Analyse der physikalischen Grundlagen zur Entwicklung eines integralen Messverfahrens für die Bestimmung des Warengriffs an Maschenwaren

Von der Fakultät Maschinenbau
der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von
M.Sc. Hosien Hasani
aus Delijan, Iran

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. H. Planck
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. H. M. Piesche

Tag der mündlichen Prüfung: 07.08.2007

Lehrstuhl für Textiltechnik, Universität Stuttgart
Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf
der Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung, Stuttgart
Wissenschaftliche Institute in Verbindung
mit der Universität Stuttgart

2007

Vorwort

Für die Unterstützung meiner Promotionsarbeit möchte ich mich bei den Menschen bedanken, die mich während meiner Zeit am ITV Denkendorf freundlich und hilfsbereit unterstützten. Danken möchte ich an dieser Stelle vor allem Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Planck für seine freundliche Unterstützung und die Ermöglichung dieser Arbeit.

Mein weiterer Dank gilt:

- Herrn Prof. Dr.-Ing. Piesche als Mitberichter für die interessanten Diskussionen,
- den Herren O. Rieder, A. Seidel, H. Haid und Dr. Q. Chen für die Betreuung und die vielen Informationen, Diskussionen und Anregungen,
- den Herren A. Merkel und O. Kächler von der Firma Otto, Dietenheim, und Herrn A. Hübschmann von der Firma Karl L. Hübschmann GmbH für die Ausspinnung der Garne,
- Herrn R. Zyschka und Herrn P. Wurster von CHT für die Ausrüstung der Maschenwaren.
- Herrn Dr. Ing. Mägel und Frau H. Mehlhorn vom Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI) für die Unterstützung bei den Kawabata-Untersuchungen.

Weiterhin möchte ich bei den Mitarbeitern des ITV danken, die mich bei der Durchführung meiner Arbeit in praktischer und ideeller Hinsicht unterstützt haben. Dieser Dank gilt insbesondere Frau Dr. L. Ausheyks, Frau E. Gericke und Frau Schulin sowie Herrn U. Heitmann und H. Müller aus den Forschungsbereich Stapelfaserspinntechnologie. Weiter möchte ich mich bedanken bei Frau C. Stark, Frau M. Mayer und Herrn J. Mavely für die Unterstützung aus dem Prüflabor sowie Herrn H. Finckh für die Weiterentwicklung der Anwendungssoftware für das Kompressionsmikroskop. Herrn W. Möck aus den Forschungsbereich Maschentechnologie möchte ich für die stricktechnische Betreuung meiner Versuche danken.

Nicht zuletzt danke ich meiner Frau Tayebeh Ozaee und meinem Sohn Hamid Reza, die mich während dieser Zeit unterstützten und großes Verständnis für mich hatten.

Inhaltsverzeichnis

1 Symbole 5
1.1 Beim Kawabata KES-F System gemessene Parameter 5
1.2 Parameter der Durchzugsmethode 5
1.3 Parameter der Gewichteten Euklidischen Distanz-Methode 6
2 Abstract 7
3 Kurzfassung 10
4 Wissenschaftische Problemstellung 12
5 Stand der Wissenschaft und Technik 13
5.1 Die Kawabata-Methode 13
5.2 Das vereinfachte FAST-System 16
5.3 Gewichtete Euklidische Distanz-Methode 17
5.4 Durchzugsmethoden 18
5.4.1 Konventionelle Durchzugsmethode (Ring-Methode) 18
5.4.2 Modifizierte Durchzugsmethode (PDP-Methode) 19
6 Zielsetzung und Aufgabenstellung 21
7 Untersuchung der PDP-Methode 21
7.1 Ermittlung der Durchzugskurve 21
7.2 Distanzplatte 23
7.3 Untersuchung der Einflussparameter 24
7.4 Definition der Einflussparameter 26
7.5 Verformung der Rundprobe während des Durchzugsvorgangs 28
8 Arbeitsprogramm 29
8.1 Versuchsübersicht (Praxisversuche) 31
8.1.1 Versuche zur Ermittlung der Auswirkung der Faserparameter auf den Warengriff 31
8.1.2 Versuche zur Ermittlung der Auswirkung von Garnparametern auf den Warengriff 31
8.1.3 Versuche zur Ermittlung der Auswirkung von Gestrickparametern bei R/L-Maschenware auf den Warengriff 31
8.1.4 Versuche zur Ermittlung der Auswirkung von Gestrickparameter bei R/R-Maschenware auf den Warengriff 32
8.1.5 Versuche zur Ermittlung der Auswirkung von Ausrüstungsprozess auf den Warengriff 32
8.2 Messungen 34
8.2.1 Ermittlung von Kennwerten aus der Durchzugskurve der PDP-Methode 34
8.2.2 Messung der physikalischen Eigenschaften nach Kawabata 35
9 Analyse und Diskussion 36
9.1 Untersuchung der Auswirkung der Distanzplatte auf die Variation der Messergebnisse 36
9.2 Klassifizierung der Strickproben nach der Probendicke 37
9.3 Berechnung der Gesamtgriffwerte (WD-Werte) für Gestrickte Sommerbekleidung mittels GED-Methode 37
9.4 Berechnung der Gesamtgriffwerte nach Kawabata für gestrickte Winterbekleidung 40
9.5 Ermittlung der Durchzugkurvenkennwerte mittels PDP-Methode 42
9.6 Ermittlung der Korrelation zwischen den Kennwerten der Durchzugskurven und den Griffeigenschaften von Sommerbekleidung 43

9.7 Ermittlung der Korrelation zwischen den Durchzugkurven-Kennwerten und den Griffeigenschaften von Winterbekleidung 47
9.8 Entwicklung einer neuen Methode zur Bestimmung der Griffeigenschaften von Maschenwaren durch Darstellung in einem Polardiagramm 48
9.9 Errechnung der $D(X, Y)$-Werte für die Ermittlung der ANOVA-Tabelle 50
10 Ergebnisse 51
10.2 Auswirkung der Strickparameter auf den Warengriff 51
10.2.1 Auswirkung der Strickparameter bei Rechts-Links-Strickkonstruktionen 51
10.2.2 Auswirkung der Maschendichte 54
10.2.3 Auswirkung der Strickparameter bei R/R-Strickkonstruktionen 55
10.2.4 Auswirkung der Maschendichte 56
10.3 Auswirkung der Garnparameter auf den Warengriff 57
10.3.1 Auswirkung der Garndrehung 57
10.3.2 Auswirkung der Garnstruktur 58
10.4 Auswirkung der Veredlungsparameter auf den Warengriff 61
10.4.1 Auswirkung der Bleichmethode 61
10.4.2 Auswirkung des Färbeprozesses 62
10.4.3 Auswirkung des Weichmachers 63
10.4.4 Auswirkung der Weichmacherkonzentration 64
10.5 Auswirkung der Faserparameter auf den Warengriff 65
10.5.1 Auswirkung der Faserart 65
10.5.2 Auswirkung der Faserfeinheit 66
10.6 ANOVA-Tabelle 67
11 Zusammenfassung 69
12 Literaturhinweise 74
13 Anhänge 78

1 Symbole

1.1 Beim Kawabata KES-F System gemessene Parameter

B	Biegesteifigkeit	[g cm²/cm]
CM	Kompressibilität	[mm]
G	Schersteifigkeit	[g cm/degree]
2HB	Biegehysteresehöhe	[g cm /cm]
2HG	Scherhysteresehöhe bei 0,5°	[g/cm]
2HG5	Scherhysteresehöhe bei 5°	[g/cm]
H	Härte des Stoffes	[cN/cm^3]
HV	Primäre Griffparameter	[1]
LT	Linearität bei Zugsprüfung	[1]
LC	Linearität bei Kompressionsprüfung	[1]
MIU	Mittelwert des Reibungskoeffizienten	[1]
MMD	Mittlere Abweichung des Reibungskoeffizient	[1]
P_0	Druck (10 *cN/cm²*)	[cN/cm²]
P_m	Druck (100 *cN/cm²*)	[cN/cm²]
RT	Erholungsvermögen bei Zugsprüfung	[%]
RC	Erholungsvermögen bei Kompressionsprüfung	[%]
SMD	Profil	[µm]
T	Stoffdicke	[mm]
T_o	Stoffdicke unter Druck 10 *cN/cm²*	[cm]
T_m	Stoffdicke unter Druck 100 *cN/cm²*	[cm]
THV	Gesamtgriffwert	[1]
W	Stoffgewicht	[g/m²]
WC	Kompressionsarbeit	[g cm/cm²]
WT	Zugarbeit	[g cm/cm²]

1.2 Parameter der Durchzugsmethode

A	Fläche unter der Durchzugkurve	[N m]
C	Abstand zwischen Loch- und Distanzplatte	[mm]
d	Nadelkopfdurchmesser	[mm]
D_o	Lochdurchmesser	[mm]
F_m	Maximalle Durchzugkraft	[cN]

H_m	Durchzugsweg beim Höchstpunkt	[mm]
H_t	Maximaler Durchzugsweg	[mm]
N	Faltenanzahl	[-]
R_m	Radius der Rundprobe	[mm]
r_x	Probenradius während des Durchzugsvorgangs	[mm]
R_x	Radius der Lochplatte	[mm]
S_e	Kurvensteigung nach dem Höchstpunkt	[cN/mm]
S_f	Anfangssteigung	[cN/mm]
S_p	Kurvensteigung vor dem Höchstpunkt	[cN/mm]
L	Länge des Prüflochs	[mm]
W	Stoffgewicht	[g/m²]
Z_1-Z_{12}	Kurvensteigungen an verschiedenen Stellen	[cN/mm]
σ	Stoffdicke	[mm]
σ_e	Effektive Stoffdicke	[mm]
ρ	Materialdichte	[g/cm³]
Φ	Fläche unter dem Polardiagramm	[cm²]

1.3 Parameter der Gewichteten Euklidischen Distanz-Methode

$C_1, C_2,\ldots C_i$	Eigenwerte der Kovarianz-Matrix
$D(X,Y)$	Die euklidische Distanz zwischen den Punkten X und Y
$R_1, R_2,\ldots R_p$	Eigenvektoren der Kovarianz-Matrix
trV	Trace-Wert von Kovarianz-Matrix V
V	Kovarianz-Matrix von Matrix X
WD	Gewichtete Euklidische Distanz zwischen zwei Vektoren
W_i	Gewicht der Komponenten der Matrix V
X	Matrix mit n Komponenten
Y	Transformierte Matrix der Matrix X
$Y_1, Y_2, \ldots Y_p$	Komponente der transformierte Matrix Y

2 Abstract

The handle of fabric has been recognized as one of the most important performance attributes of textiles intended for use in apparel. Handle is a complex characteristic, influenced by flexibility, compressibility, foldability, driveability, stretchability and surface friction. Therefore the description and measurement of these complex attributes have not produced satisfactory results by testing specific mechanical properties, as done traditionally.

In subjective assessment the fabric hand is examined mainly by the sense of touch on basis of individual standard of the hand feeling and then hand feeling is expressed by many kinds of expressions like as stiff, soft and etc. Every consumer expresses his feeling on hand freely by his own language, which is not classified. Subjective expressions of handle have invariably been used to assess the quality. But due to the limitation in assessing handle subjectively, much research has been carried to assess fabric handled objectively.

Recently several attempts have been done to objectively measure fabric handle properties and equipments have been introduced for this purpose. The Kawabata Evaluation System (KES) and Fabric Assurance by Simple Testing (FAST) are two techniques, which are used by many researchers. The precision and wide coverage of fabric properties of the KES and FAST systems is unprecedented, although for most industrial application this system is too expensive in terms of purchasing and operating costs and the interpretation of the results is complicated. These limitations make the KES and FAST techniques less suitable for industrial applications, especially in the case of small-scale apparel and textile manufactures.

In order to overcome these limitations, several studies have been conducted to generate simpler measurement techniques.

Some researches suggested a measurement technique involves pulling a fabric through a ring (pulling-through technique). The fabric is folded, compressed and rubbed against the interior wall of the ring during withdrawal. The maximum withdrawal force can be used as a measure of fabric handle. But variation in the folding configuration formed by the fabric passing through the ring, results a high variation in the features extracted from pulling-through curve.

This study investigated a novel approach, which is basically similar to the conventional pulling-through method, in order to control the folding configuration.

In this technique, the test is performed by a special pulling device, mountable on a tensile testing machine, which consists of two transparent horizontal plates; a replaceable base plate with a hole in the center and a distance plate which is placed in specified distance from the base plate (PDP method).

The results show that hole diameter and the distance between base plate and distance plate remarkably affect the force-displacement curve obtained from this experiment. In order to avoid the jamming of the specimen during withdrawing, optimal conditions (required hole diameter and distance between base plate and distance plate) for each specimen according its weight and thickness was calculated by using a mathematical analysis.

This study is focused on the mechanical and surface properties of weft knits as a function of different parameters such as; fibre parameters (fibre type and fibre length), yarn parameters (yarn number and twist, spinning system), fabrics parameters (fabric structure and cover factor), finishing parameters (bleaching, dyeing and softening) and investigates the relationship between handle and mentioned parameters by using of the PDP method.

According to fabric thickness, knitted fabrics were classified in summer and winter suiting. Since there is no standard method to assess the handle of knitted summer suiting, a mathematical method (Weighted Euclidean Distance Method) was applied, which highly correlates with results of the KES-F system. To investigate the handle of winter knitted suiting, Kawabata method was used. On the other hand, in contrast to previous researchers who only made use of one pulling-through curve feature, in a novel approach, it was focused on those features of the pulling-through curves which had the highest correlation with mechanical and surface properties measured by KES-FB instruments.

Using this procedure, it could be concluded that five primary hand features: firmness, stiffness, fullness, roughness and crispness are the corresponding features to evaluate handle of the knitted summer suiting. Apparently these five primary hand features can specify fabric handle more completely and rationally. The correlation analysis revealed that the pulling-through curve features did no correspond to fullness. The claim was proved when the correlation analysis between the pulling-through curve features and mechanical and surface properties, recommended by Kawabata, showed that the fabric thickness and compression properties don't correlate with pulling-through curve features. In spite, the *WD* values correlate significantly with the pulling-through curve features.

Using Kawabata method, primary hand values and total handle value of the knitted winter suiting were calculated. The results reveal that the selected pulling-through curve features don't correlate with fullness and smoothness. On the other hand, the results of correlation analysis between curve features and mechanical and surface properties show that there is no significant correlation between curve features and fabric thickness, compressional properties and friction coefficient.

The features chosen from pulling-through curve cannot describe entirely the handle of fabrics since in some cases, they don't correlate with fullness and smoothness. For this reason, a combination of the features selected from pulling-through curve and the parameters, which reflect the fullness (hardness) and smoothness (friction coeficient) of all kinds of fabrics is recommend. These parameters beside the features seleced from pulling-through curve can be plotted in a polar diagram. The area within the polar diagram can be used as an indicator to compare the handle of different fabrics.

In comparison to a conventional pulling-through method, the standard deviation of results obtained from PDP method is lower and therefore the results are more reliable. Moreover, the results of the PDP method have higher correlation with mechanical and surface properties especially bending, shear and tensile properties as well as fabric roughness. The distance plate manifolds the number of creases created by fabrics and increases the contact surface of fabric at the hole's wall and the two parallel plates.

The PDP method could be a useful quantitative method to determine the fabric handle during product development, quality control, and consumer preference studies.

3 Kurzfassung

Der Warengriff eines Stoffes ist ein wichtiges Entscheidungskriterium beim Kauf eines Bekleidungsstückes. Es ist ein komplexes Kriterium, das von zahlreichen Eigenschaften, wie z.B. Flexibilität, Kompressibilität, Faltbarkeit, Dehnbarkeit und Oberflächenreibung beeinflusst wird. Die Beschreibung und Messung dieser Griffeigenschaften ermöglichte bisher keine zufriedenstellende, objektive Beurteilung des Warengriffs. Aus diesem Grund wird die Qualität eines Stoffes alternativ nach subjektiv-sensorischen Maßstäben beurteilt. Aber auch diese Beurteilung hat den Mangel, dass die Bewertung des Warengriffs von zahlreichen Faktoren beeinflusst wird, wie z.B. den Flächeneigenschaften der Haut, Empfindungen, Erwartungen usw. und ist somit starken persönlichen Schwankungen bei der Beurteilung unterworfen.

Deshalb wurde in der Vergangenheit mehrfach versucht, den Warengriff eines Stoffes objektiv, mit speziell dafür entwickelten Geräten, zu messen. Besonders bekannt ist das Kawabata-Bewertungssystem (KES) und das vereinfachte FAST- System (Fabric Assurance by Simple Testing). KES und FAST wurden im wesentlichen für die Beurteilung von Geweben entwickelt, wobei KES eingeschränkt auch für Maschenwaren angewendet werden kann.

Obwohl mit diesen Methoden die Warengriff-Parameter präzise ermittelt werden können, sind beide Methoden zeitaufwändig und die Interpretation der Ergebnisse kompliziert. Deshalb werden diese Methoden nur begrenzt in der Bekleidungsindustrie angewandt.

Um diese Einschränkungen zu überwinden, wurde versucht, einfachere Messverfahren zu entwickeln, die auch in der Produktion eingesetzt werden können. So wurde eine Methode entwickelt, bei der eine kreisförmig zugeschnittene Probe mit einem Haken durch einen Ring gezogen wird. Die dabei gemessene Durchzugskraft kann als Maß für den Warengriff eines Stoffes angesehen werden. Die bei dieser Messung stattfindende unkontrollierte Faltenbildung der Probe während des Durchzugsvorgangs verursacht eine hohe Varianz bei den Ergebnissen. Um eine reproduzierbare Faltenbildung zu erreichen, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit eine neue Methode (PDP-Methode) untersucht, die im Prinzip auf der bestehenden Durchzugsmethode basiert. Bei dieser Methode liegt die Rundprobe zunächst flach auf einer Platte mit einem mittigen Prüfloch, durch das die Probe gezogen wird. Die Faltenbildung kann durch eine Distanzplatte, die parallel zur Lochplatte in einem bestimmten Abstand angeordnet ist, beeinflusst werden. Hierdurch entsteht beim Durchzugsvorgang in der Rundprobe ein Vielfaches an Falten als bei der konventionellen Durchzugsmethode, bei der die Faltenbildung zufällig erfolgt. Das Messergebnis ist eine definierte Kraft-Durchzugsweg-Kurve.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Prüflochdurchmesser und der Abstand zwischen Loch- und Distanzplatte die Durchzugskurve erheblich beeinflussen.

Vor jedem Durchzugsvorgang müssen die beiden Einflussparameter festgelegt werden, damit die Rundprobe problemlos durchgezogen werden kann. Die optimalen Bedingungen für den Prüflochdurchmesser und der Abstand zwischen Loch- und Distanzplatte werden nach Stoffdicke und Stoffgewicht mathematisch festgelegt.

Durch das Fasermaterial, wie auch durch die Garn- und Gestrick-Konstruktion kann der Warengriff gezielt beeinflusst werden.

Folgende Einflussparameter wurden mit der modifizierten Durchzugsmethode (PDP-Methode) untersucht:

- Faserparameter (Faserart, Faserlänge)
- Garnparameter (Garndrehung und Spinnverfahren)
- Gestrickparameter (Struktur, Dichtefaktor)
- Veredlungsparameter (Bleichen, Färben, Weichmachen)

Die Versuchsgarne wurden ausgesponnen, verstrickt, die Gestricke unterschiedlich ausgerüstet und mit der PDP-Methode bewertet. Für statistische Analysen erfolgte die Auswahl der wichtigsten Kennwerte aus der Durchzugs-Kurve, z.B. maximale Durchzugskraft, Anfangssteigung, Durchzugsweg und Durchzugsarbeit.

Die Gestrickproben wurden nach der Stoffdicke in Sommer- und Winterbekleidung klassifiziert.

Im weiteren Verlauf der Arbeit wurde untersucht, inwieweit die PDP-Methode mit etablierten Methoden (KES bzw. GED) korreliert. Da es für die Warengriffbewertung von gestrickter Sommerbekleidung keine Standardmethode nach KES gibt, wurde die „Gewichtete Euklidische Distanz-Methode“ (GED-Methode) eingesetzt, die lt. Literatur in hohem Maße mit den KES-Ergebnissen korreliert. Mit Hilfe der GED-Methode wird aus den einzelnen physikalischen Eigenschaften, die von Kawabata beschrieben sind, die primären Griffparameter und der Gesamtgriffwert (WD-Wert) errechnet. Bei der GED-Methode zeigte sich, dass die fünf primären Griffparameter „Steifheit“, „Fülle“, „Körnigkeit“, „Rauhigkeit“ und „Festigkeit“ den Griff von gestrickter Sommerbekleidung bestimmen. Die Korrelationsanalyse ergab, dass die ermittelten Durchzugskurven-Kennwerte von Sommerbekleidung mit allen primären Griffparametern, außer mit dem Parameter „Fülle“ korrelieren. Jedoch korrelieren alle Durchzugskurven-Kennwerte in hohem Maße mit dem Gesamtgriffwert (WD-Wert).

4 Wissenschaftische Problemstellung

Die Qualität ist für den Konsumenten ein wichtiges Entscheidungskriterium beim Kauf eines Bekleidungsstückes. Der Griff eines Stoffes ist ein Qualitätskriterium, das in der Bekleidungsindustrie eine wichtige Rolle spielt. Bis zu Beginn der 1970er Jahre, wurde der Griff von Textilien durch Fachleute subjektiv bewertet. Die Ware wird manuell befühlt und mit subjektiven Begriffen wie weich, glatt oder steif beschrieben. Die Bewertung des Warengriffs auf diese Weise ist erfahrungsgemäß großen Schwankungen unterworfen. Aus diesem Grund wurde von Wissenschaftlern versucht, den Warengriff objektiv über die Messung zahlreicher physikalischer Eigenschaften zu beurteilen. Das erste und bisher einzige Gerätesystem, das zur objektiven Beurteilung der taktilen Eigenschaften konzipiert wurde, ist das in Japan entwickelte Kawabata Evaluation System-Fabrics (KES-F). Dieses System wird bisher jedoch fast nur zu Forschungszwecken eingesetzt. Vor allem wegen der komplexen Messtechnik des aus mehreren Komponenten bestehenden Systems und des enormen Prüfaufwands konnte es sich in der Textilindustrie bislang nicht etablieren. Außerdem ist dieses Verfahren nur für Gewebe und gestrickte Winterbekleidung anwendbar. Neben dem komplexen KES-F System, wurde als zweites System das in Australien entwickelte System FAST (Fabric Assurance by Simple Testing) eingesetzt. Bei diesem Verfahren wurde die Anzahl der notwendigen Merkmale und damit der Messaufwand reduziert. Jedoch wurde dieses System nur für Gewebe entwickelt. Außerdem ist mit den ermittelten Daten keine objektive Griffbeurteilung möglich, da die Erholungswerte der Gewebe nicht erfasst werden.
Um diese Einschränkungen zu überwinden, wurde versucht, einfachere Messverfahren zu entwickeln, die ohne hohen Kostenaufwand auskommen und für die Industrie hinsichtlich des Handlingumfangs akzeptabel sind. Mit Hilfe einer solchen Methode sollte es möglich werden, die Eigenschaften von Maschenwaren während des Produktionsablaufs schnell zu überwachen, damit während des Produktionsprozesses, die Qualität überwacht und korrigiert werden kann. Um diese Ziele zu erreichen, wurde die Durchzugmethode entwickelt. Hierbei wird eine Rundprobe durch einem Ring gezogen und die gemessene Durchzugskraft als Maß für die Bestimmung des Warengriffs verwendet. Bei der Durchzugsprüfung ergibt sich eine unkontrollierte Faltenbildung, die eine hohe Varianz der Ergebnisse verursacht. Um eine regelmäßige Faltenbildung zu erreichen und dadurch die Varianz der Messergebnisse zu reduzieren, wurde im ITV eine neue Methode entwickelt (PDP-Methode). Bei diesem Verfahren wird die Faltenbildung durch die Wirkung einer Distanzplatte, die parallel zur Lochplatte angeordnet

ist, beeinflusst. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll die Aussagekraft und Gültigkeit der modifizierten PDP-Durchzugsmethode bewertet werden.

5 Stand der Wissenschaft und Technik

Der Warengriff ist ein Qualitätskriterium das in der Bekleidungsindustrie eine wichtige Rolle spielt. Um die Bedeutung des Griffes für die textile Fläche zu beurteilen, muss zuerst der Begriff definiert werden. Dies ist nicht einfach. Mehr als ein halbes Jahrhundert haben die Textilwissenschaftler eine Antwort auf diese scheinbar einfache Frage gesucht. Leider gibt es keine Definition, die allgemein angenommen worden ist. Jeder Forscher hat, abhängig von der verwendeten Methoden, seine eigene Definition. Einige Definitionen des Warengriffs sind im folgenden beschrieben:

- Die persönliche Einschätzung, wenn ein Stoff zwischen Fingern und Daumen befühlt wird [1].
- Die Beurteilung, die eine Person auf der Grundlage seiner eigenen Erfahrung bildet, wenn er einen Stoff befühlt [2].

Bis zu Begin der 1970er Jahre gab es kein Meßsystem, mit dem Teilaspekte des Warengriffs objektiv bewertet werden konnten. Der Warengriff wurde durch einen Fachmann mit langjähriger Erfahrungen durch Befühlen der Ware bewertet. Diese Beurteilung hatte das Problem, dass die Bewertung des Warengriffs durch zahlreiche Faktoren beeinflusst wird, wie z.B. der Oberflächeneigenschaften der Haut, Empfindungen, Erwartungen usw. Die Beurteilung ist somit starken Schwankungen unterworfen. Für die Herstellung hochqualitativer Produkte ist eine technologisch objektive Kommunikationsbasis jedoch von großer Bedeutung [2]. Der Grundgedanke, den Warengriff von Textilien über ihre physikalischen Eigenschaften zu beschreiben, geht auf Pierce [3] im Jahr 1930 zurück. Pierce entwickelte jedoch keine Methode, um den Warengriff objektiv zu ermitteln. In den bisher erschienenen zahlreichen Arbeiten [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 18, 19] wurde versucht, ein Messsystem zu entwickeln, mit dem der Warengriff objektiv beurteilt werden kann.

5.1 Die Kawabata-Methode

Zur objektiven Ermittlung des Warengriffs ist in erster Linie das Kawabata-Bewertungssystem (KES-F) bekannt. Der Japaner Professor Kawabata [5] begann bereits 1968 mit Arbeiten zur Objektivierung des Gewebegriffs. Er ermittelte, welche physikalischen Eigenschaften eines Gewebes den Griff beeinflussen und entwickelte aus diesen Erkenntnis-

sen ein Grätesystem, mit dessen Hilfe Mann die Griff-Eigenschaften auf einer einheitlichen Basis zahlenmäßig erfassen kann. Zusammengefasst stellt sich die Vorgehensweise Kawabatas und seiner Mitarbeiter wie folgt dar: Im ersten Schritt, haben die japanische Experten aus dem Bereich der Endausrüstung in einem von Kawabata gegründeten Komitee über die zur Beschreibung des ersten Griffeindruckes verwendete Terminologie diskutiert, dabei die „primären Griffparameter“ festgelegt und einheitlich definiert (Tabelle 1). Zur Durchführung dieser Aufgabe haben Experten fünf verschiedene Stoffklassen festgelegt. Anschließend wurde festgelegt, welche primären Griffparameter für die jeweilige Stoffklasse charakterisierend sind und wie diese definiert werden können. Daraus sind insgesamt acht primäre Griffparameter entstanden. Die primären Griffparameter sind für das Griffgefühl in der jeweiligen Stoffklasse relevant (Tabelle 2).

Tabelle 1. Die primären Griffparameter und ihre Definitionen [2]

Griffparameter (japanisch)	**Griffparameter (Deutsch)**	**Definition**
KOSHI	Steifheit und Elastizität	Griffparameter, bei dem die Biegesteifigkeit dominiert. Einen Springigkeit fördert dieses Gefühl. Gewebe mit hoher Dichte und solche, die sprungelastische Garne enthalten, fördern dieses Griffgefühl.
NUMERI	nachgiebige Glätte	Griffgefühl mit mehreren Komponenten. Darin enthalten sind Glätte, Nachgiebigkeit und Geschmeidigkeit sowie Weichheit. Gewebe aus Kaschmir, erzeugen dieses Griffgefühl.
FUKURAMI	Fülle und Weichheit	Dieses Griffgefühl enthält Empfindungen wie Bauschigkeit und Fülle, sprungelastische Eigenschaften bei der Kompression und Dicke. Empfindungen wie Wärme stehen in enger Beziehung zu diesem Griffparameter.
SHARI	Körnigkeit	Dieses Griffgefühl ergibt sich bei körnigen und rauen Oberflächen. Hart und stark gedrehte Garne verursachen dieses Gefühl. Empfindungen von Kälte stehen in enger Beziehung zu diesem Griffparameter.
HARI	„Anti-Fall“ Steifheit	Im Gegensatz zu Koshi ist dies eine Steifheit, die unabhängig vom Erholungsvermögen, d.h. von der Sprungelastizität ist.
SOFUTOSA	Weiches Griffgefühl	Dieser Begriff setzt sich zusammen aus Koshi, Numeri und Fukurami. Es ist ein wichtiger Gesamteindruck für DOB-Ware. Ausgedrückt wird primär die Weichheit.

Nachdem die Terminologie geklärt war, wählten die Mitglieder des Komitees aus der Textilindustrie 500 Gewebeproben aus und bewerteten diese hinsichtlich der zuvor definierten Beg-

riffe. Dabei wurden die Noten von 0 bis 10 vergeben, wobei 0 bedeutet, dass die entsprechende Eigenschaft wenig und 10, dass sie stark ausgeprägt ist.

Tabelle 2. Klassifizierung der Stoffe nach der Kawabata-Methode [2]

Stoffklasse	**Primäre Griffparameter**
Herrenanzug Winter	Koshi, Numeri, Fukurami
Herrenanzug Sommer	Koshi, Fukurami, Shari, Hari
Damen-Oberbekleidung mittleres Gewicht	Koshi, Numeri, Fukurami, Sofutosa
Damen-Oberbekleidung dünn	Koshi, Numeri, Fukurami, Shari, Kishimi, Shinayakasa
Maschenware für Herren-Oberbekleidung	Koshi, Numeri, Fukurami

Parallel zur Tätigkeit der Experten, entwickelte Kawabata ein Messgerätesystem, mit dem man die für den Griff maßgebenden physikalischen Eigenschaften eines Gewebes bestimmen kann. Insgesamt bestehen 16 Parameter, die aus sechs verschiedenen Versuchen ermittelt werden (Tabelle 3). Die von den Experten bewerteten 500 Gewebeproben wurden mit dem KES-F-System untersucht.

Im nächsten Schritt wurden die Messwerte normiert und über eine „Stufenweise-Blockregression“ mit den von den Experten subjektiv ermittelten Noten von 0 bis 10 korreliert. Im letzten Schritt wurde aus den Noten für die primären Griffausdrücke ein Gesamtgriffwert ermittelt, die sogenannte „Gesamtgriffnote“. Diese wurde wiederum mit einer subjektiv festgelegten Skala von 0 (= unakzeptabel) bis 5 (= exzellent) korreliert.

Das KES-System liefert zwar aussagekräftige und objektive Ergebnisse, ist jedoch in der Anschaffung teuer und in der Handhabung kompliziert und zeitaufwendig. Deswegen wird dieses System bisher jedoch fast ausschließlich zu Forschungszwecken eingesetzt und konnte es sich in der Textilindustrie bislang nicht etablieren.

Hohe Geräte und Prüfkosten setzten Bestrebungen in Gang, das Prüfsystem nach Kawabata zu vereinfachen. Das Ergebnis war das von CSIRO entwickelte FAST-System (Fabric Assurance by Simple Testing).

Tabelle 3. Physikalische Eigenschaften der Gewebe nach Kawabata [2]

Gerät	Geprüfte Eigenschaften	Parameter	Definition
KES-FB1	Zugelastische Eigenschaften	*LT*	Linearität
		WT	Zugarbeit
		RT	Erholungsvermögen
KES-FB1	Scherelastische Eigenschaften	*G*	Schersteifigkeit
		2HG	Scherhysteresehöhe bei 0,5°
		2HG5	Scherhysteresehöhe bei 5°
KES-FB2	Biegeeigenschaften	*B*	Biegsteifigkeit
		2HB	Biegehysteresehöhe
KES-FB3	Kompressionseigenschaften	*LC*	Linearität
		WC	Kompressionsarbeit
		RC	Erholungsvermögen
		T	Dicke
KES-FB4	Oberflächeeigenschaften	*MIU*	Mittelwert des Reibungskoeffizienten
		MMD	Mittlere Abweichung des Reibungskoeffizienten
		SMD	Profil
Balance	Flächengewicht	*W*	Flächengewicht

5.2 Das vereinfachte FAST-System

Um der Textilindustrie ein einfacheres Prüfsystem zur Ermittlung der physikalischen Eigenschaften textiler Flächenware zur Verfügung zu stellen, wurde versucht, die Anzahl der notwendigen Merkmale zu reduzieren und einfachere Messsysteme zu entwickeln. Dazu gehört das „Fabric Assurance by Simple Testing-System“ (FAST) der CSIRO [11,12]. Das FAST-System umfasst drei einfache Geräte (Tabelle 4). Der wesentliche Vorteil dieses Systems ist der geringe Zeitaufwand für die Messung und die automatische Auswertung der Parameter, die eine Aussage über die Verarbeitbarkeit der Gewebe in der Konfektion erlauben. Die FAST-Prüfergebnisse liefern Hinweise, ob sich ein Stoff gut verarbeiten lässt und das End-

produkt gut aussehen wird. Obwohl das FAST-System wesentlich preisgünstiger ist als das KES-B System, ist es für die meisten Textillabors nicht erschwinglich. Die ermittelten Daten ermöglichen zudem keine zahlenmäßige Griffbeurteilung.

Tabelle 4. Physikalische Eigenschaften der Gewebe beim FAST-System [13]

Gerät	**Parameter**	**Gemessene und berechnete Parameter**
FAST-1	gemessene: berechnete:	P1 = Dicke bei 2 cN/cm² (T_2) in mm P1 = Dicke bei 100 cN/cm² (T_{100}) in mm P3 = Oberflächendicke $ST = T_2 - T_{100}$
FAST-2	gemessene : berechnete:	P4 = Biegelänge (C) in mm P5 = Biegesteifigkeit (B) in µNm $B = 9{,}8WT\,C^3\,10^{-6}$
FAST-3	gemessene : berechnete:	P6 = Dehnbarkeit bei 5 cN/cm in % (E_5) P7 = Dehnbarkeit bei 20 cN/cm in % (E_{20}) P8 = Dehnbarkeit bei 100 cN/cm in % (E_{100}) P9 = Dehnbarkeit in Diagonalrichtung in % (EB_5) P10 = Schersteifigkeit (N/m) $G = \frac{123}{EB_5}$ Formbarkeit (mm²) $F = \frac{(E_{20} - E_5)\,B}{14{,}7}$
FAST-4	gemessene: berechnete:	Dimensions-Stabilitäts-Test i.e. L_1 : Trockendimension L_2: Nassdimension L_3: finale Trockendimension Relaxationsschrumpf = $\frac{100(L_1 - L_3)}{L_1}$ Hygrale Expansion = $\frac{100(L_2 - L_3)}{L_3}$
Waage		g/m²

5.3 Gewichtete Euklidische Distanz-Methode

Da die Kawabata-Methode auf einer japanisch-subjektiven Grundlage basiert und Griff-Beurteilungen von Land zu Land unterschiedlich ausfallen, gibt es keine Garantie für eine weltweite Anwendbarkeit der ermittelten Ergebnisse. Aus diesem Grund wurde von Pan [14] ein neues Verfahren vorgestellt, um den Warengriff objektiv zu messen.

Bei diesem Verfahren wird jeder Stoff mit einem Vektor und *n* Komponenten bezeichnet, wobei *n* Komponenten, die objektiv gemessenen physikalischen Eigenschaften darstellen, die von Kawabata publiziert wurden.

$$X_1 = (X_{11}, X_{12}, ...X_{1n})$$
$$X_2 = (X_{21}, X_{22}, ...X_{2n}). \quad (1)$$

Danach wird die Umwandlungsmatrix und die Gewichte der Komponenten mit Hilfe des Jacobi Algorithmus berechnet. Die Komponenten, die von der Umwandlungsmatrix erhalten werden, sind im Prinzip die primären Griffwerte. Es wird die Differenz zwischen zwei Stoffen, X_1 und X_2, mit Hilfe folgender Formel berechnet.

$$WD = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(W_i \left(Y_{1i} - Y_{2i} \right)^2 \right)}. \quad (2)$$

Dabei ist W_i das Gewicht der *i*-ten Komponente von Y_1 und Y_2, Y_1, Y_2 sind die entsprechendem Vektoren von X_1, X_2 nach dem Umwandlungsprozess.
Je höher der WD-Wert, desto härter ist der Griff. Der Nachteil dieses Verfahrens ist, dass es ebenso aufwendig ist wie die Kawabata-Methode.

5.4 Durchzugsmethoden

Um den Aufwand bei der Griffbewertung deutlich einzuschränken, wurde ein einfacheres Messverfahren entwickelt, das geringe Kosten verursacht und für die Industrie im betrieblichen Alltag eingesetzt werden kann. Die Idee ist prinzipiell nicht neu. Im Mittelalter, als die Damen Seidengewebe kauften, zogen sie das Gewebe durch einen Ring, um die Gewebeweichheit und -geschmeidigkeit zu ermitteln.

5.4.1 Konventionelle Durchzugsmethode (Ring-Methode)

Sultan [15,16] systematisierte die Ringdurchzugsmethode aus dem Mittelalter und entwickelte eine entsprechende Testmethode. Er ermittelte die Kraft, die beim Durchziehen einer Rundprobe durch einen Ring entsteht (Abb. 1). Hierbei wurde die Probe gedehnt, geschert, komprimiert und gebogen und rieb außerdem an der Innenwand des Ringes. Die gemessene Durchzugskraft wurde als Maß für die Bestimmung des Warengriffs angesehen. Je höher die Durchzugskraft ist, desto härter ist der Warengriff. Der Testapparat wurde als Zubehör für eine

Zugmaschine aufgebaut. Die Methode wurde von zahlreichen Wissenschaftlern [17,18,19,20,21,22,23] angewandt, um den Griff von Textilien objektiv zu messen.

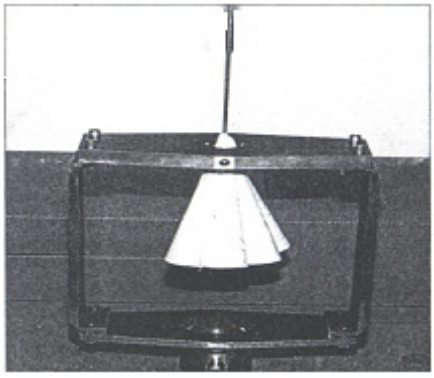


Abb.1. Griffprüfgerät von Sultan

Sultan berichtet über eine unkontrollierte Faltenbildung in der Probe während des Durchzugsvorgangs, was eine hohe Varianz bei den Ergebnissen verursacht. Um eine regelmäßige Faltenbildung zu erreichen und damit die Variation der Durchzugskräfte zu reduzieren, wurde die Methode von Seidel [24] weiterentwickelt.

5.4.2 Modifizierte Durchzugsmethode (PDP-Methode)

Bei der modifizierten Durchzugsmethode (Abb. 2) wird die Rundprobe zu Beginn der Messung flach und mittig auf der Prüfplatte platziert und dann mit einer speziellen Nadel durch die Prüfbohrung gezogen. Die entstehende Faltenbildung kann durch den Abstand einer Distanzplatte, die parallel zur Lochplatte angeordnet ist, beeinflusst werden (Abb. 2 und 3). Durch die Distanzplatte erfolgt beim Durchzugsvorgang eine definierte Faltenbildung. D.h. es bilden sich in Abhängigkeit der Stoffspezifikation und dem Abstand der Distanzplatte eine definierte Faltenzahl, was bei der Ring-Methode rein zufällig erfolgte. Weiterhin lässt sich die Faltenzahl beim Durchziehen der Stoffprobe insgesamt deutlich erhöhen, was zu einem ausgeprägteren Kraftsignal führt und die ermittelten Messkurven dadurch besser differenziert werden können. Kennzeichnend für die modifizierte Durchzugsmethode die als PDP-Methode[1] bezeichnet wurde ist:

- Der Abstand „C“ zwischen Loch- und Distanzplatte kann je nach Probendicke auf Werte von 0,5-6 mm eingestellt werden.

[1] Pulling-through with distance plate

- Die Umlenkung der Rundprobe am Prüfloch beträgt 90 Grad.
- Es wird eine Rundprobe (100 cm²) durch das Prüfloch gezogen.
- Der Lochdurchmesser kann je nach Probendicke 10-28 mm betragen.

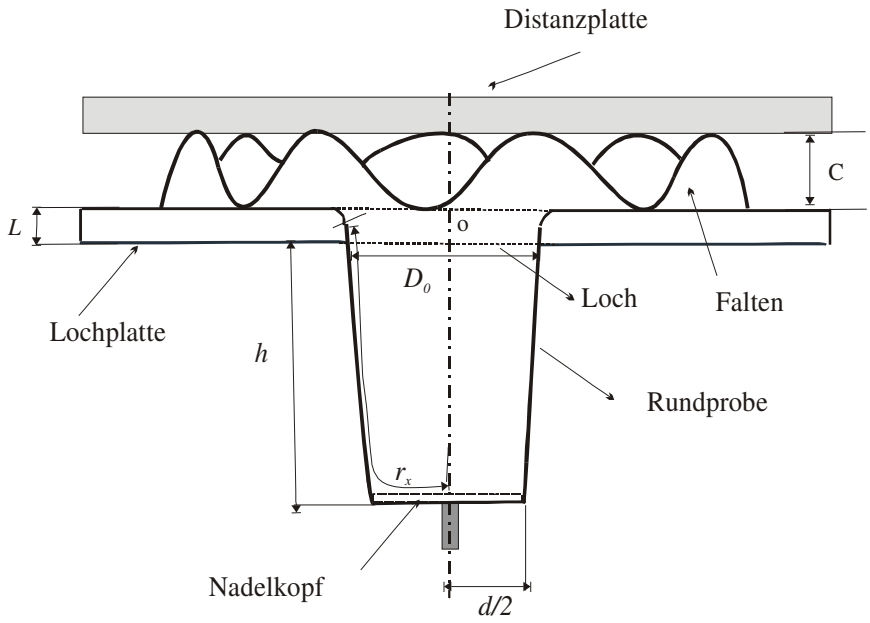


Abb. 2. Funktionsprinzip der modifizierten Durchzugsmethode (PDP-Methode)

Das PDP-Griffprüfgerät ist als Zusatzeinrichtung für ein Zugprüfmaschine aufgebaut. Es besteht aus einer feststehenden Lochplatte zur Aufnahme der Rundprobe und einer beweglichen Klemme, mit der die Probe nach unten durch das Prüfloch gezogen wird. Beim Durchziehen wird die Kraft in Abhängigkeit des Durchzugswegs gemessen. Nach jeweils 0,1 mm Durchzugweg wird die Durchzugskraft gespeichert.

