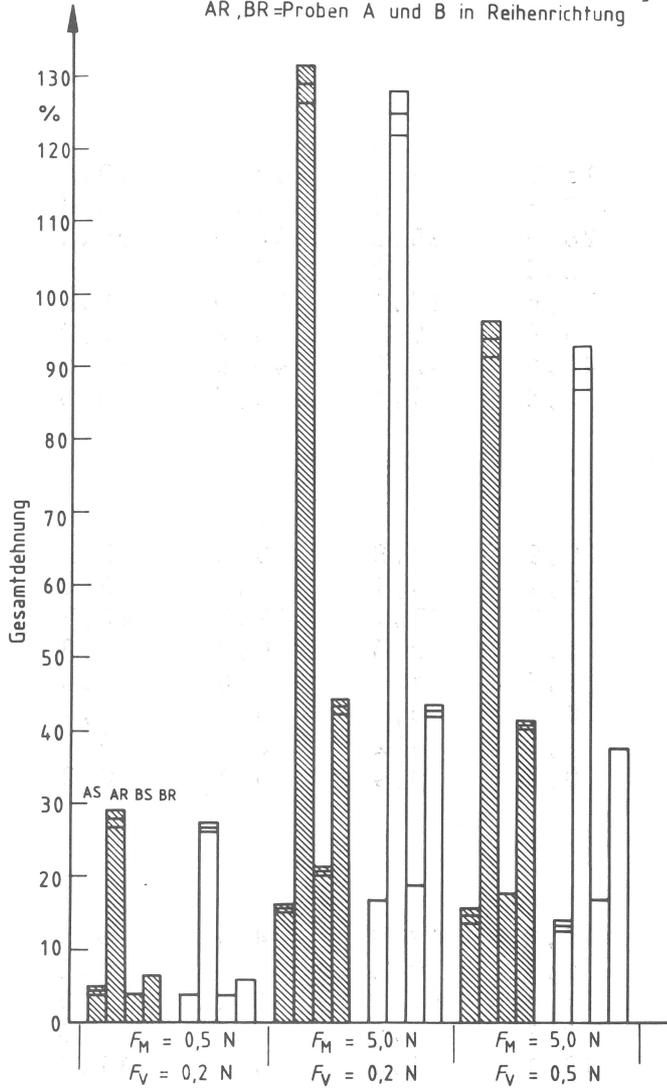
AS, BS = Proben A und B in Stäbchenrichtung
AR, BR = Proben A und B in Reihenrichtung

- ▨ Belastungszyklus 1
- Belastungszyklus 2

$\begin{matrix} +s \\ \bar{x} \\ -s \end{matrix}$ Streuung
 \bar{x} Mittelwert

F_M = Maximalkraft
 F_V = Vorspannkraft

AS,BS=Proben A und B in Stäbchenrichtung
 AR,BR=Proben A und B in Reihenrichtung



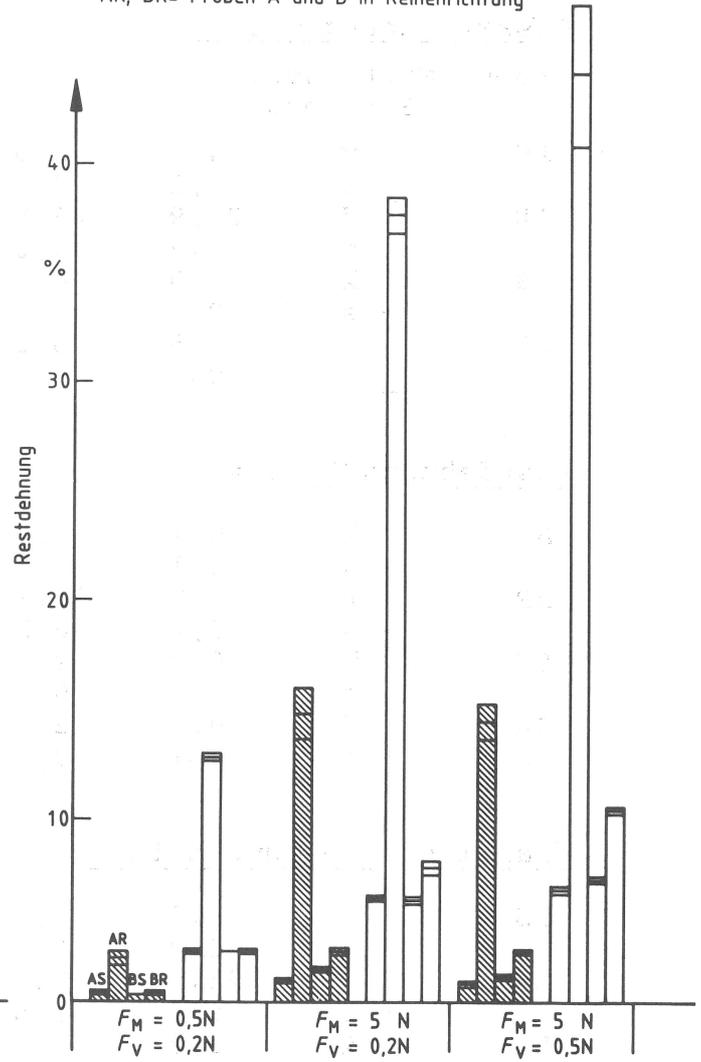
Darstellung 3:
 Gesamtdehnung in Abhängigkeit des Belastungszyklus

- ▨ Belastungszyklus 1
- Belastungszyklus 2

$\begin{matrix} +s \\ \bar{x} \\ -s \end{matrix}$ Streuung
 \bar{x} Mittelwert

F_M = Maximalkraft
 F_V = Vorspannkraft

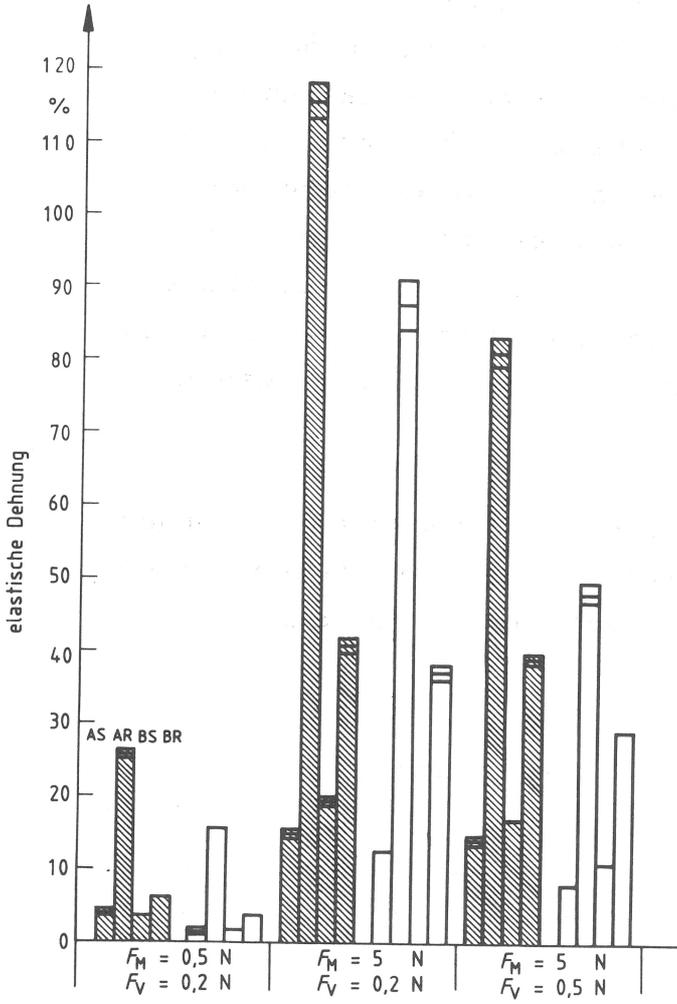
AS, BS= Proben A und B in Stäbchenrichtung
 AR, BR= Proben A und B in Reihenrichtung



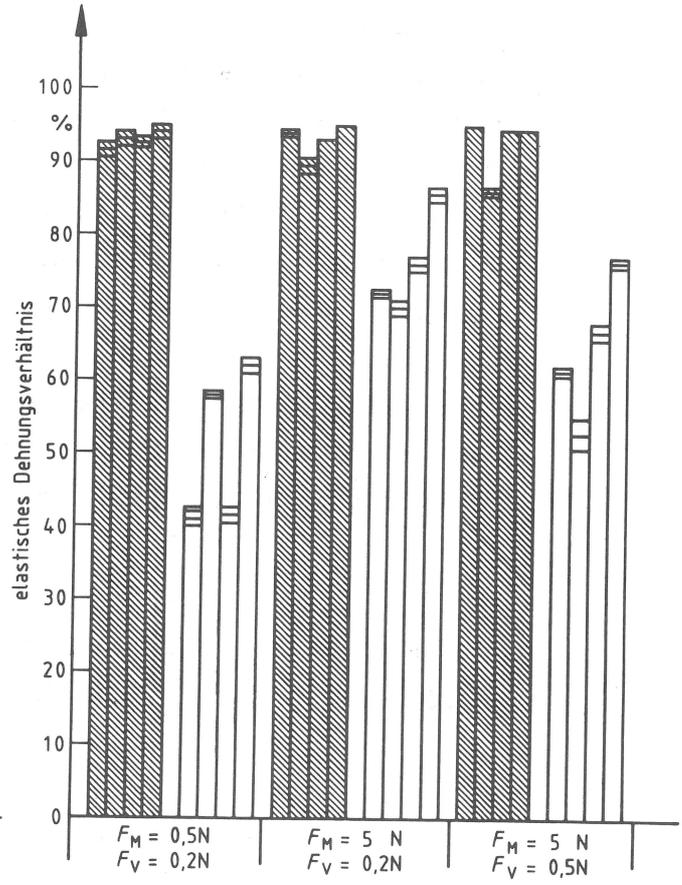
Darstellung 4:
 Restdehnung in Abhängigkeit des Belastungszyklus

■ Belastungszyklus 1
 □ Belastungszyklus 2
 +s Streuung
 \bar{x} Mittelwert
 -s
 F_M = Maximalkraft
 F_V = Vorspannkraft
 AS,BS = Proben A und B in Stäbchenrichtung
 AR,BR = Proben A und B in Reihenrichtung

■ Belastungszyklus 1
 □ Belastungszyklus 2
 +s Streuung
 \bar{x} Mittelwert
 -s
 F_M = Maximalkraft
 F_V = Vorspannkraft
 AS,BS = Proben A und B in Stäbchenrichtung
 AR,BR = Proben A und B in Reihenrichtung



Darstellung 5:
 Elastische Dehnung in Abhängigkeit des Belastungszyklus



Darstellung 6:
 Elastisches Dehnungsverhältnis in Abhängigkeit des Belastungszyklus

4.1.1.2 Diskussion der Ergebnisse zum Einfluß verschiedener Belastungszyklen auf die elastischen Kenndaten

Die Gesamtdehnung ist selbstverständlich unabhängig vom Belastungszyklus. Sie wurde nur der Vollständigkeit wegen in der Tabelle 2 mit aufgeführt. Die geringen Unterschiede bei der Maximalkraft $F_M = 0,5 \text{ N}$ und der Vorspannkraft $F_V = 0,2 \text{ N}$ sind ohne Bedeutung. Die Annahme, daß die Restdehnung R nach Belastungszyklus 2 größer ist, wird bestätigt. Dementsprechend ist die elastische Dehnung E und das elastische Dehnungsverhältnis DV nach Zyklus 2 kleiner. Keine Differenzierungsmöglichkeiten ergeben sich bei einer oberen Maximalkraft $F_M = 0,5 \text{ N}$, weder zwischen den Materialien A und B noch zwischen den Beanspruchungsrichtungen R (Reihe) und S (Stäbchen).

Berücksichtigt man die Deckung der Standardabweichungen zweier Ergebnisse, d. h. ergeben sich dann keine Differenzierungsmöglichkeiten, so erhält man folgende

Tabelle 3

Maximalkraft FM in N	Vorspannkraft FV in N	Belastungszyklus							
		1				2			
		G	R	E	DV	G	R	E	DV
5,0	0,2	X	X	X	-	X	-	X	X
5,0	0,5	X	X	X	-	X	X	X	X

Tabelle 3 zeigt die Möglichkeit von Rangfolgenbildungen.

Hierin bedeutet X verschiedene Ergebnisse für die Materialien A und B in beiden Belastungsrichtungen (Reihe und Stäbchen). Die Bildung von Rangfolgen ist möglich. Es bedeutet -, daß mindestens 2 Ergebnisse gleich sind, also keine Rangfolgenbildung möglich ist.

Hier und im Folgenden steht G für Gesamtdehnung, R für Restdehnung, E für elastische Dehnung und DV für elastisches Dehnungsverhältnis.

In der nächsten Tabelle ist die Rangfolgenbildung im einzelnen nach den Ergebnissen gemäß Tabelle 2 aufgeführt:

Tabelle 4

Maximalkraft FM in N	Vorspannkraft FV in N	Belastungszyklus							
		1				2			
		G	R	E	DV	G	R	E	DV
5,0	0,2	AS	AS	AR	-	AS	-	AR	BR
		BS	BS	BR	-	BS	-	BR	BS
		BR	BR	BS	-	BR	-	BS	AS
		AR	AR	AS	-	AR	-	AS	AR
5,0	0,5	AS	AS	AR	-	AS	AS	AR	BR
		BS	BS	BR	-	BS	BS	BR	BS
		BR	BR	BS	-	BR	BR	BS	AS
		AR	AR	AS	-	AR	AR	AS	AR

Tabelle 4 zeigt die Rangfolgenbildung der Materialien A und B in Reihen- bzw. Stäbchenrichtung (R und S).

Hierin bedeutet, das beste Ergebnis steht in der jeweils ersten Reihe, d. h. die niedrigste Gesamtdehnung G, die geringste Restdehnung R, die größte elastische Dehnung E und das größte elastische Dehnungsverhältnis DV innerhalb einer Versuchsreihe. Entsprechend zeigen die jeweils 4. Reihen die schlechtesten Ergebnisse.

Der Vergleich der Möglichkeiten zur Bildung von Rangfolgen bei beiden Belastungszyklen ergibt bei einer Maximalkraft $FM = 5 \text{ N}$ und einer Vorspannkraft $FV = 0,2 \text{ N}$ Übereinstimmungen in den Rangfolgen bei der Gesamt- und der elastischen Dehnung (G und E).

Bei einer Maximalkraft $FM = 5 \text{ N}$ und einer Vorspannkraft $FV = 0,5 \text{ N}$ ergeben sich Übereinstimmungen bei der Gesamt-, der Rest- und der elastischen Dehnung (G, R und E). Für das elastische Dehnungsverhältnis DV ist nur nach Belastungszyklus 2 eine Rangfolgenbildung möglich.

Die folgende Übersicht zeigt die Richtungsänderung der elastischen Kenngrößen bei einer Änderung der Versuchsbedingungen:

Tabelle 5 Änderung der elastischen Kenngrößen
in Abhängigkeit der Belastungszyklen

Änderung der Versuchsbedingungen	Änderung der elastischen Kenngrößen			
	G	R	E	DV
Maximalkraft FM steigend +				
Belastungszyklus 1	+	+	+	o
Belastungszyklus 2	+	+	+	+
Vorspannkraft FV steigend +				
Belastungszyklus 1	-	-	-	o
Belastungszyklus 2	-	+	-	-

Hierin bedeuten steigend +, fallend -, keine Veränderung o, d. h. im einzelnen: Bei steigender Maximalkraft FM steigen auch die Gesamt-, die Rest- und die elastische Dehnung (G,R,E) bei beiden Belastungszyklen. Das elastische Dehnungsverhältnis DV erhöht sich bei Zyklus 2 und bleibt unverändert bei Zyklus 1.

Bei steigender Vorspannkraft FV verringern sich die Gesamt-, die Rest- und die elastische Dehnung (G,R,E) bei Belastungszyklus 1, das elastische Dehnungsverhältnis DV bleibt unverändert, verringert sich jedoch bei Zyklus 2 ebenso wie die Gesamt- und die elastische Dehnung. Die Restdehnung steigt.

Aufgrund dieser Erkenntnisse ist die Auswahl eines bestimmten Belastungszyklus nicht notwendig, beide sind geeignet und führen zu differenzierten Ergebnissen. Aus maschinentechnischen Gründen wird im Folgenden Belastungszyklus 2 vorgezogen.

4.1.2 Einfluß unterschiedlicher Kraftgrenzen und Vorspannkraften auf die elastischen Kenndaten

Im Abschnitt 4.1 wurden schon einige Versuche mit verschiedenen Kraftgrenzen und Vorspannkraften beschrieben; ihre Aussagemöglichkeiten sind aber noch nicht ausreichend, so daß weitere Versuche durchzuführen sind, um den Einfluß dieser Parameter festzustellen.

Die in der Literatur beschriebenen Kraftgrenzen reichen von 2 bis 50 N pro 5 cm Probenbreite [1,2,3]. Die Vorspannkräfte überdecken einen Bereich von 20 bis 200 cN. Es fehlen eindeutige Angaben, nach welchen Kriterien sich diese Größen richten.

4.1.2.1 Versuchsdurchführung

Die Versuche wurden unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

Prüfgerät	Universalprüfmaschine Zwick 1454
Kraftaufnehmer	100 N
Meßbereiche	1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 N
obere Kraftgrenze FM	0,5; 2,5; 5,0; 25,0 N
Messung der Längenänderung	Traversenweg
Vorspannkräfte FV	0,2; 0,5 N
Verformungsgeschwindigkeit	100 mm/min
Probenform	Streifen
Probenlänge	300 mm
Probenbreite	50 mm
Einspannlänge	200 mm
Einspannbreite	50 mm
Anzahl der Versuche	je 3 in Reihen- und Stäbchenrichtung
Auswertung	Gesamtdehnung G, Restdehnung R, elastische Dehnung E und elastisches Dehnungsverhältnis DV nach Belastungszyklus 2

4.1.2.2 Diskussion der Ergebnisse zum Einfluß unterschiedlicher Kraftgrenzen und Vorspannkräfte

Aus den Versuchsergebnissen der Tabelle 6 entnimmt man, daß durch Erhöhung der Maximalkraft FM die Gesamt-, Rest-, elastische Dehnung (G,R,E) und das elastische Dehnungsverhältnis DV ansteigen (+). Erhöht man die Vorspannkraft FV, wächst die Restdehnung R, die übrigen Kenngrößen (G,E,DV) werden kleiner (-).

	G	R	E	DV
FM+	+	+	+	+
FV+	-	+	-	-

Tabelle 6 Versuchsergebnisse zum Einfluß unterschiedlicher Kraftgrenzen bei verschiedenen Vorspannkraften

Maximalkraft FM		0,5		2,5		5,0		25,0	
Vorspannkraft FV		0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5
<u>Gesamtdehnung G in %</u>									
Probe	Mittelwert								
	Streuung								
AS	\bar{x}	3,9	3,1	11,6	10,6	17,1	13,5	31,5	27,8
	+ s	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,4	1,4	0,4
AR	\bar{x}	26,8	18,2	93,0	66,5	125,0	90,4	185,0	150,5
	+ s	0,6	0,5	6,4	5,0	2,9	2,9	6,6	8,3
BS	\bar{x}	4,1	3,2	13,0	10,8	19,4	16,9	41,0	37,4
	+ s	0,1	0,1	0,6	0,2	0	0,3	1,0	1,6
BR	\bar{x}	6,0	5,1	24,4	22,2	42,9	37,9	93,9	88,7
	+ s	0,1	0,2	0,7	1,2	1,1	0,3	0,6	1,7
<u>Restdehnung R in %</u>									
AS	\bar{x}	2,3	2,3	3,7	4,3	4,8	5,2	6,7	7,4
	+ s	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,6	0,3
AR	\bar{x}	11,2	11,6	23,8	31,3	37,7	42,5	79,6	84,6
	+ s	0,2	0,2	1,6	3,6	0,8	3,3	9,1	5,5
BS	\bar{x}	2,4	2,2	3,6	4,2	4,6	5,6	7,3	9,1
	+ s	0	0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2
BR	\bar{x}	2,3	2,7	4,3	6,2	6,2	8,9	18,5	23,4
	+ s	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	2,2
<u>Elastische Dehnung E in %</u>									
AS	\bar{x}	1,6	0,8	7,9	6,3	12,3	8,3	24,8	20,4
	+ s	0	0	0,2	0,1	0,2	0,2	0,9	0,7
AR	\bar{x}	15,6	6,6	69,2	35,2	87,3	47,9	105,4	65,9
	+ s	0,5	0,4	5,0	1,5	3,5	1,3	3,2	5,4
BS	\bar{x}	1,7	1,0	9,4	6,6	14,8	11,3	33,7	28,3
	+ s	0,1	0,1	0,4	0,1	0,2	0,3	1,1	1,7
BR	\bar{x}	3,7	2,4	20,1	16,0	36,7	29,0	75,4	65,2
	+ s	0,1	0,1	0,5	1,1	0,9	0,3	0,6	3,4
<u>Elastisches Dehnungsverhältnis DV in %</u>									
AS	\bar{x}	41,0	25,8	68,1	59,4	71,9	61,5	78,7	73,4
	+ s	1,2	0,9	0,3	1,6	0,6	0,4	1,0	1,4
AR	\bar{x}	58,2	36,3	74,4	52,9	69,8	53,0	57,0	43,8
	+ s	0,5	1,3	0,5	1,8	1,2	2,4	3,4	2,3
BS	\bar{x}	41,5	31,3	72,3	61,1	76,3	66,9	82,2	75,7
	+ s	0,5	2,5	1,2	0,6	0,9	0,9	0,8	1,3
BR	\bar{x}	61,7	47,1	82,4	72,1	85,5	76,5	80,3	73,5
	+ s	1,3	1,0	0,3	1,5	0,7	0,5	0,3	2,8

Die Änderungen von Maximalkraft FM und Vorspannkraft FV wirken sich auf die dehnungsarme Maschenware B geringer aus als auf das stärker dehnbare Material A, so daß bei der Bestimmung der elastischen Kenndaten Verschiebungen innerhalb der Rangfolgen auftreten. Bei einer Maximalkraft FM = 5 N und FV = 0,5 N können bei allen 4 Kenngrößen Rangfolgen gebildet werden (vgl. Tab. 7). Damit

der Einfluß der Vorspannkraft FV auf die Gesamtdehnung G gering bleibt, sollte sie möglichst klein gewählt werden.

Überraschenderweise ergeben sich bei dieser Versuchsdurchführung für die Materialien A und B, daß in Maschenstäbchenrichtung eine niedrige Restdehnung R verbunden ist mit niedriger elastischer Dehnung E, in Maschenreihenrichtung ist bei höherer Restdehnung R auch eine höhere elastische Dehnung E zu verzeichnen.