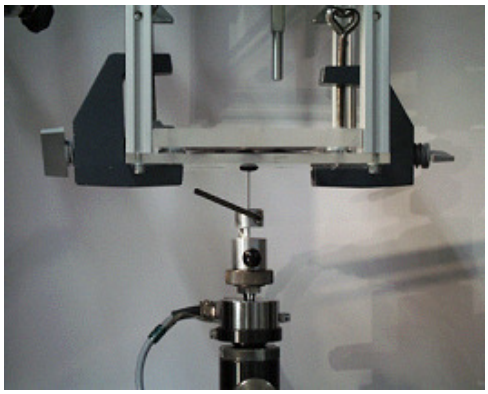


Abb. 3. Ansicht des Griffprüfgeräts von vorn

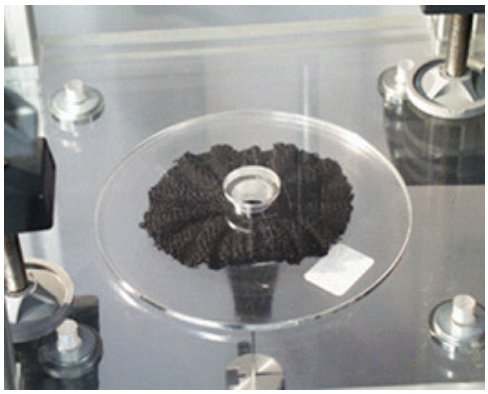


Abb. 4. Ansicht des Griffprüfgeräts von oben

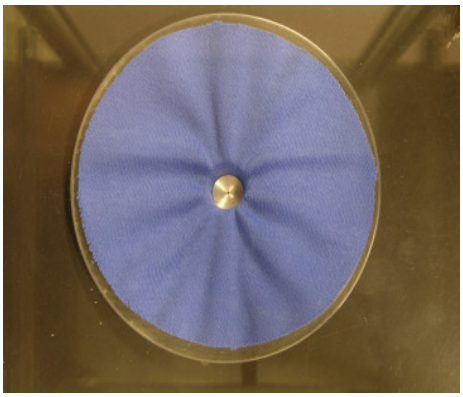


Abb. 5. Faltenbildung während des Durchzugsvorgangs (Draufsicht)

6 Zielsetzung und Aufgabenstellung

In vorliegender Arbeit wird die Gültigkeit und Aussagenkraft der PDP-Methode zum einfachen und schnellen Prüfen des Maschenwaren-Griffs untersucht. Mit Hilfe der PDP-Methode soll ermöglicht werden, die Qualität von Maschenwaren während des Produktionsablaufs schnell und einfach zu überwachen und zu korrigieren. Die Prüfmethode könnte angewendet werden in der Qualitätssicherung bei der Maschenwarenausrüstung, bei der Entwicklung neuer Griffeigenschaften für neue Maschenwarenprodukte sowie bei der Garnauswahl hinsichtlich einer optimalen Griffnote im Fertigprodukt.

Zur Durchführung der Arbeit gehören folgende Aufgaben:

- Ermittlung der wichtigsten Griff-Kennwerte für eine rationelle und von minimalem Aufwand geprägte Griffermittlung,
- Ermittlung der aus der PDP-Methode sich ergebenden griff-relevanten Parameter,
- Ermittlung der Korrelation zwischen den aus der PDP-Untersuchung extrahierten Messwerten und Griff-Parametern, Sensitivitätsnachweis der PDP-Methode für die Erfassung geringer warengriff-relevanter Eigenschaftsänderungen an Maschenwaren.

7 Untersuchung der PDP-Methode

7.1 Ermittlung der Durchzugskurve

Das Messergebnis der PDP-Methode ist eine definierte Durchzugskraft-Weg-Kurve. Bei Verwendung der Distanzplatte lassen sich drei Kraft-Durchzugsweg-Zonen unterscheiden (Abb. 6). Mit Beginn des Durchzugsvorgangs entstehen Falten in der Rundprobe. Das führt zu einer nahezu linearen Kraftzunahme. Nachdem der Nadelkopf die Lochplatte passiert hat,

erhöht (Abb. 6 Punkt b) sich die Kurvensteigung, da sich die Rundprobe an die Wandung der Prüfbohrung anlegt. Die radiale Verteilung der entstehenden Falten ist entlang des Umfangs der Rundprobe unsymmetrisch. Da Maschenwaren anisotropisch sind, startet die Faltenbildung in Richtung der steiferen Hauptachse der Prüfprobe. In Maschenstäbchenrichtung entstehen deshalb deutlich mehr Falten als in Maschenreihenrichtung. Der weniger dehnfähige Kreisausschnitt eilt dem dehnfähigeren in der Deformation voraus. Folglich weicht die Probe von der Form des Kreises zu einer anderen Form ab und die Steigung der Durchzugskurve beginnt abzunehmen. Der Endpunkt dieser Zone wird als Drehpunkt benannt (Abb. 6 Punkt c).

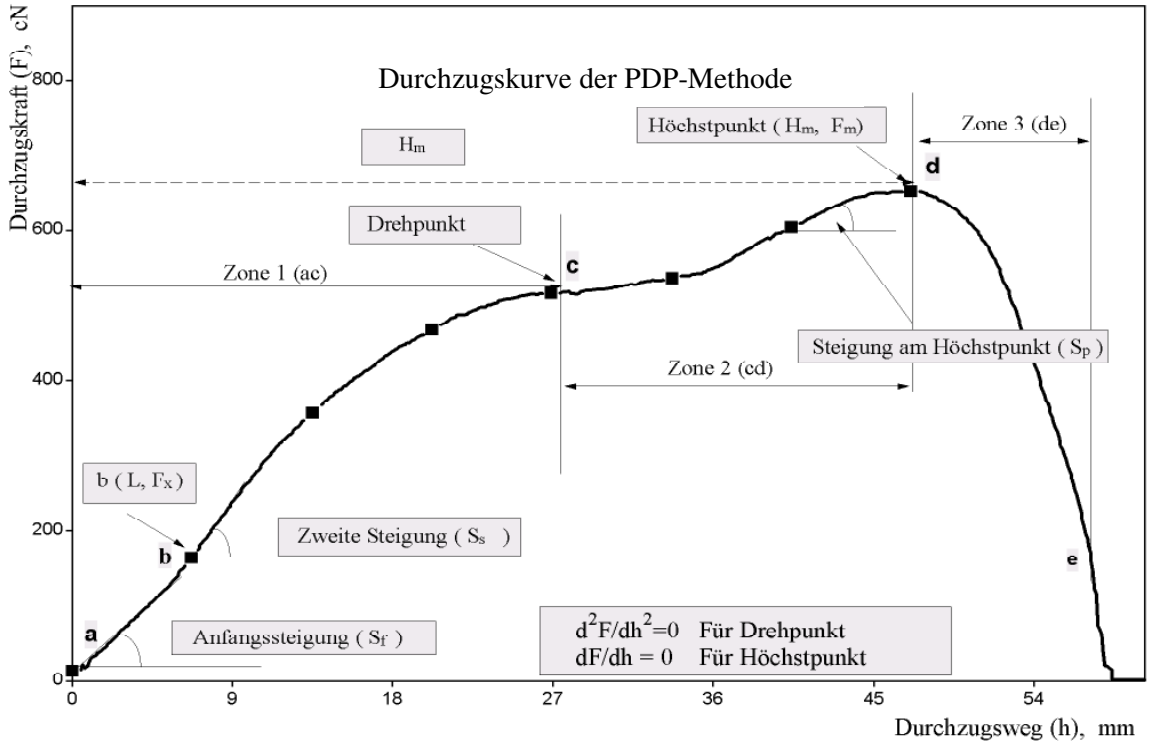


Abb. 6. Durchzugskurve der PDP-Methode

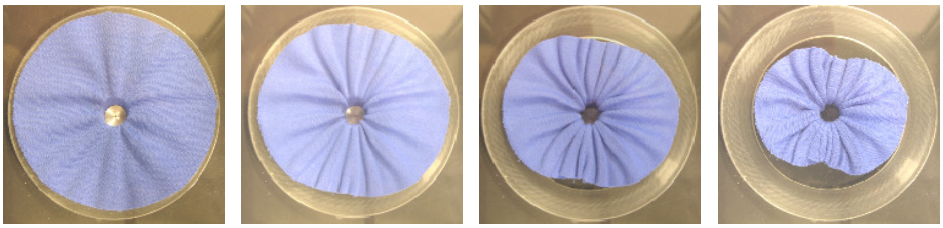


Abb. 7. Probendeformation während des Durchzugsvorgangs

Die Durchzugskraft steht in Zusammenhang mit der Kontaktfläche der Rundprobe und der

Packungsdichte im Prüfloch. Diese kann mit folgender Formel definiert werden:

$$\psi = \frac{2\pi r_x \sigma L}{\pi (\frac{D_0}{2})^2 L}, \tag{3}$$

Wobei D_0 Lochdurchmesser, L Prüflochlänge, σ Probendicke und $2\pi r_x \sigma L$ Probenvolumen im Prüfloch ist. Aus dieser Formel geht hervor, dass sich bei der Fortsetzung des Durchzugsvorgangs die Packungsdichte der Textilprobe erhöht und dabei die Durchzugskraft zunimmt. In Zone 2 steigt die Durchzugskraft an bis zum Höchstpunkt (Abb.6 Punkt d), weil zunehmend mehr Probenmaterial durch das Prüfloch gezogen wird. Am Ende von Zone 3, ist der Durchzugsvorgang abgeschlossen, weil die Rundprobe komplett durch das Prüfloch gezogen wurde.

7.2 Distanzplatte

Um eine definierten Faltenbildung zu erhalten, entstand zunächst die Idee, durch radial angeordnete Stäbe (Abb. 8) die Anzahl der Falten konstant zu halten. Die Falten sollten ausschließlich in den Zwischenräumen der Stäbe entstehen. Die Distanzplatte wurde im Abstand von 1 mm zur Rundprobe angeordnet. Acht Stäbchen erwiesen sich anfänglich als geeignet. Bei der Distanzplatte wurden gravierende Nachteile festgestellt:

- Da die Falten unsymmetrisch in der Rundprobe entstehen, war es nicht möglich, die Anzahl der Falten in den Zwischenräumen konstant zu halten.
- Die Stäbchenlänge muss proportional zum Lochdurchmesser geändert werden.

Aufgrund dieser Nachteile wurde die Idee nicht weiter verfolgt und es wurde mit der bekannten einfachen Distanzplatte weitergearbeitet.

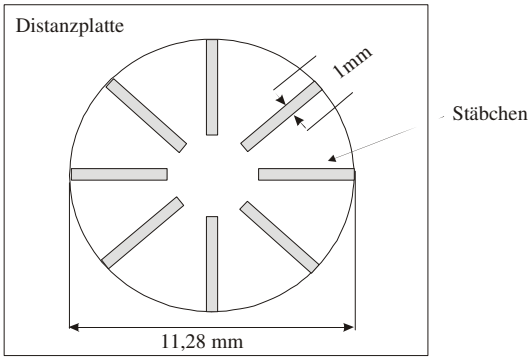


Abb. 8. Distanzplatte mit radial angeordneten Stäben zur definierten Faltenbildung

7.3 Untersuchung der Einflussparameter

Die Messergebnisse der modifizierten Durchzugsmethode (PDP-Methode) werden durch folgende geometrische Parameter beeinflusst:

- Lochdurchmesser (D_0): Die Packungsdichte der Rundprobe im Prüfloch ändert sich umgekehrt proportional zum Quadrat des Prüflochdurchmessers (nach Formel 1).
- Abstand zwischen Lochplatte und Abstandplatte (C): Die Anzahl der Falten beim Durchzugsvorgang sowie die Kontaktfläche der Rundprobe werden vom Abstand zwischen Loch- und Distanzplatte beeinflusst. Wenn keine Distanzplatte vorhanden ist, kann die Faltenanzahl in einem bestimmten Radius von Lochplatte (R_x) während des Durchzugsvorgangs, durch folgende Formel errechnet werden.

$$N = \frac{2\pi R_m}{2\pi R_x} = \frac{R_m}{R_x}, \tag{4}$$

  wobei R_m der Probenradius ist. Bei Anwendung der Distanzplatte entwickelte Strazdiene [25] eine Formel, durch die die Faltenanzahl während des Durchzugs errechnet werden kann:

$$N = \frac{\sqrt{2}}{C}\sqrt{3\left(2R_m{}^2 - R_m R_x\right) - \left(4R_m - R_x\right)\sqrt{2R_m{}^2 - R_m R_x}}\,. \tag{5}$$

  Nach dieser Formel ändert sich die Faltenanzahl (N), die in der Rundprobe in einem bestimmten Radius um das Prüfloch (R_x) entsteht, umgekehrt proportional zum Plattenabstand (C). Wenn der Plattenabstand zunimmt, reduziert sich die Faltenanzahl und damit die erzeugte Durchzugskraft. Es ist zu berücksichtigen dass die berechenbare Faltenanzahl nicht definitiv aussagekräftig ist, da wesentliche Parameter wie z.B. die Probendicke und Biegesteifigkeit in der Formel fehlen.
- Nadelkopfdurchmesser (d): Die Kontaktfläche der Rundprobe im Prüfloch steht in Zusammenhang mit dem Nadelkopfdurchmesser. Aus zahlreichende Prüferfahrungen wird vorgeschlagen, dass der Nadelkopfdurchmesser durch folgende empirische Formel eingestellt wird.

  Nadelkopfdurchmesser = Prüflochdurchmesser – (2 x Probendicke) (6)

Um festzustellen wie sich die genannten Einflussparameter s auf die Durchzugskurve bzw. deren Kurvenkennwerte auswirken, wurden drei unterschiedliche Maschenwaren unter folgenden Bedingungen mit der PDP-Methode getestet (Tabelle 6):

- konstanter Lochdurchmesser, Abstand zwischen der Distanz- und Lochplatte 1-3,5 mm,

- konstanter Abstand zwischen Distanz- und Lochplatte, Lochdurchmesser 10-18 mm.

Tabelle 6. Eigenschaften der ermittelten Maschenwaren

Stoff	Dicke	Gewicht	Maschendichte	Material
Maschenware 1	0,304 mm	84 g/m²	675 Maschen /cm²	31% Lycra , 69% Poly amide
Maschenware 2	0,666 mm	108 g/m²	330 Maschen /cm²	Polyamide
Maschenware 3	0,710 mm	205 g/m²	690 Maschen /cm²	14% Lycra , 86% Polyamide

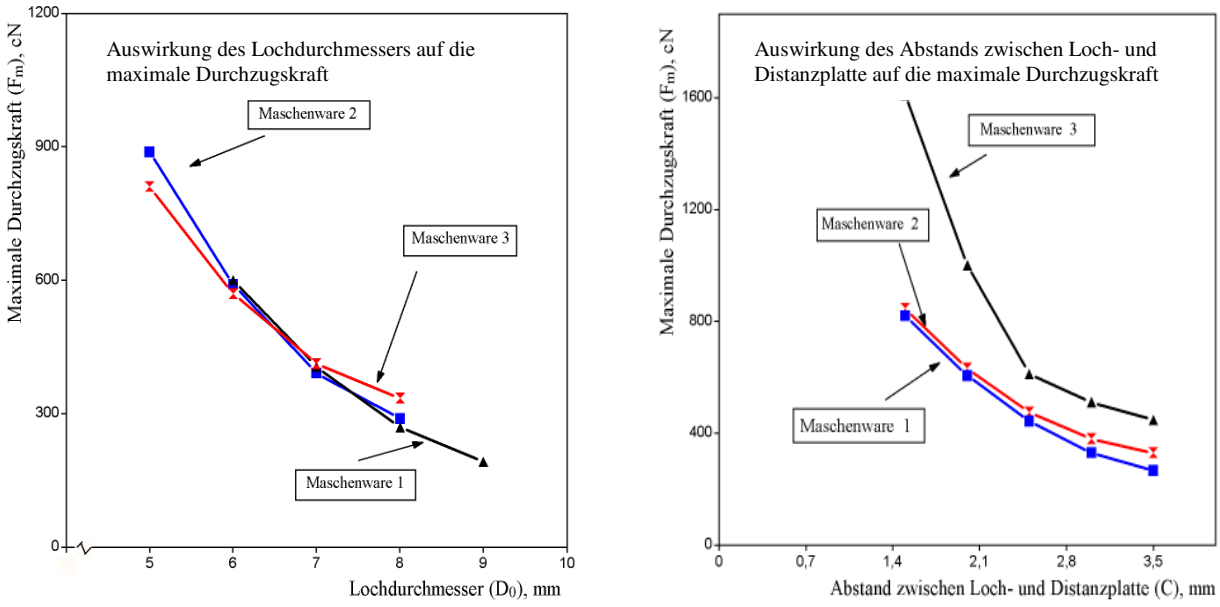


Abb. 7. Auswirkung des Lochdurchmessers (linke Abbildung) und des Abstands (rechte Abbildung) zwischen Loch- und Distanzplatte auf die maximale Durchzugskraft

Regressionsanalyse für Maschenware 1:

$F_m = 3242 - 691\ D_0 + 41\ D_0^2$ ($R^2 = 0{,}996$) ; $F_m = 1766 - 782\ C + 101\ C^2$ ($R^2 = 0{,}954$) ; (1)

Regressionsanalyse für Maschenware 2:

$F_m = 3847 - 837\ D_0 + 49\ D_0^2$ ($R^2 = 1{,}0$) ; $F_m = 1826 - 823{,}8\ C + 113\ C^2$ ($R^2 = 0{,}905$) ; (2)

Regressionsanalyse für Maschenware 3:

$F_m = 3005 - 577\ D_0 + 29\ D_0^2$ ($R^2 = 0{,}998$) ; $F_m = 1766 - 782\ C + 101\ C^2$ ($R^2 = 0{,}989$). (3)

Die Regressionsanalyse (Abb. 7, Formeln (1) bis (3)), die mit den Messergebnissen durchgeführt wurde, zeigt, dass sich die maximale Durchzugskraft mit zunehmendem Lochdurchmesser und steigendem Abstand zwischen Loch- und Distanzplatte verringert. Der Zusammenhang wird durch eine quadratische Gleichung beschrieben.

7.4 Definition der Einflussparameter

Da der Lochdurchmesser und der Abstand zwischen Loch- und Distanzplatte die Kurvenkennwerte direkt beeinflussen, müssen diese vor jedem Versuch neu festgelegt werden. Beide Parameter werden mathematisch in Abhängigkeit von der Probendicke berechnet. Das Prüfloch muss ausreichend groß sein, damit kein Probenstau während des Durchzugsvorgangs stattfindet. Besonders bei härteren und dickeren Textilproben besteht ein Problem beim Durchziehen, wenn der Plattenabstand nicht ausreichend dimensioniert wird. Die Ursache liegt darin, dass die Kontaktfläche zwischen der Rundprobe und den beiden Platten erheblich zunimmt.

Damit kein Probenstau im Prüfloch stattfindet, muss das Volumen des Prüfloches größer sein als das sich am Ende des Durchzugsvorgangs bildende Probenvolumen. Diese Bedingung kann wie folgt formuliert werden:

$$\pi \frac{D_0^{\,2}}{4} L > 2\pi R_m \sigma L \, k \,, \tag{7}$$

Wobei D_0 Lochdurchmesser, L Prüflochlänge, σ Probendicke und R_m Probenradius ist.

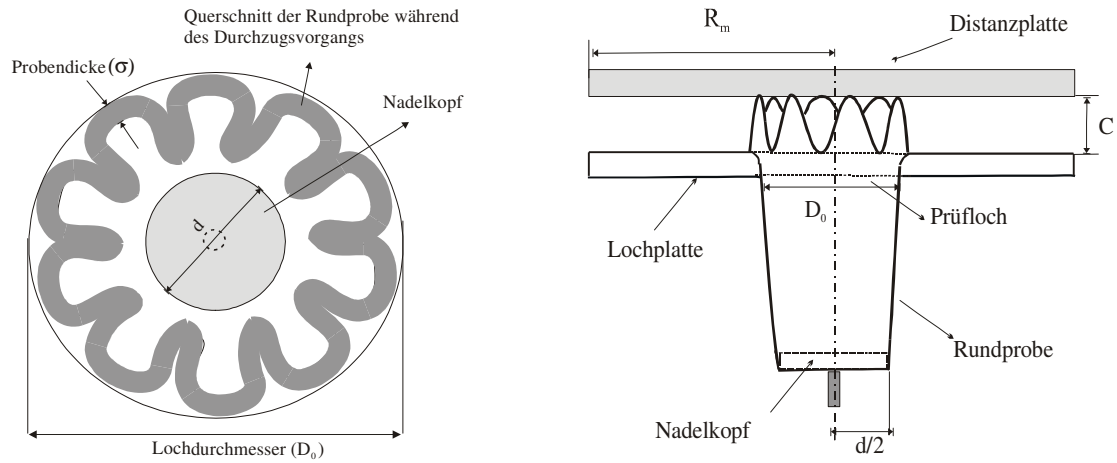
Weiterhin muss zur Vermeidung eines Probenstaus zwischen Lochplatte und Distanzplatte die Umfangsfläche des sich zwischen Distanzplatte und Prüfloch bestehenden Durchzugsspalts immer größer sein als die Fläche des Probenquerschnitts, wenn der Probenrand sich von der Distanzplatte entfernt. Diese Bedingung kann wie folgt formuliert werden:

$$\pi D_0 C > 2\pi R_m \sigma \, k \,. \tag{8}$$

Da es sich bei Maschenware um keinen Festkörper im herkömmlichen Sinn handelt, muss zur Bedingung (8) ein konstanter Faktor hinzugefügt werden. Dieser Faktor kann nur empirisch festgelegt werden. Aus zahlreichen Prüferfahrungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit beträgt dieser Wert 0,7 (k-Wert). Daraus ergeben sich für den Plattenabstand „C“ und den Prüflochdurchmesser „D_0“ folgende Bedingungen:

$$C > \frac{2R_m}{D_0} \sigma k \tag{9}$$

$$D_0 > 2\sqrt{2R_m \sigma k} \tag{10}$$



(a) (b)

Abb. 10a: Probenquerschnitt im Prüfloch während des Durchzugsvorgangs (r_x)

Abb. 10b: Seitenansicht der Rundprobe vor dem Ablösen des Probenrands von der Distanzplatte

Nach den Bedingungen (7) und (8) berechnen sich die Einstellungen wie folgt:

- Wenn $\sigma < \frac{17{,}85}{R_m}$ ➔ $D_0 = 10$ mm & $C > 0{,}14\, R_m\, \sigma$ mm
- Wenn $\frac{17{,}85}{R_m} < \sigma < \frac{25{,}71}{R_m}$ ➔ $D_0 = 12$ mm & $C > 0{,}12\, R_m\, \sigma$ mm
- Wenn $\frac{25{,}71}{R_m} < \sigma < \frac{35{,}0}{R_m}$ ➔ $D_0 = 14$ mm & $C > 0{,}10\, R_m\, \sigma$ mm
- Wenn $\frac{35{,}0}{R_m} < \sigma < \frac{45{,}71}{R_m}$ ➔ $D_0 = 16$ mm & $C > 0{,}088\, R_m\, \sigma$ mm
- Wenn $\frac{45{,}71}{R_m} < \sigma < \frac{55{,}0}{R_m}$ ➔ $D_0 = 18$ mm & $C > 0{,}078\, R_m\, \sigma$ mm
- Wenn $\frac{55{,}0}{R_m} < \sigma < \frac{65{,}71}{R_m}$ ➔ $D_0 = 20$ mm & $C > 0{,}070\, R_m\, \sigma$ mm
- Wenn $\frac{65{,}71}{R_m} < \sigma < \frac{75{,}0}{R_m}$ ➔ $D_0 = 22$ mm & $C > 0{,}064\, R_m\, \sigma$ mm

Die optimalen Bedingungen für den Prüflochdurchmesser und den Abstand zwischen Lochplatte und Distanzplatte können in Abhängigkeit des Probengewichts definiert werden. Um

dies zu erreichen, wurde ein neuer Begriff, die „Effektive Dicke“ definiert. Diese kann nach Alley [22] durch folgende Formel berechnet werden.

$$\sigma_e = \frac{\text{tatsächliches Volumen}}{\text{Fläche}} \tag{11}$$

Da die Messung der „Effektiven Dicke“ nicht einfach ist, ist ein besonderes Gerät erforderlich. Alley berichtet, dass das Verhältnis zwischen „Effektiver Dicke“ (σ_e) und normaler Dicke (σ) für Maschenwaren 0,1 ist.

$$\frac{\sigma_e}{\sigma} \approx 0{,}1\,. \tag{12}$$

Es wird angenommen dass dieses Verhältnis für alle Maschenware gültig ist. Durch Einsetzen dieses Werts in die Bedingungen (7) und (8) ergeben sich folgende Einstellungen:

- Wenn $0 < w < 0{,}40\,\rho$ ➔ $D_0 = 10$ mm & $C > (6{,}77\ w)/\rho$ mm
- Wenn $0{,}40\,\rho < w < 0{,}55\,\rho$ ➔ $D_0 = 12$ mm & $C > (5{,}64\ w)/\rho$ mm
- Wenn $0{,}55\,\rho < w < 0{,}75\,\rho$ ➔ $D_0 = 14$ mm & $C > (4{,}84\ w)/\rho$ mm
- Wenn $0{,}75\,\rho < w < 0{,}95\,\rho$ ➔ $D_0 = 16$ mm & $C > (4{,}23\ w)/\rho$ mm
- Wenn $0{,}95\,\rho < w < 1{,}20\,\rho$ ➔ $D_0 = 18$ mm & $C > (3{,}76\ w)/\rho$ mm
- Wenn $1{,}20\,\rho < w < 1{,}50\,\rho$ ➔ $D_0 = 20$ mm & $C > (3{,}38\ w)/\rho$ mm
- Wenn $1{,}50\,\rho < w < 1{,}80\,\rho$ ➔ $D_0 = 22$ mm & $C > (3{,}08\ w)/\rho$ mm.

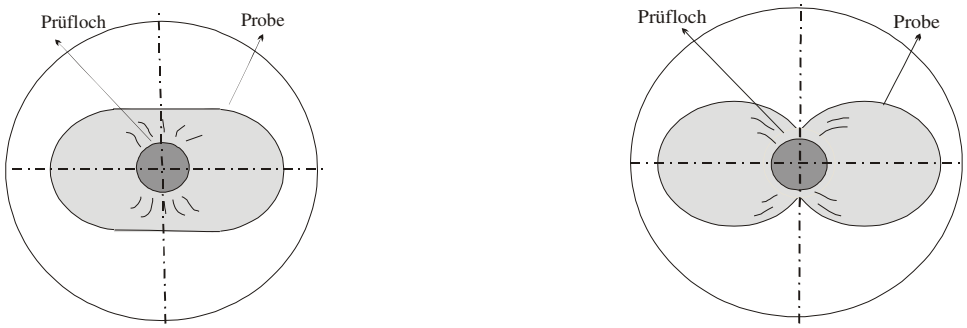
7.5 Verformung der Rundprobe während des Durchzugsvorgangs

Die umfangsmäßige Verteilung der Falten über die Rundprobe ist abhängig vom textilen Flächengebilde. Die Maschenwaren sind anisotropisch, da sie in Maschenstäbchen- und Reihenrichtung unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Diese Eigenschaft kann durch die PDP-Methode differenziert werden. Je nach Grad der Anisotropie, verformen sich die Maschenwaren unterschiedlich (Abb. 11). Die Verformung der Rundprobe kann somit als Maß für die anisotropische Eigenschaften der Textilprobe verwendet werden.

Bei der Durchzugskraft-Durchzugsweg-Kurve (Abb. 12) zeigt sich das anisotropische Verhalten der Maschenware durch die Parameter:

- Kurvensteigung nachdem Höchstpunkt (S_e)
- maximaler Durchzugsweg (H_t)

Eine hoch-anisotropische Maschenware hat weniger Durchzugskraft als eine isotropischere, der Durchzugsweg ist größer und die Kurvensteigung nach dem Höchstpunkt (S_e) kleiner. Die Ursache ist, dass eine hoch-anisotropische Maschenware in Maschenrichtung beim Durchzugsvorgang sich stärker längt als eine weniger anisotropische Maschenware und deshalb der Rand der Rundprobe den Prüflochrand später erreicht.



a) anisotropische Maschenware b) hoch-anisotropische Maschenware

Abb. 11. Verformung von zwei Maschenwaren mit unterschiedlichen anisotropischen Eigenschaften

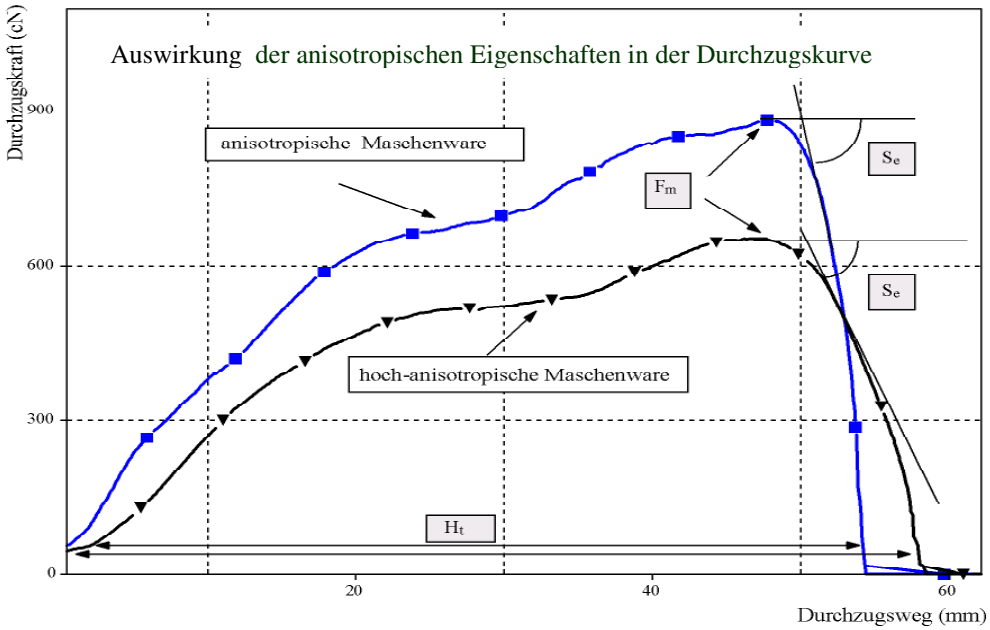


Abb. 12. Auswirkung der anisotropischen Eigenschaften in der Durchzugskurve

8 Arbeitsprogramm

Durch das Fasermaterial, wie auch durch die Garn- und Gestrick-Konstruktion kann der Warengriff gezielt beeinflusst werden. Folgende Einflussparameter wurden mittels der modifi-

zierten Durchzugsmethode (PDP-Methode) im Rahmen des Arbeitsprogramms untersucht (Abb. 13):

- Faserparameter (Faserart, Faserlänge)
- Garnparameter (Garndrehung und Spinnverfahren)
- Gestrickparameter (Struktur, Dichtefaktor)
- Veredlungsparameter (Bleichen, Färben, Weichmachen)

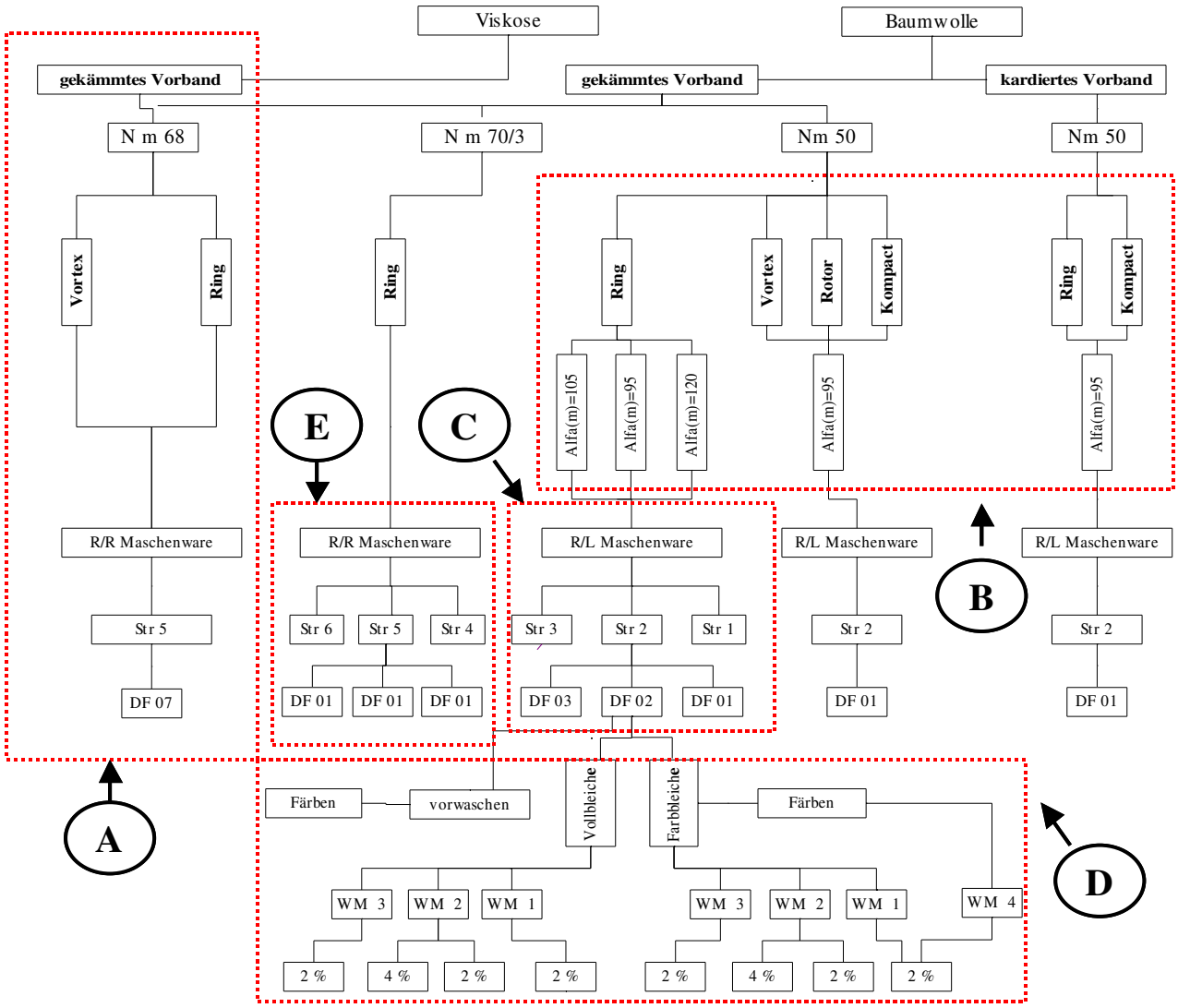


Abb. 13. Übersicht der Praxisversuche

WM: Weichmacher, DF: Dichtefaktor, Str: Struktur

8.1 Versuchsübersicht (Praxisversuche)

8.1.1 Versuche zur Ermittlung der Auswirkung der Faserparameter auf den Warengriff

Um die Auswirkung der Faserart auf den Warengriff zu ermitteln, wurde R/R-Maschenware aus Baumwoll- und Viskosegarnen auf einer Rundstrickmaschine gestrickt und danach gefärbt (Versuch A). Um innerhalb dieses Materialversuchs auch noch die Auswirkung der Faserlänge zur ermitteln, wurden aus zwei Faserpartien kardierte und gekämmte Vorgarne hergestellt und aus diesen Ring- und Kompaktgarne* (Nm 50) ausgesponnen:

- kardierte Vorgarne aus Fasern mit mittlerer Stapellänge 1 1/16” und Micronair 3,9
- gekämmte Vorgarne aus Fasern mit mittlerer Stapellänge 1 7/16”- 1 7/12” und Micronair 4,1.

Die Garne wurden auf einer Rundstrickmaschine (Mayer & Cie MV 4, E 28, 30”) zu Rechts-Links-Maschenware verstrickt (Versuch B). Aufgrund der geringen Dicke wurden die Gestrickproben in die Kategorie „Sommerbekleidung“ eingeordnet.

8.1.2 Versuche zur Ermittlung der Auswirkung von Garnparametern auf den Warengriff

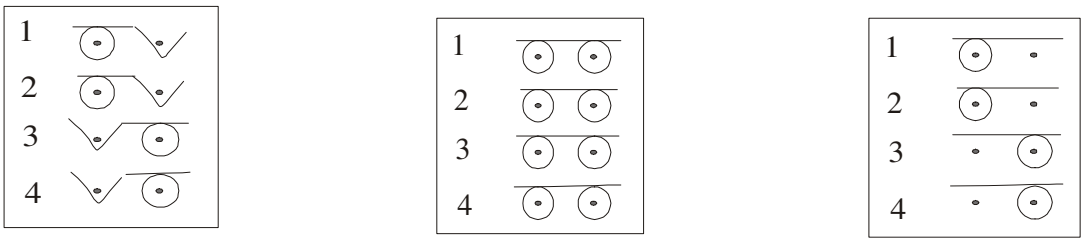
Bei anderen Versuchen wurden Ring- , Vortex- , Compact- und Rotorgarne* aus gekämmten Baumwollefasern mit gleicher Garnnummer (Nm 50) ausgesponnen. Die Ringgarne wurden zusätzlich mit drei unterschiedlichen Garndrehungen (α_m= 95, 105, 120) hergestellt. Die Garne wurden ebenfalls auf einer Rundstrickmaschine (Mayer & Cie MV 4, E 28, 30”) zu Rechts-Links-Maschenware verstrickt (Versuch B). Die Gestrickproben wurden ebenfalls in die Kategorie „Sommerbekleidung“ eingeordnet.

8.1.3 Versuche zur Ermittlung der Auswirkung von Gestrickparametern bei R/L-Maschenware auf den Warengriff

Im nächsten Schritt wurde die Auswirkung der Gestrickparameter ermittelt. Dafür wurden aus einem Baumwollegarn (Nm 50) drei Maschenstrukturen (1x1 Fang, zweifach; Single Jersey; 1x1 Flottung, zweifach) auf einer R/L-Rundstrickmaschine gestrickt (Abb. 14). Die Gestrick-

* Die Garneigenschaften sind im Anhang 1 dargestellt.

bindung Single-Jersey-Maschenware wurde mit drei unterschiedlichen Dichtefaktoren (13; 15; 17,5 $\frac{\sqrt{\text{Tex}}}{\text{cm}}$) gestrickt (Versuch C).

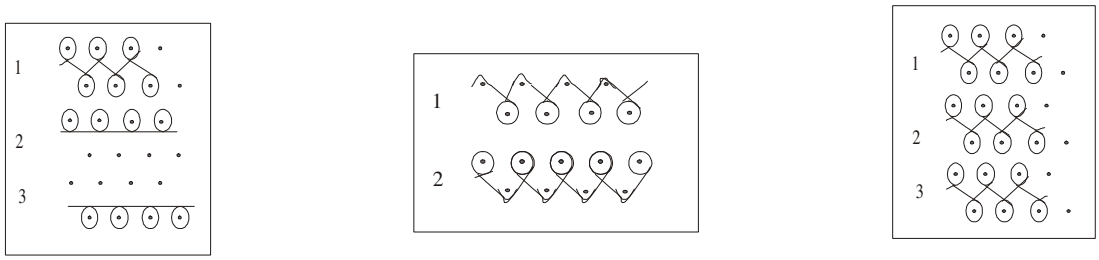


I) 1x1 Fang, zweifach II) Single Jersey III) 1x1 Flottung, zweifach

Abb. 14. Rechts-Links Maschenbindungen

8.1.4 Versuche zur Ermittlung der Auswirkung von Gestrickparameter bei R/R-Maschenware auf den Warengriff

Weiterhin wurde ein gefachtes Baumwollgarn der Feinheit Nm70/3 auf einer Flachstrickmaschine (Stoll CMS 330.6, E12) zu Rechts-Rechts-Maschen-Strukturen (Abb. 15) verstrickt (Versuch E).



I) Milano-Rib II) Voll-Fang III) 1x1 Feinripp

Abb. 15. Rechts-Rechts Maschenbindungen

1x1 Feinripp wurde in drei unterschiedlichen Maschendichten (84, 60, 47,5 Maschen/cm²) gestrickt. Da es sich um doppelflächige Strickwaren handelt wurden die Gestrickproben in die Kategorie „Winterbekleidung“ eingeordnet.

8.1.5 Versuche zur Ermittlung der Auswirkung von Ausrüstungsprozess auf den Warengriff

Um die Auswirkung des Veredlungsprozesses zur ermitteln, wurde zunächst Rechts-Links-Machenware aus Baumwollgarn unter zwei verschiedenen Bedingungen gebleicht:

- Farbweiß-Methode: Dieser Prozess wird im Allgemeinen für die Stoffe verwendet, die nach dem Bleichen gefärbt werden und deshalb einen niedrigeren Grad der Stoffweiße benötigen. In diesem Prozess wird die Maschenware bei 80°C, 30 Minuten mit Wasserstoffperoxid (1.5%) gebleicht und in zwei Stadien ausgespült.
- Vollweiß-Methode: Bei diesem Prozess wird die Maschenware bei höherer Temperatur (98 °C) und höherer Wasserstoffperoxid-Konzentration (15 %) 60 Minuten lang gebleicht. Dieser Prozess wird für Stoffe verwendet, die nicht gefärbt werden müssen.

8.1.5.1 Färben der Gestrickproben

Die Strickproben wurden mit einem Reaktiv-Farbstoff[1] gefärbt. Hierzu wurden zwei Experimente geplant. Im ersten Experiment wurden die Gestricktprobe vorgewaschen und danach mit einem Reaktiv-Farbstoff bei 60°C gefärbt und ausgespült. Im zweiten Färbeexperiment wurde die Gestricktprobe durch die Farbweiß-Methode gebleicht und danach gefärbt.

8.1.5.2 Weichmachen der Gestrickproben

Weichmacher spielen bei der Endausrüstung von Textilien eine wichtige Rolle. Praktisch alle Stoffe werden von der Textilindustrie mit Weichmachern ausgerüstet. Ein durch Vorbehandlungs-, Färbe- und Fixierprozesse behandeltes Stück Stoff ist ohne abschließende Griffkorrektur schlecht zu verkaufen. Erst durch das Aufbringen von weichmachend wirkenden Substanzen wird eine sich hart und spröde anfühlende Warenbahn in ein weiches, anschmiegsames Textil verwandelt, von dem der Käufer einen hohen Tragekomfort und gute Gebrauchswerteigenschaften erwarten kann. Um die Auswirkung der Weichmachung auf den Warengriff zu untersuchen, wurden die gebleichten Strickproben mit unterschiedlichen Weichmachern ausgerüstet[2]:

- Tubingal KRE (Hersteller Firma CHT): Es handelt sich um einen kationischen Weichmacher, der für alle Arten von Fasern verwendet werden kann. In der Ausrüstung nimmt dieser Weichmacher einen wichtigen Platz ein. Er hat eine gute Affinität zu Fasern und verbessert den Warengriff erheblich. Besonders bei Baumwolle, Polyester und Acryl wird ein ausgeprägt weicher und flauschiger Griff vermittelt. Verwendet werden 1-3 % Tubingal KRE bei 40°C und 20 Minuten.

[1] Bezative Orange S-RL 150
[2] Die Maschenwaren wurden bei der Firma CHT [28] ausgerüstet.

- Tubingal 220 (Hersteller Firma CHT): Dieser Weichmacher ist nichtionisch. In Gegensatz zu den kationischen Weichmachern verändert er den Farbton der gefärbten Ware und die Festigkeit der Textilien nicht. Darüber hinaus wird der pH-Wert des Färbebads nicht beeinflusst. Tubingal 220 kann für alle Faserarten verwendet werden und muss mit kaltem Wasser nachbehandelt werden. Die empfohlende Konzentration im Foulradverfahren beträgt 20-40 g/l.
- Tubingal MSQ (Hersteller Firma CHT): Dieser Weichmacher ist ein Mikroemulsionsweichmacher und erzielt einen weichen und flexiblen Warengriff auf Textilien aus Baumwolle und deren Mischungen. Es verbessert die Elastizität und die Beweglichkeit von Textilien und hat eine gute Waschbeständigkeit. 1-4 % Tubingal MSQ bei 30-40 °C, 15-20 Minuten wird empfohlen.
- Tubingal SKI (Hersteller Firma CHT): Dieser Weichmacher ist pseudo-kationaktiv, multifunktional. Das Produkt kennzeichnet sich durch Schaumarmut, speziellen Weichgriffcharakter, Oberflächenglätte und optimales Nähverhalten. Aufgrund dieser Eigenschaften wird Tubingal SKI bevorzugt in der Trikotausrüstung eingesetzt. Es wird eine Anwendung bei 1-4 % Tubingal SKI bei °C 40 und 20 Minuten empfohlen. Bei den Versuchen wurde der Weichmacher nur auf den gefärbten Gestricken benutzt, die durch die Farbweiß-Methode gebleicht wurden.

Um die Auswirkung der Weichmacherkonzentration zu ermitteln, wurden die gebleichten Strickproben mit unterschiedlichen Konzentrationen (2% und 4%) Tubingal MSQ ausgerüstet. Die Strickproben sind in die Kategorie Sommerbekleidung eingeordnet. Die durch die Farbweiß-Methode gebleichte und gefärbte Strickprobe wurde mit Tubingal SKI ausgerüstet. Die Eigenschaften der ermittelten Gestrickproben sind in Anhang 2 dargestellt.

8.2 Messungen

Die Durchführung der Messungen an den Gestrickproben erfolgten nach zwei Verfahren:

8.2.1 Ermittlung von Kennwerten aus der Durchzugskurve der PDP-Methode

In jeder Versuchsreihe wurden jeweils acht Rundproben aus jeder Gestrickserie mit der PDP-Methode getestet. Die an einer Zugprüfmaschine gemessenen Durchzugskurven wurden digitalisiert. Die optimalen Werte für den Lochdurchmesser und den Plattenabstand wurden durch

Formeln 7 und 8 errechnet. Die optimalen Bedingungen für die Kategorie gestrickte Sommerbekleidung waren:

- Lochdurchmesser (D_0): 18 mm
- Abstand zwischen Distanzplatte und Lochplatte (C): 4,1 mm
- Nadelkopfdurchmesser (d): 14 mm.

Diese Bedingungen wurde kurz als HDN[1] (18, 4,1, 14) bezeichnet.

Die Gestricke der Kategorie Winterbekleidung sind dicker, die optimalen Bedingungen für diese Proben sind wie folgt:

- Lochdurchmesser (D_0): 22 mm
- Abstand zwischen Distanzplatte und Lochplatte (C): 6 mm
- Nadelkopfdurchmesser (d): 20 mm.

Diese Bedingungen wurde kurz als HDN (22, 6, 20) bezeichnet.

Die ermittelten Durchzugskurven sind in Anhang 3 dargestellt.

8.2.2 Messung der physikalischen Eigenschaften nach Kawabata

Bei diesen Untersuchungen wurden die Biege-, Scher-, Zug-, Kompression- und Oberflächeeigenschaften sowie die Stoffgewichte der Strickproben (jeweils 5 Proben) durch KES-Geräte gemessen. Die Biege-, Scher-, Zug- und Oberflächeneigenschaften wurden in Stäbchen- und Reihenrichtung gemessen und jeweils der Mittelwert berechnet. Bei Rechts-Links-Maschenwaren wurden die genannten Eigenschaften jeweils für die Vorder- und Rückseite gemessen.

Die Tabellen in Anhang 4 verdeutlichen die Messergebnisse.

[1] Hole diameter , distance between the distance plate and base plate and pulling needle diameter kann kurz als HDN bezeichnet.

9 Analyse und Diskussion

9.1 Untersuchung der Auswirkung der Distanzplatte auf die Variation der Messergebnisse

In diesem Abschnitt wird die Auswirkung der Distanzplatte auf die Variation der Messergebnisse untersucht. Hierzu wurden 14 unterschiedliche Rechts-Links-Maschenwaren (jeweils 8 Einzelproben) sowohl mit der konventionellen Durchzugsmethode (ohne Distanzplatte) und der PDP-Methode bei gleichem Lochdurchmesser getestet. Die Eigenschaften von ermittelten Maschenwaren sind im Anhang 2, Tabelle 5 zu finden. Die Ergebnisse zeigen (Tabelle 7), dass der Variationskoeffizient der maximalen Durchzugskraft als wichtigsten Parameter der Durchzugskurve bei der konventionellen Durchzugsmethode um ein Vielfaches größer ist als bei der PDP-Methode. Die PDP-Methode liefert somit auch statistisch gesehen die beste Voraussetzung für eine sichere Messung des Warengriffs.

Tabelle 7: Variationskoeffizient der maximalen Durchzugskraft von 14 Maschenwaren bei Anwendung der konventionellen Durchzugsmethode und der PDP-Methode.

Stoffcode	Konventionelle Durchzugsmethode		PDP-Methode	
	Mittelwert (cN)	*CV%*	Mittelwert (cN)	*CV%*
A01	69,3	31,3	330,9	5,89
A02	72,6	9,1	1031,73	3,26
A03	49,3	8,5	849,26	4,53
A04	52,6	19,7	780,53	4,096
A05	42,2	11,5	634,0	4,60
A06	44,3	15,1	563,2	4,91
A07	54,4	16,6	766,4	6,7
A08	41,2	14,0	641,86	4,54
A09	43,5	11,8	597,4	7,21
A10	41,5	17,9	524	4,68
A11	38,5	9,3	550,8	4,21
A12	85,0	10,2	1181,33	7,1
A13	68,2	17,0	1103,73	5,85
A14	46,5	13,1	722,13	4,99

Die Durchzugskräfte, die mit beiden Durchzugsmethoden gemessen werden, korrelieren gut (0,63) miteinender. Aus der Tabelle 7 ist jedoch zu entnehmen, dass sich nach einer Sortie-

rung der Messwerte nach der Höchstzugkraft eine andere Rangfolge ergibt. Dies wird durch die Wirkung der Distanzplatte hervorgerufen. Die beim Durchzugsvorgang auf die Ware einwirkenden mechanischen Kräfte sind wesentlich höher als bei der konventionellen Methode.

9.2 Klassifizierung der Strickproben nach der Probendicke

Die Gestrickproben wurden in Abhängigkeit des Kriteriums Stoffdicke in „Sommer- und Winterbekleidung“ klassifiziert.

- Sommerbekleidung: In dieser Gruppe handelt es sich um Gestricke mit mittlerer Stoffdicke. Es wurden insgesamt 35 unterschiedliche Probe gestrickt. Da es keine Standardmethode für die Bestimmung des Warengriffs nach Kawabata gibt, wurde eine mathematische Methode angewendet (GED-Methode), die in hohem Grad mit den Ergebnissen der Kawabata-Methode korreliert.
- Winterbekleidung: In dieser Gruppe sind Gestricke mit hoher Stoffdicke eingeordnet. Es wurden fünf unterschiedliche Rechts-Rechts-Maschenwaren auf einer Flachstrickmaschine hergestellt, die eine gröbere Strukturfeinheit und eine deutlich größere Dicke hatten. Die Gesamtgriffwerte (THV) und die Primärgriffwerte (HV) dieser Proben können durch die KES-F Methode errechnet werden. Kawabata hat nur für gestrickte Winterbekleidung eine Standardmethode zur Warengriffbestimmung.

9.3 Berechnung der Gesamtgriffwerte (WD-Werte) für Gestrickte Sommerbekleidung mittels GED-Methode

Um den Griff der Gerstickproben untereinander zu vergleichen, wurde die WD-Werte durch Anwendung der GED-Methode errechnet. Die Streubreite der Gestrickproben ist wie folgt:

Tabelle 8. Streubreite bei den Strickproben

Eigenschaft	Max.	Min.	Mittelwert	Var.
Gewicht [g/m²]	220	118	168	0,039
Dicke [mm]	1,3	0,57	1,06	0,025

Die GED-Methode ist ein mathematisches Verfahren, durch das die prämieren Griffparameter und der Gesamtgriffwert von gestrickter Sommerbekleidung aus den physikalischen Eigen-

schaften der Gestrickproben berechnet wird. Die Messwerte der einzelnen Proben werden in einer Matrix angeordnet. Im folgenden wird dieses Verfahren beschrieben:
Die Originalmatrix wurde wie folgt gebildet.

$$X = (X_{ij}^{1}), \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \ldots m \\ j = 1, 2, \ldots . n \end{matrix} , \tag{9}$$

Mit m = 35 wird die Anzahl der Proben und mit n = 16 die Anzahl der objektiv gemessenen physikalischen Eigenschaften definiert. Um zu aussagekräftigen Ergebnissen zu kommen, ist es bei der GED-Methode notwendig, die Messwerte der Originalmatrix zu standardisieren. Geschieht dies nicht, werden unsinnige Ergebnisse berechnet.

$$X_{ij} = (X_{ij}^{1} - E_j) / V_j \ , \tag{13}$$

wobei X_{ij}^{1} ein Element der Originalmatrix und X_{ij} das entsprechende Element der standardisierten Matrix ist. E_j ist der Mittelwert und V_j die Varianz der j-ten Matrixspalte. Danach wurde die Kovarianz-Matrix V berechnet.

$$V = (V_{ij} \ ), \quad i = 1, \ 2, \ldots . n . \tag{14}$$

Ein Turbo Pascal Programm wurde geschrieben, um die Eigenwerte und Eigenvektoren der Kovarianz-Matrix mit Hilfe des Jacobi Algorithmus zu berechnen. Die n Eigenwerte (C_i) und die Eigenvektoren R_i $(i = 1, 2, \ldots, n)$ der Kovarianz-Matrix V sind einfach zu berechnen. Die Eigenwerte C_i wurden fallend in der Reihenfolge ihrer Werte geordnet. Es wurde p Eigenwerte $C_1 \geq C_2 \geq \ldots . \geq C_p$ $(p < n)$ (Tabelle 9) ausgewählt bis die Bedingung (12) erfüllt ist .

$$\sum_{i=1}^{p} C_i \Big/ trV \geq 0{,}85 . \tag{15}$$

Wobei $trV = \sum_{k=1}^{n} C_k$, Trancewert der Kovarianz-Matrix V ist. Die fünf Eigenwerte (C_i) sind in Tabelle 9 mit ihren Verhältnissen $W_i^2 = C_i / trV$ dargestellt.

Tabelle 9. Eigenwerte und ihre entsprechenden Verhältnisse

i	1	2	3	4	5
C_i	6,762	2,709	2,2188	1,4779	0,9560
W_i^2	0,4226	0,1693	0,1386	0,0923	0,0597
$\sum W_i^2$	0,4226	0,5919	0,7306	0,8230	0,8827

Die Umwandlungsmatrix Y besteht folglich aus $p = 5$ Eigenvektoren. Diese Matrix kann dann wie folgt berechnet werden:

$$Y = X R, \quad (16)$$

wobei,

$$Y = (Y_1, Y_2, ..., Y_5), \quad (17)$$

$$R = (R_1, R_2, ..., R_p), \quad (18)$$

wobei $R_1, R_2, \ldots, R_p$ die p Eigenvektoren sind, die den p vorherigen Eigenwerten der Kovarianz-Matrix V entsprechen.

Die Komponenten der Umwandlungsmatrix ($Y = (Y_1, Y_2, ...Y_5)$) sind im Prinzip die primären Griffwerte. Anscheinend können diese fünf primären Griffparameter den Warengriff vollständig und rational spezifizieren. Das heißt, alle Informationen werden durch die fünf Griffparameter dargestellt. Die Gewichte der Umwandlungsmatrix-Komponenten werden durch die Formel 2 berechnet und dadurch die WD-Werte definiert. Die Umwandelungsmatrix-Komponenten und WD-Werte sind in Anhang 5 dargestellt.

Um die physikalische Bedeutungen der errechneten Umwandlungsmatrixkomponenten zu definieren, wurde eine Korrelationsanalyse zwischen den genannten Matrixkomponenten ($Y = (Y_1, Y_2, ...Y_5)$) und den physikalischen Eigenschaften, die von Kawabata ermittelt wurden, durchgeführt. Die Korrelationskoeffizienten zwischen allen fünf Matrixkomponenten und den sechzehn ursprünglichen physikalischen Parametern sind in Tabelle 10 dargestellt. Aus den ermittelten Korrelationskoeffizienten [1] ergeben sich folgenden Ergebnisse:

- Y_1: korreliert in hohem Maß mit den Scher-, Biege-, und Kompressionseigenschaften. Dieser Parameter wird als „Festigkeit“ bezeichnet.
- Y_2: korreliert in hohem Maß mit den Kompressionseigenschaften und dem Parameter Stoffdicke. Dieser Wert wird folglich als „Fülle“ bezeichnet.

- Y_3: korreliert in hohem Maß mit den Scher-, Biege-, und Oberflächeneigenschaften sowie dem Parameter Stoffgewicht. Dieser Parameter wird als „Körnigkeit“ bezeichnet.
- Aus ähnlichen Gründen werden die Komponenten Y_4 und Y_5 als „Rauhigkeit“ und „Steifigkeit“ bezeichnet.

Insgesamt zeigte sich bei der GED-Methode, dass die fünf primären Griffparameter „Steifheit“, „Fülle“, „Körnigkeit“, „Rauhigkeit“ und „Festigkeit“ die Griffeigenschaften gestrickter Sommerbekleidung weitgehend bestimmen.

Tabelle 10. Die Korrelationskoeffizienten zwischen den fünf Matrixkomponenten und den sechzehn physikalischen Parametern

Eigenschaft	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
LT	0,684**	0,312	0,399**	0,409**	0,556**
Log *WT*	-0,290	-0,512**	0,666**	-0,236	-0,223
RT	-0,786**	-0,293	0,281	0,152	-0,588**
Log *B*	0,836**	-0,120	0,220	-0,334*	0,738**
Log *2HB*	0,922**	- 0,062	0,102	-0,290	0,818**
Log *G*	0,833**	0,281	0,361*	0,141	0,702**
Log *2HG*	0,962**	0,178	0,027	0,00	0,749**
Log *2HG5*	0,956**	0,195	0,062	0,031	0,748**
LC	-0,549**	- 0,466**	0,111	-0,545**	-0,448**
Log *WC*	-0,169	- 0,843**	-0,078	0,049	-0,167
RC	-0,717**	- 0,573**	-0,152	-0,136	-0,497**
MIU	0,263	- 0,080	-0,524**	-0,553**	-0,397*
Log *MMD*	0,397	- 0,397**	-0,503**	0,343*	-0,519**
Log *SMD*	-0,613**	- 0,013	-0,482**	-0,363*	-0,763**
Log *T*	-0,21	- 0,821**	-0,264	0,264	-0,310
Log *W*	-0,154	- 0,055	0,682**	-0,265	0,383*

9.4 Berechnung der Gesamtgriffwerte nach Kawabata für gestrickte Winterbekleidung

Für die Beurteilung des Warengriffs gestrickter Winterbekleidung wurde die Kawabata-Methode angewandt. Im Prinzip ist gestrickte Winterbekleidung der einzige Typus Maschenware für die die Kawabata-Methode zur Bestimmung des Warengriffs angewandt werden kann. Die prämiere Griffparameter und Gesamtgriffwerte können durch Kawabata’s Glei-

chungen berechnet werden. Für die Berechnung der primären Griffnoten wurde folgende Formel vorgeschlagen [5, 30]:

$$Y(HV) = C_0 + \sum_{i=1}^{16} C_i \frac{X_i - \overline{X}_i}{\sigma_i}, \tag{19}$$

In dieser Gleichung bedeuten:

Y (HV): primäre Griffnote,

X_i, $\overline{X}_i$: Mittelwerte der jeweils gemessene Parameterwerte und ihre Mittelwerte,

C_0, C_i: Konstante, die durch Regressionsanalyse zwischen manuellen Griffwerten und den normierten Messwerten ermittelte wurden,

σ_i = Standardabweichung von gemessenen physikalische Eigenschaften(X (i)).

Die Gesamtgriffwerte (THV) können durch folgende Formel berechnet werden:

$$THV = C_0 + \sum_{i=1}^{k} Z_i \ , \tag{20}$$

dabei ist $Z_i = C_{i1}[(Y_i - M_{i1})/\sigma_{i1}] + C_{i2}[(Y_i^2 - M_{i2})/\sigma_{i2}]$, Y_i der errechnete Griffwert für den jeweiligen primären Griffparameter, M_{i1}, M_{i2}, σ_{i1}, σ_{i2}: Mittelwert und Standardabweichung von Y and Y^2, C_{i1}, C_{i2}: durch Regressionsanalyse ermittelte Konstante.

Die Wertetabelle zu Errechnung der prämieren Griffnote und des Gesamtgriffwertes für die gestrickte Winterbekleidung werden in Anhang 6, Tabelle 1 and 2 dargestellt.

Bei der Kawabata-Methode zeigte sich, dass folgende primäre Griffparameter, die Griff-Eigenschaften gestrickter Winterbekleidung bestimmen:

- KOSHI: Steifheit und Elastizität
- NUMERI: nachgiebige Glätte
- FUKURAMI: Fülle und Weichheit.

Der Griffparameter KOSHI steht in Zusammenhang mit den Biege- Scher- und Oberflächeeigenschaften. Der Griffparameter NUMERI ist ein Griffgefühl mit mehreren Komponenten. Darin enthalten sind Glätte, Nachgiebigkeit und Geschmeidigkeit sowie Weichheit. NUMERI steht im Zusammenhang mit den Zug-, Biege- und Oberflächeeigenschaften des Stoffes. Der Griffparameter FUKURAMI stellt kombinierte Empfindungen des Stoffgewichts und der Stoffdicke dar. Ein höherer Wert von KOSHI, NUMERI und FUKURAMI kennzeichnet ei-

nen steiferen, glatteren und voluminöseren Stoff. Somit bedeutet ein höherer *THV*-Wert, einen besseren Warengriff. Tabelle 11 zeigt die primäre Griffnote und die Gesamtgriffwerte der untersuchten Strickproben.

Tabelle 11. Berechnete primäre Griffnoten und Gesamtgriffwerte

Stoff	KOSHI	NUMERI	FUKURAMI	*THV*
Milano-rib	8,01	2,12	2,43	1,88
Voll-Fang	5,36	5,58	6,00	3,57
1x1 Rippe (84 Maschen/cm²)	6,31	5,74	4,82	3,62
1x1 Rippe (60 Maschen/cm²)	4,54	5,73	5,88	3,51
1x1 Rippe (47,5 Maschen/cm²)	4,30	4,58	5,74	2,98

9.5 Ermittlung der Durchzugkurvenkennwerte mittels PDP-Methode

Die Durchzugskurven der PDP-Methode werden durch ein Datenerfassungssystem in Form eines Vektors *X* wie folgt umgewandelt.

$$X = (X_1, X_2, X_3, ..., X_n), \quad n = 24. \tag{21}$$

Aus den 24 ausgewählten Punkten der Durchzugskurve zwischen dem Anfangspunkt und Höchstpunkt jeder Durchzugskurve wurde ein Vektor X gebildet. Danach wurde die Datei durch eine numerische Differenziation wie folgt bearbeitet:

$$Z_k = \frac{X_n - X_{n-1}}{Q}, \quad k = 1, 2, \ldots, 12. \tag{22}$$

Dabei ist Q der Abstand zwischen zwei Punkten X_n und X_{n-1}, die hintereinander auf der Durchzugskurve liegen. Dieser Wert wurde für alle Durchzugskurven konstant angenommen. Z_k stellt die Steigungen der verschiedenen Positionen auf der Durchzugskurve dar. So gibt es für die Strickproben zwei Daten-Sets, das eine von den fünf prämieren Griffwerten und das andere von der numerischen Differenziation des Daten-Sets *X*. Da es zeitaufwändig ist, für jeden Versuch die Kurvensteigungen zu berechnen, wurde versucht, ein einfacheres Verfahren anzuwenden. Aus diesem Grund wurden folgende Kurvenkennwerte, die mathematisch definiert werden müssen, aus den Durchzugkurven ausgewählt:

- Anfangsteigung (S_f): Diese Kurvensteigung wird am Beginn der Durchzugskurve errechnet.
- Zweite Steigung (S_s): Diese Kurvensteigung wird an der Stelle berechnet, an der der Nadelkopf das Prüfloch passiert (Durchzugsweg = 5 mm).
- Kurvensteigung vor dem Höchstpunkt (S_p)
- Maximale Durchzugskraft (F_m)
- Durchzugsweg am Höchstpunkt (H_t)
- Fläche unter der Durchzugskurve (A)

Die obengenannten Kurvenkennwerte können auf Basis der Durchzugskurven einfach berechnet werden. Um den Zusammenhang zwischen den errechneten primären Griffparametern und den Gesamtgriffwerten sowie den Kurvenkennwerten für die gestrickte Winterbekleidung zu bilden, wurden die Kurvensteigungen (Daten-Set Z_k) zwischen den Anfangspunkt und den Höchstpunkt nochmals ermittelt. Abschließend wurden sechs Kurvenkennwerte (F_m, H_m, A, S_f, S_S und S_P) aus den Durchzugskurven ausgewählt. Die Korrelation zwischen den ausgewählten Kurvenkennwerten und physikalischen Eigenschaften sowie den prämieren Griffparametern werden dann ermitteln.

9.6 Ermittlung der Korrelation zwischen den Kennwerten der Durchzugskurven und den Griffeigenschaften von Sommerbekleidung

In den vorherigen Arbeiten [10,19] könnte theoretisch nachgewiesen werden, dass die physikalischen Eigenschaften mit den Durchzugskurvenkennwerten zusammenhängen. Jedoch gibt es keine direkte Methode, um diesen Zusammenhang zu ermitteln. Aus diesem Grund wurde eine indirekte Methode angewandt, diese Aufgabe durchzuführen. Die statistische Korrelationsanalyse ist die einzige Möglichkeit, um den Zusammenhang der Ergebnisse verschiedener Methoden zu untersuchen. Infolgedessen wurde diese Analyse durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen zwei Daten-Sets zu ermitteln. In Anhang 7, Tabelle 1 sind die Korrelations-Koeffizienten dieser Analyse dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die errechneten Kurvensteigungen sehr gut mit den primären Griffparametern korrelieren, mit Ausnahme des Parameters „Fülle“. Trotzdem korreliert der WD-Wert mit allen errechneten Kurvensteigungen sehr gut, weil der Griffparameter „Fülle“ im Vergleich zu den andern vier primären Griffparametern, die die Griffeigenschaften von gestrickter Sommerbekleidung bestimmen, ein sehr viel kleineres Gewicht hat.

Weiterhin korrelieren die ermittelten Kurvensteigungen ebenfalls sehr gut mit den physikalischen Eigenschaften, ausgenommen davon sind der Parameter Stoffdicke und die Kompressionseigenschaften, die mit dem Parameter „Fülle“ zusammenhängen.

Die ähnlichen Ergebnisse wurde mit der Untersuchung über den Zusammenhang zwischen den ermittelten Kurvenkennwerten und den primären Griffparametern bzw. physikalischen Eigenschaften durch eine Korrelationsanalyse erhaltet. In Anhang 7 ,Tabelle 2 sind die Untersuchungsergebnisse dargestellt.

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse zeigen, dass die ermittelten Durchzugskennwerte mit allen primären Griffparametern, außer dem Parameter „Fülle“ korrelieren. Besonders gut korrelieren die Kurvenkennwerte mit den WD-Werten.

Der höchste Korrelationskoeffizient (0.789) besteht zwischen der maximalen Durchzugskraft (F_m) und den WD-Werten (Abb. 16).

Aus der Korrelationsanalyse zwischen den ermittelten Kurvenkennwerten und den physikalischen Eigenschaften ergeben sich folgende Erkenntnisse:

- Die höchsten Korrelationskoeffizienten existieren zwischen den Biegeeigenschaften (*B*, *2HB*) und allen ermittelten Kurvenkennwerten. Dies zeigt, dass die Biegeeigenschaften eine wichtige Rolle spielen, wenn eine Stoffprobe durch das Prüfloch gezogen wird. Bei den Kurvenkennwerten repräsentieren die Fläche unter der Durchzugskurve (*A*) und die maximale Durchzugskraft (F_m) die Biegesteifigkeit am besten. Die Abb. 17.b zeigt den Zusammenhang zwischen der Fläche unter der Durchzugskurve (*A*) und der Biegesteifheit (*B*).
- Weiterhin sind auch die Schereigenschaften wichtige Parameter in der Griffbestimmung. Diese werden durch die Durchzugskurven-Kennwerte maßgeblich beeinflusst. Da die größte Korrelation zwischen der Anfangssteigung und der Schersteifheit besteht, repräsentiert die Anfangsteigung (S_f) die Schereigenschaften am besten. Es ist zu berücksichtigen, dass die Falten mit Beginn des Durchzugsvorgangs in der Rundprobe entstehen, wodurch die Probe entstehenden Scherkräften ausgesetzt ist. Da durch die Anwendung einer Distanzplatte mehr Falten in der Rundprobe entstehen, spielen die Schereigenschaften beim PDP-Verfahren im Vergleich zur konventionellen Durchzugsmethode eine größere Rolle. Deshalb korrelieren alle Schereigenschaften (*G*, *2HG*, *2HG5*) sehr gut mit den Kurvenkennwerten. Die Abb. 17.a zeigt den Zusammenhang zwischen der Anfangssteigung (S_f) und der Schersteifigkeit (*G*).

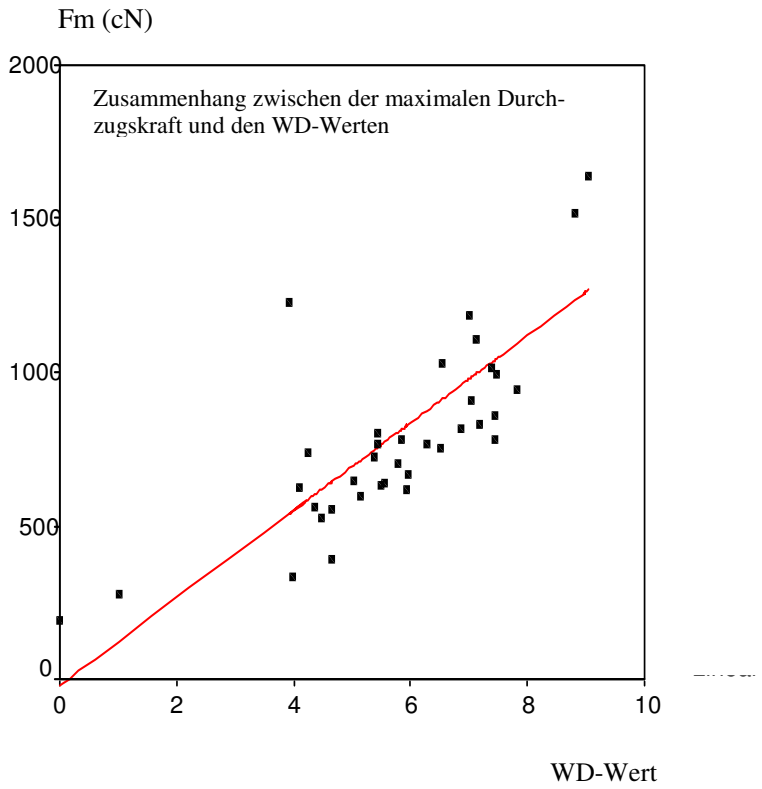
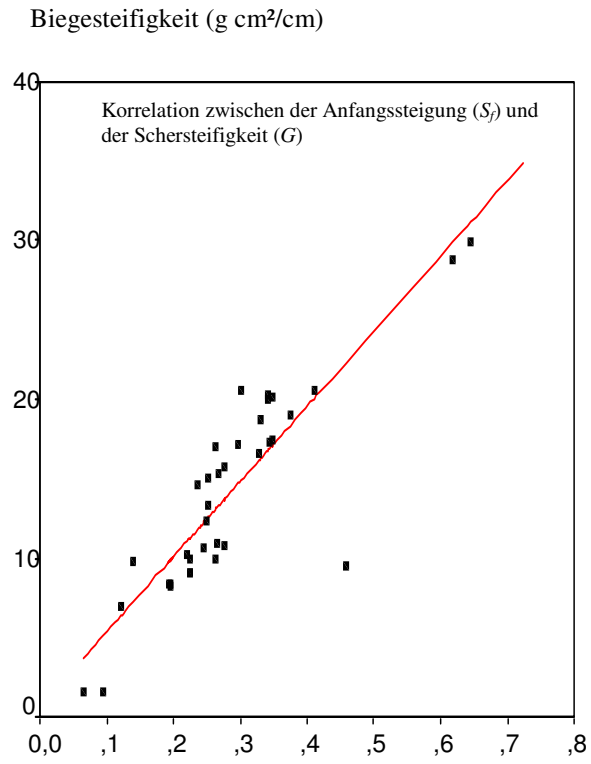


Abb. 16. Zusammenhang zwischen der maximalen Durchzugskraft (F_m) und den WD-Werten

- Die Kurvenkennwerte korrelieren in hohem Maße mit dem Stoffgewicht (W), da das Stoffgewicht in engem Zusammenhang mit der Maschendichte und den Biegeeigenschaften steht. Die Steigung vor dem Höchstpunkt (S_P) und der Durchzugsweg am Höchstpunkt (H_m) korrelieren am besten mit dem Stoffgewicht.
- Da die Distanzplatte einen intensiven Kontakt mit der Rundprobe während des Durchzugsvorgangs verursacht, ist zu erwarten, dass die Oberflächeneigenschaften der Rundprobe und die Kurvenkennwerte in engem Zusammenhang stehen. Hierdurch korrelieren die zweite Steigung (S_S) und die Fläche unter der Durchzugskurve (A) in hohen Masse mit den Oberflächeneigenschaften. Abb. 18.b zeigt den Zusammenhang zwischen der zweiten Steigung (S_S) und der Rauhigkeit. Bei der Anwendung der konventionellen Durchzugsmethode berichten Forscher [20, 22, 23, 24], dass es keine Korrelation zwischen den Kurvenkennwerten und den Oberflächeneigenschaften gibt. Dies ist ein weiterer Unterschied der PDP-Methode zur konventionellen Durchzugsmethode (ohne Distanzplatte).



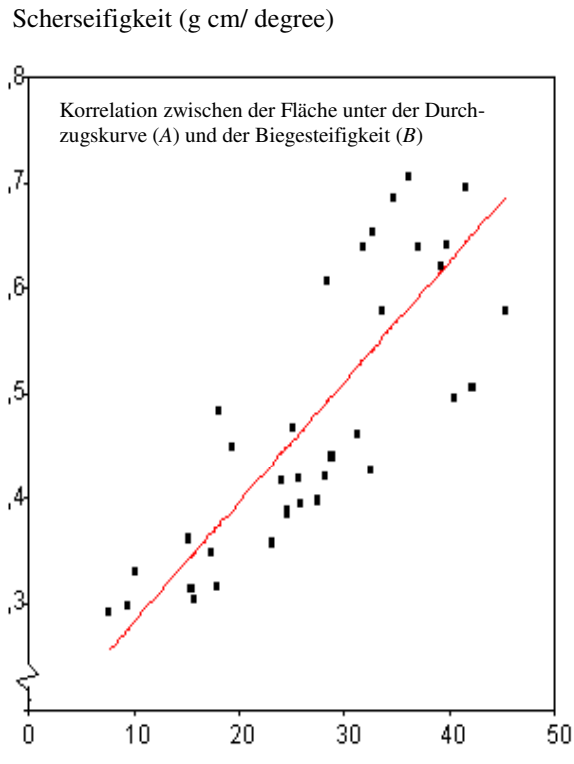


Abb. 17.a Korrelation zwischen der Anfangssteigung (S_f) und der Schersteifigkeit (G)

Abb. 17.b Korrelation zwischen der Fläche unter der Durchzugskurve (A) und der Biegesteifigkeit (B)

- Während des Durchzugvorgangs wirkt die Reibung der Textilprobe am Prüfloch als Bremse, dadurch wird die Probe gedehnt. Daraus ist zu schließen, dass die Zugeigenschaften der Textilprobe mit den Durchzugskurvenkennwerten zusammenhängen. Die Fläche unter der Durchzugskurve (A), die Anfangssteigung (S_f) und der Durchzugsweg am Höchstpunkt (H_m) korrelieren sehr gut mit den Dehnungseigenschaften. Abb. 18.a zeigt den Zusammenhang zwischen der Anfangssteigung (S_f) und der Zugslinearität (LT).
- Hinsichtlich der Korrelation Durchzugskurven-Kennwerte und Kompressionseigenschaften gibt es bis auf den Parameter Erholungsvermögen (RC) keinen Zusammenhang.

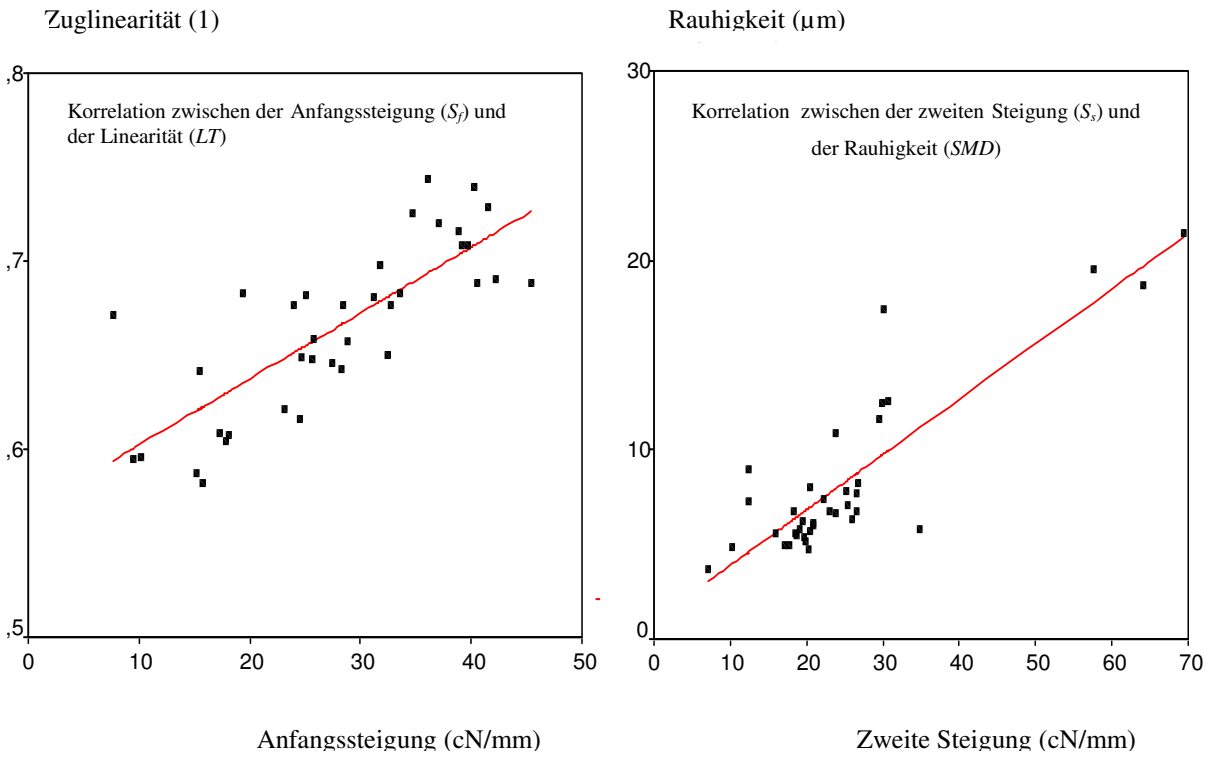


Abb. 18.a Korrelation zwischen der Anfangssteigung (S_f) und der Linearität (*LT*)

Abb. 18.b Korrelation zwischen der zweiten Steigung (S_s) und der Rauhigkeit (*SMD*)

9.7 Ermittlung der Korrelation zwischen den Durchzugkurven-Kennwerten und den Griffeigenschaften von Winterbekleidung

Zwischen den Durchzugskurven-Kennwerten und den errechneten primären Griffparametern als auch zwischen den Gesamtgriffwerten und den physikalischen Eigenschaften wurde jeweils eine Korrelationsanalyse durchgeführt. Die ermittelten Korrelationskoeffizienten sind in Anhang 7, Tabelle 4 dargestellt.

Aus der Korrelationsanalyse ergeben sich folgende Erkenntnisse:

- Die Kurvenkennwerte korrelieren nicht mit den Parametern „Glätte“, „Fülle“ und Ge samtgriffwert.
- Fast alle ermittelte Durchzugskurven-Kennwerte korrelieren sehr gut mit den Biege- und Schereigenschaften sowie mit dem Stoffgewicht.
- Es gibt eine gute Korrelation zwischen den Zugeigenschaften und den Kurvenkennwerten.
- Von den Kurvenkennwerten korreliert nur der Durchzugsweg am Höchstpunkt (H_m) mit der Rauhigkeit (*SMD*) und der „Mittleren Abweichung des Reibungskoeffizienten“ (*MMD*). Mit dem Reibungskoeffizient (*MIU*) korrelieren keine Kurvenkennwerte.

- Bei den Kompressionseigenschaften korreliert nur das Kompressionserholungsvermögen (*RC*) mit den Kurvenkennwerten.
- Von den Durchzugskurven-Kennwerten korreliert nur der Durchzugsweg am Höchstpunkt (H_m) mit der Stoffdicke.

9.8 Entwicklung einer neuen Methode zur Bestimmung der Griffeigenschaften von Maschenwaren durch Darstellung in einem Polardiagramm

Der Durchzugsvorgang wird von zahlreichen Stoffeigenschaften beeinflusst. Da die Textilprobe während des Durchzugsvorgangs gleichzeitig unterschiedlichen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt ist, können die physikalischen Eigenschaften nicht direkt aus den Durchzugskurven-Kennwerten separiert werden. Die Durchzugskurven-Kennwerte werden hauptsächliche durch die Biege-, Scher- und Zugeigenschaften beeinflusst, weniger dagegen von anderen physikalischen Eigenschaften wie Kompressionseigenschaften, die ebenfalls Einfluss auf den Warengriff haben.

Insgesamt zeigt sich, dass die PDP-Methode als Warengriff-Schnellprüfmethode, bei der auf die Ermittlung einzelner Griffparameter oder einzelner physikalischer Eigenschaften verzichtet wird, in der Lage ist, einen summarischen Warengriff zu ermitteln.

In verschiedenen Arbeiten [15, 18, 20, 24, 31, 32], in denen die Durchzugsmethode verwendet wurde, wurde nur die maximale Durchzugskraft als Maß zur Beurteilung von Stoffen verwendet. Weil der Warengriff ein kompliziertes Phänomen ist, ist es nicht möglich, diesen nur mit einem Kurvenkennwert darzustellen. Aus diesem Grund wurde analysiert, welche Kurvenkennwerte am besten mit den Warengriff bestimmenden physikalischen Eigenschaften korrelieren. Hierbei sind folgende Kurvenkennwerte relevant:

- Anfangsteigung der Durchzugskurve (S_f): Dieser Kurvenkennwert, der vom Plattenabstand beeinflusst wird, korreliert am besten mit der Schersteifigkeit (0,875) und der Zuglinearität (0,675). Obgleich dieser Kennwert mit zahlreichenden physikalischen Eigenschaften korreliert, kann er die Griffeigenschaften eines Stoffes nicht darstellen. Der Grund liegt darin, dass an der Stelle bei der die Anfagssteigung der Durchzugskurve errechnet wird, die Textilprobe keinen ausreichenden Kontakt mit der Prüflochwand besitzt.
- Zweite Steigung der Durchzugskurve (S_S): Der Kurvenkennwert wird errechnet, wenn der Nadelkopf das Prüfloch passiert und die Textilprobe an der Lochwand anliegt (Durchzugsweg = 5 mm). Die „Zweite Steigung“ korreliert sehr gut mit der Rauhigkeit (0.863),

der Biegehysterese und der Biegesteifigkeit (0.847, 0.756). Folglich kann es als ein Maß für die Rauhigkeit einer Maschenware und ihre Biegeeigenschaften betrachtet werden.

- Fläche unter der Durchzugskurve (A): Dieser Kennwert kann als Maß für die Biegeeigenschaften und das Zugerholungsvermögen angesehen werden.
- Durchzugsweg am Höchstpunkt (H_m): Dieser Kennwert korreliert gut mit dem Stoffgewicht und der Dehnbarkeit.
- Maximaler Durchzugsweg (H_t): Dieser Wert ist ein Maß für die Bestimmung der anisotropischen Eigenschaften.

Es ist zu berücksichtigen, dass die obengenannte Durchzugskurven-Kennwerte die Griffeigenschaften der Maschenwaren nicht umfassend darstellen können. Dies liegt daran, dass die Kurvenkennwerte in einige Fällen nicht mit den Parametern „Fülle“ und „Glätte“ korrelieren. Zur besseren Beurteilung des Warengriffs wurde die Auswertung der Durchzugsmethode erweitert. Die bei der PDP-Methode am besten mit den physikalischen Eigenschaften korrelierenden Kurvenkennwerte wurden zusammen mit nachfolgenden Parametern in ein Polardiagramm eingezeichnet.

- Härte (H): Dieses wird durch folgende Formel [3] festgestellt:

$$H = \frac{P_m - P_0}{T_0 - T_m}, \tag{23}$$

Dabei ist: $P_0 = 10$ cN/cm², T_m: Stoffdicke [cm] bei Druck 10 cN/cm²,
$P_m = 100$ cN/cm², T_0: Stoffdicke [cm] bei Druck 100 cN/cm².

Der Kennwert „Härte“ spiegelt die Fülle wider und korreliert sehr gut (0,689) mit der Stoffdicke.

- Reibungskoeffizient: Dieser Parameter kann durch die Sled-Methode [29] gemessen werden und spiegelt die Glätte wieder.

Bevor die Parameter in das Polardiagramm (Abb. 19) eingetragen werden, müssen diese durch folgende Formel standardisiert werden:

$$N_i = \frac{X_i - \overline{X}}{S}, \tag{24}$$

dabei ist N_i der standardisierte Wert, X_i die ermittelte Parameter, $\overline{X}$ der Mittelwert der ermittelten Parameter und S die Standardabweichung.

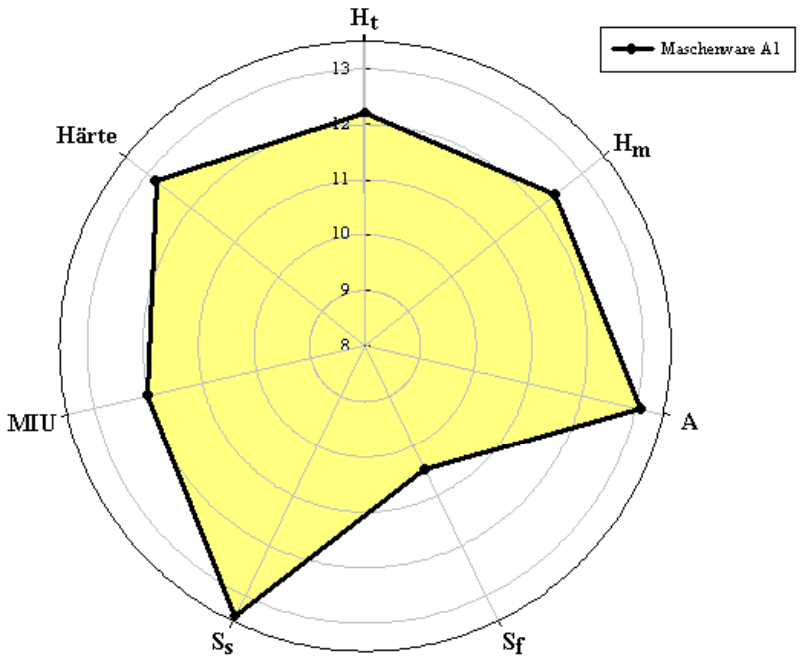


Abb. 19. Polardiagramm zur Bestimmung der Griffeigenschaften von Maschenwaren

Die Fläche innerhalb des Polardiagramms (Φ) eignet sich als Vergleichsmaß für den Warengriff unterschiedlich konstruierter Maschenwaren. Je kleiner die Fläche, desto besser ist der Warengriff. Die Regressionsanalysen, die mit den errechneten Flächen des Polardiagramms durchgeführt wurden, zeigen dass diese sehr gut mit den WD-Werten korrelieren (0,694).

9.9 Errechnung der $D(X, Y)$-Werte für die Ermittlung der ANOVA-Tabelle

Um zu klären, inwiefern die PDP-Methode geeignet ist, auch den Warengriff geringbeeinflussende Eigenschaftsänderungen zu erfassen, wurde ein neuer Begriff (Euklidische Distanz) definiert. Bei zwei Vektoren (Stoffen) X_k und Y_k mit n Komponenten errechnet sich die Euklidische Distanz durch folgende Formel:

$$D(X,Y) = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} (X_k - Y_k)^2} \; . \qquad (25)$$

Wobei die n Komponenten folgende Durchzugskurven-Kennwerte sind:

- Anfangssteigung (S_f),

- zweite Steigung (S_s),
- Fläche unter der Durchzugskurve (A),
- maximaler Durchzugsweg (H_t),
- Durchzugsweg am Höchstpunkt (H_m).