Tabelle 7 Rangfolgenbildung unter Einfluß von Maximalkraft und Vorspannung

Maximalkraft FM (N)	Vorspannkraft FV (N)	Gesamtdehnung G	Restdehnung R	Elastische Dehnung E	Elastisches Dehnungsverhältnis DV
0,5	0,2	-	-	-	-
0,5	0,5	-	-	AR ²⁾	BR ³⁾
		-	-	BR	AR
		-	-	BS	BS
		-	-	AS	AS
2,5	0,2	AS ¹⁾	-	AR ²⁾	BR ³⁾
		BS	-	BR	AR
		BR	-	BS	BS
		AR	-	AS	AS
2,5	0,5	-	-	AR ²⁾	-
		-	-	BR	-
		-	-	BS	-
		-	-	AS	-
5,0	0,2	AS ¹⁾	-	AR ²⁾	BR ⁴⁾
		BS	-	BR	BS
		BR	-	BS	AS
		AR	-	AS	AR
5,0	0,5	AS ¹⁾	AS ¹⁾	AR ²⁾	BR ⁴⁾
		BS	BS	BR	BS
		BR	BR	BS	AS
		AR	AR	AS	AR
25,0	0,2	AS ¹⁾	-	AR ²⁾	BS ⁵⁾
		BS	-	BR	BR
		BR	-	BS	AS
		AR	-	AS	AR
25,0	0,5	AS ¹⁾	AS ¹⁾	-	-
		BS	BS	-	-
		BR	BR	-	-
		AR	AR	-	-

AS, BS = Proben A und B in Stäbchenrichtung

AR, BR = Proben A und B in Reihenrichtung

- = keine Rangfolgenbildung möglich

1) - 5) = fünf verschiedene Rangfolgenbildungen, davon 2) die umgekehrte Reihenfolge von 1).

4.1.3 Einfluß der verschiedenen Verformungsgeschwindigkeiten auf die elastischen Kenndaten

In Abschnitt 4.1.1 "Belastungszyklus" wurde bereits der Einfluß der Prüfzeit auf die Ergebnisse diskutiert. In diesem Abschnitt soll nun der Einfluß der Verformungsgeschwindigkeit auf die 4 elastischen Kenngrößen der Materialien A und B unter Anwendung des Belastungszyklus 2 untersucht werden.

4.1.3.1 Versuchsdurchführung

Diesen Versuchen lagen folgende Versuchsbedingungen zugrunde:

Prüfgerät	Universalprüfmaschine Zwick 14 54
Kraftaufnehmer	10 N
Messung der Längenänderung	Traversenweg
obere Kraftgrenze FM	5 N
Vorspannkraft FV	0,5 N
Verformungsgeschwindigkeit	50, 100, 200, 500 mm/min
Probenform	Streifen
Probenlänge	300 mm
Probenbreite	50 mm
Einspannlänge	200 mm
Einspannbreite	50 mm
Anzahl der Versuche	je 3 in Reihen- und Stäbchenrichtung
Auswertung	Gesamtdehnung G, Restdehnung R, elastische Dehnung E und elastisches Dehnungsver- hältnis DV, nach ein- maliger Beanspruchung zwischen konstanten Kraftgrenzen

4.1.3.2 Diskussion der Ergebnisse zum Einfluß verschiedener Verformungsgeschwindigkeiten

Die in Tabelle 8 erfaßten Untersuchungsergebnisse sind in den Darstellungen 7 und 8 veranschaulicht. Hieraus ist zu ersehen, daß die Verformungsgeschwin-

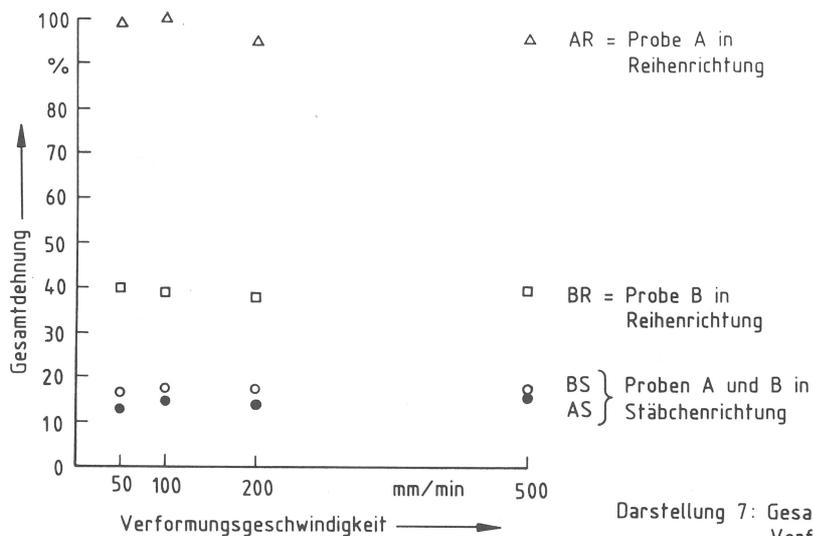
Tabelle 8 Versuchsergebnisse zum Einfluß
der Verformungsgeschwindigkeit

Verformungsgeschwindigkeit		50	100	200	500
v in mm/min					
<u>Gesamtdehnung G in %</u>					
Probe	Mittelwert Streuung				
AS	\bar{x}	13,3	14,9	14,6	15,6
	+ s	0,7	0,7	0,1	0,9
AR	\bar{x}	99,6	100,1	94,9	95,3
	+ s	4,7	2,8	0,6	2,3
BS	\bar{x}	16,7	17,3	17,3	17,0
	+ s	0,3	0,3	0,1	0,4
BR	\bar{x}	40,0	39,0	37,9	39,4
	+ s	0,5	0,6	0,2	1,3
<u>Restdehnung R in %</u>					
AS	\bar{x}	4,9	5,5	5,1	5,4
	+ s	0	0,4	0,1	0,3
AR	\bar{x}	48,0	45,8	42,5	40,1
	+ s	2,3	2,8	0,9	1,3
BS	\bar{x}	5,5	5,2	5,1	4,6
	+ s	0	0,4	0,2	0,2
BR	\bar{x}	16,4	8,6	7,9	8,2
	+ s	0,2	0,3	0	0,6
<u>Elastische Dehnung E in %</u>					
AS	\bar{x}	8,4	9,4	9,5	10,2
	+ s	0,7	0,4	0,1	0,8
AR	\bar{x}	51,6	54,3	52,4	55,2
	+ s	2,1	4,7	0,4	3,6
BS	\bar{x}	11,2	12,1	12,2	12,4
	+ s	0,3	0,2	0,1	0,4
BR	\bar{x}	29,6	30,4	30,1	31,2
	+ s	0,6	0,3	0,3	1,3
<u>Elastisches Dehnungsverhältnis DV in %</u>					
AS	\bar{x}	63,2	63,1	65,1	65,4
	+ s	1,7	0,7	0,5	0,7
AR	\bar{x}	51,8	54,2	55,2	57,9
	+ s	0,3	3,2	1,1	0,7
BS	\bar{x}	67,1	69,9	70,5	72,9
	+ s	3,4	2,0	1,4	0,9
BR	\bar{x}	74,0	77,9	79,4	79,2
	+ s	0,7	0,5	0	0,9

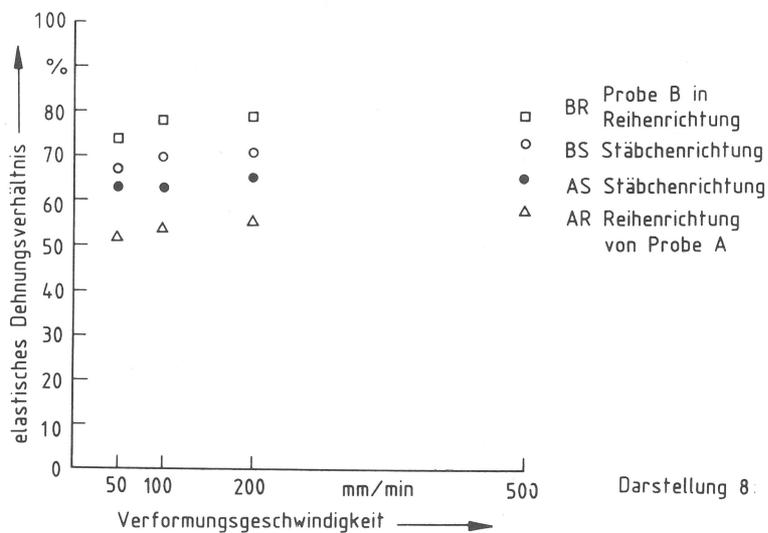
digkeit praktisch fast keinen Einfluß auf die elastischen Kenngrößen hat. Aus praktischen Gründen sollten aber alle Materialien innerhalb etwa der gleichen Zeit beansprucht werden. Dabei soll sich die Verformungsgeschwindigkeit nach der zu erwartenden Gesamtdehnung G und der freien Einspannlänge LO richten.

Für die weiteren Versuche wird die Verformungsgeschwindigkeit v nach folgender Formel festgelegt:

$$v \text{ (mm/min)} = \frac{G \text{ (\%)} \cdot L_0 \text{ (mm)}}{100}$$



Darstellung 7: Gesamtdéhnung in Abhängigkeit von der Verformungsgeschwindigkeit



Darstellung 8: Elastisches Déhnungsverhältnis in Abhängigkeit von der Verformungsgeschwindigkeit

4.1.4 Einfluß einer Relaxationszeit auf die elastischen Kenngrößen

Aus der Vielfalt der Möglichkeiten von anwendbaren Relaxationszeiten wurden 2 ausgewählt:

- a) Die elastischen Kenngrößen werden nach Belastung, völliger Entlastung bis zur Einspannlänge L_0 , 1 min Relaxationszeit und erneuter Belastung bis zur Vorspannkraft F_V gemessen. Dies entspricht dem Belastungszyklus 1.
- b) Die Probe wird belastet, entlastet und hat eine Relaxationszeit von 1 min. Anschließend erfolgt

ein neuer Belastungszyklus, wonach die elastischen Kenngrößen sofort beim Erreichen von FV bestimmt werden. Dies entspricht dem Belastungszyklus 2. Es ist aber zu beachten, daß zu Beginn der zweiten Phase infolge vorausgegangener Belastung praktisch eine veränderte Probe vorliegt.

4.1.4.1 Versuchsdurchführung

Diesen Versuchen lagen folgende Versuchsbedingungen zugrunde:

Prüfgerät	Universalprüfmaschine Zwick 1454
Kraftmeßbereich	10 N
Messung der Längenänderung	Traversenweg
obere Kraftgrenze FM	5 N
Vorspannkraft FV	0,2 N
Verformungs- geschwindigkeit	$v = \frac{G \cdot LO}{100}$ mm/min
Probenform	Streifen
Probenlänge	300 mm
Probenbreite	50 mm
Einspannlänge	200 mm
Einspannbreite	50 mm
Anzahl der Versuche	je 5 in Reihen- und Stäbchenrichtung
Auswertung	Gesamtdehnung G Restdehnung R elastische Dehnung E elastisches Dehnungsverhältnis DV nach zweimaliger Beanspruchung mit dazwischen liegender Relaxa- tionszeit von 1 min.

Tabelle 9 Versuchsergebnisse zum Einfluß der Relaxationszeit

Belastungszyklus	2	2	2	1	1	
Verformungs- geschwindigkeit v in mm/min	100	G · Ein- spannl. 100	G · Ein- spannl. 100	G · Ein- spannl. 100	G · Ein- spannl. 100	
Relaxationszeit in min	-	-	1	-	1	
<u>Gesamtdehnung G in %</u>						
Probe	Mittelwert		Streuung			
AS	\bar{x}	17,1	17,8	16,8	18,6	17,8
	+ s	0,2	1,9	1,7	1,0	1,9
AR	\bar{x}	125,0	128,2	106,0	133,6	128,2
	+ s	2,9	2,6	2,9	4,0	2,6
BS	\bar{x}	19,4	19,9	18,5	19,5	19,9
	+ s	0	0,4	0,4	0,5	0,4
BR	\bar{x}	42,9	43,8	40,9	43,6	43,8
	+ s	1,1	1,2	1,0	1,3	1,2
<u>Restdehnung R in %</u>						
AS	\bar{x}	4,8	5,1	4,0	1,2	1,1
	+ s	0,1	0,9	0,7	0,2	0,2
AR	\bar{x}	37,7	35,6	23,4	13,4	12,3
	+ s	0,8	0,9	1,8	1,4	0,5
BS	\bar{x}	4,6	5,1	4,1	1,2	1,3
	+ s	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
BR	\bar{x}	6,2	6,9	5,0	2,3	2,4
	+ s	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
<u>Elastische Dehnung E in %</u>						
AS	\bar{x}	12,3	12,7	12,8	17,4	16,7
	+ s	0,2	1,1	1,1	0,9	1,7
AR	\bar{x}	87,3	92,6	82,6	120,2	115,9
	+ s	3,5	2,1	1,9	3,3	2,8
BS	\bar{x}	14,8	14,8	14,4	18,3	18,6
	+ s	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
BR	\bar{x}	36,7	36,9	35,9	41,3	41,4
	+ s	0,9	1,0	0,8	1,2	1,0
<u>Elastisches Dehnungsverhältnis DV in %</u>						
AS	\bar{x}	71,9	71,3	76,2	93,5	93,8
	+ s	0,6	2,1	1,6	0,9	0,5
AR	\bar{x}	69,8	72,2	77,9	90,0	90,4
	+ s	1,2	0,5	1,3	0,9	0,5
BS	\bar{x}	76,3	74,4	77,8	93,8	93,5
	+ s	0,9	1,1	0,3	0,9	1,0
BR	\bar{x}	85,5	84,2	87,8	94,7	94,5
	+ s	0,7	0,4	0,2	0,4	0,4

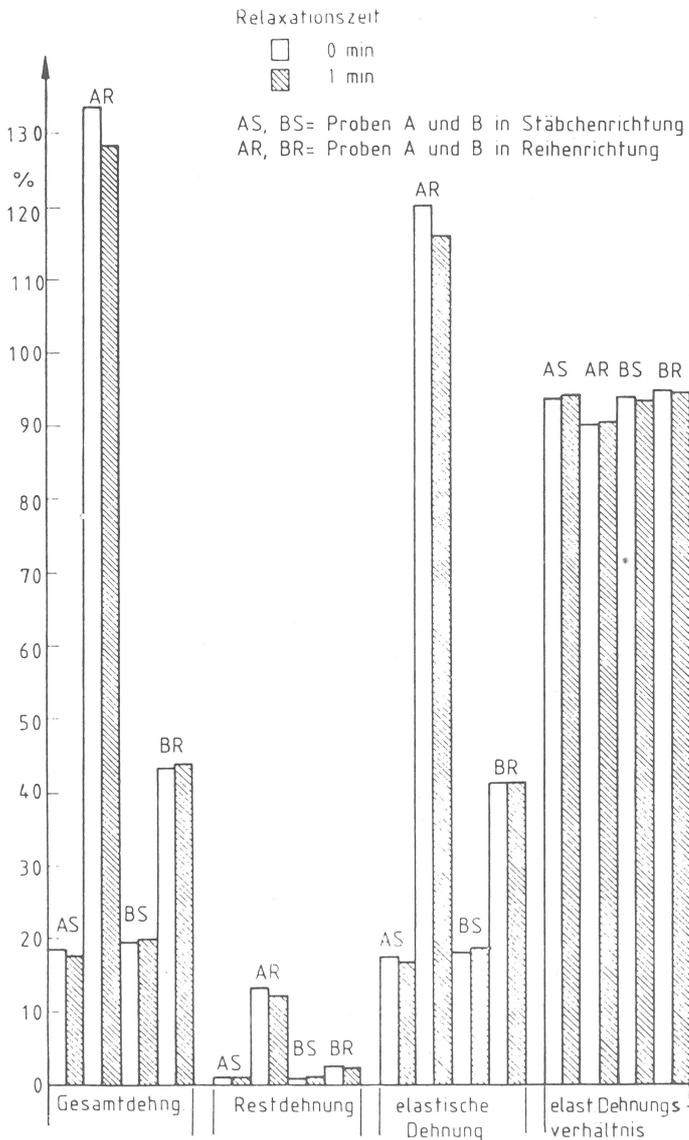
4.1.4.2 Diskussion der Ergebnisse zum Einfluß einer Relaxationszeit

Die nach Möglichkeit a), entsprechend dem Belastungszyklus 1, ausgewerteten Versuche zeigen keine Veränderungen, d. h. es können keine weiteren Differenzie-

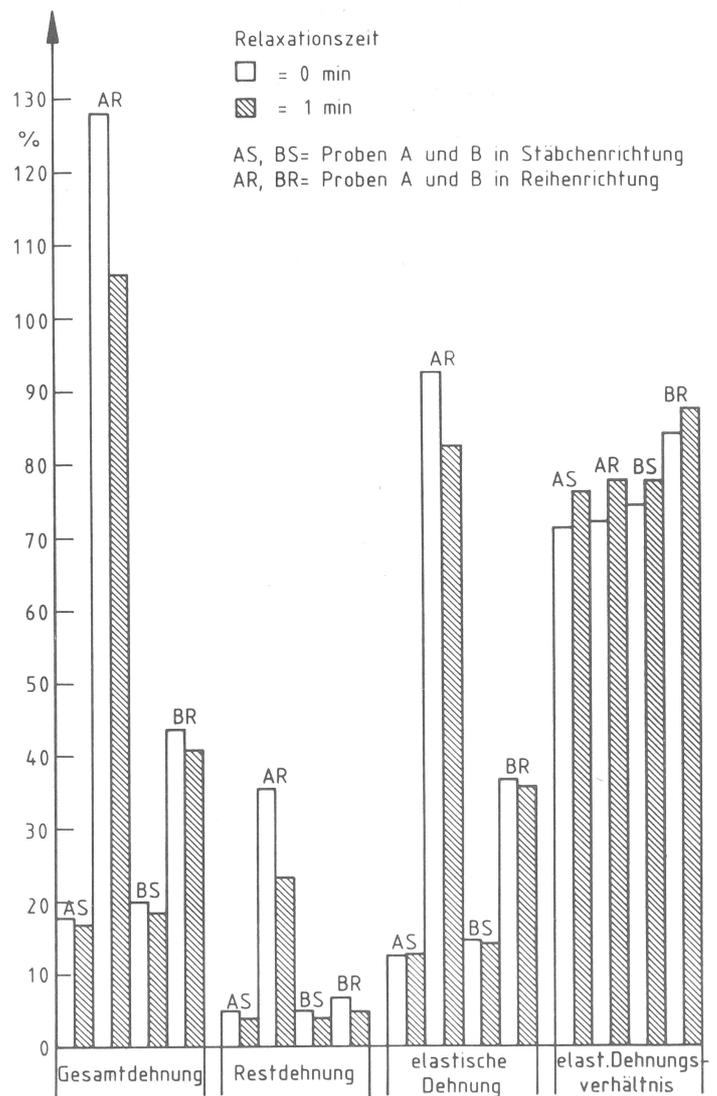
rungen bzw. Rangfolgenbildungen gefunden werden, da die Relaxationszeit keinen Einfluß auf die elastischen Kenn-
daten hat (vergl. Darstellung 9).

Bei den nach Möglichkeit b), entsprechend Belastungs-
zyklus 2, ausgewerteten Versuchen wurden die Gesamt-
und Restdehnung (G,R) niedriger, die elastische Dehnung E
änderte sich nur unwesentlich - außer bei Probe A in
Reihenrichtung -, so daß ein etwas größeres elastisches
Dehnungsverhältnis DV resultierte (vergl. Darstellung 10).

Im Folgenden wird auf eine Relaxationszeit verzichtet,
da sie die Ergebnisse kaum beeinflusst, d. h. keine
weiteren Differenzierungsmöglichkeiten bietet.



Darstellung 9 Vergleich der elastischen Kenndaten mit oder ohne Relaxationszeit nach Belastungszyklus 1



Darstellung 10: Vergleich der elastischen Kenndaten mit oder ohne Relaxationszeit nach Belastungszyklus 2

4.1.5 Einfluß einer Belastungszeit an der oberen Kraftgrenze auf die elastischen Kenndaten

Ein weiterer Versuchsparameter wurde untersucht, und zwar eine Belastungszeit, d. h. bei Erreichen der oberen Kraftgrenze FM wurde diese eine bestimmte Zeit konstant gehalten.

4.1.5.1 Versuchsdurchführung

Diesen Versuchen lagen folgende Versuchsbedingungen zugrunde:

Prüfgerät	Universalprüfmaschine Zwick 1454
Kraftaufnehmer	100 N
Meßbereich	10 N
Messung der Längenänderung	Traversenweg
obere Kraftgrenze FM	5 N
Vorspannkraft FV	0,2 N
Belastungszeit	1 min
Verformungsgeschwindigkeit	$v = \frac{G \cdot LO}{100}$ mm/min
Probenform	Streifen
Probenlänge	300 mm
Probenbreite	50 mm
Einspannlänge	200 mm
Einspannbreite	50 mm
Anzahl der Proben	je 5 in Reihen- und Stäbchenrichtung
Auswertung	Gesamtdehnung G, Restdehnung R, elastische Dehnung E, elastisches Dehnungsverhältnis DV

4.1.5.2 Diskussion der Ergebnisse zum Einfluß einer Belastungszeit

Zum Vergleich sind die Ergebnisse ohne Belastungszeit in Tabelle 10 noch einmal mit aufgeführt. Man entnimmt dieser Gegenüberstellung: Die Gesamt- und die Restdehnung (G,R) erhöhen sich in Reihenrichtung, das elastische Dehnungsverhältnis DV wird kleiner.

Tabelle 10 Versuchsergebnisse zum Einfluß einer
Belastungszeit an der oberen Kraftgrenze

Belastungszeit in min	0	1	
<u>Gesamtdehnung G in %</u>			
Probe	Mittelwert		
	Streuung		
AS	\bar{x}	17,8	18,1
	+ s	1,9	0,6
AR	\bar{x}	128,2	135,4
	+ s	2,6	4,0
BS	\bar{x}	19,9	20,7
	+ s	0,4	0,2
BR	\bar{x}	43,8	46,3
	+ s	1,2	0,6
<u>Restdehnung R in %</u>			
AS	\bar{x}	5,1	5,1
	+ s	0,9	0,1
AR	\bar{x}	35,6	44,4
	+ s	0,9	2,9
BS	\bar{x}	5,1	5,3
	+ s	0,2	0,4
BR	\bar{x}	6,9	8,9
	+ s	0,3	0,4
<u>Elastische Dehnung E in %</u>			
AS	\bar{x}	12,7	13,1
	+ s	1,1	0,6
AR	\bar{x}	92,6	91,0
	+ s	2,1	5,4
BS	\bar{x}	14,8	15,4
	+ s	0,3	0,2
BR	\bar{x}	36,9	37,4
	+ s	1,0	0,7
<u>Elastisches Dehnungsverhältnis DV in %</u>			
AS	\bar{x}	71,3	72,1
	+ s	2,1	0,7
AR	\bar{x}	72,2	67,2
	+ s	0,5	2,6
BS	\bar{x}	74,4	74,4
	+ s	1,1	1,7
BR	\bar{x}	84,2	80,8
	+ s	0,4	0,9

In Stäbchenrichtung ändert sich unter Berücksichtigung der Meßgenauigkeit nichts. Eine bessere Differenzierungsmöglichkeit und damit die Bildung von Rangfolgen ist durch eine Belastungszeit an der oberen Kraftgrenze nicht gegeben. In weiteren Versuchen wird die Belastungszeit nicht mehr verwendet.

4.2 Schlußfolgerungen aus den Vorversuchen zur Festlegung der Versuchsparameter

Bei den Versuchen, geeignete Prüfbedingungen zu finden, wurden folgende Erkenntnisse gewonnen:

1. Trotz unterschiedlicher Art der Belastungszyklen werden die Ergebnisse davon etwa gleich beeinflußt. Die Auswahl kann freigestellt werden. Aus Versuchs-technischen Gründen wird für weitere Untersuchungen Belastungszyklus 2 eingesetzt.
2. Veränderungen der Maximalkraft FM und der Vorspannkraft FV beeinflussen die elastischen Kenngrößen bei stärker dehnbaren Maschenwaren mehr als bei dehnungsärmeren, insbesondere in Reihenrichtung. Es ergeben sich unterschiedliche Differenzierungsmöglichkeiten, d. h. Rangfolgenbildungen bei den einzelnen Dehnungsarten.
3. Die Verformungsgeschwindigkeit hat in weiten Grenzen keinen Einfluß auf die Ergebnisse. Sie wird, abhängig von der Belastungsgrenze so festgelegt, daß alle Maschenwaren innerhalb etwa der gleichen Zeit geprüft werden, wobei die Gesamtdehnung zu berücksichtigen ist.
4. Der Einfluß von Relaxations- und Belastungszeiten auf die elastischen Kenndaten ist im untersuchten Bereich so gering, daß auf diese Versuchsparameter im Interesse zügiger Untersuchungen verzichtet werden kann.

5. Vorbemerkung zur Bestimmung der Ausbeulneigung mit dem Ausbeulgerät nach DIN 53 860

Mit Hilfe der bisher durchgeführten Versuche können wesentliche Versuchsparameter festgelegt werden. Eine eindeutige Bewertung der beiden Maschenwaren hinsichtlich ihrer elastischen Eigenschaften ist noch nicht möglich, da der Bezug zur Praxis fehlt. Dieser könnte zwar durch Trageversuche hergestellt werden, doch

waren diese im Rahmen dieses Vorhabens nicht vorgesehen. Angaben der Hersteller zum Praxisverhalten lagen weder in Meßwerten noch Abstufungen vor.

Für Maschenwaren, die für Oberbekleidungsartikel bestimmt sind, war durch ein vom Bekleidungsphysiologischen Institut e. V. Schloß Hohenstein durchgeführtes Vorhaben geklärt worden, daß die Versuchsergebnisse mit einem modifizierten Ausbeulgerät Korrelationen zum Verhalten in der Praxis aufweisen. In diesen Untersuchungen wurde allerdings nicht geprüft, ob auch Korrelationen zwischen Praxis und Ausbeulneigung bei Maschenwaren bestehen, die für Unterwäsche vorgesehen sind. [4]

Es lag daher nahe, an allen Materialien (vergl. Tabelle 1) die Ausbeulneigung nach DIN 53 860 zu ermitteln, um aus dem Ausbeulverhalten wenigstens einen gewissen Anhaltspunkt über das Verhalten bei praktischer Beanspruchung zu haben. Dabei schien es sinnvoll zu sein, das Ausbeulverhalten auch nach mehrmaliger Wäsche bzw. entsprechend dem Anwendungszweck der Waren nach dem Chemischreinigen zu bestimmen.

5.1 Versuchsdurchführung

Die Versuche wurden nach dem in Tabelle 11 angegebenen Schema durchgeführt.

Erklärungen

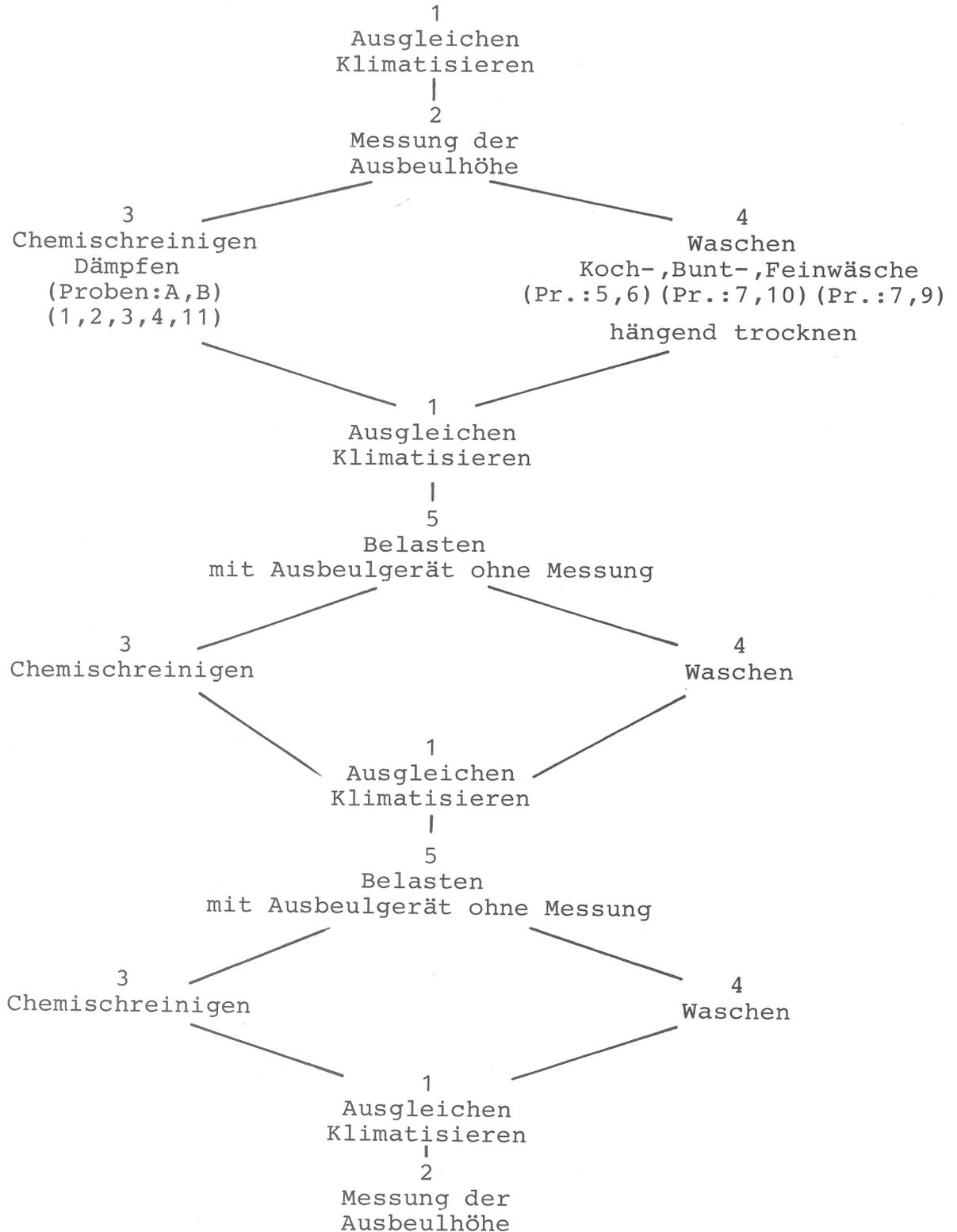
1 Ausgleichen Klimatisieren

Um Spannungszustände auszugleichen wurden die Meßproben so lange im Normalklima ausgelegt bis die Differenz zwischen 2 Meßmarken bei zwei aufeinanderfolgenden Messungen nicht größer als 0,2 % war. Diese Messungen erfolgten in Abständen von 12 Stunden.

2 Messung der Ausbeulhöhe

Die Messung der Ausbeulhöhe wurde in Anlehnung an DIN 53 860, Teil 1 vom Oktober 1979 "Bestimmung

Tabelle 11 Prüfplan zur Bestimmung der Ausbeulneigung, auch nach dem Waschen und Chemischreinigen



der Ausbeulneigung von textilen Flächengebilden
- Ellenbogenverfahren -" durchgeführt.

Prüfgerät	Bauart Grünewald, Zöll
Belastungszeit	120 min
Erholzeit	10 min
Anzahl der Meßproben	je 5

Die Proben 2, 3 und 4 erwiesen sich als so dehnungsarm, daß sie mit Schablone A zugeschnitten und ohne Haltering geprüft werden mußten. Alle anderen Proben wurden mit Schablone B zugeschnitten und entsprechend der Norm mit Haltering geprüft.

3 Chemischreinigung und Dämpfen

Sämtliche Chemischreinigungen wurden in Anlehnung an DIN 53 898, Teil 1 Abschnitt 7.2 durchgeführt.

Maschine	BÖWE Permac R 312 m
Beladung	9 kg
Reinigungsflotte	80 l Perchlorethylen
Reinigungsverstärker	5 g/l als Gesamtmenge der Reinigungsflotte zugesetzt keine Teilmenge als Nachsatz
Wasserzusatz	ohne
Reinigungszeit	10 min
Trocknung max.	50 °C

Nach 3stündigem Auslüften wurden die Proben in Anlehnung an DIN 53 894, Teil 2 "Bestimmung der Maßänderung an textilen Flächengebilden - Dämpfen auf Dampfbügelmaschinen" gedämpft.

Bügelmaschine	Bauart Wiethüchter
Dampfdruck	etwa 4,9 bar
Anzahl der Dämpfzyklen	5
ein Zyklus	10 sec Dämpfen mit Oberdampf 10 sec Absaugen

Die Dämpfbehandlungen wurden bei einem freien Plattenabstand von 10 mm durchgeführt.

4 Waschen

Die Wäschen wurden nach DIN 53 892, Teil 1, Ausgabe Februar 1979 durchgeführt, wobei eine Textilprüfwaschmaschine nach DIN 53 920, Ausgabe Mai 1978 verwendet wurde.

Programm 4.1	"Kochwäsche 93 °C"
Beladung	3,75 kg
Beiladung	Gerstenkornhandtücher (sauber) Baumwolle

Programm 4.3	"Heißwäsche 60 °C (Buntwäsche)"
Beladung	3,75 kg
Beiladung	Gerstenkornhandtücher (sauber) Baumwolle
Programm 4.5	"Feinwäsche 40 °C"
Beladung	1,00 kg
Beiladung	PES/Bw Mischgewebe

Waschmittel IEC-Testwaschmittel und Perborat
für Programm 4.1 und 4.3

Vorwäsche	40 g IEC-Testwaschmittel + 10 g Perborat
Hauptwäsche	40 g IEC-Testwaschmittel + 10 g Perborat

für Programm 4.5

Vorwäsche	50 g IEC-Testwaschmittel ohne Perborat
Hauptwäsche	50 g IEC-Testwaschmittel ohne Perborat

Wasserhärte 14 °d (2,50 mmol/l)

Nach dem Waschen wurden die Proben bei Raumtemperatur
hängend getrocknet.

5 Belasten

Die Proben wurden mit dem Ausbeulgerät nur 2 Stunden
belastet. Die Ausbeulhöhen wurden nicht gemessen.

Tabelle 12 Ausbeulhöhen aller Materialien im Neuzustand, nach Belastungen, nach dem Waschen
und Chemischreinigen

Probe	Art der Wäsche	Ausbeulhöhen in mm		
		im Neuzustand	nach 4 Belastungen und 3 Reinigungen	
Oberbekleidung mit geringer Dehnbarkeit	2 3 4	- - -	5,6 2,9 3,8	7,5 5,5 5,4
Oberbekleidung mit höherer Dehnbarkeit	A B 1 11	- - - -	2,6 6,2 1,0 2,8	4,1 7,8 2,5 4,2
Kettenwirkware für Badebekleidung	9	Feinwäsche 40 °C	6,2	nach 4 Belastungen und 3 Wäschen 6,2
Unter- und Freizeitbe- kleidung mit höherer Dehnbarkeit	7 10 5 6	Feinwäsche 40 °C Buntwäsche 60 °C Kochwäsche Kochwäsche	3,6 4,6 8,5 6,0	6,3 8,9 10,4 11,2

5.2 Diskussion der Ergebnisse und Rangfolgen- bildung bezüglich der Ausbeulhöhen

In Tabelle 12 sind die Ausbeulhöhen aller Materialien im Neuzustand und nach 3 Wasch- bzw. Reinigungsbehandlungen angegeben. Nimmt man eine Gruppeneinteilung der Materialien entsprechend ihrem vorgesehenen Anwendungszweck vor und ordnet sie innerhalb dieser Gruppen nach steigender Ausbeulhöhe, so ergibt sich die in Tabelle 13 dargestellte Anordnung:

Tabelle 13 Gruppeneinteilung mit Rangfolgenbildung bezüglich der Ausbeulhöhen

	Rangfolge im Neuzustand	Rangfolge nach 4 Belastungen 3 Reinigungen bzw. Wäschen
	Probe	Probe
Oberbekleidung mit geringer Dehnbarkeit	3	4
	4	3
	2	2
Oberbekleidung mit höherer Dehnbarkeit	1	1
	A	A
	11	11
	B, 9	9 B
Unter- und Frei- zeitbekleidung mit höherer Dehnbarkeit	7	7
	10	10
	6	5
	5	6

Ordnet man die Materialien so, daß Ober- und Unterbekleidung mit höherer Dehnbarkeit in eine Gruppe kommen, so ergeben sich innerhalb dieser Gruppe folgende Reihenfolgen:

Tabelle 14 Rangfolgenbildung bezüglich Ausbeulhöhen mit neuer Gruppeneinteilung

	Rangfolge der Proben im Neuzustand	Rangfolge der Proben nach 4 Belastungen 3 Reinigungen bzw. Wäschen
Ober- und Unter- bekleidung mit höherer Dehnbarkeit	1	1
	A	A
	11	11
	7	9
	10	7
	6	B
	B, 9	10
5	5	
		6

Selbstverständlich ist es möglich, die Gruppeneinteilung in anderer Weise vorzunehmen. Aus praktischen Gründen scheint es aber plausibel, sich auf die beiden aufgeführten Möglichkeiten zu beschränken. Es wird angestrebt, die Ergebnisse dieses Versuches in Beziehung zu den Ergebnissen der Zugversuche zu setzen.

6. Einachsiger Zugversuch zum Vergleich mit den Ergebnissen der Ausbeulneigung

In Abschnitt 4 wurde der Einfluß der Parameter Belastungszyklus, Belastungsgrenze, Vorspannkraft, Verformungsgeschwindigkeit, Relaxationszeit und Belastungszeit auf die elastischen Kenndaten untersucht. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse bezüglich Festlegung dieser Parameter sollen auf alle zur Verfügung gestellten Maschenwaren angewendet werden und die Ergebnisse mit den bei der Ermittlung der Ausbeulhöhen gewonnenen Resultaten verglichen werden.

6.1 Versuchsdurchführung

Diesen Versuchen lagen folgende Versuchsbedingungen zugrunde:

Prüfgerät	Universalprüfmaschine Zwick 1454
Kraftaufnehmer	100 N
Meßbereich	10 N
Messung der Längenänderung	Traversenweg
Kraftgrenze FM	5 N
Vorspannkraft FV	0,2 N
Verformungs- geschwindigkeit	$v = \frac{G \cdot LO}{100}$ mm/min
Probenform	Streifen
Probenlänge	300 mm
Probenbreite	50 mm
Einspannlänge	200 mm
Einspannbreite	50 mm
Anzahl der Versuche	je 5 in Reihen- und Stäbchen- richtung
Auswertung	Gesamtdehnung G, Restdehnung R, elastische Dehnung E, elastisches Dehnungsverhältnis DV, bezogen auf die Ausgangslänge LA

Tabelle 15 Elastische Kenndaten aller Materialien bei vorgegebener Kraftgrenze mit Gruppeneinteilung

Probe	Gesamtdehnung G in %				Restdehnung R in %				Elastische Dehnung E in %				Elastisches Verhältnis		Dehnungs-DV in %	
	Reihenrichtung		Stäbchenrichtung		Reihenrichtung		Stäbchenrichtung		Reihenrichtung		Stäbchenrichtung		Reihenrichtung		Stäbchenrichtung	
	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Oberbekleidung mit geringer Dehnung																
3	5,5	0,2	5,3 ¹⁾	0,1	1,8	0,1	1,4	0	3,7	0,1	3,9 ¹⁾	0,1	67,3	1,5	73,6 ¹⁾	1,0
4	8,2	0,1	8,6	0,2	2,4	0,1	2,0	0,1	5,8	0	6,6	0,1	70,7	1,3	76,7	0,9
2	2,1	0,1	9,6	0,3	1,0	0,1	1,8	0,1	1,1	0	7,8	0,2	52,4	2,0	81,3	1,1
Oberbekleidung mit höherer Dehnung																
1 ²⁾	-	-	10,7	0,2	-	-	3,0	0,1	-	-	7,7	0,1	-	-	72,0	0,6
A	128,2	2,6	17,8	1,9	35,6	0,9	5,1	0,1	92,6	2,1	12,7	1,1	72,2	0,5	71,3	2,1
11	30,6	0,5	10,8	0,3	3,3	0,1	1,8	0	27,3	0,6	9,0	0,3	89,2	0,4	83,3	0,4
9	20,9	0,3	85,7	0,7	6,2	0,2	3,7	0,1	14,7	0,2	82,0	0,6	70,3	0,7	95,7	0,1
B	43,8	1,2	19,9	0,4	6,9	0,3	5,1	0,2	36,9	1,0	14,8	0,3	84,2	0,4	74,4	1,1
Unter- und Freizeitbekleidung mit höherer Dehnung																
7	131,8	3,4	21,3	0,4	66,0	1,8	8,2	0,4	65,8	2,1	13,1	0,1	49,9	0,7	61,5	1,3
10	39,3	1,8	23,5	0,5	8,2	0,5	4,2	0,1	31,1	1,5	19,3	0,5	79,1	0,9	82,1	0,6
6	128,5	2,1	20,3	0,4	76,9	1,8	7,7	0,2	51,6	1,4	12,6	0,4	40,2	1,0	62,1	0,9
5	97,2	3,5	15,7	0,4	64,1	3,3	8,5	0,3	33,1	0,7	7,2	0,1	34,1	1,1	45,9	0,7

1) Rangfolgenbildung bezüglich Ausbeulhöhen möglich

2) Bei Probe 1 Laufmaschenbildung in Reihenrichtung

Tabelle 16 Elastische Kenndaten aller Materialien bei vorgegebener Kraftgrenze mit anderer Gruppeneinteilung als Tabelle 15

Probe	Gesamtdehnung G in %				Restdehnung R in %				Elastische Dehnung E in %				Elastisches Verhältnis		Dehnungs-DV in %	
	Reihenrichtung		Stäbchenrichtung		Reihenrichtung		Stäbchenrichtung		Reihenrichtung		Stäbchenrichtung		Reihenrichtung		Stäbchenrichtung	
	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Maschenware mit geringer Dehnung																
3	5,5	0,2	5,3 ¹⁾	0,1	1,8	0,1	1,4	0	3,7	0,1	3,9 ¹⁾	0,1	67,3	1,5	73,6 ¹⁾	1,0
4	8,2	0,1	8,6	0,2	2,4	0,1	2,0	0,1	5,8	0	6,6	0,1	70,7	1,3	76,7	0,9
2	2,1	0,1	9,6	0,3	1,0	0,1	1,8	0,1	1,1	0	7,8	0,2	52,4	2,0	81,3	1,1
Maschenware mit höherer Dehnung																
1 ²⁾	-	-	10,7	0,2	-	-	3,0	0,1	-	-	7,7	0,1	-	-	72,0	0,6
A	128,2	2,6	17,8	1,9	35,6	0,9	5,1	0,1	92,6	2,1	12,7	1,1	72,2	0,5	71,3	2,1
11	30,6	0,5	10,8	0,3	3,3	0,1	1,8	0	27,3	0,6	9,0	0,3	89,2	0,4	83,3	0,4
7	131,8	3,4	21,3	0,4	66,0	1,8	8,2	0,4	65,8	2,1	13,1	0,1	49,9	0,7	61,5	1,3
10	39,3	1,8	23,5	0,5	8,2	0,5	4,2	0,1	31,1	1,5	19,3	0,5	79,1	0,9	82,1	0,6
6	128,5	2,1	20,3	0,4	76,9	1,8	7,7	0,2	51,6	1,4	12,6	0,4	40,2	1,0	62,1	0,9
9	20,9	0,3	85,7	0,7	6,2	0,2	3,7	0,1	14,7	0,2	82,0	0,6	70,3	0,7	95,7	0,1
B	43,8	1,2	19,9	0,4	6,9	0,3	5,1	0,2	36,9	1,0	14,8	0,3	84,2	0,4	74,4	1,1
5	97,2	3,5	15,7	0,4	64,1	3,3	8,5	0,3	33,1	0,7	7,2	0,1	34,1	1,1	45,9	0,7

1) Rangfolgenbildung bezüglich Ausbeulhöhen möglich

2) Bei Probe 1 Laufmaschenbildung in Reihenrichtung

6.2 Diskussion zum Vergleich der Ergebnisse von Zugversuch und Ausbeulneigung

In Tabelle 15 ist die Gruppeneinteilung der Materialien entsprechend Tabelle 13 vorgenommen worden. Es ergeben sich Übereinstimmungen der Rangfolgen mit denen der Ausbeulneigung im Neuzustand bei den Proben der Oberbekleidung mit geringer Dehnung. Dies gilt für die Daten der Gesamtdehnung G, der

elastischen Dehnung E und für das elastische Dehnungsverhältnis DV in Stäbchenrichtung. Die Erwartung, daß die Restdehnung R in Abhängigkeit einer Kraftgrenze mit den Ausbeulhöhen h korreliert, hat sich nicht bestätigt. Die Ergebnisse der Messung der Ausbeulneigung nach Wasch- bzw. Reinigungsbehandlungen korrelieren in keinem Fall mit den elastischen Kenndaten.

In Tabelle 16 sind die Ergebnisse entsprechend der Gruppeneinteilung nach Tabelle 14 geordnet. Auch hier ergeben sich keine weiteren Übereinstimmungen mit den Kenndaten der Ausbeulhöhen. Eine Ursache hierfür könnte sein, daß die Verwendung einer Kraftgrenze nicht den Verhältnissen in der Praxis entspricht, obwohl Aussagen über die Dehnfähigkeit einer Maschenware am besten mit den Verfahren konstanter Kraftgrenzen zu gewinnen sind [5].