Die D(X,Y)-Werte wurden kurz als D(X)-Werte bezeichnet (Anhang 8).

10 Ergebnisse

In den in der Literatur aufgeführten Arbeiten, die den Zusammenhang zwischen Warengriff und physikalischen Eigenschaften untersuchten, wurde meist Gewebe untersucht. Daraus ergibt sich ein entsprechender Forschungsbedarf für die Untersuchung des Warengriffs bei Maschenwaren. Diese haben aufgrund ihrer Struktur andere Eigenschaften.
Im vorliegenden Abschnitt werden die Auswirkung der Faser-, Garn-, Strick- und Veredlungsparameter auf die physikalischen Eigenschaften der Mascheware als auch auf den Warengriff mit Hilfe der PDP-Methode untersucht. Weiterhin wird untersucht, ob die PDP-Methode Änderungen bei Garn-, Faser- und Strickparametern unterscheiden kann. Die Auswirkung der genannten Einflussparameter sind in den Anhängen 9-13 dargestellt.

10.2 Auswirkung der Strickparameter auf den Warengriff

10.2.1 Auswirkung der Strickparameter bei Rechts-Links-Strickkonstruktionen

Bei diesem Versuch wurden drei Rechts-Links-Maschenstrukturen untersucht:

- Eine Kombination aus Maschen und Flottungen (1x1 Flottung, zweifach)
- Eine Kombination aus Maschen und Henkel (1x1 Fang, zweifach)
- Eine Struktur aus Masche (Single-Jersey-Maschenware)

Bei den Maschenstrukturen mit Fang zeigen sich folgende Effekte:

- Eine sich ergebende höhere Stoffdicke, die zu einer höheren Biegesteifigkeit führen kann.
- Voluminösere Maschenware und folglich höhere Kompressibilität
- Höhere Zugelastischeneigenschaften,
- Höheres Stoffgewicht,
- Rauhige Oberfläche.

Aus diesem Grund zeigen diese Maschenwaren gegenüber Single-Jersey-Maschenware einen höheren Durchzugswiderstand.

Bei Maschenstrukturen mit Flottungen zeigen sich folgende Effekte:

- Aufgrund des reduzierten Garnverbrauchs nimmt das Stoffgewicht ab,
- Eine voluminösere Maschenware ergibt eine höhere Kompressibilität,
- Geringere zugelastische Eigenschaften,
- Rauhere Oberfläche,
- Geringere Biege- und Schereigenschaften.

Daraus ergibt sich, dass diese Maschenware gegenüber der Single-Jersey-Maschenware einen geringeren Widerstand beim Durchzugsvorgang aufweist.
Die Auswirkung der Recht-Links-Maschenstrukturen auf die Biegeeigenschaften ist in der Abbildung 20 dargestellt.

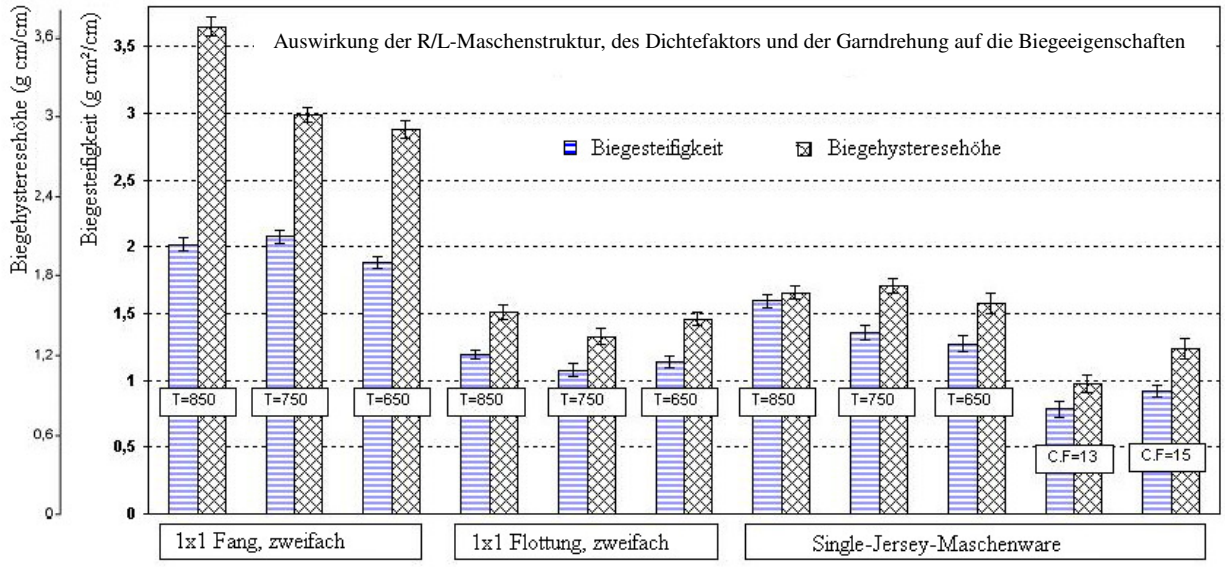


Abb. 20. Auswirkung der Rechts-Links-Maschenstruktur, des Dichtefaktors und der Garndrehung auf die Biegeeigenschaften (T: Garndrehung, C.F: Dichtefaktor)

Die Auswirkung von Rechts-Links-Gestrickparamtern auf die restlichen physikalischen Maschenwaren-Eigenschaften werden im Detail in Anhang 9 diskutiert. Die Durchzugskurven von drei Rechts-Links-Maschenstrukturen sind in der Abbildung 21 dargestellt.
Um den Warengriff dreier Maschenstrukturen in einem Polardiagramm zu vergleichen, wurden die Kurvenkennwerten, die in Abschnitt 9.8 diskutiert wurden, aus den Durchzugskurven berechnet. Danach wurden die ermittelten Kurvenkennwerten und die Parameter „Härte“ und „Reibungskoeffizient“ in einem Polardiagramm dargestellt.

In Abb. 22 wird der Warengriff dreier Maschenstrukturen miteinander verglichen.
Das Einstricken von Fangmaschen verursacht gegenüber der reinen Maschenstruktur einen härteren Warengriff. Flottungen verursachen im Vergleich zu Fangmaschen insgesamt einen weicheren Warengriff.

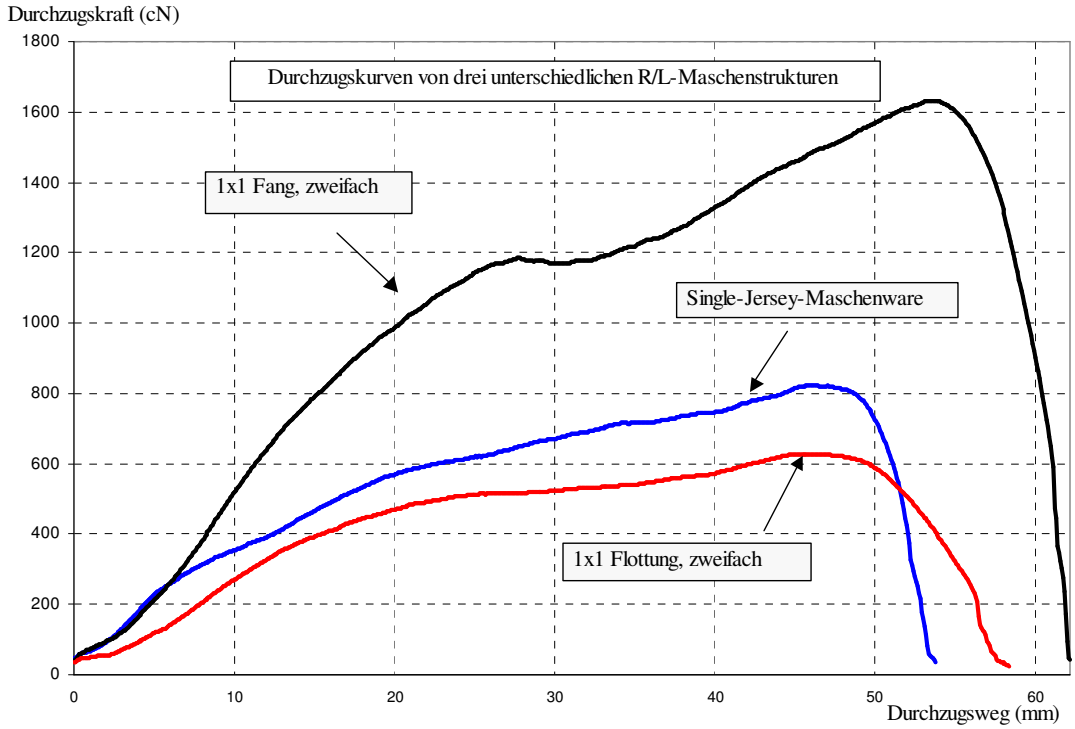


Abb. 21. Durchzugskurven dreier Maschenstrukturen

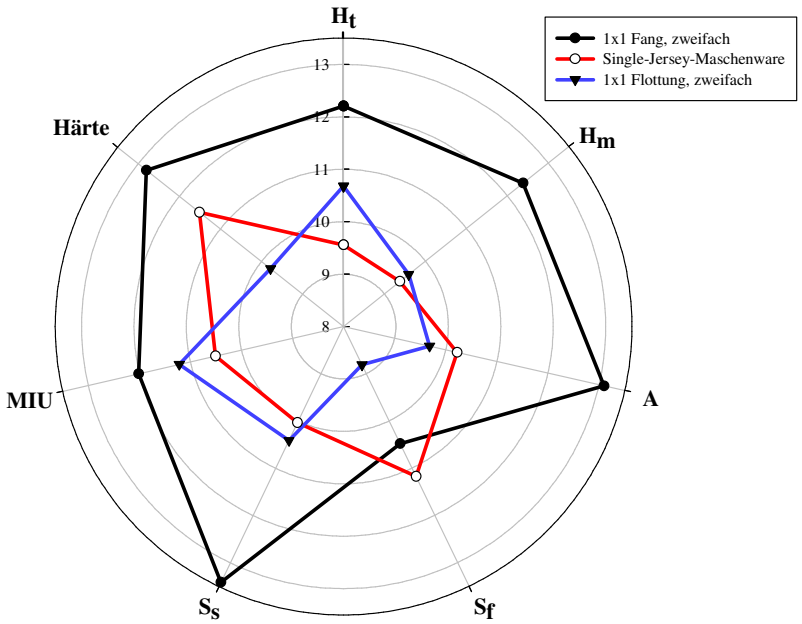


Abb. 22. Warengriff dreier Maschenstrukturen

10.2.2 Auswirkung der Maschendichte

Bei diesem Versuch wurde Single-Jersey-Maschenware mit drei unterschiedlichen Dichtefaktoren (17,5; 15; 13 $\frac{\sqrt{Tex}}{cm}$) gestrickt. Die Biegeeigenschaften der Gestrickte hängen wesentlich vom Gewicht, der Maschenlänge und vom Dichtefaktor ab [34]. Je kleiner die Maschendichte und loser der Maschenware, desto geringer ist die Biegsteifigkeit. Die Abstände innerhalb der Maschen und die Bewegung der Fäden nehmen mit zunehmender Maschendichte ab. Die Auswirkung unterschiedlicher Dichtefaktoren auf die Biegeeigenschaften ist in der Abbildung 20 dargestellt.

Auch die Schereigenschaften von Maschenware stehen in Verbindung mit der Maschendichte. Die Schereigenschaften werden durch Faktoren wie Garnreibwert und Garn-Kontaktlänge beeinflusst [34].

Ein sich verringernder Dichtefaktor hat folgende Auswirkungen:

- das Stoffgewicht nimmt ab,
- die Dehnbarkeit wird reduziert,
- die Mascheware wird loser, was eine höhere Kompressibilität bewirkt,
- die Oberfläche der Maschenware wird rauher.

Insgesamt führt ein geringerer Dichtefaktor zu einem weicheren Griff bzw. zu einem niedrigeren Widerstand beim Hindurchziehen der Textilprobe (Abb. 23)

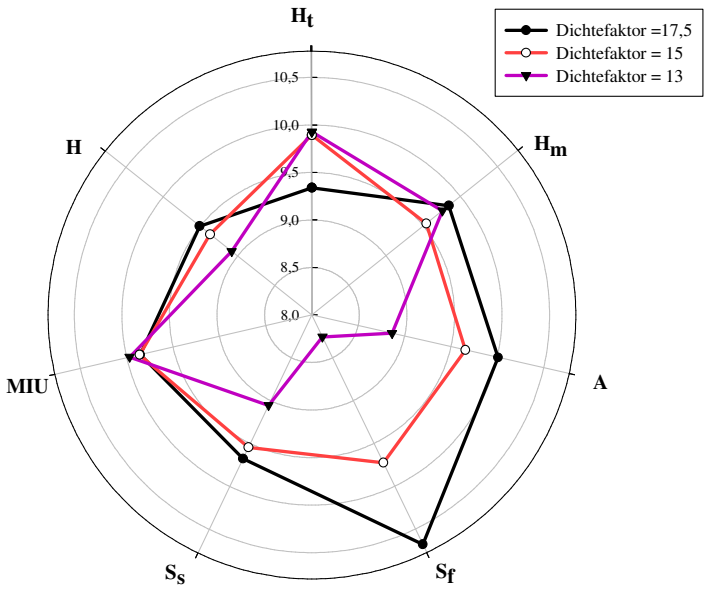


Abb. 23. Warengriff von Maschenwaren dreier unterschiedlicher Dichtefaktoren

10.2.3 Auswirkung der Strickparameter bei R/R-Strickkonstruktionen

Bei diesem Versuch wurden drei Rechts-Rechts-Strukturen untersucht:

- Eine Kombination aus Maschen und Flottungen (Milano-Rib)
- Eine Kombination aus Maschen und Henkel (Voll-Fang)
- Eine Struktur aus Maschen (1x1 Rippe)

Die Verwendung von Flottungen in Rechts-Rechts-Maschenstrukturen führt, im Vergleich zu aus ausschließlich Maschen bestehenden Strukturen, zu dichteren und steiferen Maschenwaren. Fangmaschen verursachen gegenüber Flottungen eine losere Struktur und damit geringere Biegeeigenschaften (B, 2HB). Ähnliche sind die Bedingungen für die Schereigenschaften, wenn eine Kombination von Maschen, Flottungen oder Henkel verwendet wird. Die Auswirkung der Rechts-Rechts-Maschenstrukturen auf die Biegeeigenschaften ist in der Abbildung 24 dargestellt.

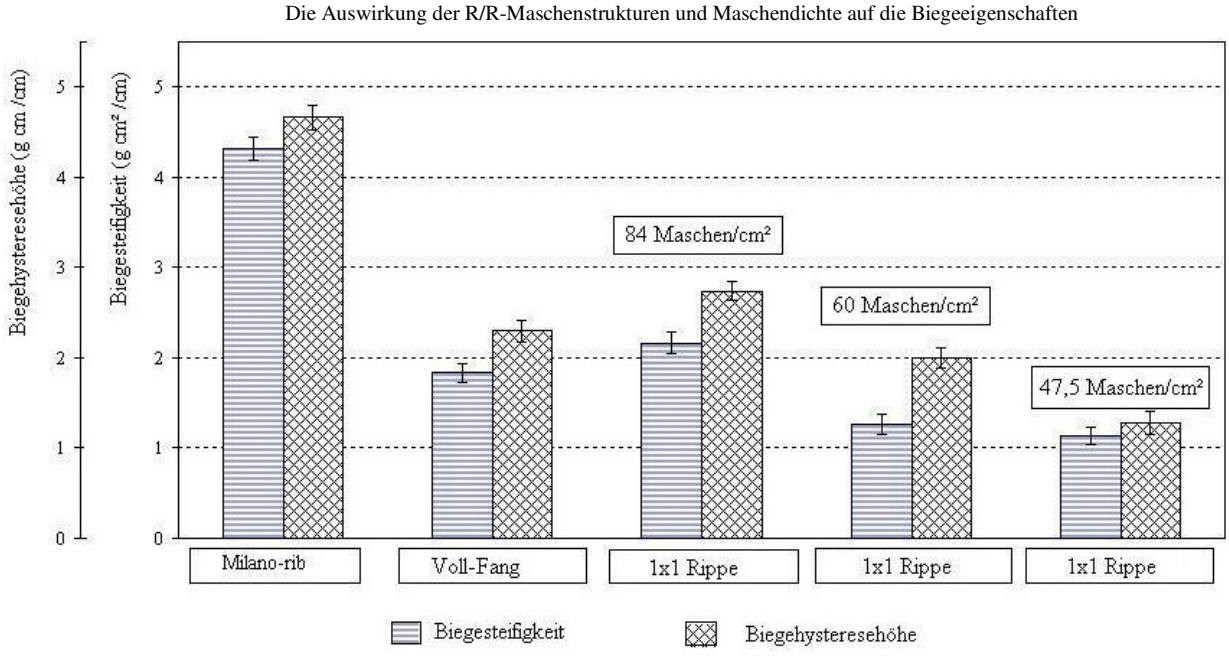


Abb. 24. Die Auswirkung der R/R-Maschenstrukturen und Maschendichte auf die Biegeeigenschaften

Die Verwendung von Flottungen in Rechts-Rechts-Maschenwaren führt zu folgenden Effekten:

- die Dehnbarkeit der Maschenware verringert sich,
- eine höhere Dicke und ein höheres Gewicht entstehen,
- ein dichteres Gerstrick mit weniger Kompressibilität entsteht

- eine offenere Oberflächenstruktur mit einer rauheren Oberfläche entsteht.

Milano-Rib (Abb. 25) mit einer Kombination aus Flottungen und Maschen ist steifer, härter, dicker, fester und rauher als die 1x1-Rippe. Deshalb besitzt diese Struktur einen schlechteren Warengriff.

Die Verwendung von Fangmaschen in Rechts-Rechts-Gestricken führt zu folgenden Effekten:

- geringere Maschendichte und damit weniger Gewicht,
- höhere Dicke und bessere Kompressionseigenschaften,
- ausgeprägte Rillenstruktur in Stäbchenrichtung und damit eine rauhere Oberfläche,

Insgesamt ist Voll-Fang mit seiner Kombination aus Fangmaschen und Maschen loser, weicher, dicker und trotzdem rauher als die 1x1-Rippenstruktur.

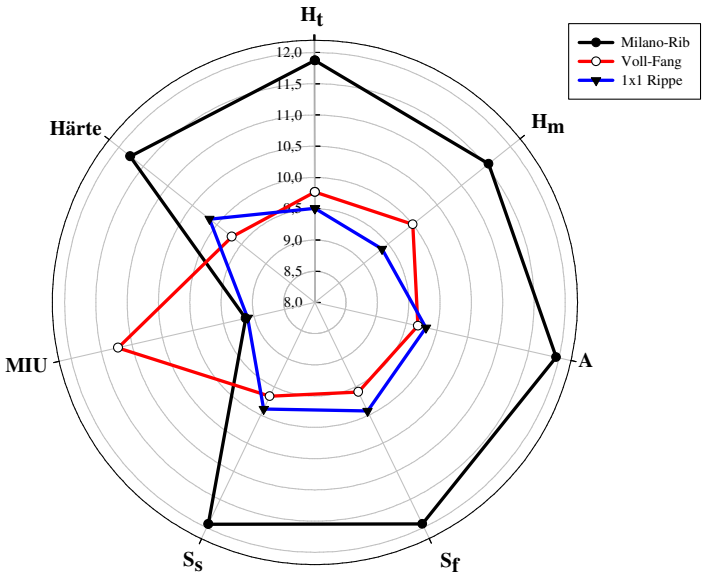


Abb. 25. Warengriff dreier Rechts-Rechts-Strickstrukturen

Die Auswirkung von Rechts-Rechts-Gestrickparamtern auf die restlichen physikalischen Maschenwaren-Eigenschaften werden im Detail in Anhang 13 diskutiert.

10.2.4 Auswirkung der Maschendichte

Beim diesen Versuch wurde eine 1x1-Rippenstruktur mit drei unterschiedlichen Maschendichten (84; 60; 47,5 Maschen/cm²) gestrickt. Es ergaben sich ähnliche Änderungen in den physikalischen Eigenschaften wie bei Single-Jersey-Gestricken bei Variation der Dichtefaktoren. Die Auswirkung der R/R-Maschenstrukturen auf die Biegeeigenschaften ist in der Abbildung 24 dargestellt. Die Auswirkung der Maschendichte auf die restlichen physikalischen

Maschenwaren-Eigenschaften sind im Detail in Anhang 13 diskutiert. In der Abb. 26 ist der Warengriff dreier Ripp-Gestricke mit unterschiedlichen Maschendichten dargestellt.

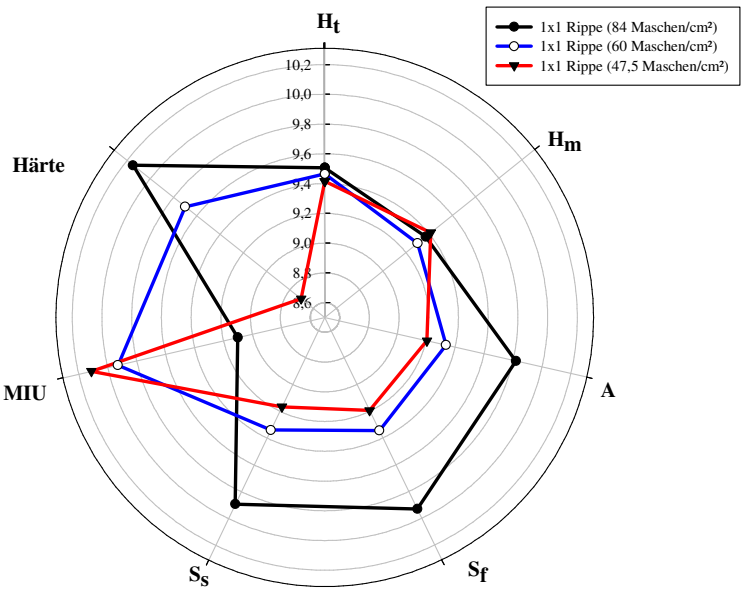


Abb. 26. Warengriff dreier Gestricke mit unterschiedlicher Maschendichten

10.3 Auswirkung der Garnparameter auf den Warengriff

Die Auswirkung der Garndrehung und Garnstruktur wurde untersucht.

10.3.1 Auswirkung der Garndrehung

In diesem Versuch wurden Maschenwaren aus verschiedenen Garnen mit drei unterschiedlichen Dichtefaktoren hergestellt. Die Abb. 27 stellt die Auswirkung der Garndrehung auf den Warengriff dar.

Interpretation dieser Abbildung: Die Biegesteifigkeit eines Stoffes beruht hauptsächlich auf der Steifheit der Faser im Faden. Hinzu kommt, dass die Fasern im Stoff an den Bindungspunkten nicht frei beweglich sind [25]. Durch den Drehungsprozess erhört sich die innere Reibung zwischen den Fasern, folglich wird der Faden steifer. Die Auswirkung der Garndrehung auf die Biegeeigenschaften ist in der Abbildung 20 dargestellt.

Weiterhin lässt sich der Faden weniger zusammendrücken, weshalb sich die Ware rauer anfühlt. Aus diesen Gründen ist zu erwarten dass die Gestricke, die aus einem Garn mit höherer Drehung hergestellt sind, einen höheren Widerstand während des Durchzugsvorgangs bzw. einem schlechteren Griff aufweisen.

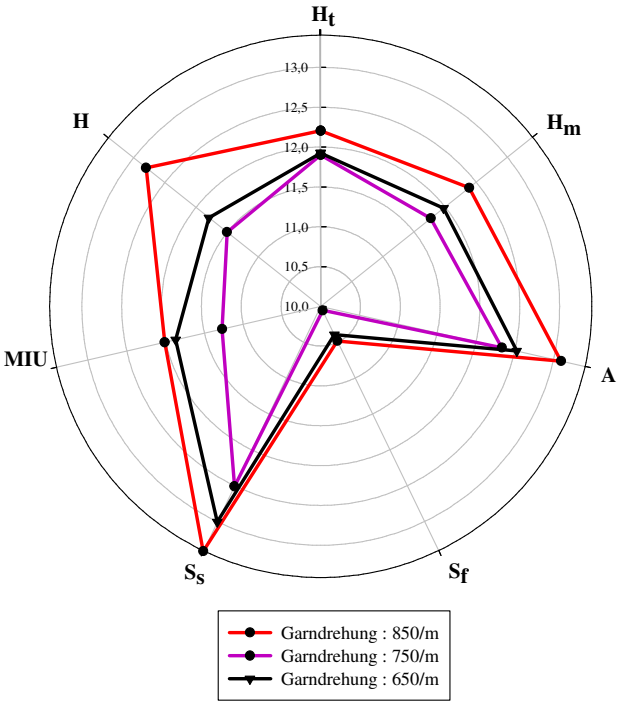


Abb. 27. Auswirkung der Garndrehung auf den Warengriff

Die Auswirkung der Garndrehung auf die physikalischen Gestrick-Eigenschaften ist in Anhang 9 dargestellt.

10.3.2 Auswirkung der Garnstruktur

Die physikalischen Eigenschaften einer Maschenware werden durch die Garnstruktur beeinflusst. Um diese Auswirkung auf den Warengriff bzw. die physikalischen Eigenschaften zu untersuchen, wurden die R/L-Maschenwaren aus Ringgarn, Rotorgarn, Vortexgarn und Kompaktgarn gestrickt. Um zu verstehen, wie sich die Garnstruktur auf die physikalischen Eigenschaften einer Maschenware auswirkt, sollte man die physikalischen Oberflächeneigenschaften der Garne ermitteln.

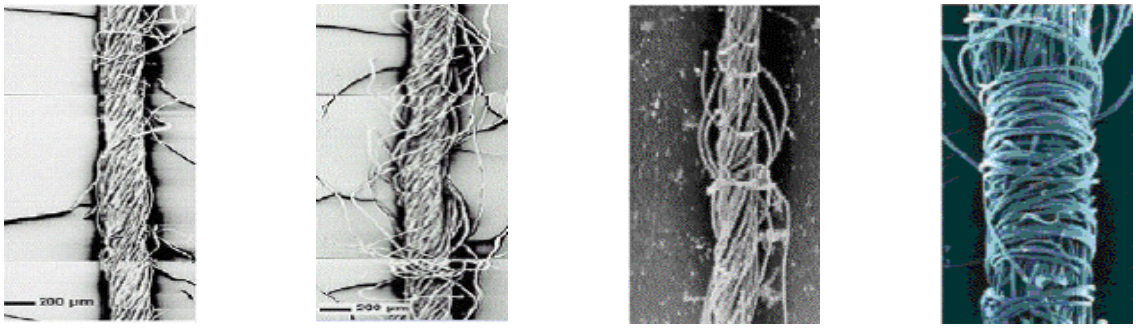
Beim Ringspinnen werden parallel liegende Fasern dem Spinndreieck zugeführt und dort unter Spannung miteinender verdreht. Dies führt zu einer hervorragenden Faserstreckung in Verbindung mit einer gleichmäßigen Einbindung der Fasern in den Garnverband. Daraus ergibt sich ein voluminöses Garn mit hohen Haarigkeit.

Anders ist es beim Rotorspinnen: In der Einbindezone in der Rotorrille wirken praktisch keine Zugkräfte, die die Faserorientierung weiter unterstützen können. Die Zugkraft im Faden erreicht vielmehr ihren höchsten Wert nach der Abzugsdüse. Während die Fasern in der Rotor-

rille in das Garn eingebunden werden, winden sich einzelne wirrliegende Fasern (Bauchbinden) um den fertigen Faden.

In der Vortexgarnstruktur sind über 90% der Fasern parallel im Garnkern angeordnet. Die restlichen, zumeist kurzen Faser, werden außen herumgewickelt. Das bewirkt im Vergleich zum Ringgarn eine deutlich geringere Haarigkeit.

Beim Kompaktspinnsystem wird das Faserbändchen mit Hilfe einer besaugten, perforierten Fläche vor der Verzugsklemmlinie verdichtet. Dadurch werden nahezu alle Fasern in einem sehr kleinen Spinndreieck eingebunden und können die anliegende Fadenspannung aufnehmen. Die Überbeanspruchung der Randfasern wird damit vermieden. Das führt zu einem Garn mit hoher Faserdichte und niedriger Haarigkeit, im Vergleich zum Ringgarn. Abb. 28 stellt Strukturen verschiedener Garne dar.



a) Kompaktgarn b) Ringgarn c) Vortexgarn d) Open-end Garn

Abb. 28. Strukturen verschiedener Garne

In Abb. 29 ist der Warengriff einer Rechts-Links-Maschenwarenstruktur (Single-Jersey-Maschenware), hergestellt aus unterschiedlichen Garnen, dargestellt.

Nach Abb. 21 ordnet sich der Warengriff von Maschenwaren in Abhängigkeit der Garnart wie folgt:

Rotorgarn > Vortexgarn > Kompaktgarn > Ringgarn

Im Allgemeinen haben die Gestricke aus Rotor- und Vortexgarnen einen schlechteren Warengriff. Hierfür sind die Bauchbinden verantwortlich, da diese die parallel angeordneten Faserbündel einschnüren und das Garn insgesamt versteifen. Bei Rotorgarnen treten Bauchbinden gehäufter auf. Die Fasern sind in den Maschenwaren an den Bindungspunkten insgesamt weniger beweglich. Folglich biegt sich das Garn schlechter und dehnt sich weniger. Weiterhin verursachen die Bauchbinden der Rotorgarne im Vergleich zu Ringgarnen eine rauhigere Garnoberfläche.

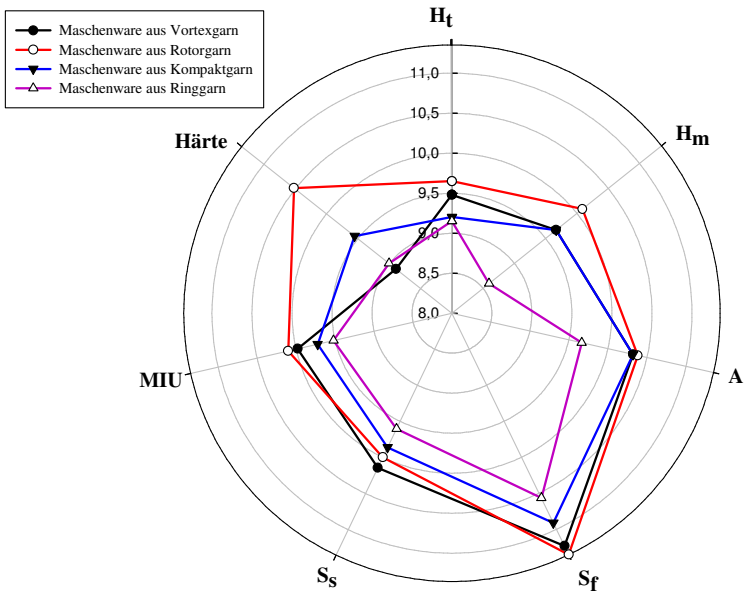


Abb. 29. Warengriff von Maschenwaren aus verschiedenen Garnstrukturen

Die Gestricke aus Rotorgarnen im Vergleich zu Ringgarnen, lassen sich wegen der Bauchbinden weniger zusammendrücken. Gestricke aus Kompaktgarnen besitzen bessere, d.h. hohere Biegeeigenschaften (*B* und *2HB*) als konventionelle Ringgarne. Dies kann durch die höhere Faserdichte des Kompaktgarns erklärt werden. Die Auswirkung der Garnstrukturen auf die Biegeeigenschaften ist in der Abbildung 30 dargestellt.

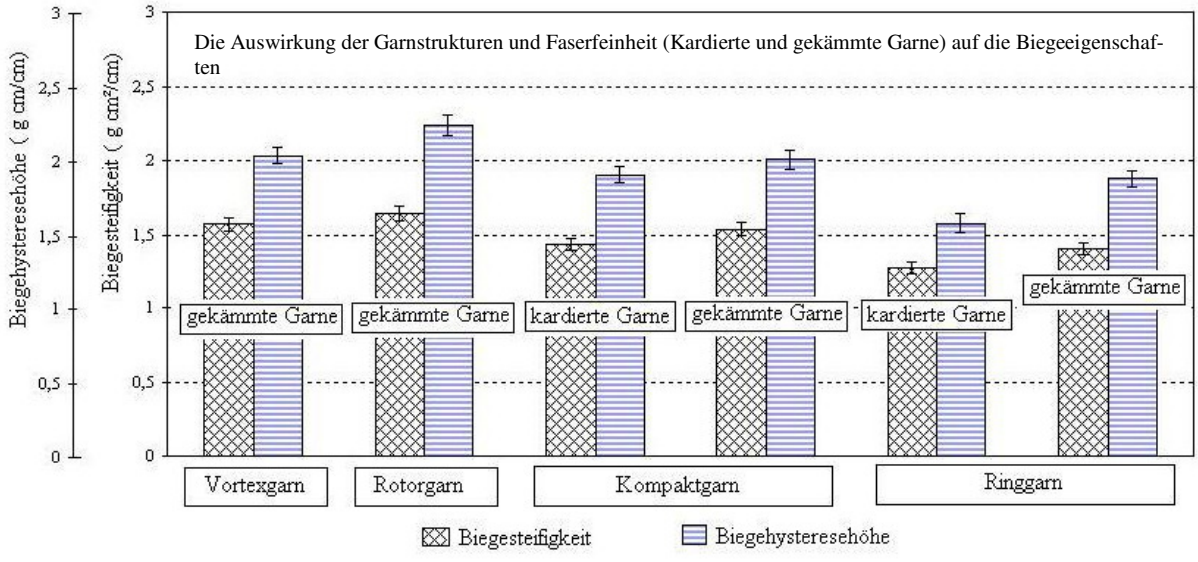


Abb. 30. Die Auswirkung der Garnstrukturen und Faserfeinheit (kardierte und gekämmte Garne) auf die Biegeeigenschaften

Ringgarne sind im Vergleich zu Kompaktgarne voluminöser, weshalb sie komprimierbarer sind. Da beim Kompaktspinnen fast alle Fasern verdreht werden, weisen die Kompaktgarne weniger Haarigkeit auf. Deshalb ist die Oberfläche von Kompaktgarne körniger.
Die Auswirkung der Garnkonstruktion auf die restlichen physikalischen Eigenschaften ist im Detail in Anhang 11 diskutiert.

10.4 Auswirkung der Veredlungsparameter auf den Warengriff

10.4.1 Auswirkung der Bleichmethode

Bei diesem Versuch wurden die Maschenwaren unter zwei Bedingungen (Farbweiß- und Vollweißmethode) gebleicht. Die Biege- und Schersteifigkeit der Maschenwaren sind stark angestiegen. Dieses kann mit dem Schrumpf in Stäbchen- und Reihenrichtung erklärt werden. Im Vergleich zu Rohware werden die Zwischenräume der Maschen durch das Bleichen kleiner, weshalb sich die Maschenware steifer anfühlt. Die Auswirkung verschiedener Bleichmethode (Vollweiß-gebleichte Maschenware (A02), Farbweiß-gebleichte Maschenware (A07)) auf die Biegeeigenschaften ist in der Abbildung 31 dargestellt.

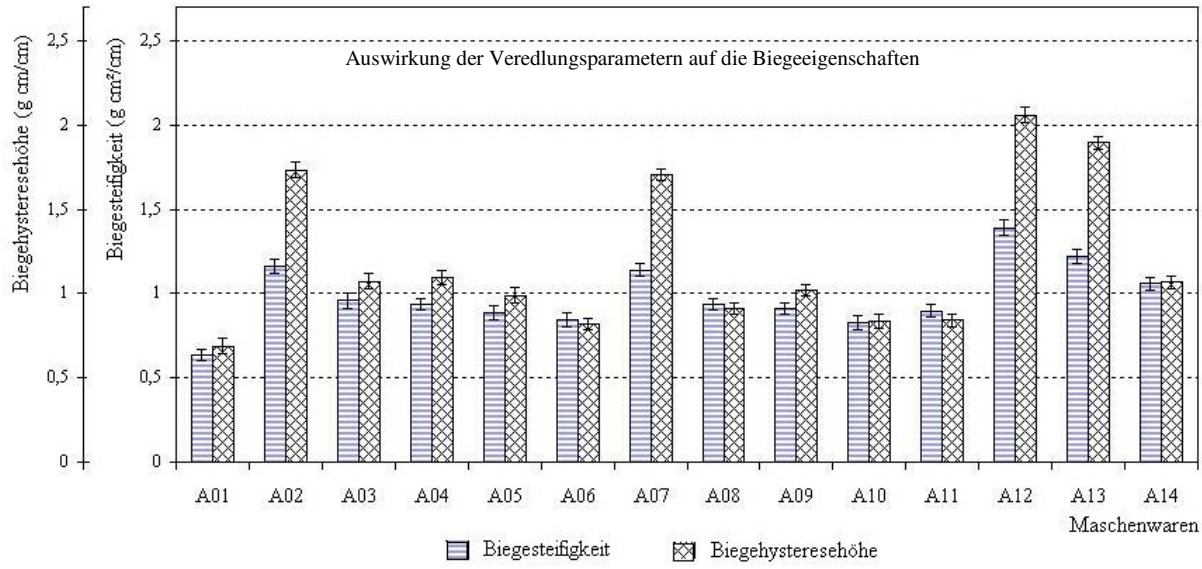


Abb. 31. Auswirkung der Veredlungsparametern auf die Biegeeigenschaften
Rohware (A01), Vollweiß-gebleichte Maschenware (A02), Vollweiß-gebleichte Maschenware, ausgerüstet durch Tubingal 220 (A03), 2% Tubingal MSQ (A04), 4% Tubingal MSQ (A05) und Tubingal KRE (A06). Farbweiß-gebleichte Maschenware (A07), Farbweiß-gebleichte Maschenware, ausgerüstet durch Tubingal 220 (A08), 2% Tubingal MSQ (A09), 4% Tubingal MSQ (A10), und Tubingal KRE (A11). Gefärbte Maschenware (A12),

gebleichte und gefärbte Maschenware (A13), ausgerüstete Maschenware mit Tubingal SKE nach dem bleichen und Färben (A14)

Die gebleichte Maschenware ist insgesamt kompakter, weniger kompressibel und weniger dehnbar. Außerdem wird die Oberfläche unregelmäßiger und rauher. Insgesamt fühlt sich gebleichte Maschenware steifer, härter, fester und rauer an. Da bei der Vollweißmethode die Maschenware mit höherer Bleicherkonzentration und höherer Temperatur behandelt wird, ergibt diese Bleichmethode im Vergleich zur Farbweißmethode einen schlechteren Warengriff (Abb. 32)

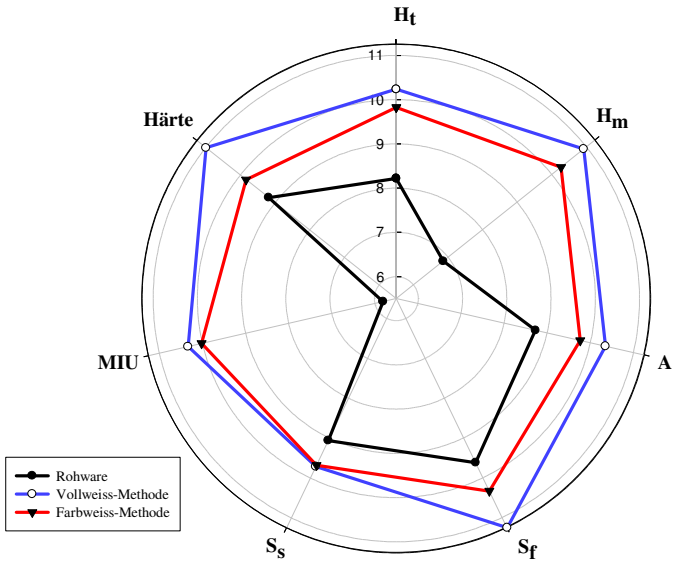


Abb. 32. Auswirkung der Bleichmethode auf den Warengriff

Die Auswirkung verschiedener Bleichmethoden auf die restlichen physikalischen Eigenschaften ist im Detail in Anhang 10 diskutiert.

10.4.2 Auswirkung des Färbeprozesses

Ähnliche Veränderungen in den physikalischen Eigenschaften wie beim Bleichen ergaben sich auch beim Färben von Maschenware. Beim Färben schrumpft die Maschenware ebenfalls stark, wodurch sie steifer, härter und rauher wird. Die Auswirkung des Färbeprozesses (gefärbte Maschenware (A12)) im Vergleich zu Rohware (A01) auf die Biegeeigenschaften ist in der Abbildung 31 dargestellt. Der Umfang des Warenschrumpfs ist abhängig von den Bedingun-

gen des Behandlungsprozesses. Bei Abb. 33 wird der Wahrengriff von Rohware (A01) und gefärbter Maschenware (A12) verglichen.

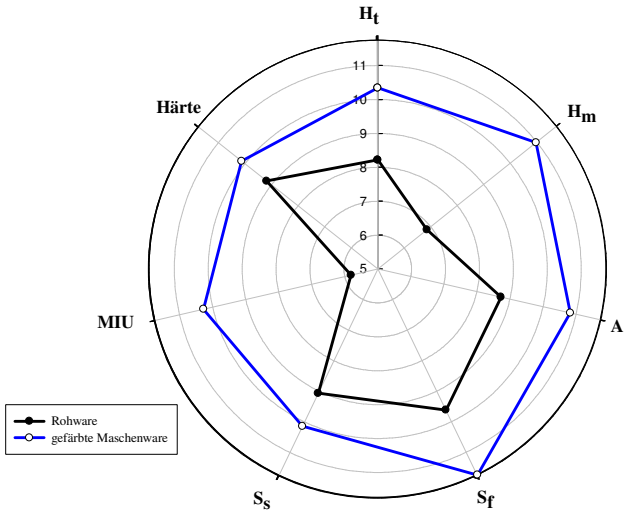


Abb. 33. Auswirkung des Färbenprozesses auf den Warengriff.

10.4.3 Auswirkung des Weichmachers

Bei Anwendung von Weichmachern zeigen sich folgende Phänomene:

- Die innere Reibung zwischen den Fasern und Garnen in der Gestrickstruktur verringern sich. Dadurch werden die Biege- und Schereigenschaften einerseits verringert und die Dehnbarkeit gesteigert. Die Auswirkung verschiedener Weichmachern auf die Biegeeigenschaften ist in der Abbildung 31 dargestellt.
- Die Maschenware fühlt sich voluminöser an, wodurch sich die Kompressionseigenschaften verbessern.
- Die Weichmacher beschichten die Stoffoberfläche, wodurch sich die Ware glatter und weicher anfühlt.

Abb. 34 zeigt die Oberflächeveränderungen einer Maschenware nach dem Waschen und der Ausrüstung mit einem Weichmacher.

a) Rohware b) nachdem waschen in 95°c c) nachdem weich machen

Abb. 34. Auswirkung des Waschenprozesses und Weichmachers auf die Stoffoberfläche

Natürlich spielt in diesem Fall die Art des Weichmachers eine wichtige Rolle. In der vorliegenden Arbeit wurden drei verschiedene Weichmacher verwendet: Tubingal 220 als ein nichtionischer Weichmacher, Tubingal MSQ als ein Mikroemulsions-Weichmacher und Tubingal KRE ist ein kationischer Weichmacher. Insgesamt zeigte sich, dass die kationischen Weichmacher zu einem besseren Warengriff führen. In Abb. 35 werden die Maschenwaren, die durch verschiedene Weichmachungsmittel ausgerüstet wurden, miteinander verglichen.