Bei der Durchführung des Versuchs bildeten sich bei Probe 1 in Reihenrichtungen Laufmaschen, so daß die Prüfbedingungen zumindest für dieses Material ungeeignet sind.

7. Versuche mit vorgegebenen Dehngrenzen

Da beim Tragen von Kleidungsstücken in der Praxis bestimmte Dehnungen auftreten, werden diese in unterschiedlichen Bereichen untersucht. Diese Dehnungsbeanspruchungen sind für Oberbekleidung niedriger anzusetzen als für elastische Freizeit- und Unterbekleidung insbesondere für enganliegende Kleidung.

Aus diesen Überlegungen heraus wurden für die Versuche Dehngrenzen gewählt, die auch den in der Literatur angegebenen entsprechen [6, 2].

1. Oberbekleidung mit geringer Dehnung 20 %
2. Oberbekleidung mit hoher Dehnung 40 %
3. Unter- und Freizeitbekleidung mit hoher Dehnung 80 %

Aufgrund der bisher gemachten Erfahrungen bei den Versuchen mit fester Kraftgrenze wurden eine Vor-

spannkraft von 0,2 N, der Belastungszyklus 2 und eine von der Gesamtdehnung abhängige Verformungsgeschwindigkeit gewählt. Relaxations- und Belastungszeiten in den Bewegungsumkehrpunkten wurden nicht angewendet.

7.1 Versuchsdurchführung

Diesen Versuchen lagen folgende Versuchsbedingungen zugrunde:

Prüfgerät	Universalprüfmaschine Zwick 1454
Kraftaufnehmer	100 N, 10 kN
Kraftmeßbereich	entsprechend Dehngrenze
Messung der Längenänderung	Traversenweg
Dehngrenze	20, 40, 80 %
Vorspannkraft FV	0,2 N
Verformungsgeschwindigkeit	$v = \frac{G \cdot LO}{100}$ mm/min
Probenform	Streifen
Probenlänge	300 mm
Probenbreite	50 mm
Einspannlänge	200 mm
Einspannbreite	50 mm
Anzahl der Versuche	je 5 in Reihen- und Stäbchenrichtung
Auswertung	obere Dehnkraft DF in N, Restdehnung R, elastische Dehnung E, elastisches Dehnungsverhältnis DV

Tabelle 17 Elastische Kenndaten aller Materialien bei vorgegebenen Dehngrenzen mit Gruppeneinteilung

Probe	Obere Dehnkraft DF in N				Restdehnung R in %				Elastische Dehnung E in %				Elastisches Dehnungsverhältnis DV in %			
	Reihenrichtung		Stäbchenrichtung		Reihenrichtung		Stäbchenrichtung		Reihenrichtung		Stäbchenrichtung		Reihenrichtung		Stäbchenrichtung	
	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Oberbekleidung mit geringer Dehnbarkeit, Dehngrenze 20 %																
3	46,2	2,9	27,0	0,4	3,6	0,2	2,3	0,1	16,4	0,2	17,7	0,1	82,0	1,0	88,5	0,7
4	17,7	1,3	16,3	0,6	4,4	0,3	2,8	0,1	15,6	0,3	17,2	0,1	78,0	1,5	86,1	0,4
2	133,0	2,0	11,2	0,6	4,4	0,1	2,2	0,2	15,6	0,1	17,8	0,9	78,0	0,7	89,0	4,7
Oberbekleidung mit höherer Dehnbarkeit, Dehngrenze 40 %																
1	2,3	0	171,5	15,7	13,9	0,6	11,5	1,7	26,1	0,6	28,5	1,7	65,2	1,5	71,3	4,1
A	0,7	0	58,5	17,2	13,1	0,9	7,7	1,4	26,9	0,9	32,3	1,4	67,3	2,1	80,8	3,5
11	6,9	0,3	89,7	4,3	3,1	0,6	8,7	0,9	36,9	0,6	31,3	0,9	92,3	1,4	78,3	2,3
B	4,3	0,2	17,2	0,4	5,2	0,4	6,0	0,5	34,8	0,4	34,0	0,5	87,0	1,0	85,0	1,4
Unter- und Freizeitkleidung mit höherer Dehnbarkeit, Dehngrenze 80 %																
7 ¹⁾	1,4	0,1	-	-	31,5	0,8	-	-	48,5	0,8	-	-	60,6	1,0	-	-
10 ¹⁾	12,8	0,7	48,3	2,3	20,4	2,2	23,2	2,6	59,6	2,2	56,8	2,6	74,5	2,7	71,0	3,2
6 ¹⁾	1,9	0,1	-	-	32,3	0,9	-	-	47,7	0,9	-	-	59,6	1,1	-	-
9 ¹⁾	46,1	0,8	4,4	0	16,7	1,9	4,1	0,2	63,3	1,9	75,9	0,2	79,1	2,4	94,9	0,3
5 ¹⁾	3,1	0,2	-	-	42,1	1,0	-	-	37,9	1,0	-	-	47,4	1,3	-	-

1) Proben hielten in Stäbchenrichtung Beanspruchung nicht stand

Tabelle 18 Elastische Kenndaten aller Materialien bei vorgegebenen Dehngrenzen mit neuer Gruppeneinteilung

Probe	Obere Dehnkraft DF in N		Restdehnung R in %				Elastische Dehnung E in %				Elastisches Dehnungsverhältnis DV in %					
	Reihenrichtung		Stäbchenrichtung		Reihenrichtung		Stäbchenrichtung		Reihenrichtung		Stäbchenrichtung		Reihenrichtung		Stäbchenrichtung	
	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Oberbekleidung mit geringer Dehnbarkeit, Dehngrenze 20 %																
3	46,2	2,9	27,0	0,4	3,6	0,2	2,3	0,1	16,4	0,2	17,7	0,1	82,0	1,0	88,5	0,7
4	17,7	1,3	16,3	0,6	4,4	0,3	2,8	0,1	15,6	0,3	17,2	0,1	78,0	1,5	86,1	0,4
2	133,0	2,0	11,2	0,6	4,4	0,1	2,2	0,2	15,6	0,1	17,8	0,9	78,0	0,7	89,0	4,7
Ober- und Unterbekleidung mit höherer Dehnbarkeit, Dehngrenze 40 %																
1	2,3	0	171,5	15,7	13,9	0,6	11,5	1,7	36,1	0,6	28,5	1,7	90,8	1,5	71,3	4,1
A	0,7	0	58,5	17,2	13,1	0,9	7,7	1,4	26,9	0,9	32,3	1,4	67,3	2,1	80,8	3,5
11	6,9	0,3	89,7	4,3	3,1	0,6	8,7	0,9	36,9	0,6	31,3	0,9	92,3	1,4	78,3	2,3
7	0,6	0	22,4	2,0	17,5	0,3	9,2	0,7	22,5	0,3	30,8	0,7	56,3	0,8	77,0	1,8
6	0,7	0	20,2	2,4	18,0	0,2	12,6	0,8	22,0	0,2	27,4	0,8	55,0	0,5	68,5	2,1
B	4,3	0,2	17,2	0,4	5,2	0,4	6,0	0,5	34,8	0,4	34,0	0,5	87,0	1,0	85,0	1,4
5	1,1	0,1	59,4	6,9	23,2	0,9	23,9	0,2	16,8	0,9	16,1	0,2	42,0	2,2	40,3	0,5
Freizeitkleidung mit höherer Dehnbarkeit, Dehngrenze 80 %																
10	12,8	0,7	48,3	2,3	20,4	2,2	23,2	2,6	59,6	2,2	56,8	2,6	74,5	2,7	71,0	3,2
9	46,1	0,8	4,4	0	16,7	1,9	4,1	0,2	63,3	1,9	75,9	0,2	79,1	2,4	94,9	0,3

7.2 Diskussion der Ergebnisse mit vorgegebenen Dehngrenzen

Wie Tabelle 17 zeigt, lassen sich bei dehnungsarmen Maschenwaren in Stäbchenrichtung für die Kraftgrenzen bei vorgegebener Dehnung von 20 % Rangfolgen entsprechend den Ergebnissen der Messung der Ausbeulhöhen bilden, d. h. mit zunehmender Ausbeulhöhe sinkt die obere Dehnkraft DF. Für die ursprünglich in Gruppe 3 eingestuften Proben 5, 6 und 7 war die Dehngrenze von 80 % zu hoch, sie wurden deshalb mit einer Dehngrenze von 40 % geprüft. Eine neue Gruppeneinteilung ist der Tabelle 18 zu entnehmen.

8. Versuche mit schlauchförmigen Proben

Die bis hierher erzielten Ergebnisse legen es nahe, die Probenform zu verändern, da die Variation der übrigen Parameter noch keine eindeutige Zuordnung zu den Prüfungsergebnissen der Ausbeulneigung zulassen. Insbesondere ist für die Materialien 5, 6 und 7, die zur Gruppe der Unter- und Freizeitbekleidung mit höherer Dehnung gehören, der einfache Streifen ungünstig, denn sie hielten den hohen Dehngrenzen nicht stand. Aus diesem Grunde wurden wieder Kraftgrenzen angewendet.

8.1 Versuchsdurchführung

Nur die Materialien A und B werden zunächst nach folgenden Versuchsbedingungen untersucht

Prüfgerät	Universalprüfmaschine Zwick 1454
Kraftaufnehmer	100 N
Kraftmeßbereich	20, 50, 100 N
Messung der Längenänderung	Traversenweg
Kraftgrenze FM	5, 10, 20, 50 N
Vorspannkraft FV	0; 0,2; 0,5; 1; 2; 5 N
Verformungs- geschwindigkeit	$v = \frac{G \cdot LO}{100}$ mm/min
Probenform	Schlauch, Probenränder entlang der Mittelachse gefaltet
Probenlänge	300 mm
Probenbreite	100 mm
Einspannlänge	200 mm
Einspannbreite	50 mm
Anzahl der Versuche	je 5 in Reihen- und Stäbchen- richtung
Auswertung	Gesamtdehnung G, Restdehnung R, elastische Dehnung E, elastisches Dehnungsverhältnis DV, bei einmaliger Beanspruchung zwischen konstanten Kraftgrenzen

8.2 Diskussion der Ergebnisse zu Vorversuchen mit schlauchförmigen Proben

Die schlauchartige Probenform ermöglicht gegenüber dem einfachen Streifen höhere Belastungsgrenzen (s.Tab. 19). Man erkennt, daß die Gesamtdehnung G bei höheren Kräften nicht mehr wesentlich ansteigt, z. T. abhängig von der Vorspannung sogar wieder abfällt, d. h. in diesen Bereichen ist die Strukturdehnung ausgeschöpft, es beginnt die Substanzdehnung.

Tabelle 19 Elastische Kenndaten neuer Vorversuche mit
schlauchförmigen Proben

Maximalkraft FM		5	10	20	50				
Vorspannkraft FV	0	0,2	0,5	0	0,5	1,0	2	5	
<u>Gesamtdehnung G in %</u>									
Probe	Mittelwert								
	Streuung								
AS	\bar{x}	13,6	13,8	11,5	20,5	17,3	15,2	18,5	18,8
	+ s	0,3	0,5	0,7	1,1	0,8	0,4	0,7	0,6
AR	\bar{x}	109,9	98,7	81,0	144,8	126,7	98,3	90,0	61,2
	+ s	4,9	1,3	2,9	4,3	5,5	2,7	2,9	1,2
BS	\bar{x}	15,3	14,4	13,2	22,8	20,8	19,1	24,3	28,4
	+ s	0,4	0,5	0,2	0,5	0,7	0,1	0,4	0,2
BR	\bar{x}	27,5	26,5	24,8	46,8	47,1	43,4	58,8	62,6
	+ s	1,2	0,5	0,5	1,0	0,8	0,7	0,7	1,1
<u>Restdehnung R in %</u>									
AS	\bar{x}	2,1	4,0	4,3	1,6	4,4	5,0	7,0	9,1
	+ s	1,3	0,2	0,3	0,7	0,3	0,2	0,3	0,5
AR	\bar{x}	13,0	21,2	25,7	9,7	35,1	42,4	53,6	48,8
	+ s	0,7	0,5	1,5	2,0	2,8	2,5	1,8	1,2
BS	\bar{x}	2,0	4,1	4,8	0,4	4,9	6,1	8,8	13,6
	+ s	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3
BR	\bar{x}	3,6	4,5	6,0	1,8	7,6	9,4	19,5	38,1
	+ s	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,7	1,4
<u>Elastische Dehnung E in %</u>									
AS	\bar{x}	11,5	9,8	7,2	19,0	13,0	10,2	11,5	9,7
	+ s	1,4	0,5	0,4	0,6	0,5	0,3	0,5	0,2
AR	\bar{x}	96,8	77,5	55,3	135,1	91,6	55,9	36,5	12,4
	+ s	4,8	1,8	1,9	2,8	3,4	2,0	1,3	0,6
BS	\bar{x}	13,3	10,4	8,4	22,4	15,9	13,0	15,6	14,9
	+ s	0,9	0,5	0,2	0,5	0,6	0,3	0,4	0,2
BR	\bar{x}	23,9	22,0	18,8	45,0	39,4	34,0	39,3	24,4
	+ s	1,1	0,5	0,7	0,9	0,7	0,6	0,6	0,9
<u>Elastisches Dehnungsverhältnis DV in %</u>									
AS	\bar{x}	84,5	71,1	62,6	92,4	74,9	67,3	62,4	51,6
	+ s	9,2	1,6	0,9	2,8	0,6	0,6	1,2	1,3
AR	\bar{x}	88,1	78,5	68,3	93,3	72,5	56,9	40,5	20,3
	+ s	0,8	0,9	1,2	1,2	1,6	1,8	0,7	1,0
BS	\bar{x}	87,2	71,8	63,3	98,1	76,3	68,2	64,0	52,3
	+ s	0,9	1,1	0,9	1,0	0,7	1,1	1,3	0,8
BR	\bar{x}	86,9	83,0	75,9	96,2	83,8	78,3	66,8	39,1
	+ s	0,8	0,9	1,8	0,6	0,8	0,6	0,1	1,6

9. Versuche mit schlauchförmigen Proben bei stufenweisem Anstieg der Kraftgrenzen

Diese Versuche wurden durchgeführt, um Aufschluß zu erhalten über die Belastungsgrenzen der einzelnen Materialien, bei welchen die Strukturdehnung in die

Substanzdehnung übergeht. Dabei wurden zwei verschiedene Vorspannkraften eingesetzt,

- a) eine konstante Vorspannkraft von $FV = 2 \text{ N}$
- b) eine von der Kraftgrenze FM abhängige Vorspannkraft $FV = 0,1 \text{ FM}$.

Die Versuche wurden an schlauchförmigen Proben so durchgeführt, daß jede Probe bis zur ersten Kraftgrenze belastet, dann vollkommen entlastet und erneut bis zu einer höheren Kraftgrenze belastet wurde usw. Die elastischen Kenndaten wurden dabei nach jeder Belastung einzeln ausgewertet.

Bei der Beurteilung des elastischen Verhaltens und des Wiedererholungsvermögens mit Hilfe der Kenndaten der Gesamt-, der Rest- und der elastischen Dehnung (G, R, E) sowie des elastischen Dehnungsverhältnisses DV sollen diese Ergebnisse bei den verwendeten Maschenwaren eine genügend sichere Differenzierung erlauben, d. h. die Bildung von Rangfolgen ermöglichen. Als Kriterium für die Richtigkeit einer Rangfolge stehen die Ausbeulhöhen aus dem Versuch gemäß Abschnitt 5 zur Verfügung.

9.1 Versuchsdurchführung

Diesen Versuchen lagen folgende Versuchsbedingungen zugrunde:

Prüfgerät	Universalprüfmaschine Zwick 1454
Kraftaufnehmer	100 N
Messung der Längenänderung	Traversenweg
Kraftgrenzen FM	10, 20, 50, 90 N
Vorspannkraften FV	2 N; 0,1 FM
Verformungsgeschwindigkeit	$v = \frac{G \cdot LO}{100} \text{ mm/min}$
Probenform	Schlauch, Probenränder entlang der Mittelachse gefaltet
Probenlänge	300 mm
Probenbreite	100 mm
Einspannlänge	200 mm
Einspannbreite	50 mm
Anzahl der Versuche	je 5 in Reihen- und Stäbchenrichtung
Auswertung	Gesamtdehnung G , Restdehnung R , elastische Dehnung E , elastisches Dehnungsverhältnis DV

Tabelle 20 Gesamtdehnung G in % für schlauchförmige Proben bei steigenden Kraftgrenzen

Maximalkraft FM Vorspannkraft FV Probenrichtung Mittelw.+Streuung	10 N 1 N				20 N 2 N				50 N 5 N				90 N 9 N			
	R		S		R		S		R		S		R		S	
	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Probe	<u>Oberbekleidung mit geringer Dehnung</u>															
3	4,8	0,4	5,1 ¹⁾	0,4	6,7	0,3	7,3 ¹⁾	0,4	11,3	0,5	15,0 ¹⁾	0,9	14,6	0,6	24,1 ¹⁾	0,5
4	8,0	0,6	8,7	0,5	11,1	0,8	12,4	0,7	18,1	1,6	22,7	0,4	20,8	2,7	33,0	0,4
2	3,1	0,2	9,6	0,5	3,5	0,1	16,9	0,7	6,0	0,2	37,9	0,4	8,6	0,1	46,7	0,8
Probe	<u>Oberbekleidung mit höherer Dehnung</u>															
1	67,4	1,5	8,6	0,2	107,2	2,2	10,7	0,2	93,9	8,3	14,4	0,1	- ²⁾	-	15,5	0,2
A	124,3	6,3	14,6	0,8	117,8	3,8	17,6	1,1	97,0	4,1	18,8	0,9	75,3	2,2	17,6	0,5
11	26,9	0,8	8,8	0,2	40,8	1,0	11,5	0,3	52,4	0,9	16,2	0,8	48,5	0,6	18,8	0,2
9	18,5	0,6	81,5	2,2	25,5	0,5	125,5	4,8	43,1	0,4	170,5	3,3	47,3	0,5	169,8	4,9
B	42,1	1,3	18,9	0,3	60,1	1,5	23,9	0,4	68,8	1,0	30,2	0,3	56,1	1,1	29,0	0,3
Probe	<u>Unter- und Freizeitbekleidung mit höherer Dehnung</u>															
7	131,0	8,4	18,3	1,1	103,0	4,1	18,7	0,5	79,0	3,8	20,0	0,5	59,8	1,9	17,8	0,2
10	35,1	1,8	20,5	1,2	57,0	1,7	30,3	1,7	69,1	1,5	44,3	1,5	54,5	0,9	41,8	0,8
6	122,5	4,7	17,1	0,7	94,0	1,4	19,0	0,3	82,5	0	22,0	0,4	57,3	2,2	18,6	0,3
5	97,0	7,2	12,9	0,5	88,3	5,0	12,5	0,2	85,3	2,8	15,2	0,2	60,8	0,7	14,6	0,3
Probe	<u>Oberbekleidung mit geringer Dehnung</u>															
3	4,2	0,4	4,1 ¹⁾	0,3	6,8	0,3	7,3 ¹⁾	0,4	12,9	0,4	16,6 ¹⁾	1,1	17,9	0,7	27,4 ¹⁾	0,4
4	6,5	0,6	7,0	0,5*	11,1	0,8	12,3	0,7	20,5	1,6	25,5	0,5	25,1	1,5	38,6	0,2
2	2,5	0,2	8,9	0,3	3,5	0,1	16,7	0,5	6,8	0,2	41,0	0,5	10,3	0,2	54,7	0,9
Probe	<u>Oberbekleidung mit höherer Dehnung</u>															
1	58,6	1,0	6,8	0,2	108,9	4,9	10,6	0,2	121,0	2,9	17,5	0,3	- ²⁾	-	21,5	0,1
A	97,8	5,2	11,3	0,6	117,3	3,1	16,8	0,8	139,0	4,6	24,2	1,2	139,0	4,5	27,7	1,1
11	22,4	0,8	6,9	0,2	40,4	0,8	11,6	0,2	62,1	1,1	19,9	0,3	71,3	0,5	25,3	0,4
9	15,2	0,6	76,0	2,2	25,5	0,5	126,5	2,9	48,8	0,3	204,5	3,3	59,9	0,9	259,5	6,0
B	35,4	1,2	15,0	0,3	59,4	0,9	23,9	0,3	84,1	0,9	36,9	0,3	87,3	0,6	42,0	0,6
Probe	<u>Unter- und Freizeitbekleidung mit höherer Dehnung</u>															
7	106,5	6,8	14,3	0,9	104,8	2,9	18,9	0,7	118,0	3,7	26,5	0,5	111,0	2,2	28,3	0,6
10	29,7	1,5	17,2	1,0	57,2	1,6	30,2	1,6	82,2	1,6	51,8	2,0	83,1	1,0	58,3	1,9
6	99,5	5,4	13,9	0,3	94,0	1,6	19,0	0,2	107,0	2,1	27,4	0,6	86,5	2,2	27,3	0,8
5	75,5	4,1	9,9	0,3	86,8	3,2	12,6	0,1	110,2	11,6	18,4	0,1	82,3	2,8	19,7	0,4

1) Rangfolgenbildung möglich

2) Laufmaschenbildung

Tabelle 21 Restdehnung R in % für schlauchförmige Proben bei steigenden Kraftgrenzen

Maximalkraft FM Vorspannkraft FV Probenrichtung Mittelw.+ Streuung	10 N 1 N				20 N 2 N				50 N 5 N				90 N 9 N			
	R		S		R		S		R		S		R		S	
	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Probe	<u>Oberbekleidung mit geringer Dehnung</u>															
3	1,6	0,4	1,8	0,3	2,4	0,1	2,4 ¹⁾	0,4	4,8	0,3	6,4 ¹⁾	0,6	7,5	0,3	14,7 ¹⁾	0,4
4	3,0	0,2	2,1	0,2	3,9	0,4	3,0	0,1	8,6	1,2	8,6	0,2	12,1	2,1	19,4	0,5
2	1,7	0,2	1,9	0,3	1,6	0,1	3,8	0,6	2,9	0,1	14,4	0,4	4,5	0,2	28,0	0,4
Probe	<u>Oberbekleidung mit höherer Dehnung</u>															
1	30,2	3,8	2,6	0,2	67,3	2,2	3,0	0,1	78,0	6,7	5,9	0,1	- ²⁾	-	8,4	0,1
A	55,0	14,5	5,2	0,2	63,8	2,9	5,9	0,4	70,5	2,9	8,6	0,7	55,3	1,9	9,0	0,5
11	4,5	0,4	1,9	0	10,2	0,2	2,6	0,3	29,8	0,7	6,1	0,2	33,9	2,6	9,3	0,2
9	6,1	0,2	2,5	0	9,0	0,4	2,5	0	20,6	0,4	48,3	1,1	24,4	0,4	94,3	2,1
B	7,6	1,1	5,7	0,2	17,7	3,9	7,7	0,2	39,9	2,3	14,0	0,4	38,9	1,1	16,3	0,2
Probe	<u>Unter- und Freizeitbekleidung mit höherer Dehnung</u>															
7	74,5	6,9	7,8	0,4	71,0	2,1	8,2	0,2	61,3	3,1	11,3	0,5	44,3	1,1	11,0	0,1
10	8,4	0,9	5,1	0,6	26,9	1,5	10,5	0,7	54,2	1,3	30,4	1,3	43,4	0,6	32,6	0,4
6	86,5	3,9	7,9	0,5	71,0	2,4	9,4	0,4	67,8	2,6	13,3	1,0	44,8	1,9	13,1	0,2
5	70,0	4,7	7,3	0,2	70,3	3,8	7,4	0,4	74,8	2,9	9,9	1,2	53,5	2,2	11,1	0,4