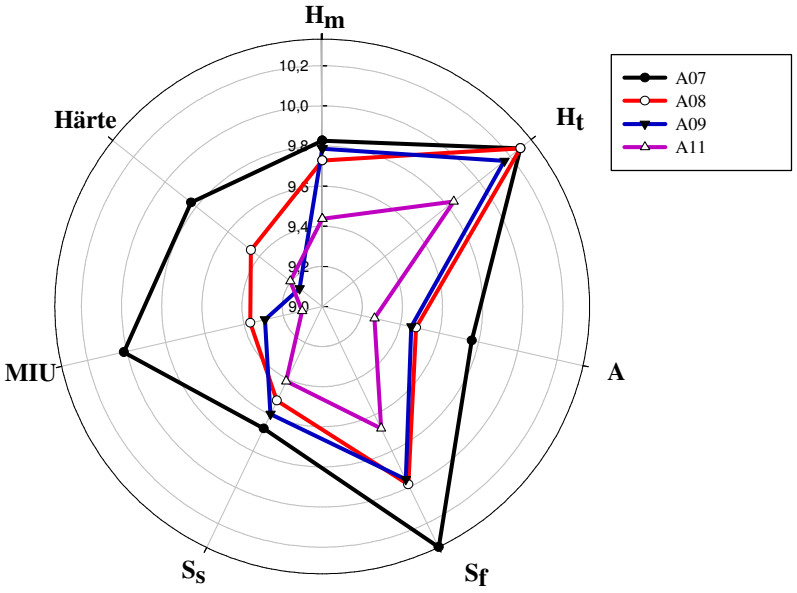


Abb. 35. Auswirkung des Weichmachers auf den Warengriff.
Gebleichte Maschenware (A07), ausgerüstete Maschenware mit Tubingal 220 (A08), Tubingal MSQ (A09) und Tubingal KRE (A11)

10.4.4 Auswirkung der Weichmacherkonzentration

In diesem Abschnitt wurde gebleichte Maschenware mit zwei unterschiedlichen Weichmacherkonzentrationen (2% und 4%) ausgerüstet. Die Erhöhung der Weichmacher-Konzentration bewirkt die Verringerung der Reibung zwischen den Fasern und Garnen und damit eine geringere Scher- und Biegesteifigkeit einerseits und andererseits eine höhere Dicke, Dehnbarkeit und Kompressibilität. Die Auswirkung verschiedener Weichmacherkonzentrationen auf die Biegeeigenschaften ist in der Abbildung 31 dargestellt.
Weiterhin wird die Stoffoberfläche regelmäßiger. Abb. 36 zeigt, dass eine Konzentration von 4% Tubingal MSQ auf gebleichter Maschenware einen besseren Griff verursacht als 2% Tubingal MSQ.

Die Auswirkung der Veredlungsparameter auf die physikalischen Eigenschaften ist im Detail in Anhang 10 diskutiert.

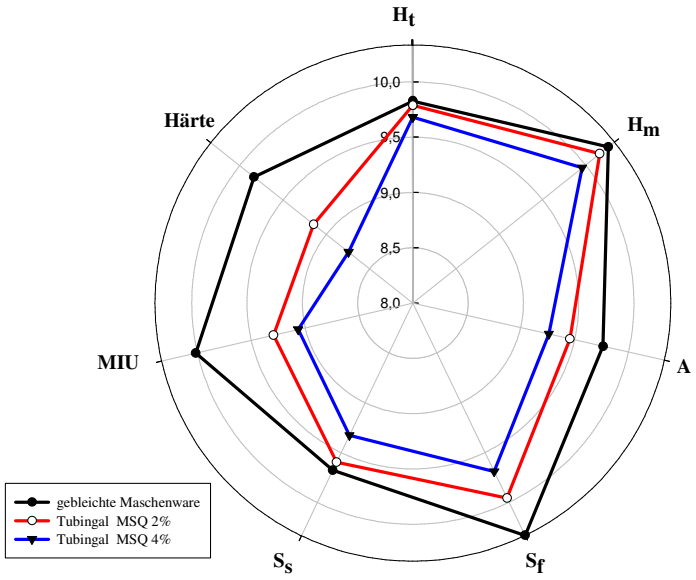


Abb. 36. Auswirkung der Weichmacherkonzentration auf den Warengriff

10.5 Auswirkung der Faserparameter auf den Warengriff

10.5.1 Auswirkung der Faserart

Zu diesem Versuch wurde R/R Maschenware aus Viskose- und Baumwollegarnen gestrickt. Die Viskosefaser verleiht einer Maschenware im Vergleich zur Baumwollefaser einen schöneren Fall und eine gute Drapierfähigkeit. Dies führt zu einer geringeren Biege- und Scher-steifigkeit. Die Auswirkung der Faserart auf die Biegeeigenschaften ist in der Abbildung 37 dargestellt.

Da das Baumwollgarn mehr Kurzfasern enthält, ist es voluminöser. Maschenwaren aus Baumwollgarnen haben dadurch eine höhere Kompressibilität. Aufgrund des Querschnitts, erzeugen Viskosefasern eine regelmäßigere Faseroberfläche und damit einen glatteren Griff. Insgesamt, zeigen die Maschenwaren aus Viskosegarnen einen seidenähnlichen Griff. In Abb. 38 ist der Warengriff von Maschenwaren aus Viskose- und Baumwollegarnen dargestellt.

Die Auswirkung der Faserart auf die restlichen physikalischen Eigenschaften ist im Detail in Anhang 11 diskutiert.

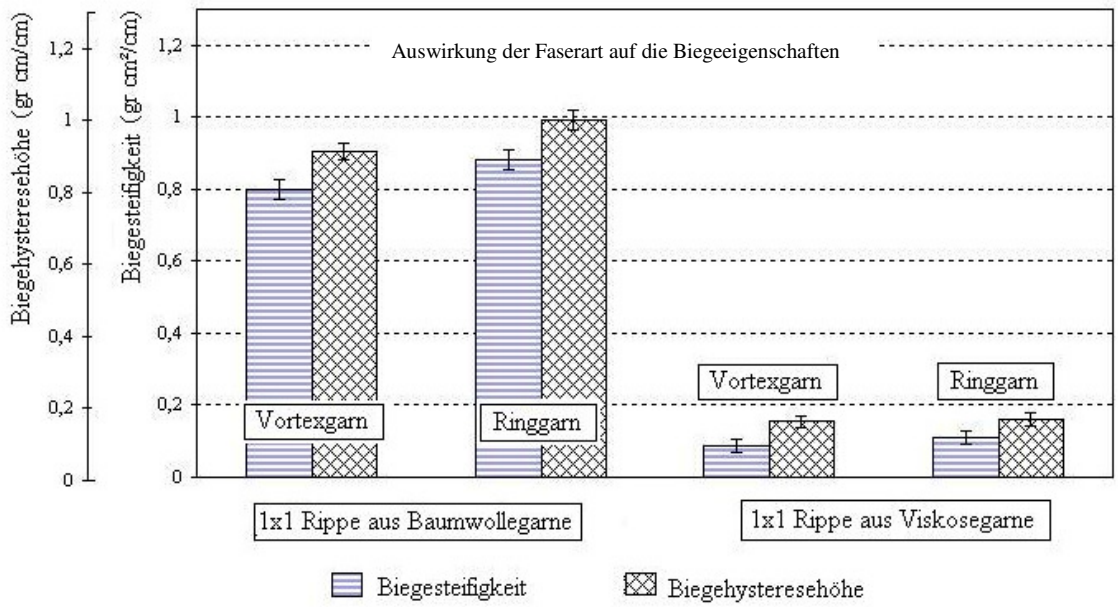


Abb. 37. Die Auswirkung der Faserart auf die Biegeeigenschaften

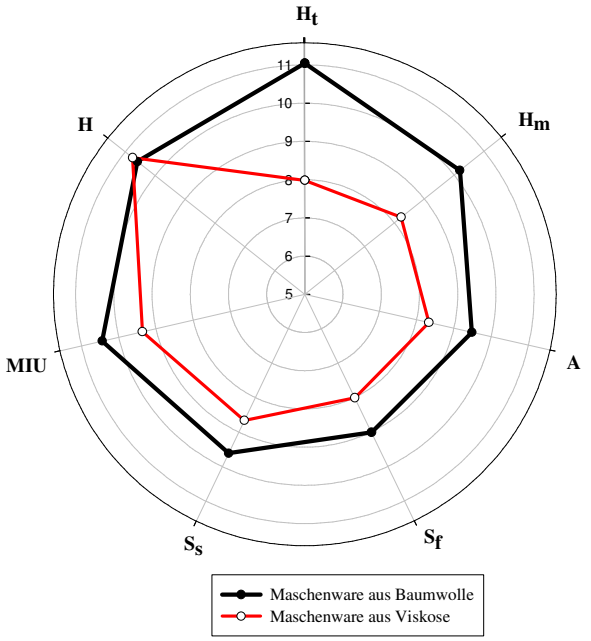


Abb. 38. Warengriff von Maschenware aus Baumwoll- und Viskosegarnen

10.5.2 Auswirkung der Faserfeinheit

Um die Auswirkung der Faserfeinheit zu ermitteln, wurden zwei Garne verschiedener Faserprovenienzen mit unterschiedlichen Faserfeinheiten ausgesponnen. Um die Auswirkung der Faserfeinheit zu verstärken, wurde aus der Provenienz mit feineren Fasern, gekämmte Garne

und aus anderen kardierte Garne ausgesponnen. Aus diesen wurde Rechts-Links-Maschenware gestrickt.

Da die Biegesteifigkeit eines Garnes, abhängig von der Faserfeinheit ist, zeigen die gekämmten Garne geringere Biegeeigenschaften (B und 2HB). Die Auswirkung der Faserfeinheit (gekämmte und kardierte Garne) auf die Biegeeigenschaften ist in der Abbildung 30 dargestellt.

Da im kardierten Garn mehr Kurzfasern vorhanden sind, sieht dieses voluminöser und haariger aus. Insgesamt weist die Maschenware aus feineren Faser einen besseren Warengriff auf. Abb. 39 zeigt den Warengriff zweier Maschenwaren aus gekämmten und kardierten Garnen.

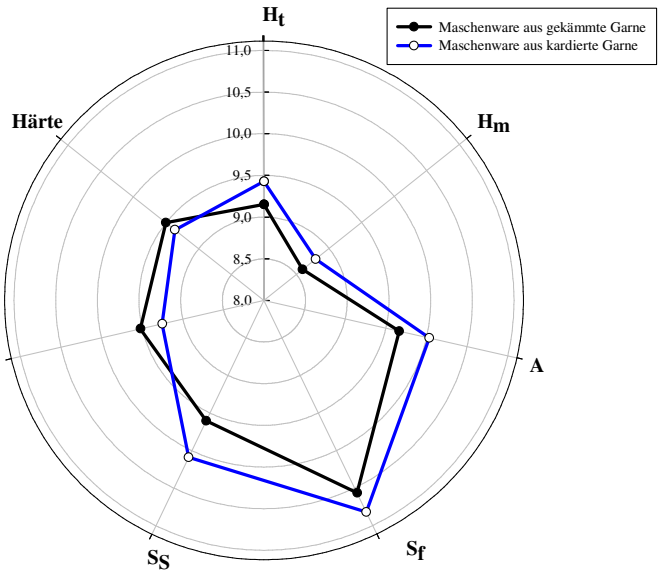


Abb. 39. Warengriff von Maschenware aus gekämmten und kardierten Baumwollegarnen

Die Auswirkung der Faserparametern auf die physikalischen Eigenschaften wird im Detail in Anhang 11 und 12 diskutiert.

10.6 ANOVA-Tabelle

Im letzten Schritt wurde untersucht, ob die PDP-Methode geeignet ist, Veränderungen im Warengriff zu erkennen, die durch Faser-, Garn-, Strick- und Veredlungsparameter verursacht werden. Dafür wurde die ANOVA-Tabelle als eine statistische Methode verwendet.

ANOVA ist Abkürzung für „Analysis of Variance“ und beschreibt die Vergleichsmöglichkeit verschiedener Stichproben.

Die D(X,Y)-Werte, die durch die Formel 25 definiert wurde, hat man für alle Strickproben errechnet. Die D(X,Y)-Werte beschreiben die Differenzen bei den untersuchten Maschenwaren, die durch verschiedene Einflussparameter entstehen.
Die ANOVA-Tabelle ist in Anhang 14 dargestellt. Die Ergebnisse dieser statistischen Analyse zeigen, dass die Differenzen zwischen den Strickproben durch die nachfolgend genannten Einflussparameter entstehen signifikant sind. Diese Einflussparameter wurden durch die PDP-Methode erfasst.

- Faserparameter (Faserart, Faserlänge)
- Garnparameter (Garndrehung und Spinnverfahren)
- Gestrickparameter (Struktur, Dichtefaktor)
- Veredelungsparameter (Bleichen, Färben, Weichmachen)

Die PDP-Methode ist demnach in der Lage, Änderungen des Warengriffs, hervorgerufen durch Variation von Griffparametern zu erkennen.

11 Zusammenfassung

Der Warengriff ist ein wesentliches Qualitätskriterium für Bekleidungstextilien. Dies gilt insbesondere für Maschenware. Deshalb wird schon seit geraumer Zeit versucht, den Warengriff von Maschenwaren zu messen, wie dies bei Geweben und Vliesen teilweise gelungen ist, allerdings mit erheblichem Aufwand. Die Übertragung dieser Erkenntnisse auf Maschenware ist jedoch noch nicht gelungen. Die Kawabata-Methode (KES-Methode) und das vereinfachte FAST-System werden für Gewebe eingesetzt. Außerdem sind beide Methoden zeitaufwändig, kompliziert und deswegen nicht praxisgerecht. Um diese Einschränkungen zu überwinden, wurde versucht, eine neue Methode zu entwickeln, die ohne hohen Kostenaufwand auskommt und für die Industrie akzeptabel ist. Hierzu gehört die Durchzugsmethode. Hierbei wird eine Rundprobe durch einen Ring gezogen. Die entstehende Durchzugskraft wird als ein Maß für die Bestimmung des Warengriffs verwendet. Da bei dieser Methode die Faltenbildung zufällig erfolgt, gibt es eine hohe Varianz bei den ermittelten Ergebnissen. Um zu einer definierten Faltenbildung zu gelangen, wurde eine Distanzplatte parallel zur Lochplatte zu platziert. Bei dieser Methode liegt die Rundprobe zunächst flach auf einer Platte mit einem mittigen Prüfloch, durch das die Probe gezogen wird. Die Faltenbildung kann durch die Distanzplatte, die parallel zur Lochplatte in einem bestimmten Abstand angeordnet ist, beeinflusst werden. Beim Durchzugsvorgang konnte im Vergleich zur konventionellen Durchzugsmethode ein Vielfaches an Falten erzeugt werden. Das Ergebnis ist eine definierte Kraft-Durchzugsweg-Kurve.

Bei der Einstellung des Prüfgeräts sind die Werte dreier Variablen festzulegen:

a) Prüflochdurchmesser,
b) Abstand zwischen Lochplatte und Distanzplatte,
c) Kopfdurchmesser der Nadel, mit der die Rundprobe durch das Prüfloch gezogen wird.

Vor jedem Durchzugsvorgang müssen die Einflussparameter in Abhängigkeit der Warendicke festgelegt werden, damit die Rundprobe problemlos durchgezogen werden kann. Der Prüflochdurchmesser und der Abstand zwischen Lochplatte und Distanzplatte wurde mathematisch, abhängig von der Probendicke und dem Probengewicht, festgelegt. Der Kopfdurchmesser der Nadel wurde nach einer empirischen Formel errechnet.

Die Messergebnisse zeigen, dass sich die Durchzugskraft mit zunehmendem Lochdurchmesser und steigendem Abstand zwischen Lochplatte und Distanzplatte verringert.

Bei konstantem Lochdurchmesser führt ein größerer Plattenabstand zu einem Anstieg der Faltenanzahl, Kontaktfläche der Rundprobe und damit der Durchzugskraft. Bei konstantem Plat-

tenabstand verringert ein größerer Lochdurchmesser die Durchzugskraft, da die Packungsdichte der Textilprobe im Prüfloch abnimmt.

Da Maschenwaren anisotrop sind, ist die Faltenbildung in Reihen- und Stäbchenrichtung unterschiedlich. Die Rundprobe verformt sich deshalb nierenförmig beim Durchzugsvorgang. Je nach Grad der Anisotropie ist die Verformung der Maschenware unterschiedlich ausgeprägt. Der anisotropische Charakter einer Maschenware zeigt sich in der Durchzugskurve durch die Kurvenkennwerte „Kurvensteigung nach dem Höchstpunkt“ und „maximaler Durchzugsweg“.

Um die Auswirkung der Distanzplatte auf die Variation der Messergebnisse zu ermitteln, wurden 14 Maschenwaren (jeweils 8 Einzelproben) mit der konventionellen und modifizierten Durchzugsmethode getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass der Variationskoeffizient der maximalen Durchzugskraft bei der konventionellen Durchzugsmethode deutlich größer ist, als bei der PDP-Methode. Das Ergebnis bei der PDP-Methode ist dadurch zuverlässiger.

Durch das Fasermaterial, wie auch durch die Garn- und Strick-Konstruktion kann der Warengriff gezielt beeinflusst werden. Folgende Einflussparameter wurden mit der modifizierten Durchzugsmethode (PDP-Methode) untersucht:

- Faserparameter (Faserart, Faserlänge)
- Garnparameter (Garndrehung und Spinnverfahren)
- Strickparameter (Struktur, Dichtefaktor)
- Veredlungsparameter (Bleichen, Färben, Weichmachen)

Die Versuchsgarne wurden ausgesponnen, verstrickt und die Gestricke unterschiedlich ausgerüstet sowie mit der PDP-Methode getestet. In Abhängigkeit der Stoffdicke wurden die Gestricke in Sommer- und Winterbekleidung klassifiziert. Es wurde untersucht, inwieweit die PDP-Methode mit etablierten Methoden (Kawabata-Methode bzw. Gewichtete Euklidische Distanz-Methode) korreliert. Da es für die Warengriffbewertung von gestrickter Sommerbekleidung keine Standardmethode nach Kawabata gibt, wurde die „Gewichtete Euklidische Distanz-Methode“ (GED-Methode) eingesetzt, deren Ergebnisse lt. Literatur in hohem Maße mit den KES-Ergebnissen korrelieren. Für gestrickte Winterbekleidung wurde die Kawabata-Methode angewandt.

Die GED-Methode ist im Prinzip eine mathematische Methode, bei der jeder Stoff mit einem Vektor und n Komponenten bezeichnet wird, wobei n Komponenten die objektiv gemessenen physikalischen Eigenschaften darstellen, die von Kawabata definiert wurden. Danach wird die Umwandelungsmatrix und die Gewichte deren Komponenten mit dem Jacobi Algorithmus

berechnet. Die errechneten Komponenten sind die primären Griffparameter. In der letzten Stufe wurde aus den primären Griffparametern ein Gesamtgriffwert (WD-Wert) errechnet. Bei der GED-Methode zeigte sich, dass die fünf primären Griffparameter „Steifheit", „Fülle", „Körnigkeit", „Rauhigkeit" und „Festigkeit" den Griff gestrickter Sommerbekleidung bestimmen.

Für statistische Analysen erfolgte die Auswahl der wichtigsten Kennwerte aus der Durchzugskurve wie folgt:

- maximale Durchzugskraft (F_m),
- Durchzugsweg am Höchstpunkt (H_m),
- Anfangssteigung (S_f),
- Zweite Steigung (S_s),
- Steigung vor dem Höchstpunkt (S_p),
- Durchzugsarbeit (A).

Um den Zusammenhang zwischen den Prüfkurvenkennwerten und den physikalischen Eigenschaften der Maschenwaren bzw. den Ergebnissen von GED-Methode zu ermitteln, wurde der Pearson Korrelationstest durchgeführt.

Die Korrelationsanalyse zeigt, dass die ermittelten Durchzugskurvenkennwerte von Sommerbekleidung mit allen primären Griffparametern, außer mit dem Parameter „Fülle", korrelieren. Mit den WD-Werten korrelieren die ermittelte Kurvenkennwerten allgemein sehr gut. Die ermittelten Durchzugskurven-Kennwerte von Sommerbekleidung korrelieren mit dem Parameter „Stoffdicke" und den „Kompressionseigenschaften" die mit dem Parameter „Fülle" zusammenhängen. Die Kurvenkennwerte korrelieren weiterhin sehr gut mit den Scher- und Biegeeigenschaften als auch mit den Dehnungseigenschaften. Die gute Korrelation der Oberflächeneigenschaften mit den Kurvenkennwerten erklärt sich durch die Anwendung der Distanzplatte, einen intensiven Kontakt zwischen der Probe und der Loch- und Distanzplatte während des Durchzugsvorgangs erzeugt.

Bei der Anwendung der konventionellen Durchzugsmethode berichten die Forscher, dass es keine Korrelation zwischen den Kurvenkennwerten und den Oberflächeneigenschaften gibt. Dies ist ein weiterer Unterschied der PDP-Methode zur konventionellen Durchzugs-Methode.

Für die in Winterbekleidung eingeordneten Textilproben wurde die Kawabata-Methode (KES-Methode) angewandt. Hierbei bestimmten die primären Griffparameter „Steifheit", „Glätte", „Fülle" und „Weichheit" die Griffeigenschaften. Aus den primären Griffparametern wurden die Gesamtgriffwerte berechnet.

Die Korrelationsanalyse zeigt, dass die ermittelten Durchzugskurven-Kennwerte der Winterbekleidungs-Proben nicht mit dem Parametern „Fülle“ und „Glätte“ bzw. mit dem Gesamtgriffwert korrelieren. Weiterhin korrelieren die Kompressionseigenschaften, die Stoffdicke und der Reibungskoeffizient nicht mit den Kurvenkennwerten. Dagegen korrelieren die Kurvenkennwerte sehr gut mit allen physikalischen Eigenschaften, außer mit den Parametern Stoffdicke und Reibungskoeffizient, sowie den Kompressionseigenschaften.

Insgesamt zeigte sich, dass bei der PDP-Methode als Schnellprüfmethode für die Praxis auf die Ermittlung einzelner Griffparameter oder der einzelnen physikalischen Eigenschaften verzichtet wurde und die ist Fähig einen summarischen Warengriff zu ermitteln.

In früheren Arbeiten, mit der konventionellen Durchzugsmethode als Basis, wurde ausschließlich die maximale Durchzugskraft als Maß genutzt, um Stoffe untereinander zu vergleichen. Da der Warengriff ein kompliziertes Phänomen ist, ist es nicht möglich, diesen mit nur einem Kennwert darzustellen. Aus diesem Grund wurden die Kurvenkennwerte, die am besten mit den physikalischen Eigenschaften korrelieren ausgewählt. Hierbei korrelieren H_m (Durchzugsweg beim Höchstpunkt) gut mit der Dehnbarkeit und dem Stoffgewicht, A (Fläche unter der Durchzugskurve) sehr gut mit der Biegesteifigkeit, S_f (Anfangssteigung der Durchzugskurve) sehr gut mit der Schersteifigkeit, S_s (zweite Steigung der Durchzugskurve) sehr gut mit der Biegesteifigkeit und Rauhigkeit. Der Kurvenkennwert H_t (gesamte Durchzugsweg) kann darüber hinaus als ein Maß zur Darstellung der anisotropischen Eigenschaften genutzt werden.

Zur besseren Beurteilung des Warengriffs wurde die Auswertung der Durchzugsmethode dahingehend erweitert, dass die PDP-Kurvenkennwerte, die am besten mit den physikalischen Maschenwareneigenschaften korrelierten und die Parameter „Oberflächenreibung“ und „Härte“ zusammen in einem Polardiagramm dargestellt werden. Die Fläche innerhalb des Polardiagramms kann als Maß zu Beurteilung des Warengriffs verwendet werden. Je größer die Fläche, desto härter ist der Warengriff.

Schließlich wurde eine ANOVA-Tabelle zur statistischen Analyse angewandt. Die ANOVA-Tabelle zeigt, ob die Differenzen zwischen den Einflussparametern signifikant sind. Die Ergebnisse zeigen, dass die PDP-Methode geeignet ist, geringe Unterschiede im Warengriff von Maschenwaren zu erkennen, die durch Variation von Faser-, Garn-, Strick- und Ausrüstungsparameter entstehen.

Die PDP-Methode bietet folgende deutliche Vorteile gegenüber der konventionellen Durchzugsmethode (ohne Distanzplatte):

- Die Faltenbildung bei der PDP-Methode ist wesentlich regelmäßiger als beim bisherigen Durchzugsverfahren. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass sich die Variation der Durchzugskräfte reduziert. Durch die Anwendung der Distanzplatte beschreibt die PDP-Methode die Warengriff bestimmenden physikalischen Eigenschaften der Maschenwaren wesentlich besser als die bisher angewandten Durchzugsverfahren.
- Die unterschiede, die durch Variation von Faser-, Garn-, Strick- und Ausrüstungsparameter entstehen, können mit der PDP-Methode erkannt werden.
- Während des Durchzugsvorgangs verformt sich die Maschenware, wodurch erkennbar wird wie stark die Anisotropie einer Maschenware ist.
- Ein Polardiagramm wurde entwickelt, mit dessen Hilfe schnell die Griffeigenschaften der Maschenwaren beschrieben werden können.

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse kann festgestellt werden, dass die PDP-Methode ein Verfahren ist, mit dem eine Basis geschaffen wurde, den Warengriff von Maschenwaren objektiv zu bewerten.

12 Literaturhinweise

[1] Jinlian Hu, Wenxiang Chen, and A. Newton:
A Psychophysical Model for Objective Fabric Hand Evaluation: An Application of Steven's Law
J. Text. Inst., Mars 1993

[2] Bishop D. P.:
Fabrics: Sensory and mechanical properties
Textile Progress, 1996, vol. 29, No.3

[3] R. S. Hallos, M. S. Burnip and A. Weir:
The Handle of Double Jersey Knitted Fabrics (Part I)
J. Text. Inst., 1990, 81 No .1.

[4] H.G. David, A. E. Stearn and E. F Denby:
The Subjective Assessment of Handle
Textile machinery society of Japan, Osaka, Japan, 1986, p 527-536

[5] S. Kawabata and M. Niwa:
Fabric performance in clothing and clothing Manufacture
J. Text. Inst. 1989, 80 No 1.

[6] P. V. Kadole, S. B. Akiwate:
Evaluation of Fabric Hand
Man-made Textiles in India, February 1995

[7] Lindberg J. Weasterberg L. and Svension R.:
Dimensional Changes in a System of Joined Cloth Pieces
J. Text. Inst, 1960, 51, P1495-93

[8] Peirce F. I.:
The Handle of Cloth as a Measurable Quantity
J. Text. Inst. 1930, 21, P 377-416

[9] Hassan M. Behery:
Comparison of Fabric Hand Assessment in the United States and Japan
T. R. J, 227-240,1986

[10] N. Pan, K. C. Yen:
A New Approach to the Objective Evaluation of Fabric Handle from Mechanical Properties, Part I
T. R. J, August 1988, P 438-444

[11] Tester, D. and De Boos:
Get It Right FAST Time
Textile Horizons 10, 13 (1990)

[12] P. V. Kadole:
Fabric Assurance by Simple Testing

Textile Processing, September 1995

[13] P. Ehrler, G. Blankenburg :
Beschreibung und Überwachung taktiler Eigenschaften mit Hilfe der Kawabata-Meßsystem und alternativer Prüfverfahren
ITV Forschungsbericht, 1990-92

[14] N. Pan, K. C. Yen:
A New Approach to the Objective Evaluation of Fabric Handle from Mechanical Properties, Part II
T. R. J, September 1988, P 531-537

[15] M. Govindaraj, A. Garg, A. Raheja, G. Huang and D. Metaxas:
Haptic Simulation of Fabric Hand
School of Textiles and Materials Technology, Philadelphia University, Downloaded from Internet

[16] M. Raheel and J. Liu:
An Empirical Model for Fabric Hand
T. R. J., 1991, 61, 79

[17] R. H. Gong, Y. Chen:
Predicting the Performance of fabrics in Garment Manufacturing with Artificial Neural Networks
T. R. J. 6987, 477-482 (1999)

[18] D. Gunter:
Toward a Simple Means of Judging Hand
American Dyestuff Reporter, March 1952

[19] Mohamed Sultan, Girish Grover:
Measuring Fabric Hand
Textile Horizons, June 1992

[20] Grover G., Sultan M.A., Spivak S. M.:
Screening Technique for Fabric Handle
J. Text. Inst., 1993, vol. 23, No. 3, pp. 486-494.

[21] J. O. Kim and B. Lewis:
Objective Evaluation of Fabric Hand. Part I: Relationship of the Fabric Hand by the Extraction Method and Related Physical and Surface Properties
T. R. J, January 1999, p 59-67

[22] Alley, V. L and Mac Hatton:
A Proposed Quantitative Measure of Fabric Handle and the Relative Characterization of Some Aerospace Flexible Material by Handle Module
AFGL-TR-76-0306, Special Report, 1976

[23] N. Pan and K. C. Yen:

Physical Interpretations of Curves Obtained Through the Fabric Extraction Process for Handle Measurement
T.R.J. 62, 59, 279-290 (1992)

[24] A. Seidel:
Griffbewertung von Strumpfwaren mit dem ITV-Griff-Tester
Melliand Textilberichte, 6/2001, pp. 491-494

[25] E. Strazdiene, M. Gutauskas and L. Papreckiene:
A New Method for Textile Objective Evaluation
J. Text. Inst., 2003, 94 Part I

[26] Knapton, J. J. F.:
Knitting Performance of Wool Yarns: Effect of Garn/Metal Friction, Stitch Length, and Cover Factor on Knitting Performance
T. R. J., 38(1), 22-28 (1968)

[27] M. Matsudaira, Y. Tan, Y. Kondo:
The Effect of Fibre Cross-sectional Shape on Fabric Mechanical Properties and Handle
J. Text. Inst., 1993, 84 No.3

[28] Internet web site of company CHT
http://www.cht-group.com

[29] N. Pan, S. Haig:
An Alternative Approach to the Objective Measurement of Fabrics
T. R. J. 63(1), 33- 43 (1993)

[30] M. Choi, S. Ashdown:
Effect of Changes in knit Structure and Density on the Mechanical and Hand Properties of Weft-knitted Fabrics for Outerwear
T. R. J. 70(12), 1033-1045 (2000)

[31] J. O. Kim and B. Lewis:
Objective Assessment of Fabric Handle in Fabrics treated with Flamed Retardant
American society for testing and Material, 1996, P 223-227

[32] Li Ze:
The Study of Objective Evaluation Method of Handle Modulus of Wool Apparel Fabric
7 th International Wool Textile Research Conference, Tokyo, 1985

[33] Pau-Lin Chen, Roger L. Barker:
Handle of Weft Knit Fabrics
T. R. J, April 1992, P 200-211

[34] Dahlia, T. Mastsuo:
Effect of Garn and Fabric Structure on the Bending properties of Plain and Rib knitted Fabrics

T. R. J, 70(9), P 783-794 (2000)

[35] Skelton, J. and Schoppee:
Frictional Damping in Multi Component Assemblies
T. R. J, 46(9), 661-667, 1976

[36] Gibson, V. L., and Postle, R.:
An Analysis of the Bending and Shear Properties of Woven, Double-knitted, and Warp-knitted Fabrics
T. R. J .48 (1), 14-27 (1978)

[37] M. Jacobsen, A. Fritz:
A Psychophysical Evaluation of the Tactile Qualities of Hand Knitting Yarns
T. R. J. 62 (109), 557-566 (1992)

[38] V. Subramaniam, T. Amaravathi:
Effect of fibre Linear Density and the Type of Cotton on the Handle and Appearance of Polyester-Fibre-Cotton fabrics Produced from Ring-spun and Open-end-spun Yarns.
J. Text. Inst. 1994, 85 No 1.

13 Anhänge

Anhang 1: Eigenschaften der ausgesponnenen Garne

Tabelle 1. Eigenschaften der ausgesponnenen Garne

Eigenschaften		Garn 1	Garn 2	Garn 3	Garn 4	Garn 5	Garn 6	Garn 7	Garn 8	Garn 9
Spinnverfahren		Ring	Ring	Ring	Ring	Compact	Compact	Rotor	Vortex	Ring
Material		Cotton	Cotton	Cotton	Cotton	Cotton	Cotton	Cotton	Cotton	Cotton
Faserfeineheit		3,9 den	3,9 den	3,9 den	3,9 den	3,9 den	3,9 den	3,9 den	3,9 den	4,1 den
Faserlänge		1 1/16"	1 1/16"	1 1/16"	1 1/16"	1 1/16"	1 1/16"	1 1/16"	1 1/16"	1 7/16"
Prozess		Combed	Combed	Carded	Combed	Combed	Carded	Combed	Combed	Combed
Titer (Tex)		19,99	20,26	20,11	20,52	20,33	20,25	20,17	19,82	15
CV_m%		11,73	11,56	11,8	12,04	12,27	12,47	14,73	12,1	13,14
Neps/Km 200%		28	36	16	34	32	20	171	19	75
Neps/Km 280%		7	10	5	6	8	6	9	4	24
Dünnstellen /km (-50%)		0	0	1	0	0	1	31	1	4
Dickstellen/km (50%)		13	13	12	9	33	34	54	11	36
Festigkeit (cN/tex)		14,85	18,47	12,5	15,41	18,17	16,6	12,86	13,61	17,7
Dehnbarkeit(%)		5,6	6,43	5,6	5,55	5,92	6,17	6,55	4,9	6,59
Drehung/meter		657	853	681,77	756	696,21	704,04	αm=130	577,9	968,2
Haarigkeit	1 mm	10174	8329	11432	11805	6580	8606	2156	5727	6917
	2 mm	1175	850	1542	1270	788	1142	203	763	256
	3 mm	929	685	1062	867	310	394	118	414	31
	4 mm	654	492	687	458	97	110	90	286	3
	6 mm	197	127	191	98	9	9	23	77	0

Anhang 2. Praxisversuche und Eigenschaften von Gestrickproben

Tabelle 1. Eigenschaften von Gestrickproben, die aus verschiedenen Fasern gestrickt wurden

Stoffkode	Material	Spinnsystem	Garnnummer	Struktur	Maschendichte (Maschen/cm²)	Gewicht (g/m²)
C001	Cotton	Ring	Nm 68	1x1 Rib	112	186
C002	Cotton	Vortex	Nm 68	1x1 Rib	45	181
V001	Viscose	Ring	Nm 68	1x1 Rib	84	149
V002	Viscose	Vortex	Nm 68	1x1 Rib	60	161

Tabelle 2. Eigenschaften von Gestrickproben, die aus Garnen hergestellt wurden, die mit unterschiedlichen Spinnverfahren ausgesponnen wurden

Stoffkode	Spinnsystem	Garnnummer	Spinnprozess	Struktur	Maschendichte (Maschen/cm²)
C01	Vortex	Nm 50	gekämmt	Single-Jersey-Maschenware	349
C02	Roto	Nm 50	gekämmt	Single-Jersey-Maschenware	357
C03	Kompakt	Nm 50	gekämmt	Single-Jersey-Maschenware	352
C05	Kompakt	Nm 50	kardiert	Single-Jersey-Maschenware	352
C10	Ring	Nm 50	gekämmt	Single-Jersey-Maschenware	333
C04	Ring	Nm 50	kardiert	Single-Jersey-Maschenware	344

Tabelle 3. Eigenschaften von Gestrickproben mit unterschiedlichen Strukturen und Gestrickproben, die aus Garnen mit unterschiedlichen Garndrehungen gestrickt wurden

Stoffkode	Material und Garnnummer	Garndrehung Drehung/m)	Struktur	Maschendichte (Maschen/cm²)	Dichtefaktor
C06	Baumwolle (Nm 50)	850	1x1 Fang, zweifach	192	17,3
C07	Baumwolle (Nm 50)	850	Single-Jersey	341	17,5
C08	Baumwolle (Nm 50)	850	1x1 Flottung, zweifach	168	17,5
C09	Baumwolle (Nm 50)	650	1x1 Fang, zweifach	186	17,3
C10	Baumwolle (Nm 50)	650	Single-Jersey	338	17,5
C11	Baumwolle (Nm 50)	650	1x1 Flottung, zweifach	161	17,5
C12	Baumwolle (Nm 50)	750	1x1 Fang, zweifach	208	17,3
C13	Baumwolle (Nm 50)	750	Single-Jersey	195	13
C14	Baumwolle (Nm 50)	750	1x1 Flottung, zweifach	145	17,5
C15	Baumwolle (Nm 50)	750	Single-Jersey	285	15
C16	Baumwolle (Nm 50)	750	Single-Jersey	352	17,5

Tabelle 4. Eigenschaften von Rechts-Rechts-Gestrickproben, die mit unterschiedlichen Strukturen und Festigkeiten gestrickt wurden

Stoffkode	Material	Spinnsystem	Garnnummer (Nm)	Struktur	Maschendichte (Maschen/cm²)
RF01	Baumwolle	Ring	70/3 Nm	Milano-rib	112
RF02	Baumwolle	Ring	70/3 Nm	Voll-Fang	45
RF03	Baumwolle	Ring	70/3 Nm	1×1 Rippe	84
RF04	Baumwolle	Ring	70/3 Nm	1×1 Rippe	60
RF03	Baumwolle	Ring	70/3 Nm	1×1 Rippe	47,5

Tabelle 5. Eigenschaften der ausgerüsteten Rechts-Links-Gestrickproben

Stoffkode	Maschendichte (Maschen/cm²)	vorwaschen	Bleichmethode	Färben	Weichmacher	Prozent vom Weichmacher
A01	247	-	-	-	-	0%
A02	300	-	Vollweiß	-	-	0%
A03	320	-	Vollweiß	-	Tubingal 220	2%
A04	320	-	Vollweiß	-	Tubingal MSQ	2%
A05	320	-	Vollweiß	-	Tubingal MSQ	4%
A06	320	-	Vollweiß	-	Tubingal KRE	2%
A07	300	-	Farbweiß	-	-	0%
A08	310	-	Farbweiß	-	Tubingal 220	2%
A09	310	-	Farbweiß	-	Tubingal MSQ	2%
A10	310	-	Farbweiß	-	Tubingal MSQ	4%
A11	310	-	Farbweiß	-	Tubingal KRE	2%
A12	315	***	-	***	-	0%
A13	315	-	Farbweiß	***	-	0%
A14	315	-	Farbweiß	***	Tubingal SKI	2%

Anhang 3. Durchzugskurven von Gestrickproben

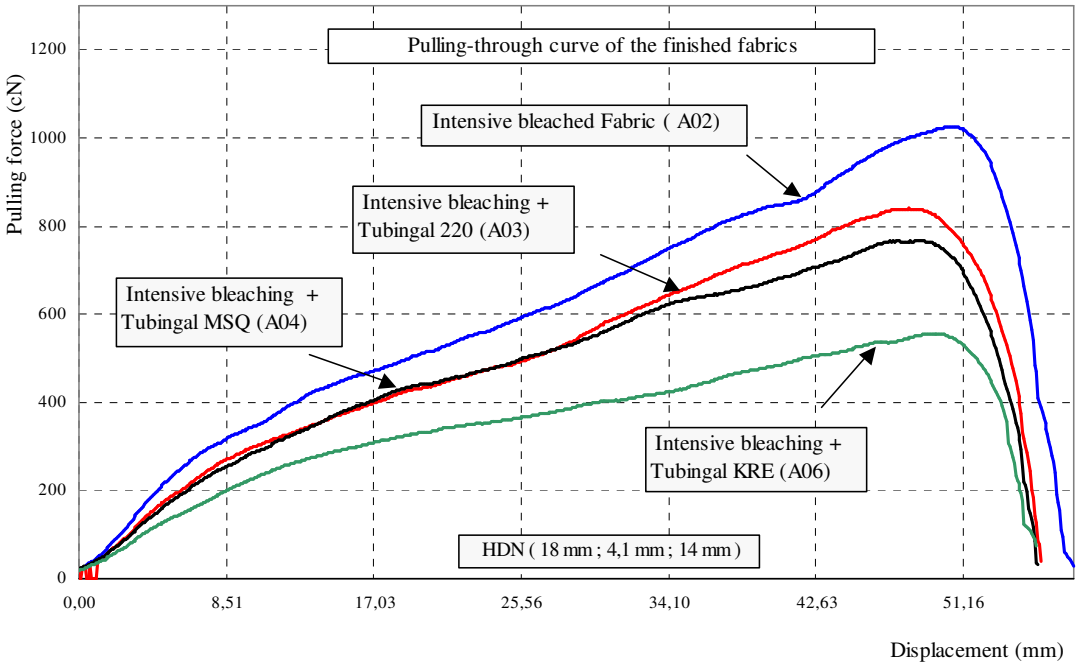


Abb. 1. Durchzugskurven von Vollweiß-Maschenware und ausgerüsteten Maschenwaren mit unterschiedlichen Weichmachern

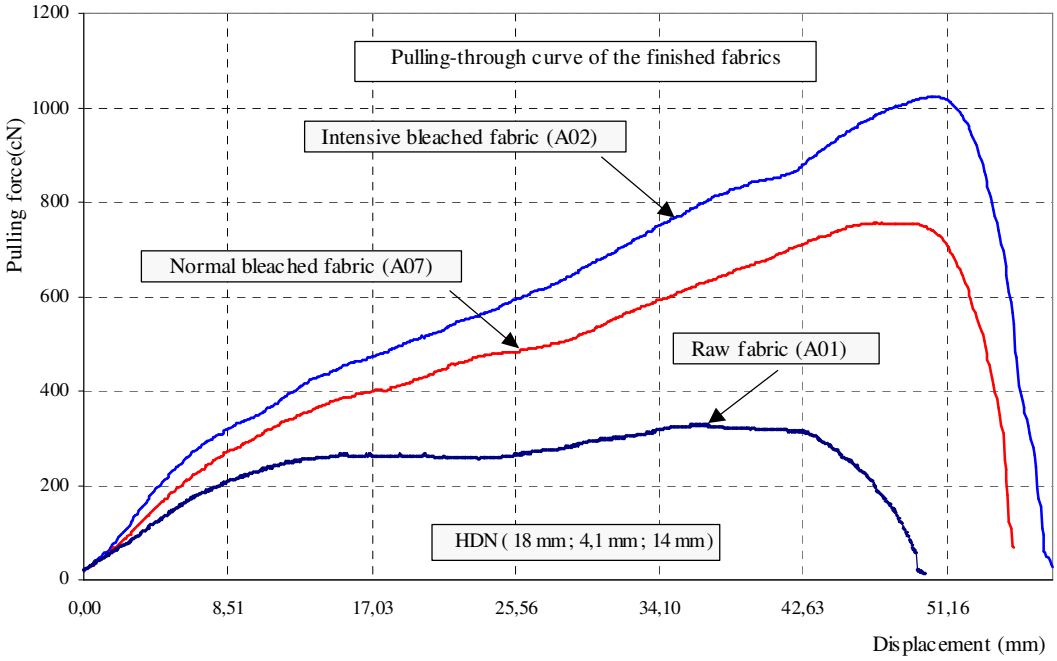


Abb. 2. Durchzugskurven von Farbweiß-Maschenware und ausgerüsteten Maschenwaren mit unterschiedlichen Weichmachern

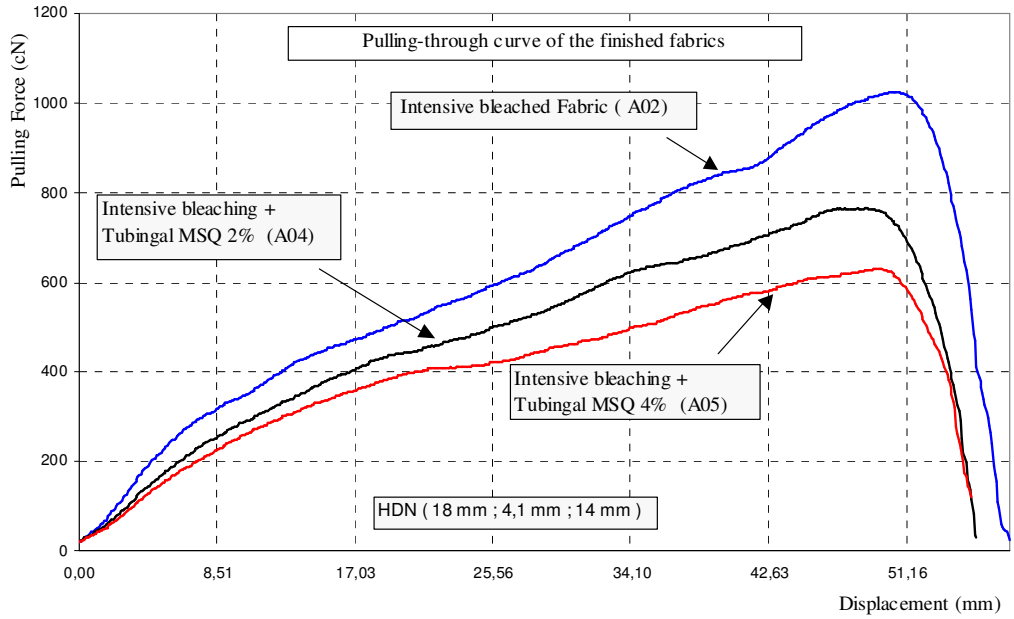


Abb. 3. Durchzugskurven von Vollweiß-Maschenware und ausgerüsteten Maschenwaren mit unterschiedlichen Weichmachern

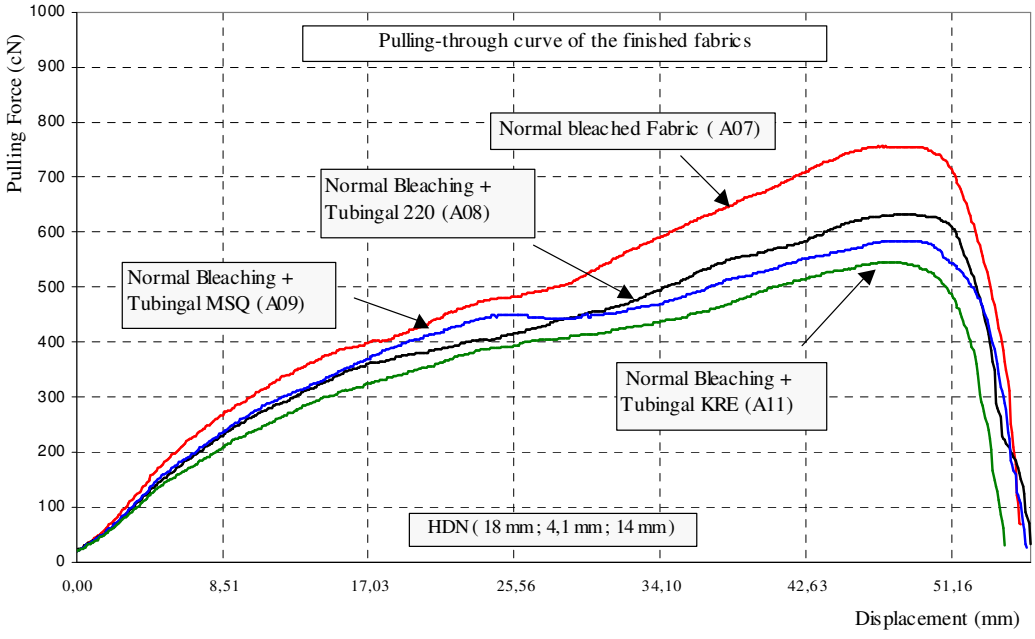


Abb. 4. Durchzugskurven von Farbweiß-Maschenware und ausgerüsteten Maschenwaren mit unterschiedlichen Weichmachern

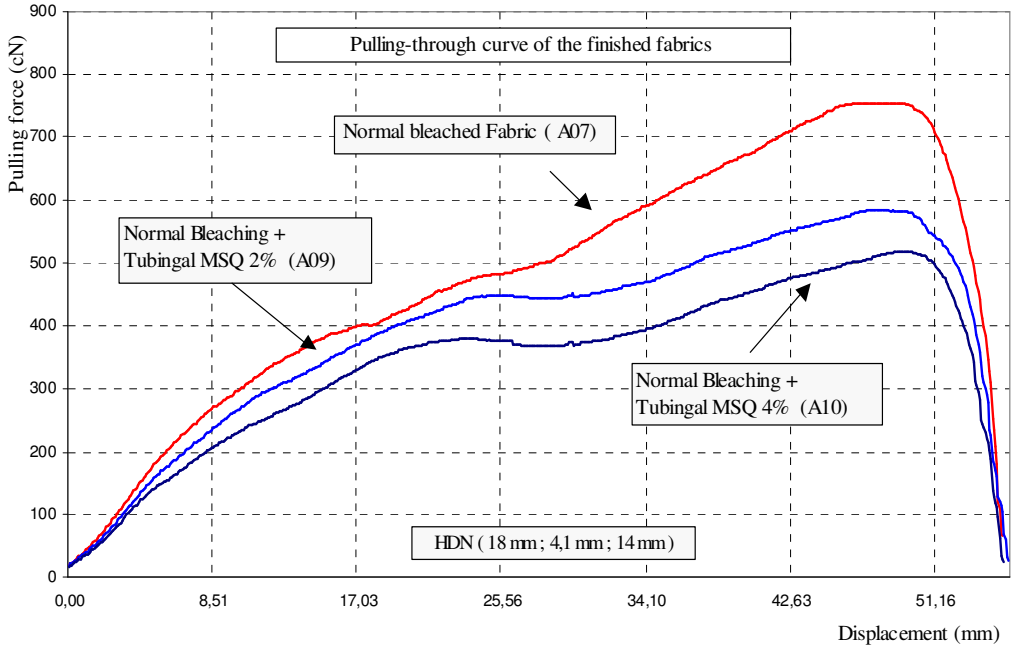


Abb. 5. Durchzugskurven von Farbweiß-Maschenware und ausgerüsteter Maschenware mit unterschiedlichen Weichmacherkonzentrationen

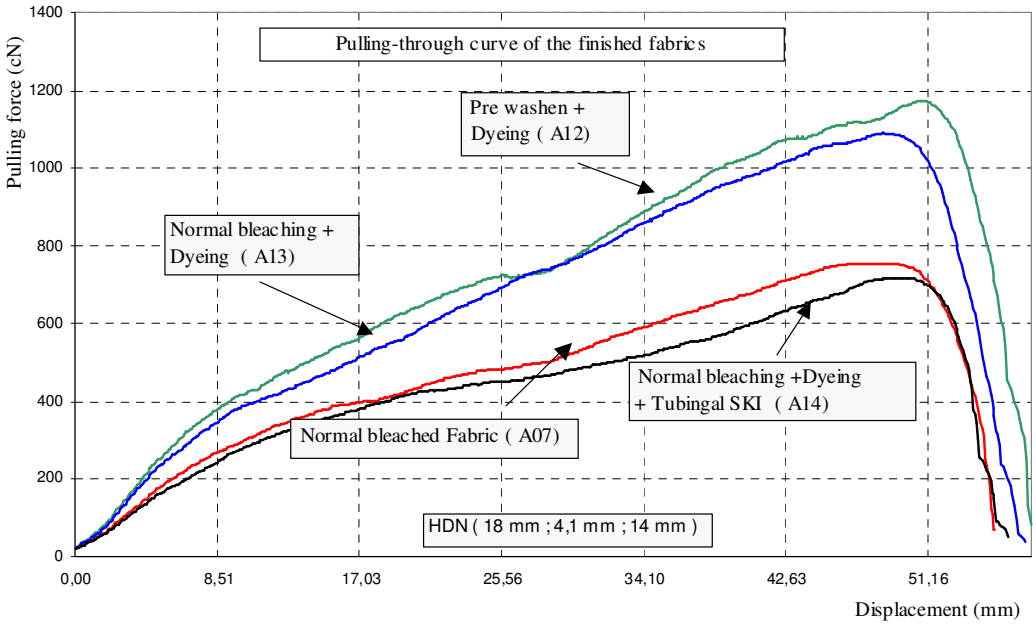


Abb. 6. Durchzugskurven von Farbweiß-Maschenware, gefärbter Maschenware und ausgerüsteter Maschenware mit Weichmacher

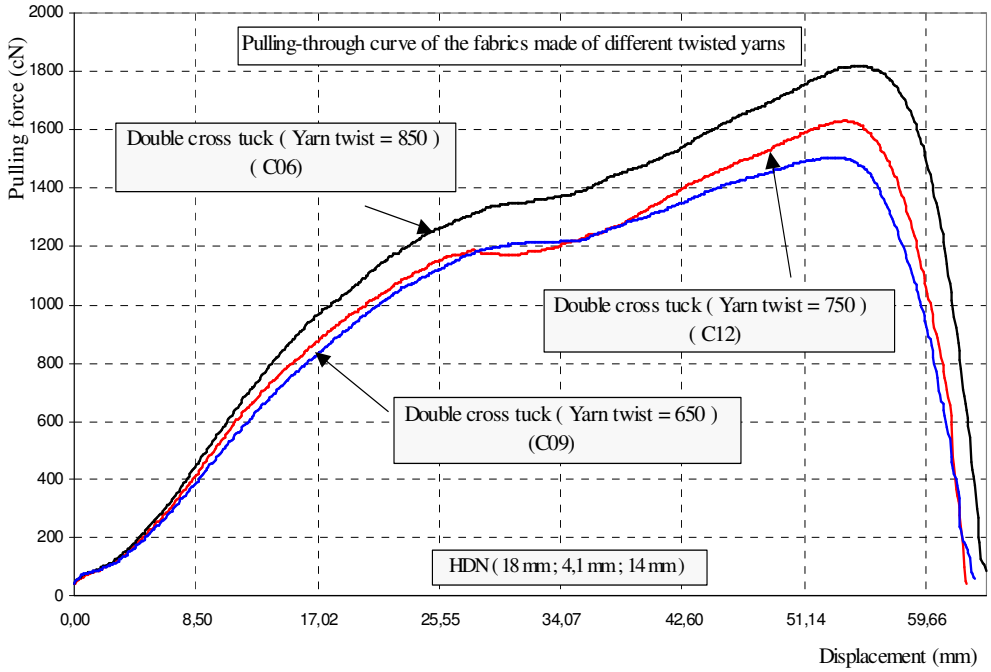


Abb. 7. Durchzugskurven von 1x1 Fang, zweifach (Double cross tuck) aus Garnen mit unterschiedlichen Grandrehungen

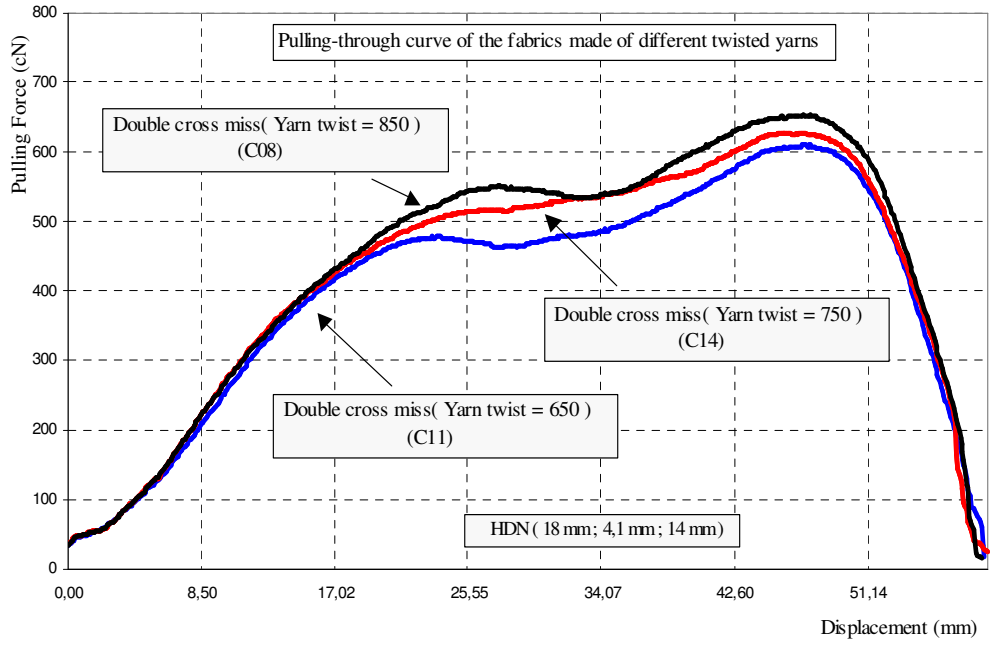


Abb. 8. Durchzugskurven von 1x1 Flottung, zweifach (Double cross miss) aus Garnen mit unterschiedlichen Grandrehungen

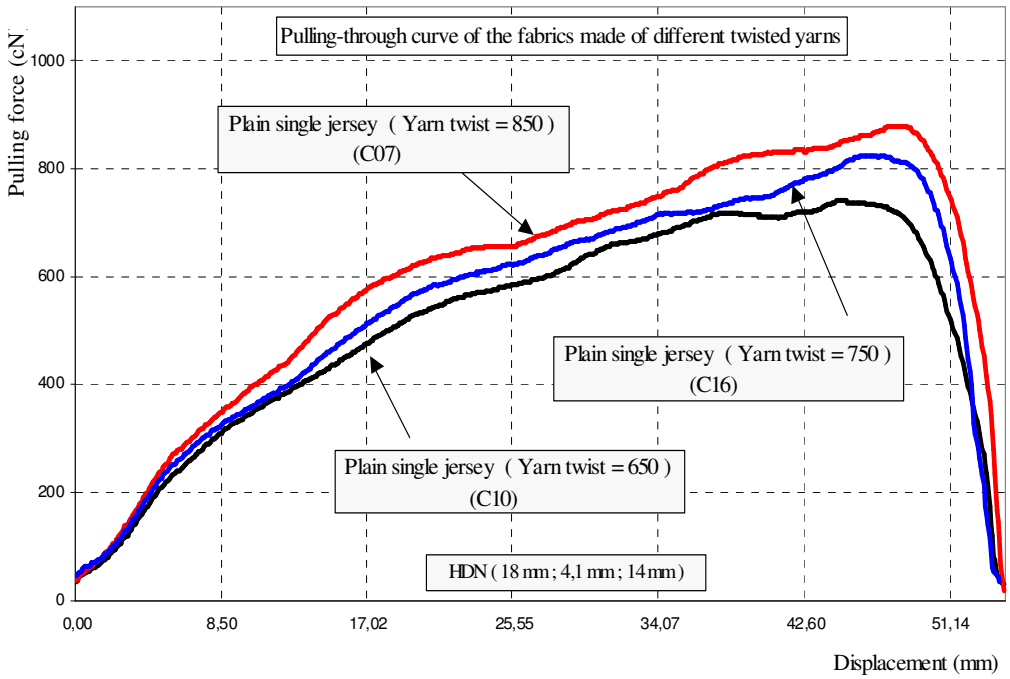


Abb. 9. Durchzugskurven von Single-Jersey-Maschenware aus Garnen mit unterschiedlichen Gran-drehungen

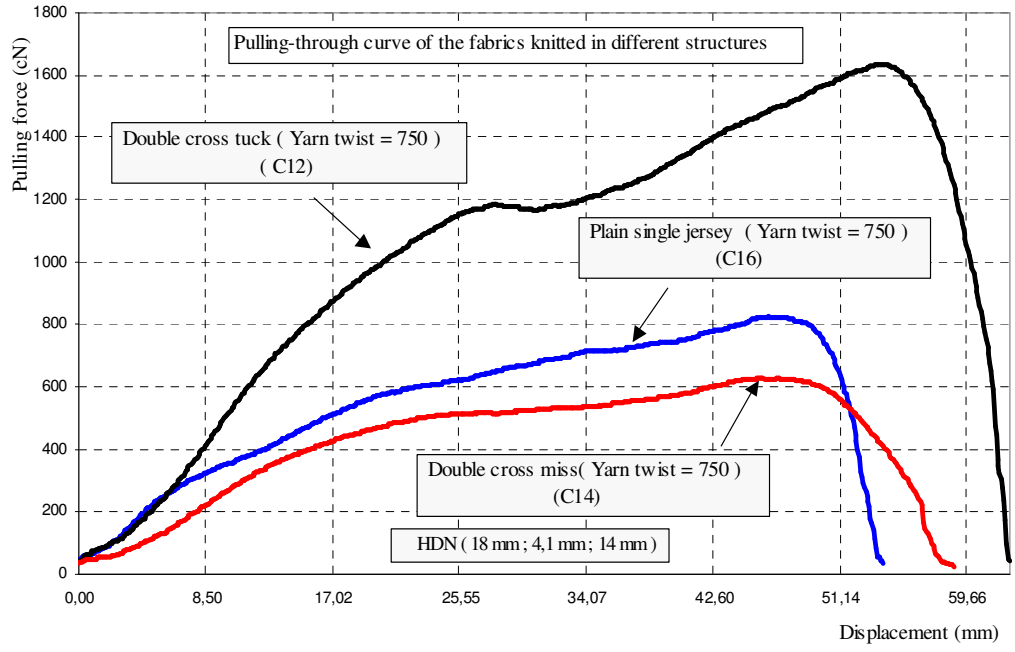


Abb. 10. Durchzugskurven von drei Gestrickkonstruktionen (1x1 Flottung, zweifach (Double cross miss); 1x1 Fang, zweifach (Double cross tuck); Single-Jersey-Maschenware)

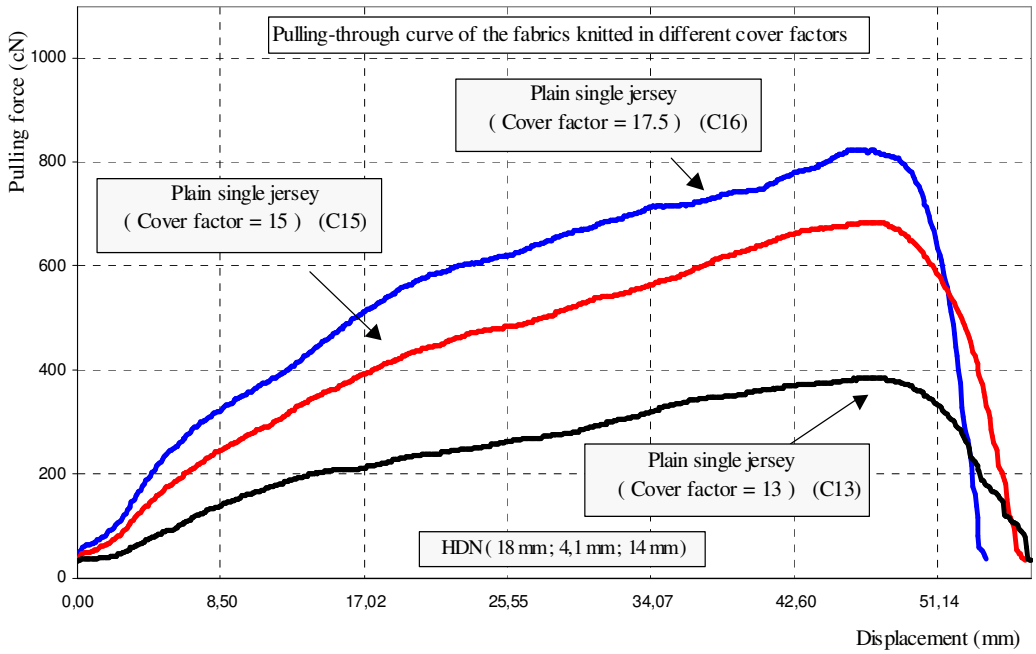


Abb. 11. Durchzugskurven von drei Single-Jersey-Maschenwaren mit unterschiedlichen Dichtefaktoren

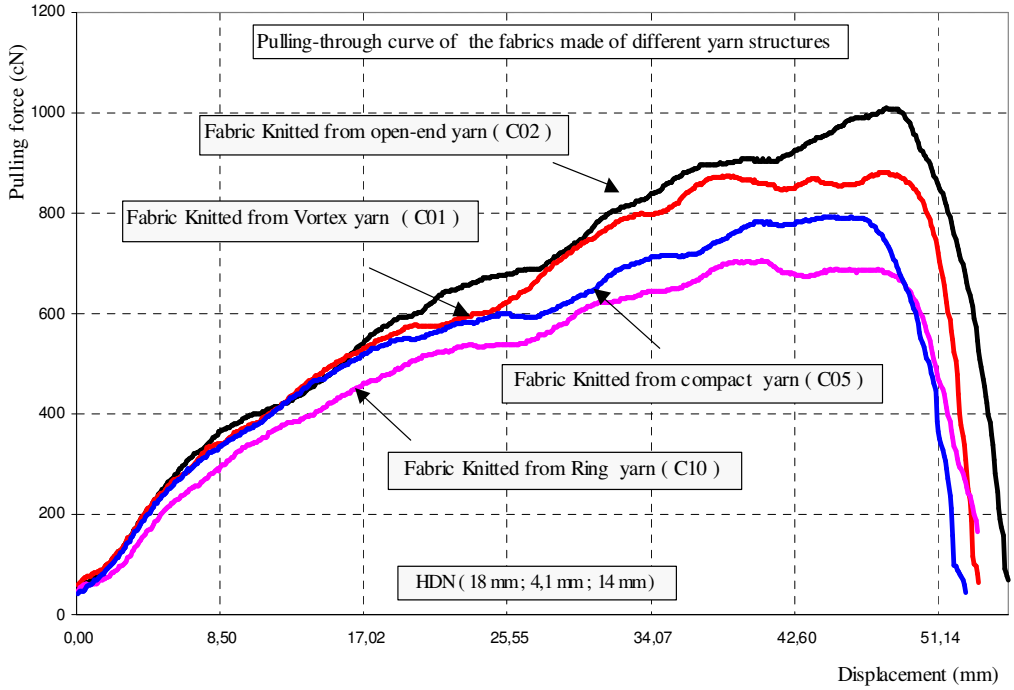


Abb. 12. Durchzugskurven von Maschenwaren, die aus unterschiedlichen Garnkonstruktionen hergestellt wurden

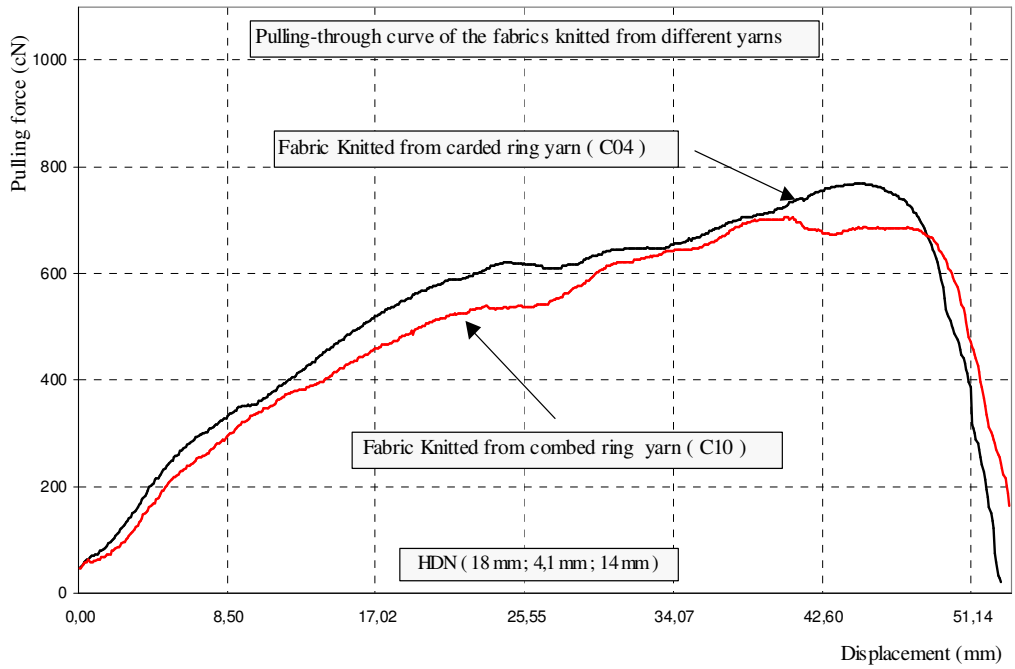


Abb. 13. Durchzugskurven von Maschenwaren aus kardierten und gekämmten Ringgarnen

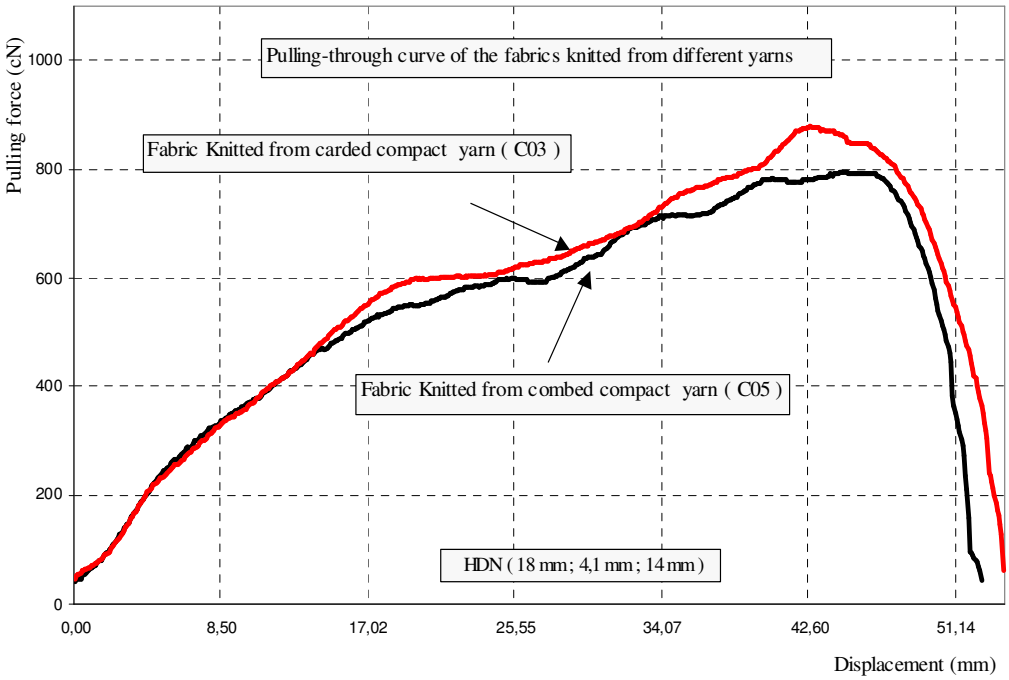


Abb. 14. Durchzugskurven von Maschenwaren aus kardierten und gekämmten Kompaktgarnen

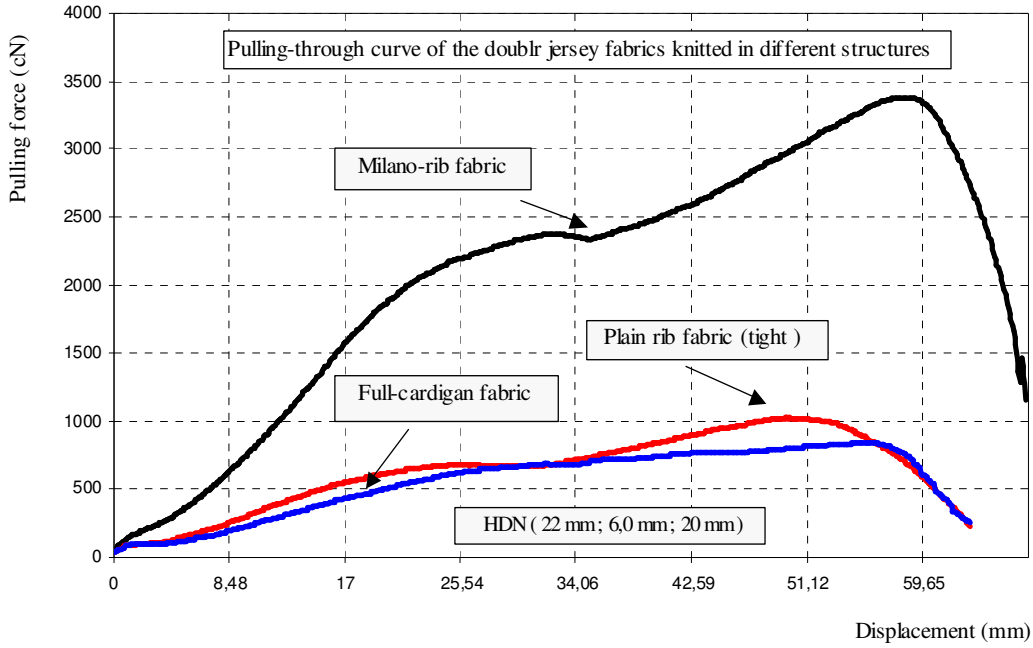


Abb. 15. Durchzugskurven von drei Rechts-Rechts-Gestrickstrukturen

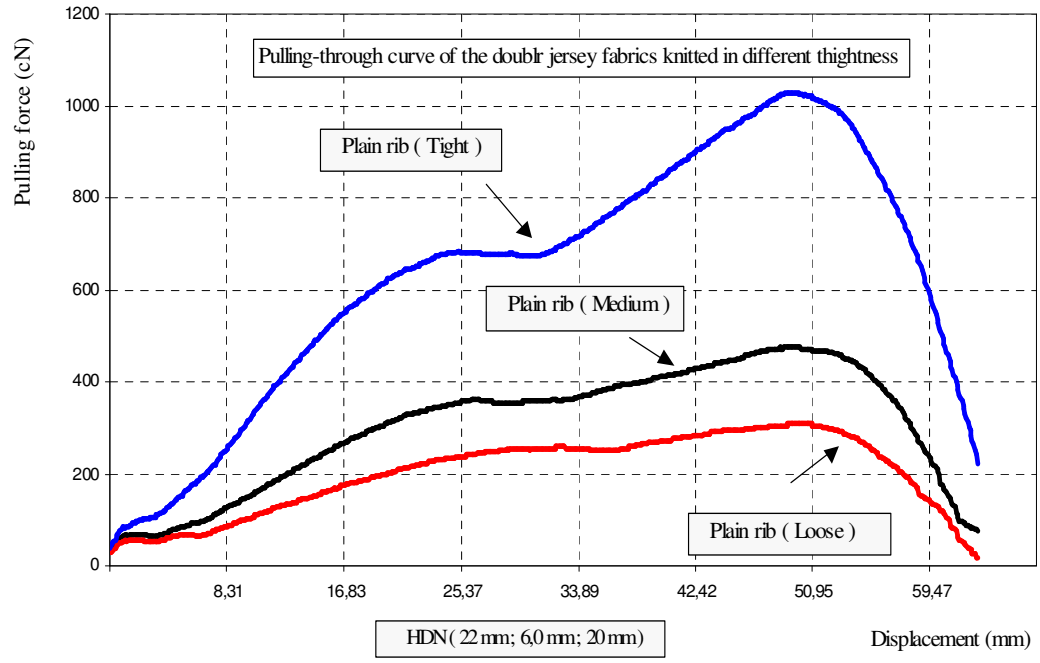


Abb. 16. Durchzugskurven von drei Rechts-Rechts-Maschenwaren mit unterschiedlichen Festigkeiten

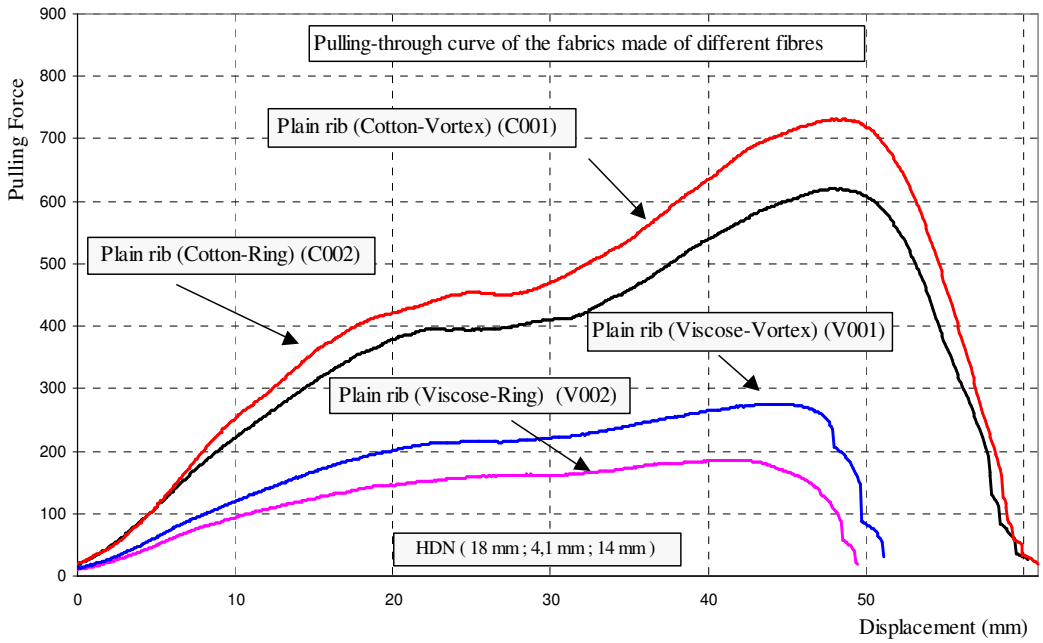


Abb. 17. Durchzugskurven von drei Rechts-Rechts-Maschenwaren aus unterschiedlichen Materialien

Anhang 4: Physikalische Eigenschaften der Gestrickproben

- Biegeeigenschaften der Gestrickproben

Tabelle 1. Biegeeigenschaften der ausgerüsteten Gestrickproben

Stoff		Stäbchenrichtung				Reihenrichtung				Mittelwert	
		B-L[2]	*B-R*[3]	*2HB-L*	*2HB-R*	*B-L*	*B-R*	*2HB-L*	*2HB-R*	*B*	*2HB*
A01	$\bar{x}$	23,57	16,62	25,484	25,455	9,428	6,648	10,1936	10,182	14,0665	14,7364
	σ	1,77	0,621	0,301	0,373	1,23	0,546	0,365	0,458	1,04175	0,45825
A02	$\bar{x}$	14,86	14,38	22,6	20,35	7,7	9,41	12,33	14,06	11,5875	17,335
	σ	2,14	1,7	1,89	1,882	0,585	1,13	0,788	0,867	1,38875	1,35675
A03	$\bar{x}$	12,3	12,1	13,33	11,299	6,042	7,355	8,399	9,301	9,44925	10,5823
	σ	2,015	1,88	1,028	1,03	0,742	1,147	0,915	0,561	1,446	0,8835
A04	$\bar{x}$	1,109	11,549	13,977	11,95	6,261	6,727	8,477	9,559	6,4115	10,9908
	σ	1,2	1,4	0,892	0,778	1,32	1,25	1,236	1,369	1,2925	1,06875
A05	$\bar{x}$	12,53	11,34	12,99	11,43	5,028	6,56	7,16	8,007	8,8645	9,89675
	σ	0,473	1,242	0,979	1,269	1,01	0,656	0,725	0,818	0,84525	0,94775
A06	$\bar{x}$	11,489	10,441	9,837	8,764	5,577	4,89	6,63	8,02	8,09925	8,31275
	σ	1,2	1,47	0,931	0,428	1,68	2,5	0,98	1,47	1,7125	0,95225
A07	$\bar{x}$	15,77	14,88	21,1	18,8	8,102	7,656	13,179	15,13	11,602	17,0523
	σ	1,356	2,01	1,73	1,155	1,729	1,824	1,58	1,814	1,72975	1,56975
A08	$\bar{x}$	12,33	11,577	11,82	10,12	5,768	5,585	7,65	8,23	8,815	9,455
	σ	1,65	0,906	1,749	1,7	1,82	2,288	1,28	0,739	1,666	1,367
A09	$\bar{x}$	12,55	11,33	13,42	11,5	6,57	6,035	8,14	8,88	9,12125	10,485
	σ	2,9	1,59	1,17	1,26	0,839	2,25	0,759	0,739	1,89475	0,982
A10	$\bar{x}$	11,84	10,18	9,98	8,78	5,21	5,96	7,001	7,74	8,2975	8,37525
	σ	1,47	1,18	1,43	1,272	0,806	0,819	0,934	0,869	1,06875	1,12625
A11	$\bar{x}$	11,153	11,64	10,27	8,79	6,2	6,83	6,73	7,86	8,95575	8,4125
	σ	2,25	1,54	2,32	2,18	1,45	1,88	1,42	1,233	1,78	1,78825
A12	$\bar{x}$	19,45	16,32	26,74	23,92	9,28	10,6	14,461	17,262	13,9125	20,5958
	σ	1,53	1,06	2,45	2,153	0,402	1,095	0,87	0,821	1,02175	1,5735
A13	$\bar{x}$	15,27	14,84	24,51	21,93	7,86	10,803	13,884	15,531	12,193	18,9638
	σ	2,134	1,267	0,838	0,778	1,117	0,975	0,8	1,007	1,37325	0,85575
A14	$\bar{x}$	14,08	12,93	14,27	11,98	7,643	7,967	7,57	9,2	10,655	10,755
	σ	1,7	1,528	0,636	0,764	0,748	1,381	0,931	0,87	1,33925	0,80025

[2] Linke Seite der Biegekurve
[3] Rechte Seite der Biegekurve

Tabelle 2. Biegeeigenschaften der Rechts-Rechts-Gestrickproben

Stoff		Stäbchenrichtung				Reihenrichtung				Mittelwert	
		B-L	*B-R*	*2HB-L*	*2HB-R*	*B-L*	*B-R*	*2HB-L*	*2HB-R*	*B*	*2HB*
RF01	$\bar{x}$	53,03	61,38	66,42	71,12	49,36	66,78	47,56	50,92	57,64	59
	σ	2,83	1,14	4,63	3,53	1,41	4,44	0,89	1,64	2,46	2,67
RF02	$\bar{x}$	29,14	27,43	35,98	35,78	17,27	10,17	10,74	10,31	21	23,2
	σ	3,81	2,35	2,89	2,2	2,32	3,7	1,16	0,75	3,05	1,75
RF03	$\bar{x}$	29,16	31,34	46,77	46,06	7,97	6,21	8,46	8,25	18,67	27,38
	σ	2,72	2,8	2,97	0,94	1,58	1,3	1,11	1,17	2,1	1,55
RF04	$\bar{x}$	20,46	20,21	30,04	28,79	5,1	4,89	4,52	4,52	12,66	16,97
	σ	1,2	1,98	3,15	3,03	1,15	0,42	0,64	0,51	1,18	1,83
RF05	$\bar{x}$	18,31	16,25	21,27	20,38	5,22	5,85	4,56	4,78	11,41	12,75
	σ	1,23	1,46	2,01	1,69	0,58	1,26	0,33	0,42	1,13	1,11

Tabelle 3. Biegeeigenschaften der Rechts-Links-Gestrickproben

Stoff		Stäbchenrichtung				Reihenrichtung				Mittelwert	
		B-L	*B-R*	*2HB-L*	*2HB-R*	*B-L*	*B-R*	*2HB-L*	*2HB-R*	*B*	*2HB*
C01	$\bar{x}$	20,4	17,85	25,33	21,866	10,58	12,74	15,587	18,12	15,39	20,23
	σ	1,3	1,033	1,75	1,411	1,211	0,932	0,492	0,826	1,119	1,12
C02	$\bar{x}$	22,063	18,164	25,158	20,966	11,76	13,75	16,15	18,42	16,43	20,17
	σ	0,97	0,94	0,869	0,584	1,28	1,46	1,62	1,86	1,163	1,233
C03	$\bar{x}$	20,899	18,666	26,187	23,223	10,77	12,49	14,05	16,77	15,71	20,06
	σ	1,75	1,29	0,771	0,692	1,34	0,96	0,902	0,946	1,335	0,828
C04	$\bar{x}$	18,82	16,3	22,91	19,92	10,427	13,549	14,897	17,397	14,77	18,78
	σ	1,67	0,963	0,783	0,438	1,384	0,657	0,597	0,743	1,169	0,64
C05	$\bar{x}$	19,62	18,46	25,22	21,96	10,19	12,73	16,16	19,082	15,25	20,61
	σ	0,925	1,288	0,724	0,511	0,594	0,96	0,21	0,425	0,942	0,468
C06	$\bar{x}$	23,26	24,75	36,63	38,72	14,67	18,35	16,66	18,7	20,26	27,68
	σ	0,633	0,696	2	1,7	1,12	0,548	1,003	0,985	0,749	1,422
C07	$\bar{x}$	17,44	14,47	17,89	14,79	8,403	10,8	12,75	14,83	12,78	15,07
	σ	0,729	0,847	0,514	0,871	1,54	1,29	1,18	1,59	1,102	1,039
C08	$\bar{x}$	17,061	15,053	20,538	19,142	7,055	8,462	9,85	10,87	11,91	15,1
	σ	1,31	1,94	1,94	2,11	0,541	2,041	0,551	0,718	1,458	1,33
C09	$\bar{x}$	20,85	21,94	36,93	39,089	14,87	17,589	18,33	20,968	18,81	28,83
	σ	1,43	0,79	2,12	2,16	1,098	0,906	0,895	0,963	1,056	1,535
C10	$\bar{x}$	17,05	14,64	19,98	17,28	8,488	10,68	11,933	13,94	12,71	15,78
	σ	1,003	1,046	0,691	0,931	0,915	1,679	1,028	1,252	1,161	0,976
C11	$\bar{x}$	15,061	13,267	19,38	17,33	7,68	9,58	10,23	11,77	11,4	14,68
	σ	1,054	1,185	0,937	0,875	0,391	0,605	0,516	0,593	0,809	0,73
C12	$\bar{x}$	23,454	23,748	37,93	39,807	16,54	19,29	19,54	22,32	20,76	29,9
	σ	0,74	1,3	0,876	1,18	0,589	0,75	0,381	0,737	0,845	0,794
C13	$\bar{x}$	12,68	10,68	14,29	12,68	3,71	4,31	5,87	6,16	7,845	9,75
	σ	1,72	1,58	2,11	1,57	0,665	0,716	0,299	0,271	1,17	1,063
C14	$\bar{x}$	14,22	12,17	16,85	15,08	7,27	9,45	9,79	11,63	10,78	13,34
	σ	0,737	0,806	0,873	0,823	1,17	0,882	0,588	0,515	0,899	0,7
C15	$\bar{x}$	11,955	11,158	16,59	14,76	5,72	7,21	8,326	9,839	9,011	12,38
	σ	4,035	2,63	4,08	2,73	0,851	0,975	0,444	0,729	2,123	1,996
C16	$\bar{x}$	18,52	16,34	22,22	19,41	7,058	12,27	12,51	14,33	13,55	17,12
	σ	2,9	1,17	1,55	1,62	0,698	0,924	0,524	0,869	1,423	1,141

Tabelle 4. Biegeeigenschaften der Gestrickproben aus verschiedenen Faserarten

Stoff		Stäbchenrichtung				Reihenrichtung				Mittelwert	
		B-L	*B-R*	*2HB-L*	*2HB-R*	*B-L*	*B-R*	*2HB-L*	*2HB-R*	*B*	*2HB*
C001	$\bar{x}$	11,259	12,61	13,67	13,85	3,45	4,56	4,048	4,68	7,96975	9,062
	σ	1,57	0,936	1,32	1,227	2,41	0,625	1,074	0,714	1,38525	1,08375
C002	$\bar{x}$	12,76	13,27	15,12	15,43	4,5	4,79	4,57	4,55	8,83	9,9175
	σ	1,25	0,254	0,956	1,023	1,542	0,458	0,875	0,246	0,876	0,775
V001	$\bar{x}$	1,455	1,794	2,33	2,62	1,013	1,116	2,56	2,59	1,3445	2,525
	σ	0,8	1,075	0,689	1,071	1,013	1,116	2,59	1,023	1,001	1,34325
V002	$\bar{x}$	0,85	0,821	1,56	1,58	0,884	0,96	1,52	1,515	0,87875	1,54375
	σ	0,652	0,584	0,782	1,135	1,147	0,489	1,45	1,036	0,718	1,10075