1) Rangfolgen entsprechend den Ausbeulhöhen

2) Laufmaschenbildung

Fortsetzung

Tabelle 21 Restdehnung R in % für schlauchförmige Proben bei steigenden Kraftgrenzen

Maximalkraft FM Vorspannkraft FV Probenrichtung Mittelw.+Streuung	10 N 2 N				20 N 2 N				50 N 2 N				90 N 2 N			
	R		S		R		S		R		S		R		S	
	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Probe	Oberbekleidung mit geringer Dehnung															
3	1,8	0,3	1,9 ¹⁾	0,4	2,4	0,1	2,4 ¹⁾	0,4	3,5	0,2	3,9 ¹⁾	0,4	4,8	0,3	5,9 ¹⁾	0,2
4	3,6	0,9	2,7	0,2	3,9	0,4	3,1	0,2	6,9	1,2	5,6	0,3	8,8	1,2	9,8	0,4
2	1,7	0,2	3,7	0,9	1,7	0,1	3,6	0,2	2,3	0,0	8,6	0,4	2,8	0,1	13,9	0,5
Probe	Oberbekleidung mit höherer Dehnung															
1	36,2	1,6	2,8	0,2	67,5	2,1	3,0	0,1	73,2	4,4	4,4	0,1	- ²⁾	-	5,2	0,2
A	58,8	6,4	5,4	0,4	63,8	2,9	5,9	0,4	77,8	3,1	7,4	0,7	83,3	3,4	8,4	0,5
11	7,9	0,7	2,2	0,2	10,2	0,2	2,6	0,2	18,4	0,9	3,9	0,1	24,2	0,7	5,4	0,6
9	7,0	0,3	6,3	0,0	9,0	0,4	5,8	2,3	14,0	0,3	10,5	1,1	12,4	0,6	19,5	3,1
B	11,7	0,9	6,4	0,6	17,8	3,8	7,7	0,2	27,3	0,6	10,8	0,3	31,8	2,4	12,4	0,2
Probe	Unter- und Freizeitbekleidung mit höherer Dehnung															
7	77,8	6,2	7,6	0,3	72,0	2,6	8,2	0,3	84,0	2,9	11,1	0,4	78,3	1,1	11,2	0,4
10	13,2	0,3	6,6	0,2	27,5	1,1	10,6	0,8	49,0	1,9	23,5	1,4	52,0	1,9	29,7	0,6
6	82,3	5,6	7,7	0,4	71,3	2,5	9,4	0,4	81,0	1,1	14,3	0,8	62,0	0,7	14,3	0,3
5	64,3	4,1	6,5	0,4	69,5	3,2	7,4	0,4	87,3	4,4	11,1	0,4	68,5	2,2	11,8	0,3

1) Rangfolgen entsprechend den Ausbeulhöhen

2) Laufmaschenbildung

Tabelle 22 Elastische Dehnung E in % für schlauchförmige Proben bei steigenden Kraftgrenzen

Maximalkraft FM Vorspannkraft FV Probenrichtung Mittelw.+Streuung	10 N 1 N				20 N 2 N				50 N 5 N				90 N 9 N			
	R		S		R		S		R		S		R		S	
	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Probe	Oberbekleidung mit geringer Dehnung															
3	3,2	0,1	3,3 ¹⁾	0,1	4,4	0,2	4,9 ¹⁾	0,1	6,6	0,2	8,6 ¹⁾	0,4	7,1	0,3	9,4 ¹⁾	0,2
4	5,0	0,5	6,6	0,5	7,2	0,4	9,4	0,7	9,5	0,4	14,1	0,4	8,7	0,7	13,7	0,3
2	1,4	0,1	7,7	0,4	1,8	0,1	13,0	0,2	3,0	0,1	23,5	0,5	4,1	0,1	18,7	0,7
Probe	Oberbekleidung mit höherer Dehnung															
1	37,2	3,7	6,1	0,2	39,9	3,9	7,8	0,3	15,9	3,0	8,5	0,1	- ³⁾	-	7,1	0,2
A	69,2	13,3	9,4	0,6	54,0	2,1	11,7	1,2	26,5	4,1	10,2	0,3	20,0	3,0	8,6	0,2
11	22,3	1,2	6,9	0,2	30,6	1,0	8,9	0,3	22,6	1,1	10,1	0,8	14,6	2,2	9,5	0,1
9	12,4	0,6	79,0	2,0	16,5	0,2	123,0	4,8	22,5	0,5	122,2	3,4	22,9	0,1	75,5	2,9
B	34,5	1,4	13,2	0,4	42,5	2,7	16,2	0,4	28,9	2,8	16,3	0,3	17,3	0,7	12,7	0,2
Probe	Unter- und Freizeitbekleidung mit höherer Dehnung															
7	56,5	7,4	10,4	0,7	32,0 ²⁾	2,9	10,4	0,4	17,7 ²⁾	1,4	8,7	0,3	15,5	1,4	6,8	0,1
10	26,7	1,6	15,4	1,6	30,1	1,2	19,8	1,2	14,9	1,2	14,0	0,3	11,1	0,7	9,2	0,5
6	36,0	3,5	9,3	0,8	23,0	2,3	9,7	0,4	14,7	2,6	8,8	0,7	12,5	2,4	5,6	0,2
5	27,0	3,7	5,7	0,6	18,0	2,9	5,2	0,4	10,5	1,9	5,3	0,9	7,3	2,1	3,5	0,1
Probe	Oberbekleidung mit geringer Dehnung															
3	2,3	0,3	2,2 ¹⁾	0,1	4,6	0,6	5,0 ¹⁾	0,1	9,4	0,3	12,8 ¹⁾	1,1	13,0	0,4	21,5 ¹⁾	0,4
4	3,0	0,7	4,3	0,4	7,2	0,4	9,3	0,5	13,5	0,5	19,9	0,3	16,3	0,5	28,8	0,2
2	0,8	0,2	5,1	1,2	1,9	0,1	13,2	0,7	4,5	0,2	32,4	0,4	7,5	0,2	40,7	1,0
Probe	Oberbekleidung mit höherer Dehnung															
1	22,4	1,8	4,0	0,2	41,3	5,8	7,7	0,2	47,8	3,9	13,1	0,3	- ³⁾	-	16,3 ¹⁾	0,2
A	39,0	4,9	6,0	0,3	53,5	1,9	10,9	0,5	61,3	2,2	16,8	0,6	55,7	1,9	19,3	0,5
11	14,5	0,3	4,7	0,2	30,2	0,9	8,9	0,3	43,7	0,8	16,0	0,3	47,0	1,0	19,9	0,6
9	8,2	0,5	69,7	2,2	16,5	0,3	120,7	2,6	34,8	0,3	194,0	2,9	47,4	0,8	24,0	4,1
B	23,7	1,0	8,7	0,4	41,6	4,1	16,2	0,3	56,8	1,2	26,0	0,3	55,5	2,1	29,6	0,6
Probe	Unter- und Freizeitbekleidung mit höherer Dehnung															
7	28,7	2,5	6,7	0,6	32,7 ²⁾	1,4	10,7	0,8	34,0 ²⁾	1,9	15,4	0,8	32,7 ²⁾	2,6	16,9	0,7
10	16,5	1,6	10,6	0,9	29,7	1,2	19,6	1,2	33,2	1,4	28,3	1,2	31,1	1,1	28,6	1,4
6	17,2	1,4	6,1	0,5	22,8	1,6	9,6	0,4	26,0	1,6	13,1	0,5	24,5	1,9	13,0	0,9
5	11,2	1,3	3,3	0,5	17,2	1,0	5,1	0,4	22,9	9,8	7,3	0,3	13,8	2,2	8,0	0,3

1) Rangfolgenbildung möglich

2) Rangfolgen entsprechend den Ausbeulhöhen

3) Laufmaschenbildung

Tabelle 23 Elastisches Dehnungsverhältnis DV in % für schlauchförmige Proben bei steigenden Kraftgrenzen

Maximalkraft FM Vorspannkraft FV Probenrichtung Mittelw.+ Streuung	10 N 1 N				20 N 2 N				50 N 5 N				90 N 9 N			
	R		S		R		S		R		S		R		S	
	\bar{x}	+s	\bar{x}	+s	\bar{x}	+s	\bar{x}	+s	\bar{x}	+s	\bar{x}	+s	\bar{x}	+s	\bar{x}	+s
Oberbekleidung mit geringer Dehnung																
3	67,7 ¹⁾	5,3	65,4 ²⁾	3,7	65,0 ¹⁾	0,9	67,7 ²⁾	3,2	58,1 ¹⁾	1,0	57,2	1,3	48,7	0,3	38,8	0,6
4	62,1	2,3	75,5	2,0	64,9	1,4	75,8	1,2	52,7	2,9	62,2	1,1	42,1	2,7	41,4	1,0
2	44,5	5,3	80,4	2,6	52,9	2,0	77,4	2,8	51,0	0,9	62,1	1,0	47,7	1,1	40,0	0,9
Oberbekleidung mit höherer Dehnung																
1	55,2	5,4	70,3	1,7	37,2	2,9	72,4	1,4	16,8	2,0	59,0	0,5	- ³⁾	-	46,0	0,7
A	55,8	10,8	64,4	1,0	45,8	1,4	66,4	2,9	27,2	3,4	54,3	2,2	26,5	3,4	48,8	1,7
11	83,1	2,1	78,2	0,6	75,0	0,6	77,7	2,5	43,1	1,6	62,3	1,9	30,1	4,7	50,5	0,7
9	66,9	1,4	96,9	0,1	64,8	0,9	98,0	0,1	52,2	0,8	71,7	0,8	48,4	0,4	44,4	0,5
B	82,0	2,5	69,7	1,2	70,7	5,7	67,7	0,8	42,1	3,7	53,8	0,9	30,8	1,1	43,8	0,4
Unter- und Freizeitbekleidung mit höherer Dehnung																
7	43,1	4,7	57,2	0,8	31,0	1,8	55,9	0,9	22,4 ¹⁾	1,3	43,6	1,8	25,9	1,8	38,4	0,3
10	76,1	2,4	75,2	3,9	52,8	1,9	65,3	1,3	21,6	1,6	31,5	1,1	20,4	0,9	22,0	0,9
6	29,4	2,4	54,0	3,3	24,4	2,4	50,7	1,9	17,9	3,1	39,8	3,5	21,8	3,6	29,9	0,8
5	27,8	2,4	43,7	3,2	20,3	2,5	41,3	2,7	12,3	2,2	35,0	6,7	12,0	3,4	24,1	0,9
Oberbekleidung mit geringer Dehnung																
3	55,8 ¹⁾	4,7	53,7	5,8	67,7 ¹⁾	6,8	68,0 ²⁾	3,5	73,0 ¹⁾	0,4	76,8 ²⁾	2,8	73,0	0,7	78,5 ¹⁾	0
4	45,5	10,1	61,6	2,3	64,7	1,4	75,0	0,6	66,3	3,5	78,2	0,7	65,0	2,7	74,6	0
2	31,5	8,4	57,7	12,3	53,2	1,9	78,9	2,2	66,2	0,8	79,1	0,8	72,7	0,6	74,5	1
Oberbekleidung mit höherer Dehnung																
1	38,2	2,8	59,3	2,2	37,8	3,8	72,1	1,1	39,5	3,1	74,6	0,8	- ³⁾	-	75,7	1
A	39,9	4,9	52,8	1,8	45,6	1,6	65,0	1,0	44,1	0,9	69,4	1,2	40,1	1,0	69,8	0
11	64,7	1,9	68,2	1,9	74,7	0,8	77,2	1,9	70,4	1,1	80,5	0,5	66,0	1,1	78,7	2
9	54,1	1,7	91,7	0,3	64,6	1,1	95,4	1,7	71,2	0,6	94,9	0,5	79,1	1,0	92,5	1
B	66,9	2,1	57,7	3,3	70,1	6,5	67,7	0,7	67,5	0,9	70,6	0,6	63,6	2,6	70,5	0
Unter- und Freizeitbekleidung mit höherer Dehnung																
7	27,0	2,2	47,0	1,5	31,3	1,2	56,7	2,5	28,8	1,2	58,0 ¹⁾	2,0	29,5	1,8	60,1 ¹⁾	1
10	55,5	2,7	61,4	1,6	51,9	1,4	65,0	1,7	40,4	1,7	54,6	1,6	37,4	1,7	49,0	1
6	17,4	1,7	44,2	3,3	24,2	1,9	50,4	2,0	24,3	1,3	47,9	2,1	28,3	1,5	47,6	2
5	14,9	1,7	33,8	4,3	19,9	1,2	40,9	2,9	20,4	6,3	39,6	1,8	16,7	2,4	40,5	1

1) Rangfolgen entsprechend den Ausbeulhöhen

2) Rangfolgenbildung möglich

3) Laufmaschenbildung

9.2 Diskussion der Ergebnisse mit schlauchförmigen Proben bei stufenweisem Anstieg der Kraftgrenzen

Bei den Maschenwaren mit geringer Dehnung ergeben sich in Stäbchenrichtung, gemessen an den Ausbeulneigungen, bei steigender Ausbeulhöhe h eine steigende Rest- und elastische Dehnung (R,E), sowie ein steigendes elastisches Dehnungsverhältnis DV (Tab. 21,22,23). In Reihenrichtung sinkt das elastische Dehnungsverhältnis DV. Demzufolge verhalten sich nur die Restdehnung R in Stäbchenrichtung und das elastische Dehnungsverhältnis DV in Reihenrichtung entsprechend den Ausbeulhöhen, d. h. es lassen sich, in Abhängigkeit zu der Ausbeulneigung, gleichsinnige Rangfolgen bilden.

In der Gruppe der Oberbekleidung mit höherer Dehnung ergeben sich keine Differenzierungsmöglichkeiten, es

sind also weder gleichsinnige noch gegensinnige Rangfolgen, d. h. unabhängige von den Ausbeulhöhen, möglich.

Bei der Unter- und Freizeitbekleidung mit höherer Dehnung ergibt sich in Reihen- und Stäbchenrichtung, entsprechend den zunehmenden Ausbeulhöhen, eine sinkende elastische Dehnung E . Eine gleichsinnige Rangfolge läßt sich ebenfalls bei hohen Kraftgrenzen ($FM = 50 \text{ N}, 90 \text{ N}$) für das elastische Dehnungsverhältnis DV bilden.

Die von der Belastungsgrenze FM abhängige Gesamtdehnung G kann dazu benutzt werden, eine neue Gruppeneinteilung vorzunehmen:

- a) Maschenwaren, die in Stäbchenrichtung dehnbarer sind als in Reihenrichtung (Materialien 2,3,4)
- b) Maschenwaren, die in Stäbchenrichtung viel dehnbarer sind als in Reihenrichtung (Material 9, Kettenwirkware)
- c) Maschenwaren, die in Reihenrichtung etwas dehnbarer sind als in Stäbchenrichtung (Materialien B,10,11)
- d) Maschenwaren, die in Reihenrichtung deutlich dehnbarer sind als in Stäbchenrichtung (Materialien 1,A,5,6,7).

10. Versuche mit an den Seiten der Einspannklemmen überhängenden Proben

Nach Möglichkeit sollte eine zerstörungsfreie Meßmethode für die elastischen Kenndaten von Maschenwaren gefunden werden, die für viele verschiedene Maschenwarenkonstruktionen einsetzbar ist. Die bis hierher verwendeten Probenformen und Versuchsparameter waren nicht für alle untersuchten Materialien geeignet, da keine genügende Differenzierung möglich war.

Die folgenden Untersuchungen an allen Materialien wurden mit einer Probenform durchgeführt, die wesentlich breiter als die Einspannklemmen war. Diese Art der Prüfung schien am ehesten geeignet für ein zerstörungsfreies Prüfverfahren.

10.1 Versuchsdurchführung

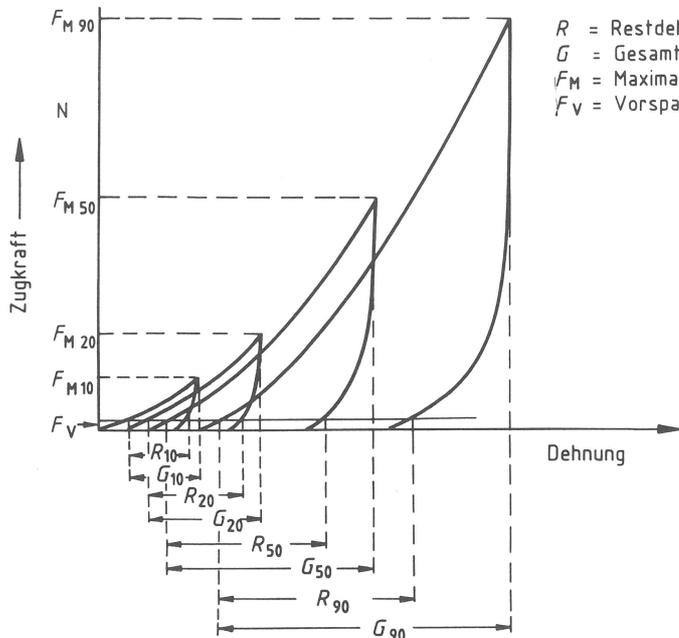
Die Versuchsbedingungen stimmen mit denen von Abschnitt 9.1 überein, mit Ausnahme der Abmessungen der Proben.

Folgende Probengrößen wurden benutzt:

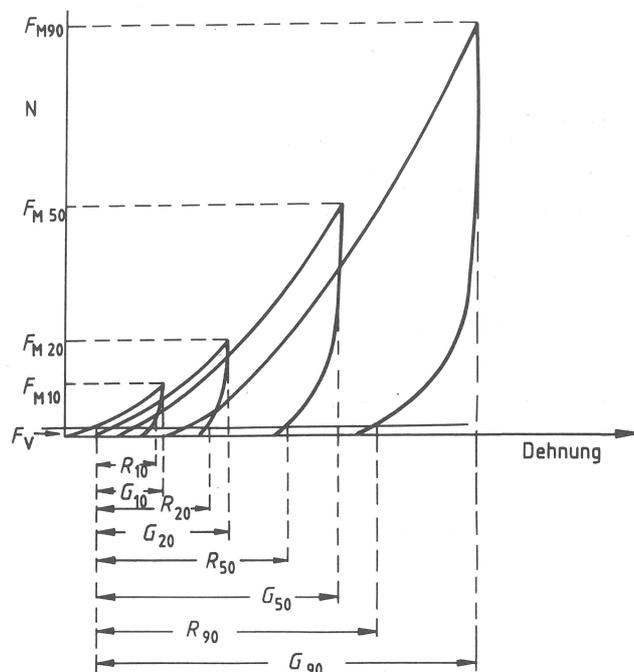
Probenbreite	250 mm
Probenlänge	200 mm
Einspannlänge	100 mm
Einspannbreite	50 mm

Bei diesen Versuchen wurde ebenfalls mit steigenden Kraftgrenzen gearbeitet. Zur Bestimmung der elastischen Kenndaten boten sich folgende 3 Möglichkeiten an:

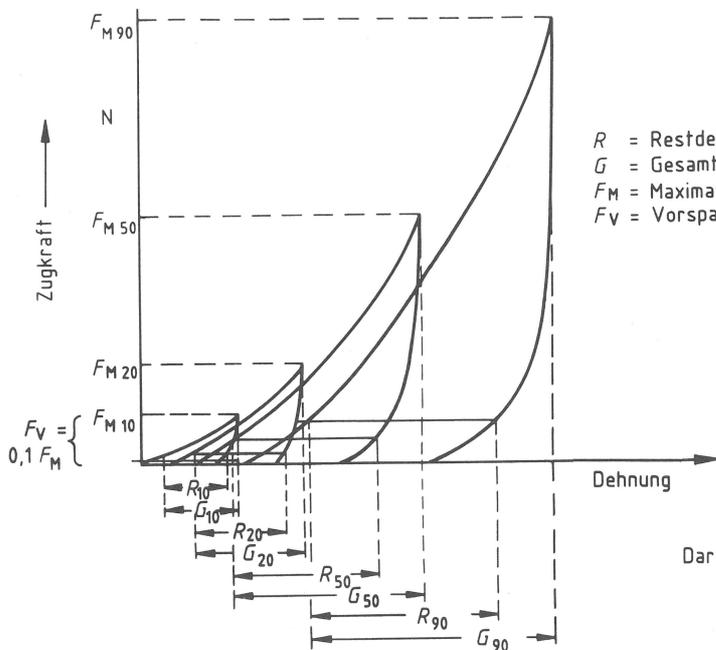
- I. Bei konstanter Vorspannung $FV = 2 \text{ N}$ erfolgt die getrennte Auswertung der ersten und der darauffolgenden Verformungskurven nach der Methode von Belastungszyklus 2, vergl. Darstellung 11.
- II. Bei konstanter Vorspannung $FV = 2 \text{ N}$ wurden die Gesamtdehnung G , die Restdehnung R , die elastische Dehnung E und das elastische Dehnungsverhältnis DV so bestimmt, daß als Ursprung für die Messung aller Längenänderungen die Längenänderung diente, die zum Erreichen der Vorspannkraft FV bei der ersten Belastungsphase gehörte. Die weitere Auswertung erfolgte gemäß der Methode des Belastungszyklus 2, vergl. Darstellung 12.
- III. Bei jeder Kraftgrenze FM wurde eine Vorspannung, gegeben durch $FV = 0,1 FM$, angewendet. Die Auswertung erfolgte nach der Methode des Belastungszyklus 2, vergl. Darstellung 13.