- Schereigenschaften der Gestrickproben

Tabelle 5. Schereigenschaften der Rechts-Links-Gestrickproben

		Stäbchenrichtung			Reihenrichtung			Mittelwert		
Stoff		*2HG*	*2HG5*	*G*	*2HG*	*2HG5*	*G*	*2HG*	*2HG5*	*G*
C01	$\bar{x}$	4,12	4,26	0,701	3,8	3,39	0,809	3,96	3,825	0,755
	S	0,159	0,448	0,039	0,149	0,177	0,053	0,154	0,3125	0,046
C02	$\bar{x}$	3,77	3,83	0,66	3,48	3,14	0,732	3,625	3,485	0,696
	S	0,309	0,434	0,028	0,131	0,191	0,051	0,22	0,3125	0,0395
C03	$\bar{x}$	4,06	4,38	0,637	3,739	3,37	0,776	3,8995	3,875	0,7065
	S	0,144	0,865	0,0186	0,182	0,174	0,0573	0,163	0,5195	0,03795
C04	$\bar{x}$	4,02	4,05	0,575	3,76	3,28	0,667	3,89	3,665	0,621
	S	0,211	0,641	0,047	0,184	0,167	0,035	0,1975	0,404	0,041
C05	$\bar{x}$	3,85	4,053	0,591	3,73	3,43	0,685	3,79	3,7415	0,638
	S	0,183	0,58	0,049	0,143	0,207	0,0296	0,163	0,3935	0,0393
C06	$\bar{x}$	4,65	4,27	0,62	3,93	3,75	0,688	4,29	4,01	0,654
	S	0,246	0,468	0,041	0,118	0,282	0,051	0,182	0,375	0,046
C07	$\bar{x}$	3,7	3,84	0,595	3,34	2,92	0,688	3,52	3,38	0,6415
	S	0,29	0,756	0,097	0,239	0,237	0,0349	0,2645	0,4965	0,06595
C08	$\bar{x}$	2,13	1,923	0,291	2,03	1,978	0,32	2,08	1,9505	0,3055
	S	0,175	0,139	0,0193	0,097	0,116	0,024	0,136	0,1275	0,02165
C09	$\bar{x}$	4,31	3,945	0,58	3,86	3,64	0,633	4,085	3,7925	0,6065
	S	0,2	0,375	0,02	0,0207	0,265	0,018	0,11035	0,32	0,019
C10	$\bar{x}$	3,8	3,77	0,51	3,63	3,34	0,648	3,715	3,555	0,579
	S	0,0308	0,606	0,0306	0,131	0,22	0,04	0,0809	0,413	0,0353
C11	$\bar{x}$	2,4	2,13	0,247	2,3	2,08	0,381	2,35	2,105	0,314
	S	0,26	0,402	0,0756	0,199	0,252	0,0733	0,2295	0,327	0,07445
C12	$\bar{x}$	4,34	4,11	0,602	4	3,72	0,677	4,17	3,915	0,6395
	S	0,26	0,25	0,041	0,1	0,169	0,03	0,18	0,2095	0,0355
C13	$\bar{x}$	2,69	2,53	0,322	2,093	1,95	0,337	2,3915	2,24	0,3295
	S	0,177	0,44	0,0855	0,088	0,167	0,019	0,1325	0,3035	0,05225
C14	$\bar{x}$	2,372	2,056	0,308	2,261	2,09	0,415	2,3165	2,073	0,3615
	S	0,112	0,363	0,028	0,168	0,253	0,113	0,14	0,308	0,0705
C15	$\bar{x}$	3,42	3,4	0,403	3,01	2,76	0,535	3,215	3,08	0,469
	S	0,158	0,643	0,024	0,123	0,273	0,026	0,1405	0,458	0,025
C16	$\bar{x}$	4,21	4,18	0,602	3,84	3,36	0,771	4,025	3,77	0,6865
	S	0,341	0,754	0,053	0,115	0,1419	0,053	0,228	0,44795	0,053
C17	$\bar{x}$	4,73	4,23	0,645	3,83	3,47	0,819	4,28	3,85	0,732
	S	0,19	0,929	0,081	0,163	0,44	0,063	0,1765	0,6845	0,072

Tabelle 6. Schereigenschaften der ausgerüsteten Gestrickproben

Stoff		Reihenrichtung			Stäbchenrichtung			Mittelwert		
		2HG	*G*	*2HG5*	*2HG*	*G*	*2HG5*	*2HG*	*G*	*2HG5*
A01	$\bar{x}$	1,61	0,44	1,7	1,585	0,393	1,691	1,598	0,417	1,696
	S	0,005	0,001	0,021	0,06	0,002	0,012	0,033	0,001	0,016
A02	$\bar{x}$	3,235	0,534	2,654	3,719	0,453	3,57	3,477	0,494	3,112
	S	0,009	0,001	0,024	0,183	0,002	0,143	0,096	0,001	0,084
A03	$\bar{x}$	2,38	0,455	2,28	2,473	0,402	2,273	2,426	0,429	2,277
	S	0,016	0,004	0,019	0,057	0,004	0,057	0,037	0,004	0,038
A04	$\bar{x}$	2,172	0,463	1,933	2,623	0,419	2,654	2,398	0,441	2,293
	S	0,013	0,003	0,019	0,017	0,002	0,03	0,015	0,002	0,024
A05	$\bar{x}$	2,164	0,462	1,984	2,31	0,379	2,291	2,237	0,421	2,138
	S	0,018	0	0,006	0,014	0,005	0,041	0,016	0,003	0,024
A06	$\bar{x}$	1,416	0,376	0,739	1,454	0,339	1,412	1,435	0,358	1,075
	S	0,005	0,001	0,002	0,007	0,001	0,023	0,006	0,001	0,013
A07	$\bar{x}$	2,676	0,507	2,38	2,752	0,44	2,965	2,714	0,473	2,673
	S	0,399	0,002	0,011	0,169	0,002	0,259	0,284	0,002	0,135
A08	$\bar{x}$	1,518	0,408	1,491	1,685	0,37	1,653	1,602	0,389	1,572
	S	0,014	0	0,017	0,006	0,001	0,028	0,01	0,001	0,022
A09	$\bar{x}$	1,605	0,447	1,542	1,796	0,348	1,784	1,701	0,397	1,663
	S	0,004	0	0,007	0,037	0,001	0,03	0,021	0,001	0,019
A10	$\bar{x}$	1,589	0,425	1,501	1,449	0,36	1,536	1,519	0,392	1,518
	S	0,016	0	0,024	0,016	0,001	0,016	0,016	0,001	0,02
A11	$\bar{x}$	1,383	0,409	1,358	1,365	0,364	1,393	1,374	0,387	1,376
	S	0,014	0,002	0,009	0,026	0,001	0,025	0,02	0,002	0,017
A12	$\bar{x}$	3,467	0,613	2,773	4,193	0,545	3,839	3,83	0,579	3,306
	S	0,016	0,002	0,017	0,063	0,002	0,034	0,04	0,002	0,025
A13	$\bar{x}$	3,277	0,57	2,591	4,248	0,444	5,951	3,762	0,507	4,271
	S	0,022	0,005	0,101	0,654	0,001	1,752	0,338	0,003	0,926
A14	$\bar{x}$	1,726	0,449	1,745	1,997	0,405	2,03	1,861	0,427	1,888
	S	0,008	0,001	0,003	0,059	0,002	0,029	0,034	0,002	0,016

Tabelle 7. Schereigenschaften der Rechts-Rechts-Gestrickproben

Stoff		Stäbchenrichtung			Reihenrichtung			Mittelwert		
		2HG	*2HG5*	*G*	*2HG*	*2HG5*	*G*	*2HG*	*2HG5*	*G*
RF01	$\bar{x}$	2,87	2,76	0,515	2,58	2,794	0,515	2,725	2,77	0,515
	S	0,159	0,256	0,087	0,215	0,178	0,064	0,154	0,3125	0,074
RF02	$\bar{x}$	1,755	1,72	0,264	2,33	2,169	0,332	2,04	1,94	0,298
	S	0,314	0,462	0,028	0,131	0,124	0,051	0,22	0,3125	0,0248
RF03	$\bar{x}$	1,96	1,89	0,337	2,54	2,361	0,304	2,25	2,12	0,320
	S	0,178	0,865	0,0186	0,174	0,174	0,0245	0,163	0,5195	0,03795
RF04	$\bar{x}$	1,422	1,305	0,242	1,67	1,518	0,196	1,546	1,412	0,219
	S	0,211	0,641	0,047	0,184	0,167	0,035	0,1975	0,404	0,041
RF05	$\bar{x}$	1,107	1,02	0,135	1,20	1,11	0,221	1,153	1,065	0,178
	S	0,248	0,403	0,074	0,223	0,207	0,0296	0,126	0,3935	0,03096

Tabelle 8. Schereigenschaften der Rechts-Rechts-Gestrickproben aus unterschiedlichen Faserarten

Stoff		Stäbchenrichtung			Reihenrichtung			Mittelwert		
		2HG	*G*	*2HG5*	*2HG*	*G*	*2HG5*	*2HG*	*G*	*2HG5*
C001	$\bar{x}$	1,63	0,319	1,63	1,306	0,317	1,32	1,468	1,475	0,318
	S	0,0077	0,024	0,125	0,063	0,026	0,65	0,035	0,025	0,387
C002	$\bar{x}$	1,94	0,354	1,933	1,32	0,343	1,33	1,63	1,63	0,348
	S	0,064	0,074	0,0151	0,047	0,017	0,025	0,0555	0,0455	0,0200
V001	$\bar{x}$	1,10	0,283	1,12	0,866	0,892	0,311	0,983	1	0,297
	S	0,98	0,170	0,0214	0,032	0,022	0,0365	0,506	0,096	0,0289
V002	$\bar{x}$	1,128	0,294	1,14	0,905	0,288	0,92	1,016	0,291	1,030
	S	0,035	0,0195	0,065	0,035	0,062	0,025	0,035	0,04	0,045

- Zugeigenschaften der Gestrickproben

Tabelle 9. Zugeigenschaften der ausgerüsteten Rechts-Links-Gestrickproben

Stoff		Reihenrichtung			Stäbchenrichtung			Mittelwert		
		WT	*LT*	*RT*	*WT*	*LT*	*RT*	*WT*	*LT*	*RT*
A01	$\bar{x}$	100,04	0,6	29,26	99,31	0,75	22,39	99,68	0,68	25,83
	S	11,77	13,37	0,84	1,401	2,108	1,38	12,89	17,22	1,11
A02	$\bar{x}$	105,07	0,67	20,34	76,76	0,71	19,1	90,92	0,69	19,72
	S	10,35	4,62	1,22	4,05	2,77	0,43	7,2	3,7	0,82
A03	$\bar{x}$	116,49	0,63	21,7	84,17	0,67	20,55	100,33	0,65	21,13
	S	6,57	5,02	0,8	5,5	6,6	1,31	6,03	5,81	1,05
A04	$\bar{x}$	124,28	0,65	20,62	87,46	0,69	19,69	105,87	0,67	20,15
	S	9,66	6,7	1,38	5,15	6,54	0,24	7,4	6,62	0,81
A05	$\bar{x}$	116	0,6	22,66	102,97	0,69	18,88	109,48	0,65	20,77
	S	3,36	4,29	0,19	8,91	4,8	1,22	6,14	4,55	0,71
A06	$\bar{x}$	150,71	0,62	23,74	98,45	0,64	24,71	124,58	0,63	24,22
	S	7,32	7,41	1,42	7,35	3,59	1,04	7,33	5,5	1,23
A07	$\bar{x}$	140,34	0,66	20,46	95,06	0,7	20,31	117,7	0,68	20,39
	S	10,36	12,12	1,14	5,08	4,72	0,9	7,72	8,42	1,02
A08	$\bar{x}$	158,82	0,65	22,81	117,43	0,69	21,86	138,12	0,67	22,33
	S	15,06	19,18	1,51	8,02	8,54	0,36	11,54	13,86	0,94
A09	$\bar{x}$	155,48	0,64	23,52	103,75	0,65	24,04	129,61	0,65	23,78
	S	13,42	16,52	4,93	3,95	2,34	0,56	8,69	9,43	2,74
A10	$\bar{x}$	151,15	0,64	24,48	110,09	0,67	24,06	130,62	0,65	24,27
	S	15,74	14,03	1,83	5,44	7,91	1,28	10,59	10,97	1,56
A11	$\bar{x}$	150,19	0,6	26,15	104,22	0,62	25,52	127,21	0,61	25,83
	S	13,73	10,93	1,55	8,6	4,06	0,77	11,16	7,49	1,16
A12	$\bar{x}$	101,01	0,67	21,4	65,57	0,71	20,63	83,29	0,69	21,01
	$\bar{x}$	11,47	8,71	0,88	2,59	4,07	0,56	7,03	6,39	0,72
A13	S	110,54	0,66	20,97	79,93	0,72	19,63	95,23	0,69	20,3
	$\bar{x}$	3,75	1,55	0,5	3,92	2,76	0,27	3,83	2,16	0,39
A14	S	131,48	0,62	23,37	96,02	0,66	23,32	113,75	0,64	23,34
	$\bar{x}$	12,5	10,86	1,61	11,43	7,35	1,88	11,97	9,1	1,74

Tabelle 10. Zugeigenschaften der Rechts-Links-Gestrickproben

Stoff		Stäbchenrichtung			Reihenrichtung			Mittelwert		
		WT	*RT*	*LT*	*WT*	*RT*	*LT*	*WT*	*RT*	*LT*
C01	$\bar{x}$	105,7	21,1	0,7	71,75	20,0	0,779	88,725	20,55	0,7395
	σ	8,25	0,0106	0,02	8,07	0,01	0,034	8,16	0,0103	0,027
C02	$\bar{x}$	121,005	21,1	0,693	83,72	21,4	0,766	102,363	21,25	0,7295
	σ	6,12	0,007	0,016	9,54	0,012	0,0158	7,83	0,0095	0,0159
C03	$\bar{x}$	121,4	20,5	0,732	58,44	22	0,756	89,92	21,25	0,744
	σ	3,58	0,005	0,021	5,08	0,012	0,014	4,33	0,0085	0,0175
C04	$\bar{x}$	107,29	20,9	0,679	55,43	21,5	0,737	81,36	21,2	0,708
	σ	4,62	0,014	0,023	1,42	0,01	0,011	3,02	0,012	0,017
C05	$\bar{x}$	109,6	21,2	0,697	62,49	21,5	0,744	86,045	21,35	0,7205
	σ	5,65	0,006	0,02	4,64	0,012	0,016	5,145	0,009	0,018
C06	$\bar{x}$	111,8	16,3	0,677	78,91	21,5	0,678	95,355	18,9	0,6775
	σ	0,089	0,7	0,365	6,7	0,017	0,033	3,3945	0,3585	0,199
C07	$\bar{x}$	110,42	21,1	0,679	69,59	22,7	0,739	90,005	21,9	0,709
	σ	11,69	0,012	0,017	2,34	0,007	0,013	7,015	0,0095	0,015
C08	$\bar{x}$	83,28	21,9	0,523	64,4	18,9	0,642	73,84	20,4	0,5825
	σ	3,24	0,005	0,014	3,55	0,007	0,023	3,395	0,006	0,0185
C09	$\bar{x}$	111,31	14,5	0,669	78,59	19,7	0,686	94,95	17,1	0,6775
	σ	5,25	0,003	0,032	10,588	0,016	0,02	7,919	0,0095	0,026
C10	$\bar{x}$	111,05	20,2	0,674	52,68	21,3	0,693	81,865	20,75	0,6835
	σ	6,71	0,006	0,011	2,124	0,005	0,015	4,417	0,0055	0,013
C11	$\bar{x}$	94,34	17,6	0,62	52,11	19,3	0,662	73,225	18,45	0,641
	σ	9,22	0,019	0,028	7,92	0,025	0,054	8,57	0,022	0,041
C12	$\bar{x}$	130,88	15,1	0,671	90,99	19,6	0,726	110,935	17,35	0,6985
	σ	8,62	0,004	0,021	2,51	0,002	0,0129	5,565	0,003	0,01695
C13	$\bar{x}$	162,52	16,9	0,552	73,06	17,1	0,641	117,79	17	0,5965
	σ	12,18	0,008	0,0152	7,69	0,018	0,028	9,935	0,013	0,0216
C14	$\bar{x}$	92,03	19,5	0,577	59,87	19,7	0,597	75,95	19,6	0,587
	σ	6,73	0,013	0,029	5,17	0,014	0,024	5,95	0,0135	0,0265
C15	$\bar{x}$	133,88	19,34	0,647	68,19	19	0,717	101,035	19,17	0,682
	σ	11,67	0,016	0,039	5,61	0,012	0,0188	8,64	0,014	0,0289
C16	$\bar{x}$	108,32	20,88	0,694	60,3	21,1	0,756	84,31	20,99	0,725
	σ	5,91	0,004	0,015	6,34	0,015	0,04	6,125	0,0095	0,0275
C17	$\bar{x}$	107,94	21,3	0,696	63,51	22,6	0,736	85,725	21,95	0,716
	σ	8,29	0,006	0,018	4,87	0,009	0,033	6,58	0,0075	0,0255

Tabelle 11. Zugeigenschaften der Rechts-Rechts-Gestrickproben

Stoff		Stäbchenrichtung			Reihenrichtung			Mittelwert		
		WT	*RT*	*LT*	*WT*	*RT*	*LT*	*WT*	*RT*	*LT*
RF01	$\bar{x}$	9,7	0,462	0,788	4,51	0,503	0,863	7,105	0,482	0,825
	σ	1,354	0,0106	0,02	0,9825	0,01	0,034	1,235	0,0103	0,027
RF02	$\bar{x}$	11,72	0,383	0,742	7,61	0,425	0,798	9,66	0,404	0,770
	σ	6,12	0,007	0,016	3,26	0,012	0,0158	7,83	0,0095	0,0159
RF03	$\bar{x}$	21,36	0,477	0,658	4,33	0,487	0,777	12,84	0,482	0,717
	σ	2,47	0,005	0,021	2,036	0,012	0,014	4,33	0,0085	0,0175
RF04	$\bar{x}$	28,59	0,437	0,524	6,24	0,418	0,816	17,41	0,427	0,670
	σ	2,36	0,014	0,023	1,42	0,01	0,011	3,02	0,012	0,017
RF05	$\bar{x}$	35,402	0,567	0,543	9,51	0,411	0,784	22,45	0,489	0,663
	σ	1,54	0,016	0,05	4,64	0,012	0,016	5,145	0,009	0,018

Tabelle 12. Zugeigenschaften der Rechts-Links-Gestrickproben aus verschiedenen Faserarten

Stoff		Stäbchenrichtung			Reihenrichtung			Mittelwert		
		WT	*LT*	*RT*	*WT*	*LT*	*RT*	*WT*	*LT*	*RT*
C001	$\bar{x}$	174,79	0,22	58,13	55,09	0,27	62,75	114,9	0,24	60,44
	σ	1,57	0,01	2,51	6,05	0,02	4,02	3,81	0,02	3,26
C002	$\bar{x}$	159,34	0,21	59,85	49,39	0,29	62,15	104,3	0,25	61
	σ	17,75	0,01	2,48	2,91	0,01	1,46	10,33	0,01	1,97
V001	$\bar{x}$	111,9	0,15	40,16	36,84	0,19	42,97	74,37	0,17	41,57
	σ	95,86	0,12	32,62	34,68	0,17	41,53	65,27	0,14	37,07
V002	$\bar{x}$	120,76	0,24	63,55	60,04	0,3	71,15	90,4	0,27	67,35
	σ	13,41	0,02	1,42	19,22	0,08	11,22	16,31	0,05	6,32

- Flächengewicht und Kompressionseigenschaften der Gestrickproben

Tabelle 13. Flächengewicht und Kompressionseigenschaften der ausgerüsteten Rechts-Links-Gestrickproben

Stoff		*W*	T_m	T_0	*WC*	*RC*	*LC*	*EMC*
A01	$\bar{x}$	144	1,01	0,56	4,14	33,57	0,35	45,04
	σ	0,02	0,04	0,01	0,35	4,6	0,01	2,01
A02	$\bar{x}$	161	1,05	0,65	3,69	28,8	0,35	38,48
	σ	0,01	0,04	0,01	0,17	2,72	0,03	2,11
A03	$\bar{x}$	175	1,13	0,66	4,31	32,5	0,36	41,48
	σ	0,03	0,02	0,01	0,24	1,96	0,02	1,49
A04	$\bar{x}$	177	1,18	0,67	4,95	26,06	0,37	43,45
	σ	0,01	0,04	0,01	0,16	1,51	0,02	2,02
A05	$\bar{x}$	175	1,15	0,65	4,86	28,72	0,38	43,12
	σ	0,04	0,05	0,01	0,31	2,17	0,02	2,19
A06	$\bar{x}$	175	1,16	0,66	4,77	33,38	0,37	43,06
	σ	0,02	0,02	0,01	0,23	1,63	0,02	1,54
A07	$\bar{x}$	166	1,09	0,64	4,19	29,84	0,36	41,2
	σ	0,02	0,08	0,01	0,41	2,51	0,04	4,21
A08	$\bar{x}$	177	1,18	0,66	4,67	31,53	0,35	44,06
	σ	0,03	0,03	0,01	0,22	2,24	0,02	1,65
A09	$\bar{x}$	176	1,19	0,66	4,93	30,1	0,36	44,62
	σ	0,02	0,05	0,01	0,36	8,15	0,03	2,36
A10	$\bar{x}$	177	1,12	0,64	4,37	33,43	0,36	42,55
	σ	0,03	0,04	0,01	0,29	2,14	0,02	1,55
A11	$\bar{x}$	178	1,2	0,64	5,18	33,45	0,36	46,81
	σ	0,05	0,02	0,01	0,22	1,71	0,01	0,98
A12	$\bar{x}$	176	1,14	0,67	4,51	29,07	0,38	41,2
	σ	0,01	0,02	0,01	0,17	1,35	0,02	0,99
A13	$\bar{x}$	173	1,13	0,67	4,34	25,99	0,36	40,9
	σ	0,02	0,03	0,01	0,19	3,65	0,01	1,42
A14	$\bar{x}$	182	1,23	0,68	5,44	30,44	0,38	45,18
	σ	0,01	0,02	0,01	0,18	2,82	0,02	1,06

Tabelle 14. Flächengewicht und Kompressionseigenschaften der Rechts-Rechts-Gestrickproben mit unterschiedlichen Faserarten

Stoff		*W*	T_m	T_0	*WC*	*RC*	*LC*	*EMC*
C001	$\bar{x}$	186	1,18	0,74	4,45	34,298	0,396	38,06
	σ	0,035	0,036	0,007	0,134	2,78	0,020	1,61
C002	$\bar{x}$	181	1,213	0,750	4,39	35,41	0,375	37,35
	σ	0,023	0,014	0,010	0,09	2,93	0,01	1,45
V001	$\bar{x}$	149	0,921	0,549	4,012	44,39	0,423	40,23
	σ	0,0145	0,20	0,009	0,122	1,98	0,012	1,19
V002	$\bar{x}$	161	1,01	0,614	3,96	48,09	0,391	39,2
	σ	0,0398	0,01	0,008	0,058	3,28	0,007	0,389

Tabelle 15. Flächengewicht und Kompressionseigenschaften der Rechts-Links-Gestrickproben

Stoff		*W*	T_m	T_0	*WC*	*RC*	*LC*	*EMC*
C01	$\bar{x}$	167	1,09	0,59	4,58	28,45	0,36	45,77
	σ	0,01	0,01	0,01	0,2	2,78	0,01	0,78
C02	$\bar{x}$	173	1	0,6	3,53	33,43	0,34	39,9
	σ	0,01	0,03	0,01	0,19	2,89	0,02	1,72
C03	$\bar{x}$	172	1,04	0,59	4,05	31,6	0,35	43,71
	σ	0,03	0,05	0,01	0,24	0,1	0,02	1,24
C04	$\bar{x}$	164	1,04	0,59	4,07	33,31	0,35	43,39
	σ	0,01	0,03	0,01	0,24	3,74	0,01	1,21
C05	$\bar{x}$	168	0,99	0,56	3,85	31,46	0,34	44,05
	σ	0,02	0,02	0,01	0,18	4,03	0,02	1,12
C06	$\bar{x}$	196	1,38	0,85	7,64	31,48	0,3	38,61
	σ	0,02	0,03	0,02	0,19	3,5	0,02	1,7
C07	$\bar{x}$	168	1,09	0,63	3,86	31,15	0,33	42,22
	σ	0,01	0,04	0,01	0,22	3,1	0,02	1,67
C08	$\bar{x}$	141	1,14	0,71	4,34	34,64	0,4	37,44
	σ	0,03	0,05	0,01	0,24	1,12	0,02	2,27
C09	$\bar{x}$	181	1,36	0,84	7,38	40,23	0,52	38,2
	σ	0,03	0,06	0,04	2,45	16,39	0,65	3,24
C10	$\bar{x}$	156	1,04	0,58	4,22	32,95	0,36	43,9
	σ	0,02	0,05	0,01	0,26	3,5	0,02	2,1
C11	$\bar{x}$	124	1,18	0,68	4,57	33,7	0,36	42,4
	σ	0,01	0,05	0,02	0,28	2,27	0,03	2,51
C12	$\bar{x}$	197	1,36	0,84	7,49	33,47	0,3	38,52
	σ	0,02	0,04	0,03	0,18	3,76	0,01	1,08
C13	$\bar{x}$	118	1,03	0,61	4,16	35,93	0,39	41,15
	σ	0,05	0,07	0,02	0,32	2,08	0,02	2,43
C14	$\bar{x}$	134	1,17	0,71	4,65	34,25	0,4	39,49
	σ	0,01	0,03	0,02	0,18	1,89	0,02	1,48
C15	$\bar{x}$	149	1,02	0,58	3,98	32,74	0,35	43,36
	σ	0,01	0,03	0,01	0,23	2	0,02	1,94
C16	$\bar{x}$	166	1,02	0,58	4,04	31,59	0,36	43,17
	σ	0,02	0,02	0,01	0,16	5,01	0,02	1,35

Tabelle 16. Flächengewicht und Kompressionseigenschaften der Rechts-Rechts-Gestrickproben

Stoff		*W*	T_m	T_0	*WC*	*RC*	*LC*	*EMC*
RF01	$\bar{x}$	450	2,331	1,654	6,702	23,602	0,437	25,898
	σ	0,071	0,016	0,159	0,246	2,198	0,014	0,362
RF02	$\bar{x}$	284	2,31	1,563	11,03	25,58	0,577	32,31
	σ	0,152	0,019	0,042	0,401	2,422	0,009	1,531
RF03	$\bar{x}$	334	2,058	1,425	6,288	24,66	0,392	30,657
	σ	0,082	0,019	0,019	0,171	2,38	0,012	1,292
RF04	$\bar{x}$	241,7	2,156	1,458	9,191	28,602	0,521	32,297
	σ	0,117	0,024	0,031	0,408	1,152	0,013	1,012
RF05	$\bar{x}$	218,3	2,161	1,371	11,136	32,078	0,557	36,652
	σ	0,133	0,027	0,019	0,459	2,081	0,015	0,816

- Oberflächeneigenschaften der Gestrickproben

Tabelle 17. Oberflächeneigenschaften der ausgerüsteten Rechts-Links-Gestrickproben

Stoff		*MIU*					*MMD*				
		Vorderseite		Rückseite		$\bar{x}$	Vorderseite		Rückseite		$\bar{x}$
		Quer	Längs	Quer	Längs		Quer	Längs	Quer	Längs	
A01	$\bar{x}$	0,36	0,2	0,19	0,13	0,22	0,016	0,024	0,03	0,025	0,024
	σ	0,07	0,02	0,09	0,05	0,06	0,004	0,004	0,003	0,001	0,003
A02	$\bar{x}$	0,25	0,25	0,25	0,29	0,26	0,011	0,022	0,009	0,017	0,015
	σ	0,03	0,04	0,07	0,08	0,05	0,001	0,0245	0,0252	0,0659	0,0135
A03	$\bar{x}$	0,25	0,26	0,26	0,28	0,26	0,009	0,024	0,007	0,015	0,014
	σ	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,003	0,002	0,004	0,005	0,004
A04	$\bar{x}$	0,25	0,25	0,25	0,27	0,25	0,01	0,022	0,009	0,016	0,014
	σ	0,04	0,1	0,04	0,02	0,05	0,003	0,004	0,005	0,004	0,004
A05	$\bar{x}$	0,24	0,26	0,23	0,27	0,25	0,009	0,026	0,006	0,019	0,015
	σ	0,02	0,1	0,07	0,02	0,05	0,004	0,01	0,004	0,002	0,005
A06	$\bar{x}$	0,26	0,27	0,25	0,27	0,26	0,008	0,019	0,009	0,011	0,012
	σ	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,006	0,002	0,006	0,004	0,005
A07	$\bar{x}$	0,29	0,26	0,04	0,27	0,21	0,009	0,022	0,008	0,018	0,014
	σ	0,07	0,04	0,05	0,02	0,04	0,002	0,004	0,004	0,006	0,004
A08	$\bar{x}$	0,24	0,24	0,23	0,26	0,24	0,01	0,026	0,008	0,019	0,016
	σ	0,06	0,04	0,04	0,03	0,04	0,004	0,01	0,004	0,002	0,005
A09	$\bar{x}$	0,24	0,24	0,24	0,25	0,24	0,009	0,022	0,007	0,015	0,013
	σ	0,07	0,03	0,05	0,04	0,05	0,005	0,005	0,006	0,004	0,005
A10	$\bar{x}$	0,23	0,25	0,23	0,25	0,24	0,01	0,021	0,007	0,015	0,013
	σ	0,04	0,04	0,03	0,05	0,04	0,008	0,002	0,003	0,004	0,004
A11	$\bar{x}$	0,24	0,25	0,26	0,27	0,25	0,008	0,016	0,006	0,012	0,01
	σ	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,004	0,006	0,007	0,003	0,005
A12	$\bar{x}$	0,25	0,28	0,27	0,28	0,27	0,012	0,023	0,011	0,03	0,019
	σ	0,05	0,04	0,02	0,02	0,03	0,003	0,005	0,005	0,007	0,005
A13	$\bar{x}$	0,25	0,25	0,26	0,28	0,26	0,011	0,028	0,025	0,011	0,019
	σ	0,06	0,03	0,04	0,06	0,05	0,001	0,054	0,062	0,052	0,0123
A14	$\bar{x}$	0,25	0,26	0,24	0,28	0,26	0,012	0,028	0,01	0,02	0,018
	σ	0,09	0,05	0,02	0,06	0,05	0,004	0,007	0,007	0,005	0,006

Tabelle 18. Oberflächeneigenschaften der ausgerüsteten Rechts-Links-Gestrickproben

Stoff		*SMD*				
		Vorderseite		Rückseite		Mittelwert
		Quer	Längs	Quer	Längs	
A01	$\bar{x}$	15,48	4	8,8	5,8	8,52
	σ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
A02	$\bar{x}$	5,7	6,8	4,7	7,6	6,2
	σ	0,7	1	0,8	1,3	0,9
A03	$\bar{x}$	4,6	6,5	5,2	8,3	6,1
	σ	1,2	0,1	0,2	0,4	0,5
A04	$\bar{x}$	5,4	5,9	3,6	6,7	5,4
	σ	1	1,1	1,3	1,1	1,1
A05	$\bar{x}$	6,1	5	4	7,6	5,7
	σ	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8
A06	$\bar{x}$	4,6	5,2	3,7	6,1	4,9
	σ	1	1	1,4	0,6	1
A07	$\bar{x}$	6,4	5,6	4	7,4	5,8
	σ	0,3	0,8	1,1	1	0,8
A08	$\bar{x}$	4,5	6,4	3,6	7,6	5,5
	σ	0,9	1	1,2	1,2	1,1
A09	$\bar{x}$	7,1	6,1	4,5	3,98	5,4
	σ	1,3	1,2	0,7	0,9	1
A10	$\bar{x}$	5	4,1	4,2	7	5,1
	σ	1,1	0,7	0,5	1,1	0,9
A11	$\bar{x}$	4,6	5,2	3,7	6,1	4,9
	σ	1,2	0,6	0,9	0,8	0,9
A12	$\bar{x}$	6,4	6,8	4,5	9,1	6,7
	σ	1	1,3	1	0,8	1
A13	$\bar{x}$	4,7	6,9	4,5	8,9	6,2
	σ	0,7	1,2	1,4	1	1,1
A14	$\bar{x}$	4,7	6,2	4,4	7,6	5,7
	σ	0,9	0,2	0,1	0,5	0,4

Tabelle 19. Oberflächeneigenschaften der ausgerüsteten Rechts-Rechts-Gestrickproben

Stoff		*MIU*			*MMD*			*SMD*		
		Quer	Längs	$\bar{x}$	Quer	Längs	$\bar{x}$	Quer	Längs	$\bar{x}$
RF01	$\bar{x}$	0,34	0,34	0,34	0,0316	0,03383	0,0327	38,5	15,0	26,8
	σ	0,03	0,02	0,10	0,001	0,003	0,005	1,23	1,06	1,54
RF02	$\bar{x}$	0,45	0,37	0,41	0,04028	0,01214	0,0262	42,9	6,59	24,7
	σ	0,02	0,01	0,05	0,008	0,006	0,004	1,12	1,32	1,42
RF03	$\bar{x}$	0,34	0,32	0,33	0,03848	0,0135	0,0259	32,7	8,03	20,3
	σ	0,06	0,06	0,04	0,008	0,002	0,003	1,25	1,26	1,03
RF04	$\bar{x}$	0,37	0,36	0,36	0,03525	0,01789	0,0265	33,5	9,19	21,3
	σ	0,08	0,01	0,03	0,007	0,006	0,008	1,65	1,75	1,06
RF05	$\bar{x}$	0,42	0,39	0,41	0,03624	0,01785	0,0270	41,7	13,2	27,5
	σ	0,03	0,04	0,04	0,004	0,007	0,005	0,3	0,4	0,4

Tabelle 20. Oberflächeneigenschaften der ausgerüsteten Rechts-Links-Gestrickproben

Stoff		*MIU*					*MMD*				
		Vorderseite		Rückseite		$\bar{x}$	Vorderseite		Rückseite		$\bar{x}$
		Quer	Längs	Quer	Längs		Quer	Längs	Quer	Längs	
C01	$\bar{x}$	0,23	0,23	0,25	0,28	0,25	0,016	0,018	0,013	0,035	0,02
	σ	0,07	0,03	0,05	0,04	0,05	0,005	0,005	0,006	0,004	0,005
C02	$\bar{x}$	0,24	0,24	0,25	0,28	0,25	0,018	0,017	0,015	0,022	0,018
	σ	0,05	0,04	0,02	0,02	0,03	0,003	0,005	0,005	0,007	0,005
C03	$\bar{x}$	0,24	0,23	0,23	0,25	0,24	0,012	0,023	0,01	0,032	0,019
	σ	0,09	0,05	0,02	0,06	0,05	0,004	0,007	0,007	0,005	0,006
C04	$\bar{x}$	0,25	0,24	0,25	0,28	0,25	0,013	0,023	0,01	0,038	0,021
	σ	0,06	0,04	0,04	0,03	0,04	0,004	0,01	0,004	0,002	0,005
C05	$\bar{x}$	0,25	0,23	0,27	0,23	0,25	0,011	0,021	0,03	0,011	0,018
	σ	0,06	0,03	0,04	0,06	0,05	0,001	0,0032	0,002	0,001	0,005
C06	$\bar{x}$	0,31	0,27	0,3	0,29	0,29	0,025	0,013	0,022	0,02	0,02
	σ	0,07	0,04	0,05	0,02	0,04	0,002	0,004	0,004	0,006	0,004
C07	$\bar{x}$	0,27	0,26	0,27	0,28	0,27	0,013	0,013	0,012	0,021	0,015
	σ	0,03	0,04	0,07	0,08	0,05	0,001	0,03	0,004	0,02	0,001
C08	$\bar{x}$	0,27	0,3	0,28	0,35	0,3	0,01	0,018	0,022	0,033	0,021
	σ	0,06	0,03	0,04	0,06	0,05	0,001	0,001	0,002	0,009	0,007
C09	$\bar{x}$	0,3	0,26	0,31	0,32	0,3	0,017	0,01	0,016	0,019	0,015
	σ	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,006	0,002	0,006	0,004	0,005
C10	$\bar{x}$	0,25	0,23	0,24	0,27	0,25	0,01	0,019	0,01	0,027	0,016
	σ	0,06	0,04	0,04	0,03	0,04	0,004	0,01	0,004	0,002	0,005
C11	$\bar{x}$	0,29	0,27	0,26	0,31	0,28	0,013	0,008	0,009	0,03	0,015
	σ	0,04	0,1	0,04	0,02	0,05	0,003	0,004	0,005	0,004	0,004
C12	$\bar{x}$	0,3	0,27	0,31	0,29	0,29	0,019	0,012	0,02	0,024	0,019
	σ	0,04	0,04	0,03	0,05	0,04	0,008	0,002	0,003	0,004	0,004
C13	$\bar{x}$	0,28	0,25	0,24	0,28	0,26	0,022	0,009	0,008	0,014	0,013
	σ	0,02	0,04	0,05	0,05	0,03	0,004	0,002	0,002	0,003	0,003
C14	$\bar{x}$	0,29	0,26	0,26	0,31	0,28	0,019	0,009	0,011	0,029	0,017
	σ	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,008	0,005	0,007	0,004	0,006
C15	$\bar{x}$	0,27	0,25	0,26	0,27	0,26	0,01	0,009	0,01	0,013	0,011
	σ	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,005	0,004	0,003	0,004	0,003
C16	$\bar{x}$	0,25	0,24	0,26	0,26	0,25	0,012	0,012	0,011	0,024	0,015
	σ	0,03	0,04	0,07	0,08	0,05	0,001	0,004	0,004	0	0,008

Tabelle 21. Oberflächeneigenschaften der Rechts-Links-Gestrickproben

Stoff		*SMD*				
		Vorderseite		Rückseite		Mittelwert
		Quer	Längs	Quer	Längs	
C01	$\bar{x}$	6	7,6	6,7	8,6	7,2
	σ	1,3	1,2	0,7	0,9	1
C02	$\bar{x}$	6,1	6,7	7,8	13	8,4
	σ	1	1,3	1	0,8	1
C03	$\bar{x}$	4,3	5,5	6,1	6,6	5,6
	σ	0,9	0,2	0,1	0,5	0,4
C04	$\bar{x}$	4,6	6,9	4	5,5	5,3
	σ	0,9	1	1,2	1,2	1,1
C05	$\bar{x}$	4,1	7,5	11,7	10,1	8,3
	σ	0,7	1,2	1,4	1	1,1
C06	$\bar{x}$	23,8	7,6	25,6	17,3	18,5
	σ	0,3	0,8	1,1	1	0,8
C07	$\bar{x}$	9,4	6,5	5,4	10,3	7,9
	σ	0,7	1	0,8	1,3	0,9
C08	$\bar{x}$	8,2	7,8	7,6	27,2	12,7
	σ	0,7	1,2	1,4	1	1,1
C09	$\bar{x}$	12,8	7,5	19,6	19,5	14,8
	σ	1	1	1,4	0,6	1
C10	$\bar{x}$	7,8	5,8	4,6	10,1	7,1
	σ	0,9	1	1,2	1,2	1,1
C11	$\bar{x}$	10,8	7,6	7,1	17,7	10,5
	σ	1	1,1	1,3	1,1	1,1
C12	$\bar{x}$	18,6	5,5	30,3	7,2	15,4
	$\bar{x}$	1,1	0,7	0,5	1,1	0,9
C13	σ	8,2	7,8	11,6	6,3	8,5
	$\bar{x}$	0,3	1	0,7	1,3	0,8
C14	σ	6,7	9,1	5,6	19,4	10,2
	$\bar{x}$	1,1	0,4	0,5	1,1	0,8
C15	σ	8,5	6,0	7,7	7,4	7,4
	$\bar{x}$	1,1	0,5	0,5	1,3	0,9
C16	σ	4,2	5,3	10,1	6,5	6,5
	$\bar{x}$	0,7	1	0,8	1,3	0,9

Tabelle 22. Oberflächeneigenschaften der Rechts-Rechts-Gestrickproben aus verschiedenen Faserarten

Stoff		*MIU*			*MMD*			*SMD*		
		Quer	Längs	Mittelwert	Quer	Längs	Mittelwert	Quer	Längs	Mittelwert
C001	$\bar{x}$	0,29	0,23	0,26	0,029	0,005	0,017	5	2,5	3,7
	σ	0,06	0,03	0,04	0,008	0,007	0,007	1,1	0,4	0,8
C002	$\bar{x}$	0,34	0,23	0,29	0,036	0,007	0,021	6,8	2,9	4,8
	σ	0,09	0,1	0,1	0,009	0,008	0,009	0,7	0,4	0,5
V001	$\bar{x}$	0,3	0,25	0,28	0,029	0,005	0,017	7,8	3	5,4
	σ	0,01	0	0,01	0,013	0,007	0,01	1,1	0,5	0,8
V002	$\bar{x}$	0,27	0,22	0,25	0,014	0,007	0,011	10,4	3	6,7
	σ	0,04	0,04	0,04	0,01	0,019	0,014	0,8	1,3	1,1

Tabelle 23. Reibungskoeffizient (Sled-Methode) der ausgerüsteten Rechts-Links-Gestrickproben

Stoff		Reibungskoeffizient (Sled-Methode)				
		Vorderseite		**Rückseite**		**Mittelwert**
		Quer	Längs	Quer	Längs	
A01	$\bar{x}$	0,61	0,578	0,578	0,557	0,581
	σ	5,79	5,68	4,38	5,03	5,22
A02	$\bar{x}$	0,604	0,587	0,703	0,611	0,627
	σ	8,99	5,78	1,89	7,87	6,133
A03	$\bar{x}$	0,598	0,51	0,589	0,584	0,57
	σ	3,65	9,67	4,029	12,12	7,367
A04	$\bar{x}$	0,545	0,552	0,594	0,644	0,584
	σ	4,39	3,82	7,24	5,26	5,178
A05	$\bar{x}$	0,547	0,523	0,63	0,593	0,573
	σ	2,23	1,622	6,76	4,7	3,828
A06	$\bar{x}$	0,481	0,449	0,576	0,525	0,508
	σ	0,9	4,54	10,45	10,59	6,62
A07	$\bar{x}$	0,667	0,673	0,612	0,639	0,647
	σ	8,17	2,02	1,913	5,52	4,406
A08	$\bar{x}$	0,552	0,577	0,583	0,565	0,569
	σ	6,14	5,21	14,15	5,949	7,862
A09	$\bar{x}$	0,462	0,533	0,647	0,588	0,557
	σ	12,43	4,12	7,24	11,05	8,71
A10	$\bar{x}$	0,556	0,386	0,53	0,525	0,499
	σ	8,41	5,64	4,46	2,69	5,3
A11	$\bar{x}$	0,564	0,515	0,63	0,619	0,582
	σ	4,299	4,18	3,57	8,65	5,175
A12	$\bar{x}$	0,639	0,627	0,629	0,666	0,64
	σ	5,963	8,891	4,58	5,44	6,219
A13	$\bar{x}$	0,426	0,608	0,502	0,523	0,515
	σ	10,276	4,327	3,18	3,45	5,308
A14	$\bar{x}$	0,522	0,542	0,577	0,567	0,552
	σ	2,457	5,188	3,07	8,72	4,859

Tabelle 24. Reibungskoeffizient (Sled-Methode) der ausgerüsteten Rechts-Rechts-Gestrickproben

Stoff		Reibungskoeffizient (Sled-Methode)				
		Vorderseite		**Rückseite**		**Mittelwert**
		Quer	Längs	Quer	Längs	
C001	$\bar{x}$	0,682	0,673	-	-	0,677
	σ	6,26	3,62	-	-	4,94
V001	$\bar{x}$	0,954	0,937	-	-	0,946
	σ	2,16	3,17	-	-	2,665
C002	$\bar{x}$	0,642	0,669	-	-	0,655
	σ	5,17	6,33	-	-	5,75
V002	$\bar{x}$	0,968	0,937	-	-	0,952
	σ	4,26	1,68	-	-	2,97

Tabelle 25. Reibungskoeffizient (Sled-Methode) der ausgerüsteten Rechts-Links-Gestrickproben