Darstellung 11 : Möglichkeit I zur Bestimmung elastischer Kenndaten mit konstanter Vorspannkraft $F_V = 2N$



Darstellung 12: Möglichkeit II zur Bestimmung elastischer Kenndaten mit konstanter Vorspannkraft $F_V = 2N$



Darstellung 13: Möglichkeit III zur Bestimmung elastischer Kenndaten mit einer Vorspannkraft $F_V = 0,1 F_M$

Tabelle 24/1 Elastische Kenndaten aller Materialien mit an den Einspannklemmen überhängenden Proben unter Berücksichtigung verschiedener Auswertemöglichkeiten
Gesamtdehnung G in % nach Auswertemöglichkeit I

Maximalkraft F_M in N	10				20				50				90				
	R		S		R		S		R		S		R		S		
Vorspannkraft F_V in N	\bar{x}	$\pm s$															
Probenrichtung																	
Mittelw. + Streuung																	
Gruppe	Probe																
a	3	5,1	0,3	5,3	0,2	8,4	0,5	9,2	0,2	16,0	1,1	19,8	0,3	20,6	0,6	30,2	0,5
	4	9,3	1)	9,5	1)	15,0	1)	16,2	1)	25,2	1)	30,3	1)	29,4	1)	40,5	1)
	2	2,7	0,2	10,5	0,4	4,4	0,2	18,8	0,4	8,9	0,5	38,9	0,7	13,1	0,4	51,5	0,5
b	9	19,1	0,2	65,6	0,9	32,3	0,3	110,4	0,6	56,5	0,9	189,4	3,3	68,3	0,9	244,4	1,1
c	11	24,2	1,0	8,3	0,3	38,8	0,8	13,1	0,4	59,2	1,5	21,6	0,4	69,6	1,4	27,0	0,5
	10	31,9	0,4	19,4	1,5	53,8	0,9	33,1	2,1	82,8	1,6	53,8	2,8	88,6	1,5	60,0	2,0
	B	32,8	0,8	18,1	1,5	53,5	1,0	26,0	0,7	77,9	0,9	38,0	0,8	84,7	1,7	42,9	0,4
d	1	50,4	0,9	8,5	1,6	84,0	1,6	12,5	0,3	117,0	2,9	19,3	0,2	119,6	2,3	22,8	0,3
	A	82,0	3,2	14,2	1,3	113,6	2,0	19,7	1,7	148,0	3,7	26,6	1,2	158,2	3,6	29,6	1,3
	7	87,8	2,8	16,8	0,5	104,8	1,9	20,9	0,9	134,0	3,8	28,0	0,9	135,0	3,1	29,7	0,7
	6	83,8	3,1	17,2	0,2	96,0	3,0	21,9	0,5	125,6	5,0	29,8	0,6	116,8	1,5	29,5	0,4
	5	70,6	2,3	12,1	0,4	82,0	3,3	14,7	0,4	112,8	2,6	21,3	0,4	106,4	4,0	22,2	0,3

1) 2 Einzelwerte

Tabelle 24/2 Elastische Kenndaten aller Materialien mit an den Einspannklemmen überhängenden Proben unter Berücksichtigung verschiedener Auswertemöglichkeiten

Gesamtdehnung G in % nach Auswertemöglichkeit II

Maximalkraft FM in N	Vorspannkraft FV in N	Probenrichtung	Gesamtdehnung G in % nach Auswertemöglichkeit II																	
			10			20			50			90								
		R	S		R		S		R		S		R		S					
Mittelw. + Streuung		\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$			
Gruppe	Probe																			
a	3	5,1	0,3	5,3	0,2	9,0	0,4	9,9	0,2	16,8	0,9	20,9	0,3	22,8	1,4	32,6	0,5			
	4	9,3	1)	9,5	1)	15,6	1)	16,9	1)	27,2	1)	31,8	1)	34,0	1)	44,3	1)			
	2	2,7	0,2	10,5	0,4	5,1	0,3	21,0	0,6	10,2	0,3	41,8	0,9	14,9	0,4	56,4	1,8			
b	9	19,1	0,2	65,6	0,9	36,1	0,2	115,0	1,0	64,4	0,9	196,8	3,0	82,9	1,1	261,2	3,3			
c	11	24,2	1,0	8,3	0,3	41,0	0,9	13,8	0,3	63,1	1,2	22,7	0,4	77,8	1,6	29,6	0,4			
	10	31,9	0,4	19,4	1,5	58,1	0,7	35,5	2,6	93,0	1,5	58,8	3,4	115,4	1,2	74,1	3,4			
	B	32,8	0,8	18,1	1,5	55,7	1,7	27,6	0,3	84,2	1,5	41,0	0,6	99,0	1,6	49,1	0,6			
d	1	50,4	0,9	8,5	1,6	91,6	1,7	13,5	0,4	135,8	2,7	20,7	0,3	159,2	5,4	25,6	0,4			
	A	82,0	3,2	14,2	1,3	124,2	2,9	21,2	1,8	169,6	5,2	29,4	1,6	197,6	6,5	34,5	1,8			
	7	87,8	2,8	16,8	0,5	129,4	3,1	25,1	0,9	174,4	4,7	35,0	0,9	202,2	3,5	41,5	1,0			
	6	83,8	3,1	17,2	0,2	128,8	4,2	27,0	0,6	184,6	7,0	39,5	0,9	216,4	5,2	47,6	0,6			
	5	70,6	2,3	12,1	0,4	112,4	3,2	18,8	0,4	166,4	4,9	28,3	0,4	201,0	6,9	35,6	0,4			

1) 2 Einzelwerte

Tabelle 24/3 Elastische Kenndaten aller Materialien mit an den Einspannklemmen überhängenden Proben unter Berücksichtigung verschiedener Auswertemöglichkeiten

Gesamtdehnung G in % nach Auswertemöglichkeit III

Maximalkraft FM in N	Vorspannkraft FV in N	Probenrichtung	Gesamtdehnung G in % nach Auswertemöglichkeit III																	
			10			20			50			90								
		R	S		R		S		R		S		R		S					
Mittelw. + Streuung		\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$			
Gruppe	Probe																			
a	3	6,2	0,5	6,3	0,2	8,5	0,6	9,1	0,1	14,0	1,1	17,7	0,3	17,0	1,2	26,0	0,5			
	4	10,2	1)	11,4	1)	14,7	1)	16,1	1)	21,8	1)	26,5	1)	22,9	1)	32,8	1)			
	2	3,7	0,2	11,6	0,4	4,4	0,3	19,1	0,5	8,2	0,4	35,7	0,9	10,9	0,3	42,0	0,8			
b	9	23,0	0,4	75,6	0,9	32,4	0,4	110,2	0,8	49,2	0,8	157,4	3,0	52,4	0,7	174,0	2,0			
c	11	29,2	0,8	10,7	0,4	38,9	0,7	13,1	0,3	48,1	0,6	17,6	0,7	47,3	1,1	19,7	0,6			
	10	37,5	0,5	23,9	1,1	54,3	0,8	33,4	1,8	68,6	1,5	44,9	2,7	62,2	0,8	43,2	1,3			
	B	39,3	1,3	22,0	0,4	53,1	0,9	26,9	1,0	63,0	1,1	30,3	0,8	55,7	0,8	28,4	0,3			
d	1	61,4	1,5	10,8	0,3	83,6	1,1	12,6	0,3	96,4	2,9	15,4	0,2	79,2	1,9	15,6	0,1			
	A	109,6	2,6	18,6	1,8	115,0	6,9	19,5	1,9	108,6	2,9	19,8	0,8	91,2	2,9	17,2	1,2			
	7	113,4	4,8	22,3	0,8	105,4	1,7	21,1	1,0	98,0	3,7	21,1	0,9	75,2	4,1	18,2	0,8			
	6	109,4	5,6	22,0	0,6	95,8	2,8	21,9	0,5	98,0	3,7	23,6	0,6	75,0	2,0	19,4	0,2			
	5	88,4	2,9	15,7	0,3	81,8	3,9	15,0	0,5	92,6	2,2	17,6	0,4	75,2	3,0	16,4	0,4			

1) 2 Einzelwerte

Tabelle 24/4 Elastische Kenndaten aller Materialien mit an den Einspannklemmen überhängenden Proben unter Berücksichtigung verschiedener Auswertemöglichkeiten

Restdehnung R in % nach Auswertemöglichkeit I

Maximalkraft FM in N	Vorspannkraft FV in N	Probenrichtung	Restdehnung R in % nach Auswertemöglichkeit I																	
			10			20			50			90								
		R	S		R		S		R		S		R		S					
Mittelw. + Streuung		\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$			
Gruppe	Probe																			
a	3	2,4	0,1	2,5 ¹⁾	0,2	3,0	0,5	3,0 ¹⁾	0,2	4,9	0,5	5,1 ¹⁾	0,3	6,3	0,8	8,1 ¹⁾	0,6			
	4	4,1	2)	3,3	2)	4,7	2)	4,3	2)	8,7	2)	7,9	2)	9,9	2)	11,3	2)			
	2	1,7	0,1	4,0	0,4	1,9	0,2	4,5	0,3	3,1	0,2	8,8	0,4	3,9	0,2	12,0	0,3			
b	9	10,1	0,2	8,0	0	12,7	0,3	7,8	0,5	17,8	0,3	15,8	1,5	17,4	0,2	23,0	0,7			
c	11	8,8	0,6	2,8	0,2	10,7	0,3	3,4	0,2	17,0	0,9	5,0	0,2	21,3	1,0	6,7	0,3			
	10	15,6	0,5	8,1	0,7	24,7	0,7	12,4	0,8	41,4	1,1	23,4	1,8	43,8	0,8	27,8	1,8			
	B	11,5	0,6	7,8	0,6	15,1	0,2	8,8	0,2	22,7	1,0	11,8	0,3	24,6	0,4	13,3	0,4			
d	1	30,0	1,2	3,6	0,1	43,6	1,1	4,1	0,2	57,2 ¹⁾	1,9	5,8	0,2	56,2	2,0	7,3	0,2			
	A	37,8	1,6	6,6	0,6	42,4	1,1	7,7	0,6	56,8	1,1	9,4	0,8	58,4	3,4	10,4	0,8			
	7	55,2	1,9	9,4	0,4	57,2	1,3	9,9	0,3	74,2	1,5	13,2	0,5	74,6	1,3	13,6	0,3			
	6	59,6	3,3	10,5	0,2	61,4	3,0	11,6	0,2	81,4	3,6	16,9	0,4	71,8	2,7	16,1	0,2			
	5	57,0	2,3	8,5	0,5	60,4	1,9	9,3	0,3	84,8	2,4	13,8	0,4	78,2	4,0	14,5	0,3			

1) gleichsinnige Rangfolge bezogen auf die Ausbeulhöhen

2) 2 Einzelwerte

Tabelle 24/5 Elastische Kenndaten aller Materialien mit an den Einspannklemmen überhängenden Proben unter Berücksichtigung verschiedener Auswertemöglichkeiten

		Restdehnung R in % nach Auswertemethode II															
		10				20				50				90			
		R		S		R		S		R		S		R		S	
Maximalkraft FM in N	Vorspannkraft FV in N	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Probenrichtung	Mittelw. + Streuung																
Gruppe	Probe																
a	3	2,4	0,1	2,5 ¹⁾	0,2	3,5	0,3	3,8 ¹⁾	0,3	5,8	0,6	6,4 ¹⁾	0,3	8,2	1,1	10,7 ¹⁾	0,2
	4	4,1	2)	3,3	2)	6,4	2)	5,4	2)	11,9	2)	9,1	2)	15,7	2)	15,0	2)
	2	1,7	0,1	4,0	0,4	2,6	0,1	5,9	0,3	4,1	0,1	10,9	0,5	5,5	0,1	17,6	0,5
b	9	10,1	0,2	8,0	0	16,5	0	13,0	0,7	25,8	0,3	24,2	0,5	32,3	0,3	39,0	1,0
c	11	8,8	0,6	2,8	0,2	12,8	0,7	4,0	0,2	20,9	0,9	6,1	0,2	29,6	0,9	9,0	0,3
	10	15,6	0,5	8,1	0,7	28,5	0,4	14,8	1,9	51,6	0,9	28,6	2,5	70,7	0,7	41,2	2,8
	B	11,5	0,6	7,8	0,6	17,2	0,9	10,0	0,4	28,8	1,4	15,0	0,6	38,5	0,9	19,5	0,6
d	1	30,0	1,2	3,6	0,1	50,8	1,1	4,9	0,1	75,6	0,9	7,2	0,2	93,6 ¹⁾	1,7	10,0	0,2
	A	37,8	1,6	6,6	0,6	53,8	0,8	9,1	0,5	78,8	2,8	12,1	1,1	101,0	4,1	15,4	1,3
	7	55,2	1,9	9,4	0,4	81,2	2,7	13,7	0,2	114,2	1,8	19,9	0,7	140,6	2,2	25,1	0,4
	6	59,6	3,3	10,5	0,2	93,4	4,5	16,6	0,4	140,2	5,9	26,2	0,6	172,2	7,1	33,8	0,7
	5	57,0	2,3	8,5	0,5	90,4	4,2	13,1	0,2	138,0	4,5	20,7	0,4	172,4	7,0	27,5	0,4

1) gleichsinnige Rangfolge bezogen auf die Ausbeulhöhen 2) 2 Einzelwerte

Tabelle 24/6 Elastische Kenndaten aller Materialien mit an den Einspannklemmen überhängenden Proben unter Berücksichtigung verschiedener Auswertemöglichkeiten

		Restdehnung R in % nach Auswertemethode III															
		10				20				50				90			
		R		S		R		S		R		S		R		S	
Maximalkraft FM in N	Vorspannkraft FV in N	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Probenrichtung	Mittelw. + Streuung																
Gruppe	Probe																
a	3	2,4	0,2	2,3	0,2	2,8	0,2	3,0	0,2	6,4	0,6	8,8 ¹⁾	0,3	9,5	0,8	16,8 ¹⁾	0,5
	4	3,7	2)	3,2	2)	5,3	2)	4,8	2)	10,8	2)	11,1	2)	13,1	2)	19,2	2)
	2	1,9	0,1	3,1	0,1	2,1	0,2	4,3	0,3	4,1	0,3	13,9	0,4	6,1	0,2	22,5	0,5
b	9	9,0	0,6	5,0	0	12,8	0,3	8,2	0,5	24,2	0,7	32,6	1,1	29,6	0,7	64,6	0,6
c	11	6,1	0,4	2,7 ¹⁾	0,2	10,6	0,5	3,2	0,2	24,1	0,3	7,0	0,7	29,2	0,3	10,5	0,1
	10	11,7	1,0	6,1	0,4	24,8	0,6	12,9	0,9	47,5	0,9	28,6	1,7	47,1	1,1	31,5	1,7
	B	9,3	1,2	7,0	0,5	15,1	0,2	9,3	0,9	29,7	0,9	14,4	0,7	32,5	0,5	16,1	0,4
d	1	27,6	1,3	3,6	0,1	43,4	0,9	4,1	0,2	64,2	2,5	7,6	0,2	60,6	2,1	9,4	0,1
	A	38,0	2,5	6,9	1,4	44,4	6,3	7,6	0,8	62,6	0,9	9,9	0,6	61,2	2,8	9,8	0,4
	7	57,6	1,1	9,7	0,4	57,0	1,4	9,8	0,3	70,4	3,2	13,1	0,4	56,6	1,5	11,5	0,4
	6	63,4	2,7	10,8	0,7	61,2	2,7	11,6	0,2	75,2	2,7	16,0	0,3	58,4	1,1	13,9	0,3
	5	62,2	3,0	9,7	0,2	59,8	2,2	9,4	0,4	77,6	1,5	13,2	0,3	64,0	1,9	13,8	0

1) gleichsinnige Rangfolge bezogen auf die Ausbeulhöhen 2) 2 Einzelwerte

Tabelle 24/7 Elastische Kenndaten aller Materialien mit an den Einspannklemmen überhängenden Proben unter Berücksichtigung verschiedener Auswertemöglichkeiten

		Elastische Dehnung E in % nach Auswertemöglichkeit I															
		10				20				50				90			
		R		S		R		S		R		S		R		S	
Maximalkraft FM in N	Vorspannkraft FV in N	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Probenrichtung	Mittelw. + Streuung																
Gruppe	Probe																
a	3	2,6	0,2	2,8	0,2	5,4	0,3	6,2 ¹⁾	0,1	11,0	0,6	14,7 ¹⁾	0,3	14,3	0,5	22,0 ¹⁾	0,7
	4	5,2	2)	6,2	2)	10,3	2)	11,9	2)	16,5	2)	22,4	2)	19,5	2)	29,3	2)
	2	1,0	0,2	6,5	0,7	2,5	0,2	14,3	0,4	5,8	0,4	30,1	0,8	9,2	0,3	39,5	0,6
b	9	9,0	0,4	57,6	0,9	19,6	0,2	102,6	0,9	38,7	0,8	173,6	2,6	50,9	0,8	221,4	1,1
c	11	15,4 ¹⁾	1,2	5,6	0,4	28,1 ¹⁾	1,0	9,8	0,4	42,4	2,0	16,6	0,5	48,3	1,5	20,3	0,7
	10	16,3	0,8	11,3	1,0	29,1	0,8	20,7	1,4	41,4	1,5	30,4	1,5	44,8	1,1	32,2	1,3
	B	21,3	0,8	10,3	2,0	38,4	0,8	17,2	0,7	55,2	1,7	26,2	0,7	60,1	1,7	29,6	0,5
d	1	20,4	1,7	4,9	0,3	40,4	0,9	8,5	0,5	59,8	1,3	13,4	0,3	63,4	2,4	15,6	0,4
	A	44,2	3,1	7,5	0,9	71,2	3,3	12,0	1,2	91,2	3,9	17,2	0,8	99,8	4,3	19,3	0,9
	7	32,6	2,1	7,4	0,5	47,6	2,1	11,0	0,7	59,8	2,8	14,8	0,7	60,4	3,4	16,2	0,8
	6	24,2	1,3	6,6	0,4	34,6	2,1	10,3	0,4	44,2	2,2	12,9	0,5	45,0	1,6	13,4	0,4
	5	13,6	1,1	3,7	0,5	21,6	2,1	5,4	0,4	28,0	0,7	7,5	0,2	28,2	0,4	7,7	0,3

1) gegensinnige Rangfolge bezogen auf die Ausbeulhöhen

2) 2 Einzelwerte

Tabelle 24/8 Elastische Kenndaten aller Materialien mit an den Einspannklemmen überhängenden Proben unter Berücksichtigung verschiedener Auswertemöglichkeiten

		Elastische Dehnung E in % nach Auswertemöglichkeit II															
		10				20				50				90			
		R		S		R		S		R		S		R		S	
Maximalkraft FM in N	Vorspannkraft FV in N																
Probenrichtung	Mittelw. + Streuung	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Gruppe	Probe																
a	3	2,6	0,2	2,8 ¹⁾	0,2	5,5	0,3	6,1 ¹⁾	0,4	11,0	0,4	14,5 ¹⁾	0,3	14,6	0,5	21,9 ¹⁾	0,4
	4	5,2	2)	6,2	2)	9,2	2)	11,5	2)	15,3	2)	22,7	2)	18,3	2)	29,3	2)
	2	1,0	0,2	6,5	0,7	2,5	0,3	15,1	0,5	6,1	0,3	30,9	0,8	9,4	0,4	38,8	1,3
b	9	9,0	0,4	57,6	0,9	19,6	0,2	102,0	1,2	38,6	0,8	172,6	2,7	50,8	0,9	222,2	2,7
c	11	15,4 ¹⁾	1,2	5,6	0,4	28,2 ¹⁾	0,8	9,8	0,4	42,2	1,3	16,6	0,5	48,2	1,9	20,6	0,6
	10	16,3	0,8	11,3	1,0	29,6	0,7	20,7	1,3	41,4	1,7	30,2	1,6	44,7	1,2	32,9	1,3
	B	21,3	0,8	10,3	2,0	38,5	1,2	17,4	0,6	55,4	1,6	26,0	0,7	60,5	1,7	29,6	0,5
d	1	20,4	1,7	4,9	0,3	40,8	1,1	8,6	0,5	60,2	2,1	13,5	0,2	65,6	6,2	15,6	0,4
	A	44,2	3,1	7,5	0,9	70,4	2,2	12,1	1,3	90,8	4,3	17,3	0,9	96,6	4,8	19,1	0,9
	7	32,6	2,1	7,4	0,5	48,2	2,4	11,4	0,7	60,2	3,1	15,1	0,7	61,6	2,7	16,4	0,8
	6	24,2	1,3	6,6	0,4	35,4	1,8	10,4	0,5	44,4	1,5	13,3	0,4	44,2	4,0	13,8	0,3
	5	13,6	1,1	3,7	0,5	22,0	1,6	5,7	0,4	28,4	0,9	7,6	0,2	28,6	0,9	8,1	0,3

1) gegensinnige Rangfolge bezogen auf die Ausbeulhöhen 2) 2 Einzelwerte

Tabelle 24/9 Elastische Kenndaten aller Materialien mit an den Einspannklemmen überhängenden Proben unter Berücksichtigung verschiedener Auswertemöglichkeiten

		Elastische Dehnung E in % nach Auswertemöglichkeit III															
		10				20				50				90			
		R		S		R		S		R		S		R		S	
Maximalkraft FM in N	Vorspannkraft FV in N																
Probenrichtung	Mittelw. + Streuung	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Gruppe	Probe																
a	3	3,8	0,3	4,0 ¹⁾	0,1	5,8	0,8	6,1 ¹⁾	0,3	7,6	0,5	8,9 ¹⁾	0,1	7,5	0,4	9,3 ¹⁾	0,2
	4	6,5	2)	8,3	2)	9,4	2)	11,3	2)	11,0	2)	15,5	2)	9,8	2)	13,7	2)
	2	1,8	0	8,5	0,4	2,3	0,2	14,8	0,4	4,1	0,2	21,8	0,6	4,8	0,2	19,4	0,4
b	9	14,0	0,7	70,6	0,9	19,6	0,2	102,0	1,0	25,0	0,6	124,8	1,9	22,8	0,3	109,4	1,7
c	11	23,1 ¹⁾	0,8	8,0	0,4	28,3 ¹⁾	0,9	9,9	0,5	23,9	0,7	10,6	0,3	18,1	0,9	9,2 ¹⁾	0,6
	10	25,8	0,8	17,8	1,2	29,5	0,4	20,5	1,1	21,1	1,0	16,3	1,3	15,1	0,5	11,7	0,7
	B	30,0	1,3	15,1	0,5	38,0	0,8	17,6	0,4	33,3	0,9	15,9	0,3	23,2	0,4	12,3	0,3
d	1	33,8	1,5	7,1	0,3	40,2	1,3	8,5	0,5	32,2	0,8	7,7	0,1	18,6	1,8	6,3	0,1
	A	71,6	4,9	11,7	1,4	70,6	3,6	11,9	1,3	46,0	2,5	9,9	0,5	30,0	0,7	7,4	1,1
	7	55,8	4,7	12,6	0,5	48,4	2,1	11,3	0,9	27,6	1,1	8,0	1,2	18,6	3,4	6,9	0,4
	6	46,0	6,0	11,2	0,4	34,6	1,8	10,3	0,4	22,8	1,1	7,6	0,4	16,6	1,3	5,5	0,3
	5	26,2	3,3	6,0	0,3	22,0	3,1	5,6	0,3	15,3	0,3	4,4	0,2	11,2	1,3	2,6	0,4

1) gegensinnige Rangfolge bezogen auf die Ausbeulhöhen 2) 2 Einzelwerte

Tabelle 24/10 Elastische Kenndaten aller Materialien mit an den Einspannklemmen überhängenden Proben unter Berücksichtigung verschiedener Auswertemöglichkeiten

		Elastisches Dehnungsverhältnis DV in % nach Auswertemöglichkeit I															
		10				20				50				90			
		R		S		R		S		R		S		R		S	
Maximalkraft FM in N	Vorspannkraft FV in N																
Probenrichtung	Mittelw. + Streuung	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Gruppe	Probe																
a	3	51,7	2,4	52,4	3,3	64,3	3,4	67,7 ¹⁾	1,2	69,0 ²⁾	1,6	74,2	1,2	69,4	3,3	73,1	1,8
	4	55,8	3)	65,0	3)	70,7	3)	73,7	3)	65,6	3)	73,9	3)	66,3	3)	72,3	3)
	2	36,3	6,8	61,8	4,7	56,3	3,7	76,0	1,4	64,9	1,5	77,4	1,2	70,1	0,8	76,7	0,7
b	9	47,1	1,5	87,8	0,2	60,7	0,7	92,9	0,4	68,5	0,5	91,7	0,7	74,5	0,3	90,6	0,3
c	11	63,5	3,0	66,7 ²⁾	2,9	72,4	1,1	74,4	1,6	71,4	1,9	77,0	1,0	69,4	1,4	75,1	1,3
	10	51,1	2,0	58,2	2,0	54,1	1,1	62,6	1,1	50,0	1,3	56,5	1,9	50,6	0,7	53,7	2,0
	B	65,0	1,7	56,5	5,8	71,8	0,3	66,2	1,0	70,9	1,6	69,0	0,6	70,9	0,7	69,1	1,0
d	1	40,5	2,8	57,5 ²⁾	1,8	48,1	0,8	67,4 ²⁾	2,1	51,1	0,7	69,7 ²⁾	0,9	53,0	1,6	68,2 ²⁾	1,0
	A	53,9	2,3	53,0	2,2	62,7	1,7	61,0	0,9	61,6	1,2	64,7	2,0	63,1	2,1	65,0	1,9
	7	37,1	1,7	44,2	2,3	45,4	1,4	52,7	1,0	44,6	1,0	53,0	1,5	44,7	1,6	54,3	1,6
	6	28,9	1,7	38,7	1,7	36,1	2,0	47,0	0,9	35,2	1,1	43,2	1,0	38,6	1,7	45,5	0,8
	5	19,3	1,6	31,0	3,8	26,3	1,7	36,8	2,0	24,8	0,7	35,1	1,1	26,5	1,0	34,5	1,2

1) gegensinnige Rangfolge bezogen auf die Ausbeulhöhen

2) gleichsinnige Rangfolge bezogen auf die Ausbeulhöhen

3) 2 Einzelwerte

Tabelle 24/11 Elastische Kenndaten aller Materialien mit an den Einspannklemmen überhängenden Proben unter Berücksichtigung verschiedener Auswertemöglichkeiten

Elastisches Dehnungsverhältnis DV in % nach Auswertemöglichkeit II

Maximalkraft FM in N	Vorspannkraft FV in N	10				20				50				90			
		R		S		R		S		R		S		R		S	
Probenrichtung		\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Mittelw. + Streuung		\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Gruppe	Probe																
a	3	51,7	2,4	52,4	3,3	61,2 ¹⁾	0,8	61,8 ²⁾	3,3	65,2	2,1	69,3 ²⁾	1,2	64,0	2,6	67,2	0,6
	4	55,8	3)	65,0	3)	59,0	3)	67,9	3)	56,3	3)	71,2	3)	68,8	3)	64,2	3)
	2	36,3	6,8	61,8	4,7	49,0	2,6	71,7	1,2	59,8	1,7	73,9	1,0	63,1	1,4	68,9	0,6
b	9	47,1	1,5	87,8	0,2	54,3	0,3	88,7	0,6	60,0	0,5	87,7	0,1	61,3	0,5	85,1	0,3
c	11	63,5	3,0	66,7 ¹⁾	2,9	68,8	1,4	71,4	1,3	66,8	1,4	73,1	1,3	61,9	1,4	69,5	1,2
	10	51,1	2,0	58,2	2,0	51,0	0,8	58,3	2,9	44,5	1,3	51,4	2,2	38,7	0,7	44,4	1,7
	B	65,0	1,7	56,5	5,8	69,1	1,1	63,0	1,6	65,8	1,5	63,3	1,5	61,1	1,0	60,2	0,8
d	1	40,5	2,8	57,5 ¹⁾	1,8	44,5	0,8	63,7 ¹⁾	1,5	44,3	0,7	65,2 ¹⁾	0,7	41,2	2,5	60,9 ¹⁾	1,0
	A	53,9	2,3	53,0	2,2	56,7	0,6	57,2	1,5	53,5	1,4	58,8	2,0	49,3	1,5	55,5	2,1
	7	37,1	1,7	44,2	2,3	37,3	1,6	45,2	1,3	34,5	0,9	43,1	1,3	30,5	1,0	39,4	1,2
	6	28,9	1,7	38,7	1,7	27,5	1,6	38,6	1,3	24,1	0,6	33,5	0,4	20,4	2,0	28,9	0,7
	5	19,3	1,6	31,0	3,8	19,6	1,7	30,3	1,6	17,1	0,5	26,9	0,8	14,2	0,7	22,6	0,8

1) gleichsinnige Rangfolge bezogen auf die Ausbeulhöhen

2) gegensinnige Rangfolge bezogen auf die Ausbeulhöhen

3) 2 Einzelwerte

Tabelle 24/12 Elastische Kenndaten aller Materialien mit an den Einspannklemmen überhängenden Proben unter Berücksichtigung verschiedener Auswertemöglichkeiten

Elastisches Dehnungsverhältnis DV in % nach Auswertemöglichkeit III

Maximalkraft FM in N	Vorspannkraft FV in N	10				20				50				90			
		R		S		R		S		R		S		R		S	
Probenrichtung		\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Mittelw. + Streuung		\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$
Gruppe	Probe																
a	3	61,5	2,2	63,0 ¹⁾	2,3	67,3 ²⁾	4,3	67,1	2,9	54,3 ²⁾	0,9	50,3 ¹⁾	1,0	44,2	1,0	35,6 ¹⁾	0,8
	4	64,3	3)	72,4	3)	64,0	3)	70,4	3)	50,7	3)	58,3	3)	43,0	3)	41,6	3)
	2	48,2	1,2	73,6	1,0	52,9	3,1	77,6	1,4	49,5	1,6	61,0	0,6	44,3	1,1	46,3	0,7
b	9	60,9	2,7	93,4	0,9	60,5	0,5	92,6	0,4	50,8	1,0	79,3	0,4	43,5	0,6	62,9	0,3
c	11	79,1	1,4	75,1 ²⁾	1,8	72,7	1,5	75,4	1,8	49,8	1,0	60,3	2,4	38,2	1,0	46,7	1,5
	10	68,8	2,5	74,4	2,0	54,3	0,5	61,4	1,3	30,7	0,9	36,3	1,3	24,3	1,0	27,1	2,0
	B	76,4	2,8	68,4	2,2	71,6	0,4	65,5	2,3	52,9	1,1	52,5	1,1	41,7	0,5	43,3	1,0
d	1	55,1	1,9	66,2 ²⁾	1,2	48,1	1,2	67,5 ²⁾	2,0	33,4	0,9	50,4 ²⁾	0,5	23,5	2,2	40,2	0,5
	A	65,3	3,1	62,9	5,7	61,4	3,6	61,0	2,0	42,4	1,3	50,0	2,2	32,9	1,1	43,0	4,3
	7	49,2	2,2	56,4	1,0	45,9	1,5	53,5	2,1	28,2	1,0	37,6	4,1	24,6	3,4	37,6	0,6
	6	41,9	3,6	50,8	2,2	36,1	1,8	47,0	0,9	23,3	0,3	32,3	1,1	22,1	1,3	28,1	1,6
	5	29,6	3,4	38,3	1,6	26,8	2,8	37,3	1,8	16,5	0,6	24,9	0,6	15,1	1,3	15,8	2,1

1) gegensinnige Rangfolge bezogen auf die Ausbeulhöhen

2) gleichsinnige Rangfolge bezogen auf die Ausbeulhöhen

3) 2 Einzelwerte

10.2 Diskussion der Ergebnisse zu den Versuchen mit überhängenden Proben

Die Materialien lassen sich entsprechend den Gesamtdehnungen in Reihenrichtung in Gruppen einteilen. Dabei ist es unerheblich bei welcher Kraftgrenze G bestimmt wird. Ebenso ist es ohne Bedeutung, nach welcher der Methoden I, II oder III ausgewertet wurde. Zur besseren Übersicht seien diese Gruppen mit ihren Bereichsgrenzen noch einmal in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 25 Gesamtdehnungsbereiche (in %) in Reihenrichtung in Abhängigkeit der Maximalkraft FM und der Auswertmethode

Kraftgrenzen FM in N	10	20	50	90	
Auswertemethode	Gruppe Gesamtdehnung G in % in Reihenrichtung				
I	a	2,5-12,0	4,0- 17,0	8,0- 28,0	12,5- 32,0
	b	19,1	32,3	56,5	68,3
	c	23,0-34,0	38,0- 55,0	57,5- 84,5	68,0- 90,0
	d	50,0-90,0	78,0-116,0	110,0-152,0	102,0-161,0
II	a	2,5-12,0	5,0- 15,6	10,0- 27,2	14,5- 34,0
	b	19,1	36,1	64,4	82,9
	c	23,0-34,0	40,0- 59,0	62,0- 95,0	76,0-117,0
	d	50,0-90,0	90,0-132,0	133,0-192,0	154,0-220,0
III	a	3,5-11,5	4,0- 16,5	7,5- 23,5	10,5-24,5
	b	23,0	32,4	49,2	52,4
	c	28,0-41,0	38,0- 55,0	47,5- 70,0	46,0-63,0
	d	60,0-118,5	78,0-122,0	90,0-112,0	73,0-94,0

Die Probe 9 wurde als Gruppe (b) für sich eingetragen. Bei den Kraftstufen FM = 10 N und FM = 20 N kann die Gruppeneinteilung ohne Überschneidungen vorgenommen werden.

Bei den höheren Kraftstufen 50 N und 90 N bringen die Ergebnisse der Probe 9 Überschneidungen, so daß man dieses Material dann der Gruppe c zurechnen müßte. Hier wirkt sich offenbar der andersartige Aufbau dieser Ware besonders aus: Probe 9 ist eine Kettenwirkware mit Elastomerfäden und, wie die Ergebnisse auch zeigen, mit den übrigen Maschenwaren nicht vergleichbar. Probe 9 wird daher von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen.

Die Ergebnisse für die Rest-, die elastische Dehnung (R,E) und das elastische Dehnungsverhältnis DV werden mit den Ausbeulhöhen (Abschnitt 5) verglichen. Die Gesamtdehnung G gilt bereits als Kriterium für die Einstufung in eine der Gruppen a, c oder d. Innerhalb einer Gruppe bedeutet "gleichsinnige Rangfolge", daß mit zunehmender Ausbeulhöhe h die Restdehnung R größer, die elastische Dehnung E und das elastische Dehnungsverhält-

nis DV aber kleiner werden. Dementsprechend soll eine "gegensinnige Rangfolge" eine sinkende Restdehnung R, steigende elastische Dehnung E und steigendes elastisches Dehnungsverhältnis DV bedeuten.

Die Übersicht der Tabelle 26 zeigt in Reihenrichtung - die der Tabelle 27 in Stäbchenrichtung - die Bildung von gleichsinnigen und gegensinnigen Rangfolgen innerhalb der Gruppen aus den Ergebnissen der Bestimmung der elastischen Kenndaten in Abhängigkeit der Ausbeulhöhen.

Tabelle 26 Gegenüberstellung von Restdehnung R und elastisches Dehnungsverhältnis DV zu Ausbeulhöhen h

Gruppe	Probe	Restdehnung R in % Stäbchenrichtung	elastisches Dehnungsverhältnis DV in % Stäbchenrichtung	Ausbeulhöhen h (mm) im Neuzustand
a	3	2,5	--	2,9
	4	3,3	--	3,8
	2	4,0	--	5,6
c	11	--	66,7	2,8
	10	--	58,2	4,6
	B	--	56,5	6,2
d	1	--	57,5	1,0
	A	--	53,0	2,6
	7	--	44,2	3,6
	6	--	38,7	6,0
	5	--	31,0	8,5

Die Ergebnisse in Stäbchenrichtung werden zur Beurteilung des elastischen Verhaltens herangezogen, und zwar für die Gruppe a die Restdehnung R und für die Gruppen c und d das elastische Dehnungsverhältnis DV.

Es ergibt sich dann folgende Gegenüberstellung von Restdehnung R (Gruppe a) und elastischem Dehnungsverhältnis DV (Gruppen c und d) gegenüber den Ausbeulhöhen h im Neuzustand.

Nimmt man an, daß eine Ausbeulhöhe h von 5 mm tolerierbar ist[4,7], so folgt, daß in Gruppe a die Restdehnung R höchstens 4 %, für Gruppe c das elastische Dehnungsverhältnis DV mindestens 60 % und für Gruppe d das elastische Dehnungsverhältnis DV mindestens 40 % sein muß.

Tabelle 27 Übersicht der Möglichkeiten zur Rangfolgenbildung in Reihenrichtung bezüglich der Ausbeulhöhen

Kraftgrenze FM in N	10			20			50			90		
	R	E	DV	R	E	DV	R	E	DV	R	E	DV
Auswertemethode I												
Gruppe a	0	0	0	0	0	0	0	0	-1)	0	0	0
c	0	+	0	0	+	0	0 ¹⁾	0	0	0	0	0
d	0	0	0	0	0	0	+1)	0	0	0	0	0
Auswertemethode II												
Gruppe a	0	0	0	0	0	-1)	0	0	0	0	0	0
c	0	+	0	0	+	0	0	0	0	0 ¹⁾	0	0
d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+1)	0	0
Auswertemethode III												
Gruppe a	0	0	0	0	0	-1)	0	0	-1)	0	0	0
c	0	+	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0
d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1) gleichsinnige Rangfolge

+ gegensinnige Rangfolge (Prüfergebnisse werden größer)

- gegensinnige Rangfolge (Prüfergebnisse werden kleiner)

0 keine Rangfolgenbildung möglich

R = Restdehnung

E = Elastische Dehnung

DV = Elastisches Dehnungsverhältnis

Tabelle 28 Übersicht der Möglichkeiten zur Rangfolgenbildung in Stäbchenrichtung bezüglich der Ausbeulhöhen

Kraftgrenze FM in N	10			20			50			90		
	R	E	DV	R	E	DV	R	E	DV	R	E	DV
Auswertemethode I												
Gruppe a	+1)	0	0 ¹⁾	+1)	+	+	+1)	+	0	+1)	+	0
c	0	0	-1)	0	0	0 ¹⁾	0	0	0 ¹⁾	0	0	0 ¹⁾
d	0	0	-1)	0	0	-1)	0	0	-1)	0	0	-1)
Auswertemethode II												
Gruppe a	+1)	+	0 ¹⁾	+1)	+	+	+1)	+	+	+1)	+	0
c	0	0	-1)	0	0	0 ¹⁾	0	0	+	0	0	0 ¹⁾
d	0	0	-1)	0	0	-1)	0	0	-1)	0	0	-1)
Auswertemethode III												
Gruppe a	0 ¹⁾	+	+1)	0	+	+	+1)	+	+	+1)	+	+
c	+1)	0	-1)	0	0	0 ¹⁾	0	0	0 ¹⁾	0	+	0
d	0	0	-1)	0	0	-1)	0	0	-1)	0	0	0

1) gleichsinnige Rangfolge

+ gegensinnige Rangfolge (Prüfergebnisse werden größer)

- gegensinnige Rangfolge (Prüfergebnisse werden kleiner)

0 keine Rangfolgenbildung möglich

R = Restdehnung

E = Elastische Dehnung

DV = Elastisches Dehnungsverhältnis

Diesen Übersichtstabellen entnimmt man:

- 1) Die Ergebnisse in Stäbchenrichtung und nach den Auswertemethoden I und II lassen bei einer Kraftgrenze $FM = 10$ N für die elastische Dehnung E sowie das elastische Deh-

nungsverhältnis DV eine praxisgerechte Beurteilung zu. Dazu eignet sich für die Gruppe a (Materialien, die in Stäbchenrichtung dehnbarer sind als in Reihenrichtung) die Restdehnung R, für die Gruppen c (in Reihenrichtung etwas dehnbarer als in Stäbchenrichtung) und d (in Reihenrichtung deutlich dehnbarer als in Stäbchenrichtung) das elastische Dehnungsverhältnis DV.

- 2) Wird die Auswertemethode III angewendet, wird für die Gruppe a in Stäbchenrichtung eine Kraftgrenze $F_M = 50 \text{ N}$ notwendig sein, um eine Kenngröße - in diesem Fall Restdehnung R - zu finden, die bezüglich der Ausbeulhöhe h ein "gleichsinniges Verhalten" zeigt. Für die Gruppen c und d zeigen sich erste Korrelationen schon bei einer Kraftgrenze $F_M = 10 \text{ N}$. Zur Beurteilung kann hier das elastische Dehnungsverhältnis DV dienen.
- 3) Die elastische Dehnung E eignet sich in keinem Fall als praxisgerechtes Beurteilungskriterium für das elastische Verhalten, insbesondere nicht für das Erholungsvermögen, da sie in keiner Gruppe Korrelationen zu den Ausbeulhöhen h zeigt.

11. Zusammenfassung und Vorschlag für ein Prüfverfahren

Die Untersuchungen, die an einfachen streifenförmigen Proben durchgeführt wurden, zeigten, daß die aus einem oder mehreren Belastungszyklen ermittelten elastischen Kenndaten - Gesamtdehnung G, elastische Dehnung E, Restdehnung R, dehnungsbezogene Kraft DF und elastisches Dehnungsverhältnis DV - keine ausreichende Möglichkeit zur Differenzierung der Materialien boten oder keine praxisgerechte Beurteilung zuließen. Als Maßstab für eine dem Verhalten beim Tragen entsprechende Beurteilung dienten die nach DIN 53 860 ermittelten Ausbeulhöhen. Dieser Bezug zur Praxis ließ sich auch durch Variation verschiedener Versuchsparameter nicht herstellen, ebenso wie durch den Übergang zu schlauchförmigen Proben.

Dagegen ließ die Verwendung einer "überhängenden" Probenform (vgl. Abschnitt 10) eine dem zu erwartenden Trageverhalten entsprechende Beurteilung der Materialien zu, wenn diese aufgrund ihrer Gesamtdehnung in Reihenrichtung einer der drei unten aufgeführten Gruppen zugeordnet wurden.

Folgendes Prüfverfahren wird daher vorgeschlagen:

Prüfgerät	Zugprüfmaschine mit elektronischer Kraftmessung
Probenbreite	> 250 mm
Probenlänge	> 200 mm
Einspannlänge LO	100 mm
Einspannbreite	50 mm
Art der Belastung	Belastungszyklus 2
Kraftgrenze FM	10 N
Vorspannkraft	1 N
Verformungsgeschwindigkeit v (dehnungsabhängig)	$\frac{G \cdot LO}{100}$ mm/min für G in % und für LO in min
Belastungszyklus	belasten mit Vorspannkraft FV dehnen bis zur Kraftgrenze FM entlasten bis zur Ausgangslänge LA
Anzahl der Versuche	5 in Reihen- und Stäbchenrichtung
Auswertung	G in Reihenrichtung R, DV in Stäbchenrichtung

Die Ergebnisse der Messung der Gesamtdehnung G in Reihenrichtung werden dazu benutzt, das Material einer der drei folgenden Gruppen* zuzuordnen:

Gruppe a	$G \leq 20 \%$
Gruppe b	$20 \% < G \leq 40 \%$
Gruppe c	$40 \% < G$

Nach Zuordnung zu einer dieser Gruppen wird ein Belastungszyklus in Stäbchenrichtung durchgeführt, für Materialien der Gruppe a die Restdehnung, für Materialien der Gruppen b und c das elastische Dehnungsverhältnis bestimmt. Als Anhaltspunkt für einwandfreies Trageverhalten dient:

Gruppe a	$R \leq 4 \%$
Gruppe b	$DV \geq 60 \%$
Gruppe c	$DV \geq 40 \%$

Die beschriebene Prüfung kann zerstörungsfrei durchgeführt werden. Dies bedeutet einen weiteren Vorteil gegenüber der bisherigen Arbeitsweise, bei der an Maschenwaren Streifenzugversuche mit unterschiedlichen Versuchsparametern durchgeführt werden. Die aus solchen Streifenzugversuchen ermittelten Kenndaten lassen offenbar auch keine zuverlässigen Schlüsse auf das Trageverhalten zu.

*Zu beachten ist hierbei, daß dieser Gruppeneinteilung der oben beschriebene Zugversuch unter Verwendung einer Vorspannung zugrunde liegt. Eine Vorspannung ist zur eindeutigen Festlegung der Belastungsgrenze erforderlich.

Literatur

- [1] P. M. Latzke
Meßmethoden zur Bestimmung der Dehnung
und Elastizität an Maschenwaren
Chemiefasern/Textilindustrie (1977) 919-924, 1021-1024
- [2] Nestler, Schlegel
Beanspruchungsbestimmung von Bekleidungszeugnissen
Textiltechnik 28 (1978), 113-117
- [3] Nestler, Schlegel
Meßverfahren zum Bestimmen der Beanspruchung
von Oberbekleidung unter Tragebedingungen
Textiltechnik 25 (1975), 116-120
- [4] Bekleidungsphysiologisches Institut e. V. Hohenstein
Schlußbericht zum Forschungsvorhaben AIF-Nr. 3647
- [5] Schubert, Latzke
Ein Beitrag zur Elastizitätsprüfung von Maschenwaren -
Ergebnisse eines Rundversuches
Wirkerei- und Strickerei-Technik, Coburg Nr. 12, 1975

- [6] Röhrig
Prüfung von Dorlastan-Fäden und textilen
Flächengebilden aus Dorlastan
Chemiefasern 9 (1966), 696
- [7] Schubert
Mechanisch-technologische Prüfungen an Maschenwaren
Melliand Textilberichte 54 (1973) 833-838, 942-945

Bisher erschienene Forschungsberichte der BAM

Nr. 1/September 1968

Forschung und Entwicklung in der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)
Rechenschaftsbericht für den Bundesminister für Bildung und Wissenschaft

Nr. 2/Juli 1970 (vergriffen)

Zum Problem des Feuchtigkeitsschutzes von Dehnungsmeßstreifen und Halbleitergebern
von Dr.-Ing. Götz Andreae

Nr. 3/September 1970 (vergriffen)

Über das mechanische Verhalten von Aluminium-Stahl-Freileitungsseilen als Beispiel für Verbundbauteile
von Dr.-Ing. Josef Ziebs

Nr. 4/Dezember 1970 (vergriffen)

Formbeständigkeit von Holz gegenüber Feuchtigkeit — Grundlagen und Vergütungsverfahren
von Dr. rer. nat. Arno Burmester

Nr. 5/März 1971

Die Bedeutung der Netzstellenart und der Netzwerkkettendichte für die Beschreibung der elastischen Eigenschaften und des Abbaus von elastomeren Netzwerken
von Dr. rer. nat. Norbert Steiner

Nr. 6/April 1971

Zur Problematik der Prüfung und Beurteilung des Luftschallschutzes von Bauelementen bei unterschiedlichen Einbaubedingungen
von Prof. Dr.-Ing. Paul Schneider

Nr. 7/Juli 1971

Chromatographie und chemische Konstitution — Untersuchungen über den Einfluß der Struktur organischer Verbindungen auf das Verhalten bei der Dünnschicht-Chromatographie
von Dr.-Ing. Hans-Joachim Petrowitz

Nr. 8/November 1971

Zum Spannungs-Dehnungs-Verhalten von Baustählen bei Wechselbeanspruchung
von Dr.-Ing. Helmut Veith

Nr. 9/November 1971

Untersuchung über die sichernde Wirkung poröser Massen in Acetylenflaschen
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Möller

Nr. 10/Januar 1972

Untersuchungen über die Korngrößenbestimmung mit Ultraschall zur Entwicklung einer für die Praxis geeigneten zerstörungsfreien Meßmethode
von Dr.-Ing. Dietmar Aurich und Prof. Dr. phil. Erich Martin

Nr. 11/Februar 1972

Beitrag zur Kenntnis der Schnittriefenbildung und Schnittgütwerte beim Brennschneiden
von Dr.-Ing. Hans-Joachim Krause

Nr. 12/Mai 1972

Über Veränderungen von Nylon-6-Fasern beim Texturieren
von Dir. u. Prof. Dr. rer. nat. Hubert Feuerberg

Nr. 13/Juni 1972

Festkörpergleitreibung und Verschleiß von Eisen, Kobalt, Kupfer, Silber, Magnesium und Aluminium in einem Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch zwischen 760 und $2 \cdot 10^{-7}$ Torr
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig (Berichter), Prof. Dr.-Ing. Kurt Kirschke, Dr.-Ing. Wolfgang-Werner Maennig und Dipl.-Phys. Harald Tischer

Nr. 14/Juli 1972

Untersuchungen zur Amplitudenabhängigkeit der Ultraschalldämpfung in Metallen bei 20 kHz
von Eberhard Fischer

Nr. 15/August 1972

Studie und Probleme der chemischen Edelmetall-Analyse
von Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Heinz Pohl

Nr. 16/August 1972

Über Ausführung und Aussagefähigkeit des Normbrandversuches nach DIN 4102, Blatt 2, im Hinblick auf die Nachbildung natürlicher Schadensfeuer
von Dr.-Ing. Erwin Knublauch

Nr. 17/August 1972

Aktivierungsanalyse mit schnellen Neutronen, Photonen und geladenen Teilchen
von Dr.-Ing. Peter Reimers

Nr. 18/Januar 1973

Das Sprödbruchverhalten des Baustahles R St 37-2 N in geschweißten Konstruktionen, dargestellt mit Hilfe der Methode des Temperaturvergleiches
von Dr.-Ing. Werner Struck

Nr. 19/Januar 1973

Die Bestimmung von Grenzflächentemperaturen bei tribologischen Vorgängen
Literaturrecherche von Dipl.-Phys. K. Kaffanke und Dr.-Ing. H. Czichos

Nr. 20/April 1973

Brandrisiko elektrischer Leitungen und Installationen in Wänden
von Dipl.-Ing. R. Rudolphi

Nr. 21/Juli 1973

Die kontinuumsmechanische Erfassung des zeitlichen Ablaufs der elastisch-plastischen Dehnungen bei der Zerrüttung
Literaturrecherche von Dipl.-Phys. D. Klaffke und Dr.-Ing. W. Maennig

Nr. 22/Juli 1973

Untersuchungen für ein Prüfverfahren zur Bemessung der Brandschutzbekleidung von Stahlstützen
von Dipl.-Ing. R. Rudolphi und Dr.-Ing. E. Knublauch

Nr. 23/November 1973

Reichs- und preußische Landesanstalten in Berlin Ihre Entstehung und Entwicklung als außeruniversitäre Forschungsanstalten und Beratungsorgane der politischen Instanzen
von Prof. Dr. rer. nat. habil. Walter Ruske

Nr. 24/November 1973

Das Brandverhalten von Holzstützen unter Druckbeanspruchung
von Dipl.-Ing. J. Stanke, Ing. grad. E. Klement und Dipl.-Ing. R. Rudolphi

Nr. 25/Dezember 1973

Über das Brandgeschehen vor der Fassade eines brennenden Gebäudes unter besonderer Berücksichtigung der Feuerbeanspruchung von Außenstützen
von Dr.-Ing. E. Knublauch

Nr. 26/August 1974

Der Elektronen-Linearbeschleuniger der BAM — Eigenschaften und erste Anwendungen —
von Dipl.-Ing. P. Jost, Dr.-Ing. P. Reimers und Dr.-Ing. P. Weise

Nr. 27/August 1974

Untersuchungen zum Schallfeld von Winkelprüfköpfen für die Materialprüfung mit Ultraschall
von Dr.-Ing. Hermann Wüstenberg

Nr. 28/August 1974

Zum Ablauf von Gasexplosionen in mit Rohrleitungen verbundenen Behältern
von Prof. Dr. rer. nat. Hans-Jürgen Heinrich

Nr. 29/August 1974

Theorie der dissipativen Luftschalldämmung bei einem idealisotropen porösen Material mit starrem Skelett für senkrechten, schrägen und allseitigen Schalleinfall
von Prof. Dr.-Ing. P. Schneider

Nr. 30/September 1974 (vergriffen)

The Application of Systems Thinking and Systems Analysis to Tribology
von Dr. Horst Czichos und Dr. Geert Salomon

Nr. 31/August 1975

Untersuchungen zur Klärung des Verhaltens thermoplastischer Kunststoffe bei Wechseldehnungsbeanspruchung
von Dr.-Ing. Gerhard Fuhrmann

Nr. 32/September 1975

Ein thermo-elektrisches Netzwerkverfahren zur Berechnung stationärer Temperatur- und Wärmestromverteilungen mit Anwendungsbeispielen
von Dipl.-Ing. Reinald Rudolphi und Dr.-Ing. Bernhard Böttcher

Nr. 33/November 1975

Die Bestimmung der Temperaturleitfähigkeit von Baustoffen mit Hilfe eines nichtstationären Meßverfahrens
von Dipl.-Ing. Armin Wagner, Dipl.-Phys. Gerhard Kieper und Dipl.-Ing. Reinald Rudolphi

Nr. 34/Januar 1976 (vergriffen)

Untersuchungen zur Vergütung von Holzwerkstoffen
von Dipl.-Forsting. Dr. rer. sylv. Hans-Joachim Deppe

Nr. 35/Januar 1976

Der Widerstand von Platten, die als Beplankungsmaterial leichter Wände verwendet werden, gegenüber dem Aufprall harter Körper — Vorschlag für ein Prüfverfahren —
von Dipl.-Ing. Ernst Limberger

- Nr. 36/Januar 1976 (vergriffen)
Wärme- und Feuchtigkeitsleitung in Beton unter Einwirkung eines Temperaturgefälles
von Dipl.-Ing. Jürgen Hundt
- Nr. 37/Februar 1976
Die stoßartige Beanspruchung leichter, nichttragender Bauteile durch einen mit der Schulter gegenprallenden Menschen — Vorschlag für ein Prüfverfahren —
von Dr.-Ing. Werner Struck
- Nr. 38/Juni 1976
Verschleißuntersuchungen an gas-, bad- und ionitriertem Stahl 42 CrMo 4
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig
- Nr. 39/Juni 1976
Untersuchung der viskoelastischen Eigenschaften von Flüssigkeiten (mit nicht-Newtonschem Fließverhalten) insbesondere bei höherer Scherbeanspruchung
von Prof. Dr.-Ing. K. Kirschke und Dipl.-Phys. G. Kempf
- Nr. 40/Juni 1976
Zum Untergrundabzug bei energiedispersiven Spektren nach verschiedenen Verfahren
von Dr. rer. nat. H. Hantsche
- Nr. 41/Október 1976
Optische Eigenschaften cholesterinischer Flüssigkeiten
von Dr. rer. nat. Bernhard Böttcher
- Nr. 42/Október 1976
Ermittlung der Mindestzündenergie brennbarer Gase in Mischung mit Luft
von Dr.-Ing. Siegmund Dietlen
- Nr. 43/Október 1976
Das Sprödbbruchverhalten geschweißter Bauteile aus Stahl mit zäh-sprödem Übergang im Bruchverhalten, dargestellt mit Hilfe der Methode des Temperaturvergleiches
von Dr.-Ing. Werner Struck
- Nr. 44/November 1976
Berechnung von räumlichen, linear elastischen Systemen, die aus finiten Stab- und Balkenelementen zusammengesetzt sind, unter Verwendung des Programms „Stab-Werk“
von Dipl.-Ing. W. Matthees
- Nr. 45/Dezember 1976
Untersuchung des Elektrodenverhaltens im Vakuum aufgedampfter Metallschichten
von Dr.-Ing. W. Paatsch
- Nr. 46/Mai 1977 (vergriffen)
Versuchsergebnisse zur Festigkeit und Verformung von Beton bei mehraxialer Druckbeanspruchung
Results of Test Concerning Strength and Strain of Concrete Subjected to Multiaxial Compressive Stresses
von Dipl.-Ing. Gerald Schickert und Dipl.-Ing. Helmut Winkler
- Nr. 47/Juni 1977
Bautechnische Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln für Fassadenbekleidungen
von Dr.-Ing. Arno Plank
- Nr. 48/Október 1977
Setzung von Fundamenten infolge dynamischer Last, angewendet auf die Fundamente einer geplanten Schnellbahn
von Dr.-Ing. U. Holzlöhner
- Nr. 49/Dezember 1977
Untersuchungen zur Anwendung von Mikrowellen in der zerstörungsfreien Prüfung
von Dr.-Ing. Günther Wittig
- Nr. 50/Juni 1978 (vergriffen)
Zur Meßtechnik für die Sicherheitsbeurteilung und -überwachung von Spannbeton-Reaktordruckbehältern
von Prof. Dipl.-Phys. Norbert Czaika, Dipl.-Phys. Norbert Mayer, Dipl.-Ing. Claus Amberg, Dipl.-Ing. Götz Magiera, Dr.-Ing. Götz Andreae und Dipl.-Ing. Winfried Markowski
- Nr. 51/Juni 1978
Auswirkung von chemischen und physikalisch-technologischen Einflußfaktoren auf das Beständigkeitsverhalten von Oberflächenbeschichtungen auf der Basis von Reaktionsbeschichtungsstoffen
von Dr. rer. nat. J. Sickfeld
- Nr. 52/August 1978
Zum Einfluß der Gleitgeschwindigkeit auf das tribologische Verhalten von Werkstoffen hoher Härte bei reiner Festkörperreibung
von Dr.-Ing. Aleksandar Tomov
- Nr. 53/Október 1978
Bemessung und Optimierung beheizbarer Straßen- und Brückenbeläge
von Rolf Günter Rohrman und Reinald Rudolphi
- Nr. 54/Október 1978
Magnetisches Verhalten dünner Eisenschichten bei mechanischer Wechselbeanspruchung
von Dr.-Ing. Harro Sander
- Nr. 55/November 1978
Beobachtung und Orientierungsbestimmung der Oberflächenkristallite polykristalliner 99,999 %-Al-Proben bei Biegewechselbeanspruchung
von Dr.-Ing. Dieter Klaffke
- Nr. 56/Januar 1979
Stabilität von Sandwichbauteilen
von Dipl.-Ing. W. Brünner und Prof. Dr.-Ing. C. Langlie
- Nr. 57/März 1979
Untersuchungen an Prüfmitteln für die Magnetpulverprüfung
Investigations on Inspection-Media for Magnetic-Particle-Testing
von Dipl.-Ing. Meinhard Stadthaus
- Nr. 58/März 1979
Ermittlung des Bauteilwiderstandes aus Versuchsergebnissen bei vereinbartem Sicherheitsniveau
von Dr.-Ing. Werner Struck
- Nr. 59/Juli 1979
Ermittlung der Verformungen biegebeanspruchter Stahlbetonbalken mit der Methode der Finiten Elemente unter besonderer Berücksichtigung des Verbundes zwischen Beton und Stahl
von Dr.-Ing. Günther Plauk
- Nr. 60/August 1979
Untersuchungen zur Erfassung der Kaltformbarkeit von Feinblechen beim Strecken
von Dr.-Ing. H. Spreckelmeyer, Dr.-Ing. R. Helms und Dr.-Ing. J. Ziebs
- Nr. 61/Dezember 1979
Beschreibung von Problemen der höheren Farbmétrie mit Hilfe des Gegenfarbensystems
von Dr. Klaus Richter
- Nr. 62/Dezember 1979
Geomagnetobiologisch bedingter Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der Zahl der Sterbefälle
von Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Gerisch und Prof. Dr. habil. Dr. h. c. Günther Becker
- Nr. 63/Dezember 1979
Untersuchungen an Stopfbuchsen von Ventilen und Schiebern für Gase
von Dipl.-Ing. E. Behrend und Dipl.-Ing. J. Ludwig
- Nr. 64/Februar 1980
Ermittlung der Schwingungserregung beim Betrieb schienengebundener Fahrzeuge in Tunneln sowie Untersuchung des Einflusses einzelner Parameter auf die Ausbreitung von Erschütterungen im Tunnel und dessen Umgebung
von Dr.-Ing. Werner Rücker
- Nr. 65/Februar 1980
Untersuchungen über den Einfluß des Spannungszustandes auf bruchmechanische Kennwerte
von Dr.-Ing. Peter Schmidt, Dr.-Ing. Dietmar Aurich, Dr.-Ing. Rolf Helms, Dr.-Ing. Helmut Veith und Dr.-Ing. Josef Ziebs
- Nr. 66/Mai 1980
Auswirkung von Druckentlastungsvorgängen auf die Umgebung
von Dr. rer. nat. Martin Hattwig
- Nr. 67/Mai 1980
Beitrag zur dynamischen Analyse von vorgespannten und vorbelasteten Feder-Masse-Systemen mit veränderlicher Gliederung unter stoßartiger Beanspruchung
von Dr.-Ing. Wolfgang Matthees
- Nr. 68/Mai 1980
Oberflächenmeßverfahren unter besonderer Berücksichtigung der Stereométrie
Entwicklung eines vollezentrischen Präzisions-Goniometers
von Dr. rer. nat. Dieter Petersohn
- Nr. 69/Juni 1980
Untersuchungen zur Integrität des Liners von Reaktorsicherheitshüllen (Containments) in Stahlbeton- und Spannbetonbauweise
von Dr.-Ing. Frank Buchhardt und Dipl.-Ing. Peter Brandl
- Nr. 70/August 1980 (vergriffen)
Schwellenwerte beim Betondruckversuch
von Dr.-Ing. Gerald Schickert
- Nr. 71/August 1980
Untersuchungen über durch den Boden gekoppelte dynamische Wechselwirkungen benachbarter Kernkraftwerksbauten großer Masse unter seismischen Einwirkungen
von Dr.-Ing. Wolfgang Matthees und Dipl.-Ing. Götz Magiera

Nr. 72/September 1980

Übertragbarkeit der Ergebnisse von Brandprüfungen am Beispiel von Stahl- und Holzstützen
von Dr.-Ing. Reinald Rudolphi

Nr. 73/November 1980

Vergleichende Untersuchungen zum Tragverhalten von Klemmkupplungen für Stahlrohrgerüste nach bestehenden deutschen Prüfvorschriften und geplanten europäischen bzw. internationalen Prüfnormen
von Dipl.-Ing. Peter Wegener

Nr. 74/November 1980

ALGOL-Computerprogramm zur Berechnung zweidimensionaler instationärer Temperaturverteilungen mit Anwendungen aus dem Brand- und Wärmeschutz
von Dr.-Ing. Reinald Rudolphi und Dipl.-Inform. Renate Müller

Nr. 75/November 1980

Beitrag zur Kenntnis des zeitlichen und örtlichen Druckverlaufs bei der plötzlichen Entlastung unter Druck stehender Behälter und Behälterkombinationen
von Dir. u. Prof. Dr. Hans-Jürgen Heinrich

Nr. 76/November 1980

Deformationsverhalten von Rein- und Reinstaluminium sowie Cu 99,9 und St 37 bei Biegewechselbeanspruchung im Rasterelektronenmikroskop
von Dr.-Ing. Dieter Klaffke und Prof. Dr.-Ing. Wolfgang-Werner Maennig

Nr. 77/April 1981

Untersuchung des Verhaltens von Lagerzementen
von Dipl.-Ing. Michael Gierloff und Dr.-Ing. Matthias Maultzsch

Nr. 78/September 1981

Dynamische Wechselwirkung eines Schienen-Schwellensystems mit dem Untergrund
von Dr.-Ing. Werner Rücker

Nr. 79/Dezember 1981

Ein Beitrag zur Untersuchung der wasserstoffbeeinflussten Kaltrißneigung höherfester niedriglegierter Feinkornbaustähle mit dem Implantversuch
von Dr.-Ing. Volker Neumann

Nr. 80/Dezember 1981

Ursachen des Teileinsturzes der Kongreßhalle in Berlin-Tiergarten
von Dr.-Ing. Arno Plank, Dr.-Ing. Werner Struck und Dr.-Ing. Manfred Tzschätzsch

Nr. 81/Dezember 1981

Graphisch-rechnerisches Verfahren zum Erfassen der Zündhäufigkeit zündbarer Stoffe; Anwendung auf Datenmaterial aus dem Bereich der Statistik
von Dipl.-Ing. Jürgen Schmidt

Nr. 82/April 1982

Zur werkstoffmechanischen Beurteilung des Kerbschlagbiegeversuches
Assessment of the mechanical behaviour of materials in the notched bar impact test
von Rolf Helms, Hans-Joachim Kühn und Siegmund Ledworuski

Nr. 83/Juli 1982

Tribologisches Verhalten von thermoplastischen Kunststoffen — Kontaktdeformation, Reibung und Verschleiß, Oberflächenuntersuchungen —
von Prof. Dr.-Ing. Horst Czichos und Dr.-Ing. Paul Feinle

Nr. 84/Juli 1982

Übertragbarkeit der Ergebnisse von Brandprüfungen im Kleinprüfstand (Vergleichsversuche)
von Dipl.-Inform. Renate Müller und Dr.-Ing. Reinald Rudolphi

Nr. 85/ISBN 3-88314-231-X/Okttober 1982

Technische Materialforschung und -prüfung
— Entwicklungstendenzen und Rahmenvorschläge für ein EG-Programm „Basic Technological Research“ —
Materials Research and Testing
— Development Trends and Outline Proposals for a Community Programme “Basic Technological Research” —
von Prof. Dr. Horst Czichos

Nr. 86/ISBN 3-88314-232-8/November 1982

Zur quantitativen Kennzeichnung des Verwitterungsverhaltens von Naturwerksteinen anhand ihrer Gefügemerkmale
von Dr.-Ing. Konrad Niesel und Dr. rer. nat. Peter Schimmelwitz

Nr. 87/ISBN 3-88314-240-9/Dezember 1982

Einfluß baupraktischer Umgebungsbedingungen auf das Korrosionsverhalten von Spannstählen vor dem Injizieren
von Dr.-Ing. Bernd Isecke und Dr.-Ing. Wolfgang Stichel

Nr. 88/ISBN 3-88314-254-9/Februar 1983

Untersuchungen zur Ausbreitung von Longitudinalwellen an Oberflächen bei der Materialprüfung mit Ultraschall
von Dr.-Ing. Anton Erhard

Nr. 89/ISBN 3-88314-263-8/April 1983

Untersuchungen zur Zerfallsfähigkeit von Distickstoffoxid
von Dr. rer. nat. Dietrich Conrad und Dr.-Ing. Siegmund Dietlen

Nr. 90/ISBN 3-88314-264-6/April 1983

Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members
von Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Ernst Limberger und Dipl.-Ing. Jürgen Herter

Nr. 91/ISBN 3-88314-265-4/April 1983

Dreidimensionale Analyse von unbewehrtem Beton mit nichtlinear-elastischem Materialgesetz
von Dr.-Ing. Michael Weber

Nr. 92/ISBN 3-88314-266-2/August 1983

Ausbreitung von Erschütterungen durch den Boden
von Dipl.-Ing. Lutz Auersch

Nr. 93/ISBN 3-88314-283-2/August 1983

Unterdrückung stick-slip-induzierter Kurvengeräusche schienengebundener Fahrzeuge durch eine physikalisch-chemische Oberflächenbehandlung der Schienen
von Dr. rer. nat. Peter Studt

Nr. 94/ISBN 3-88314-284-0/August 1983

Untersuchungen der Störschwingungen beim Kerbschlagbiegeversuch und deren Abschwächungen
von Dr.-Ing. Xian-Quan Dong

Nr. 95/ISBN 3-88314-289-1/August 1983

Über die Fokussierung des Schallfeldes von Ultraschall-Prüfköpfen mit Fresnelschen Zonenplatten
von Dr.-Ing. Manfred Römer

Nr. 96/ISBN 3-88314-296-4/Okttober 1983

Verbundverhalten zwischen Beton und geripptem Betonstahl sowie sein Einfluß auf inelastische Verformungen biegebeanspruchter Stahlbetonbalken
von Dr.-Ing. Heinz Eifler

Nr. 97/ISBN 3-88314-297-2/November 1983

Typische Bruchflächenbildung thermoplastischer Kunststoffe nach wechselnder mechanischer Beanspruchung
von Dipl.-Ing. Gerhard Fuhrmann und Prof. Dr. rer. nat. Wolfram Schwarz

Nr. 98/ISBN 3-88314-312-X/Dezember 1983

Bestimmung des elastischen Verhaltens von Maschenwaren — Stretch- und Erholungsvermögen —
von Dr. rer. nat. Edmund Schnabel