Stoff		Reibungskoeffizient (Sled-Methode)				
		Vorderseite		Rückseite		**Mittelwert**
		Quer	Längs	Quer	Längs	
C01	$\bar{x}$	0,655	0,532	0,62	0,567	0,594
	σ	6,96	9,92	7,76	8,14	8,195
C02	$\bar{x}$	0,752	0,73	0,779	0,651	0,728
	σ	2,3	5,36	4,39	6,36	4,603
C03	$\bar{x}$	0,642	0,616	0,607	0,594	0,615
	σ	1,3	3,9	1,83	5,99	3,255
C04	$\bar{x}$	0,743	0,704	0,704	0,664	0,704
	σ	5,97	13,12	2,28	6,82	7,048
C05	$\bar{x}$	0,677	0,62	0,642	0,633	0,643
	σ	1,91	4,68	7,5	1,23	3,83
C06	$\bar{x}$	0,532	0,611	0,537	0,616	0,574
	σ	4,43	17,66	3,02	2,42	6,883
C07	$\bar{x}$	0,805	0,721	0,673	0,743	0,736
	σ	3,56	9,61	11,75	6,5	7,855
C08	$\bar{x}$	0,708	0,713	0,677	0,677	0,694
	σ	8,52	6,01	8,97	7,96	7,865
C09	$\bar{x}$	0,664	0,607	0,669	0,567	0,627
	σ	3,73	4,27	2,7	5,28	3,995
C10	$\bar{x}$	0,761	0,708	0,691	0,717	0,719
	σ	10,18	8,5	13,41	6,95	9,76
C11	$\bar{x}$	0,691	0,669	0,576	0,686	0,655
	σ	4,58	19,8	10,3	3,34	9,505
C12	$\bar{x}$	0,554	0,545	0,523	0,686	0,577
	σ	6,93	19,76	3,16	8,04	9,473
C13	$\bar{x}$	0,739	0,576	0,62	0,616	0,638
	σ	13,76	11,22	5	11,84	10,455
C14	$\bar{x}$	0,669	0,752	0,563	0,713	0,674
	σ	13,05	10,15	8,79	14,24	11,558
C15	$\bar{x}$	0,739	0,625	0,655	0,647	0,666
	σ	18,1	5,79	5,31	4,21	8,353
C16	$\bar{x}$	0,743	0,765	0,721	0,73	0,74
	σ	6,13	1,94	8,01	5,79	5,468

Tabelle 23. Reibungskoeffizient (Sled-Methode) der ausgerüsteten Rechts-Rechts-Gestrickproben

		Reibungskoeffizient (Sled-Methode)				
		Vorderseite		Rückseite		Mittelwert
Stoff		Quer	Längs	Quer	Längs	
RF01	$\bar{x}$	0,713	0,704	-	-	0,708
	σ	4,43	5,5	-	-	4,965
RF02	$\bar{x}$	0,704	0,695	-	-	0,699
	σ	2,43	9,75	-	-	6,09
RF03	$\bar{x}$	0,669	0,682	-	-	0,675
	σ	12,18	9,69	-	-	10,935
RF04	$\bar{x}$	0,669	0,629	-	-	0,649
	σ	12,39	9,52	-	-	10,955
RF05	$\bar{x}$	0,695	0,62	-	-	0,658
	σ	5,234	2,454	-	-	3,844

Anhang 5: Primäre Griffnoten und WD-Werte

Tabelle 1. Komponenten der Umwandlungsmatrix und WD-Werte (GED-Methode)

Stoff	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	*WD*
A01	-1,85223504	0,84160439	0,29610229	3,56109943	-0,62858812	3,98
A02	1,44222043	0,5679014	0,28855439	0,07193863	-0,18648709	6,54
A03	-0,36306964	-0,88769646	0,2268808	-0,33826395	-0,25871829	5,45
A04	-0,1365854	-1,95699141	0,68190716	0,2072033	-0,54575858	5,85
A05	-0,61845922	-1,81336757	0,66700076	0,09914088	-0,58690409	5,49
A06	-2,78516072	-2,15662364	0,94540385	-0,42992986	-0,92714775	4,36
A07	0,72526076	-0,77930858	1,05069179	-0,05923518	-0,28153584	6,27
A08	-1,57485267	-2,04613526	1,20763195	0,43595405	-0,20775957	5,02
A09	-1,61923216	-2,44931642	1,24918716	0,13230823	-0,55587862	5,14
A10	-2,2205511	-1,5784307	1,44379011	0,29706874	-0,5611639	4,49
A11	-2,8608139	-2,77520263	1,31646379	-0,48456863	-1,0355847	4,65
A12	1,97926757	0,17862376	-0,0992311	0,28874753	0,47387245	7
A13	2,04257843	-0,31700794	0,26584852	0,311988	0,26885149	7,12
A14	-1,09618198	-2,35874315	0,51834924	0,0046382	-0,19167622	5,37
C01	3,01815173	0,34577818	0,21905886	1,21131253	0,90862451	7,81
C02	2,54846177	1,63385257	0,69737662	0,19919334	1,25100624	7,48
C03	2,54554959	1,10034883	1,03661955	1,53318251	0,67673533	7,43
C04	1,97516836	1,36867937	-0,01817706	1,32540809	0,33891788	6,85
C05	2,6306121	1,41807853	0,10807924	0,75671635	0,99062871	7,45
C06	4,08383566	-0,27340686	-0,75057432	-1,09230779	2,43007849	8,96
C07	2,07640265	1,25083933	0,396519	0,31905811	0,54848261	7,03
C08	-0,16124945	0,25898386	-4,35218947	-1,7166134	0,68337473	5,97
C09	3,75428014	-1,26697957	-1,21798142	-1,45738829	1,92068832	8,82
C10	1,53787862	1,08069931	-0,37398696	0,63304743	-0,03893687	6,5
C11	0,25616733	-0,33537642	-3,63032866	-0,22049325	-0,02962761	5,94
C12	4,0388483	-0,99563205	-0,35119755	-0,94110943	2,5984458	9,03
C13	-1,35878267	-0,51835051	-1,60551365	-1,11122837	-1,47099887	4,66
C14	-0,33042621	-0,32979315	-3,41172758	-0,94722046	-0,27155388	5,56
C15	0,46829202	0,14812522	0,31176675	0,34553509	-0,75550167	5,78
C16	2,32108683	1,49749363	0,43097944	0,69499444	0,39660176	7,18
C001	-2,52808019	-1,12695669	-0,05186923	-0,69502806	-0,20551277	4,1
C002	-2,27774785	-1,19428914	0,43714121	-0,38434439	-0,63758352	4,24
V001	-6,33726721	2,12203365	-1,07479204	1,78657824	-1,98025874	0
V002	-6,36166456	2,33797543	-2,5965439	1,26528147	-1,49410338	1,01

Anhang 6: Korrelationskoeffizienten

Tabelle 1. Korrelation zwischen den Kurvenkennwerten, den primären Griffparametern und den physikalischen Eigenschaften (Probenanzahl =35)

Parameter	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}	Z_{11}	Z_{12}
Y_1	0,739**	0,709**	0,558**	0,674**	0,723**	0,639**	0,32*	0,414**	0,502**	0,449**	0,325*	0,476**
Y_2	0,106	0,071	-0,00	0,119	0,178	0,049	0,019	0,121	0,141	0,022	-0,030	-0,00
Y_3	0,448**	-0,020	-0,200	-0,110	-0,080	-0,100	0,033	0,356*	0,459**	0,339*	0,174	0,153
Y_4	0,097	-0,330*	-0,46**	-0,28	-0,23	-0,36*	-0,240	-0,07	-0,23	-0,38*	-0,55*	-0,32*
Y_5	0,549**	0,83**	0,754**	0,784**	0,763**	0,687**	0,200	0,233	0,431**	0,499**	0,459**	0,529**
Log *WT*	-0,090	-0,180	-0,150	-0,290	-0,360*	-0,220	-0,140	-0,060	0,038	0,142	0,082	-0,020
RT	-0,380*	-0,47**	-0,44**	-0,420*	-0,44**	-0,48**	-0,300	-0,250	-0,220	-0,220	-0,180	-0,310
LT	0,741**	0,335*	0,114	0,319*	0,396*	0,264	0,100	0,453**	0,451**	0,248	0,019	0,242
Log *2HG*	0,768	0,663**	0,477**	0,64**	0,74**	0,651**	0,376*	0,46**	0,548**	0,427**	0,289	0,434**
Log *2HG5*	0,781**	0,651**	0,451**	0,621**	0,732**	0,65**	0,401**	0,455**	0,562**	0,432**	0,282	0,416**
Log *G*	0,784**	0,586**	0,382**	0,611**	0,71**	0,482**	0,241	0,479**	0,547**	0,425**	0,211	0,391*
Log *B*	0,648**	0,813**	0,711**	0,767**	0,759**	0,68**	0,260	0,336*	0,52**	0,569**	0,508**	0,534**
Log *2HB*	0,588**	0,890**	0,806**	0,831**	0,841**	0,813**	0,372*	0,332*	0,536**	0,572**	0,586**	0,573**
Log *W*	0,384*	0,420**	0,324*	0,323*	0,309*	0,315*	0,159	0,289	0,565**	0,56**	0,584**	0,437**
Log *T*	-0,050	0,204	0,263	0,178	0,129	0,177	-0,00	-0,1700	-0,1300	0,062	0,135	0,136
Log *WC*	-0,230	-0,210	-0,120	-0,230	-0,240	-0,210	-0,07	-0,1200	-0,2600	-0,200	-0,030	-0,150
RC	-0,59**	-0,350*	-0,230	-0,280	-0,31*	-0,34*	-0,290	-0,37*	-0,39*	-0,290	-0,180	-0,33*
LC	-0,37*	-0,210	-0,120	-0,240	-0,220	-0,200	0,0220	-0,000	-0,010	-0,030	0,177	-0,080
MIU	-0,02	0,368*	0,49**	0,413**	0,408**	0,547**	0,267	0,060	0,084	0,197	0,313*	0,274
Log *MMD*	0,056	0,355*	0,307*	0,357*	0,364**	0,199	0,08	-0,070	-0,09	-0,04	-0,010	0,054
Log *SMD*	0,059	0,762**	0,871**	0,749**	0,672**	0,652**	0,202	-0,120	0,100	0,273	0,407**	0,368*

* Significant at the 0.05 level ** Significant at the 0.01 level

Tabelle 2. Korrelation zwischen den ausgewählten Kurvenkennwerten, den primären Griffparametern und den physikalischen Eigenschaften (Probenanzahl =35)

Properties	F_m	H_m	A	S_f	S_s	S_p
Y_1	0,740**	0,389*	0,732**	0,780**	0,615**	0,536**
Y_2	0,055	-0,290	0,053	0,02	-0,02	0,07
Y_3	0,11	0,110	0,049	0,391*	-0,16	0,342*
Y_4	-0,370*	-0,610**	-0,360*	0,259	-0,450**	-0,450**
Y_5	0,784**	0,481**	0,802**	0,593**	0,797**	0,580**
WD	0,786**	0,496**	0,778**	0,747**	0,679**	0,606**
Log *WT*	-0,140	0,347*	-0,150	-0,150	-0,150	0,059
RT	-0,480**	-0,380**	-0,490**	-0,390**	-0,480**	-0,28
LT	0,397*	-0,02	0,370*	0,789**	0,176	0,303*
Log *2HG*	0,727**	0,324*	0,713**	0,782**	0,544**	0,532**
Log *2HG5*	0,715**	0,284	0,699**	0,792**	0,521**	0,530**
Log *G*	0,660**	0,224	0,644**	0,820**	0,457**	0,504**
Log *B*	0,811**	0,497**	0,815**	0,650**	0,756**	0,653**
Log *2HB*	0,887**	0,575**	0,902**	0,610**	0,847**	0,678**
Log *W*	0,496**	0,527**	0,462**	0,341*	0,366*	0,637**
Log *T*	0,156	0,315	0,188	0,090	0,284	0,034
Log *WC*	-0,200	0,104	-0,200	-0,130	-0,1200	-0,220
RC	-0,440**	-0,360**	-0,400**	-0,690**	-0,2700	-0,330*
LC	-0,1900	-0,0600	-0,200	-0,520**	-0,1600	0,011
MIU	0,414**	0,572**	0,427**	-0,040	0,506**	0,261
Log *MMD*	0,1800	-0,2500	0,230	0,1800	0,292	-0,06
Log *SMD*	0,632**	0,457**	0,694**	0,046	0,863**	0,363*

* Significant at the 0.05 level ** Significant at the 0.01 level

Tabelle 3. Korrelation zwischen den Kurvenkennwerten, den primären Griffparametern und den Gesamtgriffwerten (Probenanzahl =5)

Curve feature	Y_1 (Stiffness)	Y_2 (Fullness and Softness)	Y_3 (Smoothness)	*THV*
Z_1	0,70	-0,4	-0,1	0,00
Z_2	0,90*	-0,3	-0,3	0,00
Z_3	0,90*	-0,3	-0,3	0,00
Z_4	0,90*	-0,3	-0,3	-0,100
Z_5	1,00**	-0,1	-0,6	-0,100
Z_6	0,90*	-0,3	-0,7	0,00
Z_7	0,60	-0,3	-1,00**	0,00
Z_8	-0,80	-0,1	0,6	0,00
Z_9	0,70	-0,4	-0,1	0,100
Z_{10}	0,90*	-0,3	-0,3	0,00
Z_{11}	0,40	-0,7	0	0,00
Z_{12}	0,90*	-0,3	-0,3	0,100
F_m	1,00**	-0,1	-0,6	0,00
H_m	0,10	-1,00**	-0,3	-0,900*
A	1,00**	-0,1	-0,6	0,00
S_f	1,00**	-0,1	-0,6	0,00
S_s	1,00**	-0,1	-0,6	0,00
S_p	1,00**	-0,1	-0,6	0,100

Tabelle 4. Korrelation zwischen den Kurvenkennwerten und den physikalischen Eigenschaften (Probenanzahl =5)

Properties	F_m	H_m	A	S_f	S_s	S_p
Log *WT*	-0,90*	-0,30	-0,90*	-0,90*	-0,90*	-0,90*
RT	0,6669	-0,103	0,666	0,666	0,666	0,666
LT	0,90*	0,30	0,90*	0,90*	0,90*	0,90*
Log *2HG*	1,0**	0,10	1,0**	1,0**	1,0**	1,0**
Log *2HG5*	1,00**	0,10	1,0**	1,0**	1,0**	1,0**
Log *G*	1,00**	0,10	1,0**	1,0**	1,0**	1,0**
Log *B*	1,00**	0,10	1,0**	1,0**	1,0**	1,0**
Log *2HB*	1,00**	0,10	1,0**	1,0**	1,0**	1,0**
Log *W*	1,00**	0,10	1,0**	1,0**	1,0**	1,0**
Log *T*	0,30	0,90*	0,30	0,30	0,30	0,30
Log *WC*	-0,80	0,40	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80
RC	-1,00**	-0,10	-1,0**	-1,0**	-1,0**	-1,0**
LC	-0,60	0,30	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60
MIU	-0,60	0,30	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60
Log *MMD*	0,0	0,90*	0,0	0,0	0,0	0,0
Log *SMD*	-0,30	0,90*	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30

* Significant at the 0.05 level ** Significant at the 0.01 level

Anhang 7. KES-Tabellen für die Bestimmung des Warengriffs

Tabelle 1. Parameter für die Gleichung „KN-101-Winter“ zur Berechnung der primären Griffnoten aus den physikalischen Eigenschaften der gestrickten Winterbekleidung

Block	i	X_i	WINTER SUIT (N=214) Mean	σ_i
	0			
1	1	*LT*	0,6082	0,0611
	2	Log *WT*	0,9621	0,1270
	3	*RT*	62,189	4,4380
2	4	Log *B*	-1,0084	0,1267
	5	Log *2HB*	-1,3476	0,1801
3	6	Log *G*	-1,3476	0,1287
	7	Log *2HG*	-0,0143	0,1642
	8	Log *2HG5*	0,0807	0,1441
4	9	*LC*	0,4094	0,0745
	10	Log *WC*	0,3703	0,1427
	11	*RC*	-0,7080	8,7927
5	12	*MIU*	56,2709	0,0215
	13	Log *MMD*	0,2085	0,1233
	14	Log *SMD*	-1,8105	0,2063
6	15	Log *T*	0,6037	0,0797
	16	Log *W*	-0,1272	0,0591

KOSHI		NUMERI		FUKURAMI	
i	C_i	i	C_i	i	C_i
0	5,7093	0	4,7533	0	4,9799
4	-0,0317	13	-0,0686	10	-0,1558
5	-0,1345	14	0,0735	9	0,2241
6	0,0676	12	-0,1619	11	-0,0897
7	0,8459	10	-0,1658	13	-0,0337
8	-0,2104	9	0,1083	14	0,0848
15	0,4268	11	-0,0263	12	0,096
16	-0,0793	8	0,0667	1	-0,0538
2	0,0625	6	-0,3702	2	-0,0657
3	0,0073	7	-0,1703	3	-0,2042
1	-0,0646	4	0,5278	8	0,8845
10	-0,0041	5	0,0972	6	0,1879
9	-0,0254	1	-0,1539	7	-0,0569
11	0,0307	3	-0,927	15	-0,5964
13	0,0009	2	-0,3031	16	-0,1702
12	-0,1714	16	-0,1358	5	-0,0837
14	0,2232	15	-0,0122	4	-0,181

Tabelle 2. Parameter für die Gleichung „KN-301-Winter“ zur Berechnung des Gesamtgriffwerts aus den primären Griffnoten für gestrickte Winterbekleidung

C_0 = 3,1466

	Y_i	C_{i1}	C_{i2}	M_{i1}	M_{i2}	σ_{i1}	σ_{i2}
1	KOSHI	0,6750	-0,5341	5,7093	33,9032	1,1434	12,1127
2	NUMERI	-0,1887	0,8041	4,7537	25,0295	1,5594	15,5621
3	FUKURAMI	0,9312	-0,7703	4,9798	26,9720	1,4741	15,2341

Anhang 8. Kurvenkennwerte von Gestrickproben und D(x)-Werte

Tabelle 1. Kurvenkennwerte und D(x)-Werte von ausgerüsteten Maschenwaren

Stoff		H_t (mm)	F_m (cN)	H_m (mm)	A (N m)	S_f (cN/mm)	S_s (cN/mm)	S_p (cN/mm)	$D(x)$
A01	$\bar{x}$	49,523	330,933	37,167	0,12	23,939	12,373	3,861	36
	σ	0,3	10,802	2,301	0,002	0,467	0,145	0,065	
	CV%	0,606	3,264	6,19	1,919	1,949	1,175	1,689	
A02	$\bar{x}$	56,338	1031,6	50,55	0,345	40,497	20,923	16,938	112
	σ	0,9	60,776	0,628	0,021	0,602	0,404	0,222	
	CV%	1,598	5,891	1,243	6,054	1,487	1,929	1,31	
A03	$\bar{x}$	55,197	849,2	48,483	0,281	32,475	18,294	14,596	84
	σ	0,422	38,622	0,898	0,015	0,724	0,466	0,125	
	CV%	0,764	4,548	1,851	5,32	2,23	2,545	0,853	
A04	$\bar{x}$	55,035	780,533	48,6	0,266	28,785	19,861	10,828	83
	σ	0,381	31,971	1,345	0,011	0,502	0,254	0,184	
	CV%	0,693	4,096	2,767	4,236	1,745	1,276	1,702	
A05	$\bar{x}$	54,965	634	48,65	0,224	25,64	19,064	9,051	67
	σ	0,539	29,214	1,803	0,008	0,165	0,29	0,19	
	CV%	0,98	4,608	3,706	3,645	0,644	1,519	2,097	
A06	$\bar{x}$	54,627	563,2	48,183	0,195	23,073	17,736	8,324	59
	σ	0,745	27,68	1,953	0,014	0,202	0,279	0,189	
	CV%	1,365	4,915	4,053	7,276	0,877	1,57	2,271	
A07	$\bar{x}$	54,962	766,4	48,383	0,264	31,159	20,445	13,387	83
	σ	0,467	51,876	1,583	0,018	0,124	0,201	0,222	
	CV%	0,849	6,769	3,272	6,888	0,397	0,985	1,657	
A08	$\bar{x}$	54,63	641,867	48,383	0,224	25,832	18,427	10,078	68
	σ	0,993	29,156	48	0,225	0,502	0,404	0,127	
	CV%	1,817	4,542	48,077	0,226	1,945	2,19	1,256	
A09	$\bar{x}$	54,828	597,467	48,05	0,221	27,368	19,39	7,901	64
	σ	0,629	43,252	1,3	0,012	0,245	0,372	0,099	
	CV%	1,147	7,239	2,706	5,392	0,896	1,916	1,25	
A10	$\bar{x}$	54,472	524	49,05	0,194	24,677	15,851	8,079	56
	σ	0,713	24,533	1,398	0,011	0,215	0,099	0,023	
	CV%	1,309	4,682	2,851	5,474	0,869	0,623	0,283	
A11	$\bar{x}$	53,647	550,8	47,55	0,195	24,517	17,02	7,769	59
	σ	0,565	23,223	0,493	0,011	0,092	0,213	0,081	
	CV%	1,054	4,216	1,037	5,775	0,377	1,254	1,036	
A12	$\bar{x}$	56,703	1181,333	50,733	0,41	45,439	26,552	17,385	130
	σ	0,767	84,559	0,777	0,023	0,234	0,352	0,222	
	CV%	1,353	7,158	1,531	5,623	0,516	1,326	1,276	
A13	$\bar{x}$	55,802	1103,733	47,983	0,374	42,198	23,1	17,177	120,2
	σ	1,025	64,61	1,845	0,032	0,421	0,404	0,222	
	CV%	1,836	5,854	3,846	8,648	0,998	1,747	1,291	
A14	$\bar{x}$	54,655	722,133	49,038	0,244	28,335	20,896	12,543	78
	σ	0,839	70,23	0,898	0,025	0,312	0,404	0,222	
	CV%	1,535	9,725	1,83	10,457	1,102	1,931	1,768	

Tabelle 2. Kurvenkennwerte und D(x)-Werte von Rechts-Links-Maschenwaren

Stoff		H_t (mm)	F_m (cN)	H_m (mm)	A (N.m)	S_f (cN/mm)	S_s (cN/mm)	S_p (cN/mm)	$D(x)$
C12	$\bar{x}$	62,043	1636,4	54,017	0,645	31,801	64,042	22,36	
	σ	0,41	77,046	1,093	0,026	0,096	0,935	0,201	
	CV%	0,661	4,708	2,023	3,955	0,301	1,46	0,901	203,94
C06	$\bar{x}$	62,993	1812,457	55,371	0,724	32,667	69,379	21,97	
	σ	0,615	113,9	1,361	0,055	0,075	0,935	0,581	
	CV%	0,976	6,284	2,458	7,584	0,229	1,348	2,642	184,15
C09	$\bar{x}$	61,966	1515,429	53,343	0,619	28,386	57,556	16,2	
	σ	0,9	122,147	1,292	0,012	0,223	0,435	0,181	
	CV%	1,452	8,06	2,422	2,002	0,787	0,756	1,114	169,6
C08	$\bar{x}$	57,836	663,2	46,76	0,253	15,788	30,11	7,588	
	σ	0,399	22,407	1,074	0,011	0,123	0,535	0,123	
	CV%	0,69	3,379	2,296	4,458	0,782	1,778	1,624	71,76
C11	$\bar{x}$	57,995	614,4	47,117	0,236	15,467	29,791	8,165	
	σ	0,539	23,77	1,308	0,014	0,092	0,142	0,105	
	CV%	0,929	3,869	2,775	5,951	0,597	0,478	1,287	69,46
C14	$\bar{x}$	57,444	638,629	46,157	0,252	15,243	30,694	4,744	
	σ	0,691	18,07	1,34	0,016	0,136	0,281	0,081	
	CV%	1,203	2,83	2,904	6,482	0,89	0,917	1,712	66,89
C07	$\bar{x}$	54,047	906,533	47,708	0,327	39,663	25,107	10,545	
	σ	0,246	42,734	0,761	0,011	0,42	0,365	0,102	
	CV%	0,456	4,714	1,595	3,254	1,06	1,454	0,971	100,1
C16	$\bar{x}$	53,312	831,84	47,2	0,297	34,657	20,455	9,3	
	σ	0,627	33,645	1,107	0,018	0,334	0,352	0,122	
	CV%	1,175	4,045	2,345	6,165	0,965	1,721	1,31	90,19
C10	$\bar{x}$	53,69	751,733	46,295	0,278	33,534	22,144	8,051	
	σ	0,333	34,745	0,909	0,013	0,326	0,29	0,099	
	CV%	0,621	4,622	1,963	4,505	0,973	1,307	1,224	82,29
C15	$\bar{x}$	55,185	700,133	46,958	0,249	25,03	18,719	8,995	
	σ	0,721	84,111	1,291	0,028	0,072	0,247	0,125	
	CV%	1,307	12,014	2,749	11,436	0,289	1,317	1,385	74,08
C13	$\bar{x}$	389,733	55,3	46,828	0,139	10,172	12,293	5,658	
	σ	47,165	1,812	0,578	0,018	0,081	0,18	0,103	
	CV%	12,102	3,277	1,234	13,049	0,799	1,46	1,825	38,71

Tabelle 3. Kurvenkennwerte und D(x)-Werte von Rechts-Rechts-Maschenwaren

Stoff		H_t (mm)	F_m (cN)	H_m (mm)	A (N m)	S_f (cN/mm)	S_s (cN/mm)	S_p (cN/mm)	$D(x)$
C001	$\bar{x}$	59,062	622,72	48,14	0,225	17,829	19,595	12,205	65,59
	σ	1,089	17,496	1,141	0,011	0,092	0,142	0,081	
	CV%	1,844	2,81	2,371	4,718	0,518	0,726	0,66	
C002	$\bar{x}$	59,668	736,933	48,533	0,262	17,296	23,87	14,457	78,21
	σ	0,92	37,141	1,188	0,015	0,102	0,242	0,081	
	CV%	1,542	5,04	2,447	5,723	0,592	1,012	0,557	
V001	$\bar{x}$	48,732	188,32	42,452	0,065	7,663	7,169	1,67	0
	σ	0,955	13,31	1,28	0,006	0,136	0,081	0,012	
	CV%	1,96	7,068	3,016	9,73	1,77	1,135	0,728	
V002	$\bar{x}$	50,116	277,44	44,1	0,095	9,473	10,196	3,574	26,39
	σ	1,326	14,982	1,681	0,008	0,092	0,102	0,042	
	CV%	2,647	5,4	3,811	8,476	0,975	1,005	1,179	

Tabelle 4. Kurvenkennwerte und D(x)-Werte von Rechts-Links-Maschenwaren

Stoff		H_t (mm)	F_m (cN)	H_m (mm)	A (N m)	S_f (cN/mm)	S_s (cN/mm)	S_p (cN/mm)	$D(x)$
C01	$\bar{x}$	53,79	944,8	46,42	0,34	40,24	26,57	10,18	104,22
	σ	0,65	21,68	1,45	0	0,2	0,28	0,19	
	CV%	1,2	2,29	3,13	1,22	0,5	1,05	1,86	
C02	$\bar{x}$	54,36	994,72	47,8	0,35	41,47	29,56	13,34	109,79
	σ	0,71	24,53	1,4	0,01	0,21	0,1	0,02	
	CV%	1,31	2,47	2,93	3,05	0,52	0,33	0,17	
C03	$\bar{x}$	53,61	859,04	43,54	0,3	36,08	25,87	14,39	94,53
	σ	0,3	24,8	1,02	0	0,27	0,15	0,07	
	CV%	0,56	2,89	2,35	0,77	0,74	0,56	0,45	
C04	$\bar{x}$	52,25	817,87	46,42	0,34	39,07	20,25	9,18	91,52
	σ	0,71	24,53	1,4	0,01	0,21	0,1	0,1	
	CV%	1,36	3	3,01	3,12	0,55	0,49	1,04	
C05	$\bar{x}$	52,18	782,72	46,42	0,34	37,01	23,77	10,16	88,43
	σ	0,57	18,22	0,49	0,01	0,09	0,21	0,08	
	CV%	1,08	2,33	1,06	1,8	0,25	0,9	0,79	

Tabelle 3. Kurvenkennwerte und D(x)-Werte von Rechts-Rechts-Maschenwaren

Stoff		H_t (mm)	F_m (cN)	H_m (mm)	A (N m)	S_f (cN/mm)	S_s (cN/mm)	S_p (cN/mm)	$D(x)$
RF01	$\bar{x}$	3376	57,52	69,52	1,38	69,74	109,07	50,03	352
	σ	90,78	0,9	0,63	0,02	0,6	0,69	0,82	
	CV%	2,69	1,56	0,9	1,51	0,86	0,64	1,64	
RF02	$\bar{x}$	830,4	53,68	58,02	0,35	15,14	28,52	7,89	58,55
	σ	18,62	0,65	0,9	0	0,22	0,47	0,12	
	CV%	2,24	1,2	1,55	1,22	1,48	1,63	1,58	
RF03	$\bar{x}$	1027,7	49,84	53,1	0,41	23,01	36,51	15,73	81,63
	σ	25,97	0,92	0,84	0	0,2	0,65	0,18	
	CV%	2,53	1,85	1,59	0,79	0,88	1,79	1,17	
RF04	$\bar{x}$	458	52,91	57,26	0,19	9,37	16,89	2,05	16,71
	σ	9,33	0,61	0,79	0,01	0,1	0,47	0,12	
	CV%	2,04	1,16	1,37	2,65	1,09	2,79	6,08	
RF05	$\bar{x}$	273	54,45	58,62	0,13	5,87	10,75	1,77	0
	σ	4,32	0,49	0,95	0	0,03	0,25	0,01	
	CV%	1,58	0,9	1,62	1,99	0,44	2,37	0,81	

Anhang 9: Auswirkung der Garn- und Gestrickparameter auf die physikalischen Eigenschaften

- **Effect of fabric and yarn parameters on bending properties of the knitted fabrics**

Changes in the bending characteristics of knitted fabrics are shown in Figure 1.

The flexural rigidity of a fabric is related to the yarn parameters such as; yarn twist, material type and kind of the spinning system. In the same spinning system and material, an increase in yarn twist increases the inner friction of the fibres consequently the resistance of the yarn against bending. As the fabric thickness increases, flexural rigidity of fabric increases strongly and vice versa [33]. The bending parameters of the knitted fabric also depend largely on the fabric weight, loop length and cover factor [34].

The larger the bending values, the greater the knit density. The gaps within the knitted fabric and movement of the yarn decrease as the knit density increases. Higher knit densities suppress the movement of each stitch and the fabric bends harder.

The order of *B* and *2HB* values by construction was: double cross tuck, plain single jersey and double cross miss. Using of tuck stitches in a single jersey fabric creates an effect, which attributes to higher fabric thickness as well as to higher fabric bending rigidity. In contrast, miss stitches create a loose fabric resulting less fabric bending stiffness. They appear as a straight yarn in the fabric technical back.

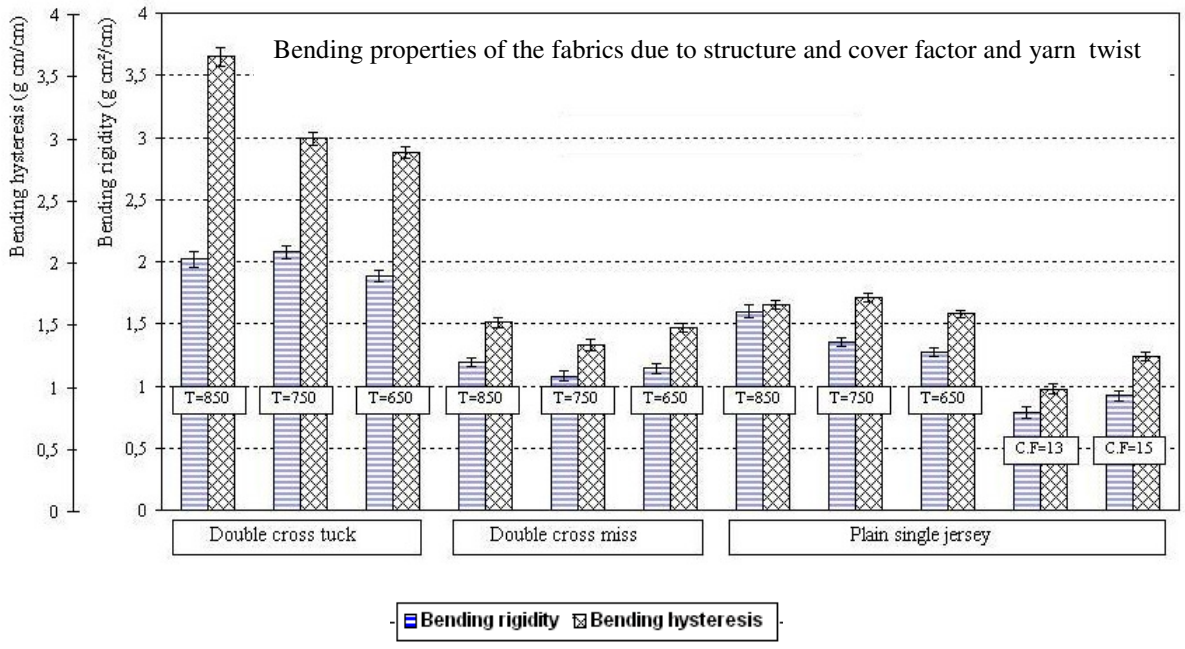


Figure 1. Bending properties of the knitted fabrics due to fabric structure and yarn twist (*T*: yarn twist per Meter, *C.F*: cover factor of the fabrics)

The values of bending rigidity and hysteresis were remarkably greater in the wale direction in comparison to course direction. This can be attributed to the action of the stitches in the course direction. According to Skeleton and Schoppee [35] " weft knitted structures in general are characterized by higher flexibility for bending about an axis parallel to the wale".

- **Effect of fabric and yarn parameters on shear properties of the fabrics**

Changes in the shear characteristics of knitted fabrics are shown in Figure 2.

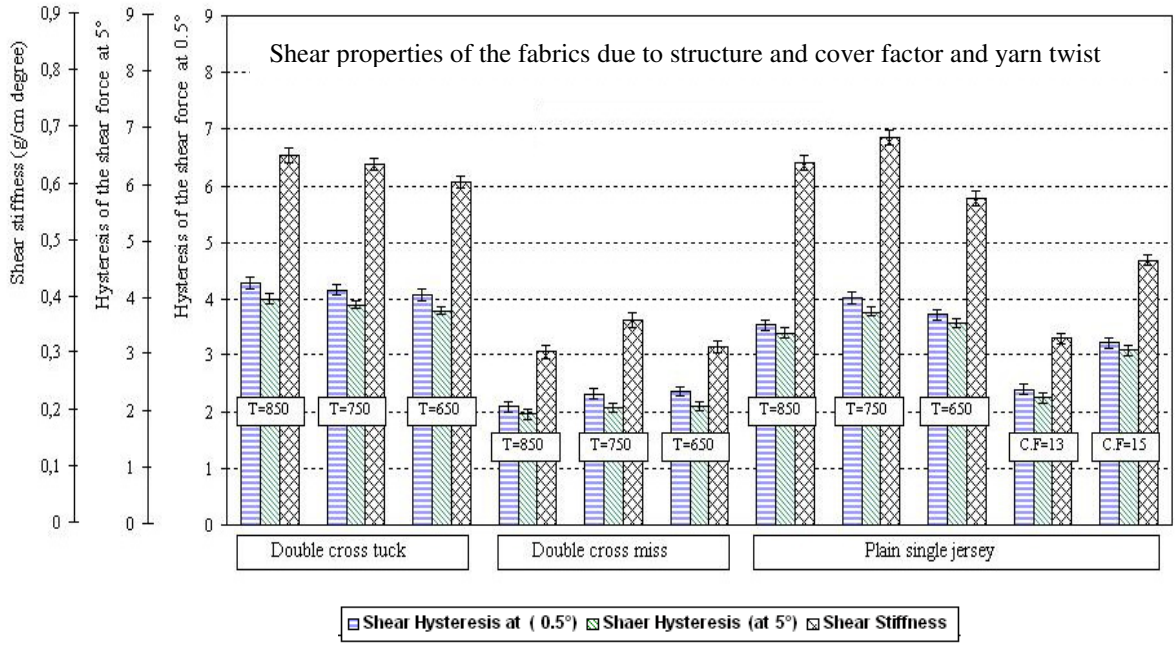


Figure 2. Shear properties of the knitted fabrics due to fabric structure and yarn twist (*T*: yarn twist per Meter, *C.F*: cover factor of the fabrics)

Shear stiffness is affected by slipperiness at loop intersection, elastic deformation and bending deformation of the yarns, while shear hysteresis is influenced by the coefficient of friction, contact length and knit density [30, 36]. As shown in Figure 27, mean values of the shear properties increase with knit density. Higher knit density increases resistance to slippage between yarns or fibres, warp-weft contact and fibre contact in the intersections. The shear stiffness of samples with varying knit structures decrease in the following order: plain single jersey, double cross tuck, double cross miss. Higher stitch densities at plain single jersey decrease slipperiness at loop intersections. But the order in shear hysteresis was: double cross tuck, plain single jersey and double cross miss. For all fabrics shear stiffness is higher in the wale direction than in the course direction. Yarn twist alters friction coefficient at the loops intersections. Therefore an increase in yarn twist will increase slightly the shear properties.

- **Effect of fabric and yarn parameters on tensile properties of the fabrics**

Tensile behaviour of a knitted fabric is strongly restricted by its material, knit density, structure and yarn properties [30].

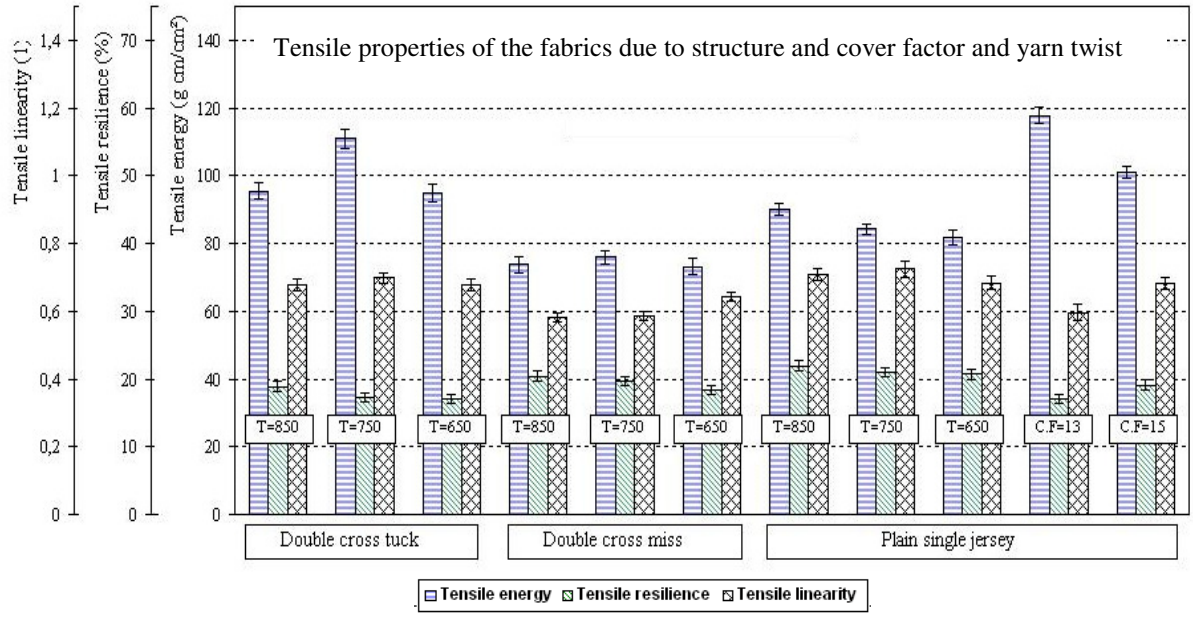


Figure 3. Tensile properties of the knitted fabrics due to fabric structure and yarn twist (*T*: yarn twist per Meter, *C.F*: cover factor of the fabrics)

The mean value of linearity of load-extension (*LT*) and tensile resilience (*RT*) tend to increase as the knit density increases and vice versa (Figure 3). But the mean value of tensile work (*WT*) decreases as the knit density increases. It is due to more extensibility of the loops in lower knit density since the loop length is greater. The mean value of tensile resilience (*RT*) of plain single jersey is higher than other fabrics. Thus it has lower tendency to stretching. It can be contributed to higher knit density at this fabric. Compared with a plain single jersey, the mean values of tensile work (*WT*) in double cross tuck is higher and in double cross miss is lower. The tensile work of a weft knit in course direction increases by tuck stitches and decreases by miss stitches. The elongation of knitted fabrics is generally higher in course direction than in wale direction.

It seems that the yarn twist has not significant effect on tensile properties of knitted fabrics.

- **Effect of fabric and yarn parameters on weight and thickness of fabrics**

Changes in weight and thickness of the knitted fabrics are shown in Figure 4.

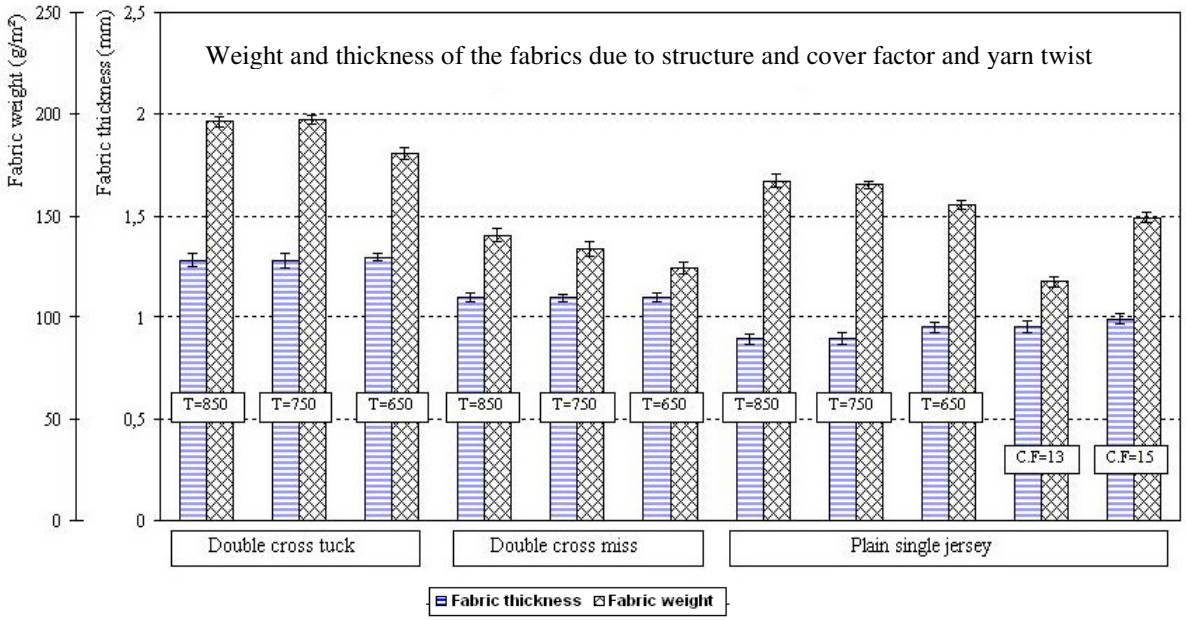


Figure 4. Weight and thickness of the knitted fabrics due to fabric structure and yarn twist (*T*: yarn twist per Meter, *C.F*: cover factor of the fabrics)

The weight and thickness of knitted fabrics are strongly affected by the fabric structure and the loop density. In higher density, the number of stitches per unit area increases and it results the increase of fabric weight. For loose density fabrics, bulk of fabrics was high, resulting in high air content and superior volume. The order of weight at the knitted fabrics was: double cross tuck, plain single jersey, double cross miss. We can attribute this difference to the feature of tuck, miss and loop stitches. Generally speaking that the presence of tuck stitches increases thickness as well as weight of the knitted fabric. In contrast, the presence of the miss stitches reduces yarn consumption in fabric unit area and decreases the fabric weight. Thickness and weight did not show large differences for the fabrics knitted from different yarn twists.

- **Effect of fabric and yarn parameters on compression properties of the fabrics**

Changes in the compression properties of the knitted fabrics are shown in Figure 5.

Independent to the fabric structure, a decrease in the yarn twist reduces fibre packing density in the yarn structure and creates a soft yarn, which offers low resistance to compression. The order of *WC* values by construction was double cross miss, double cross tuck and plain single jersey. Because compressibility clearly depends on the airiness or balkiness of a fabric. More-

over, a fluffy fabric seems to offer more resistance to compression than a smooth fabric [37]. Less knit density increases *RC* and *WC* values of the fabrics but no clear relation emerges in case of the compression linearity. The general decrease in *WC* and *RC* values may be due to the knitted fabric's stitch structures because higher densities result in a smaller stitch space, lower resilience and lower compression energy.

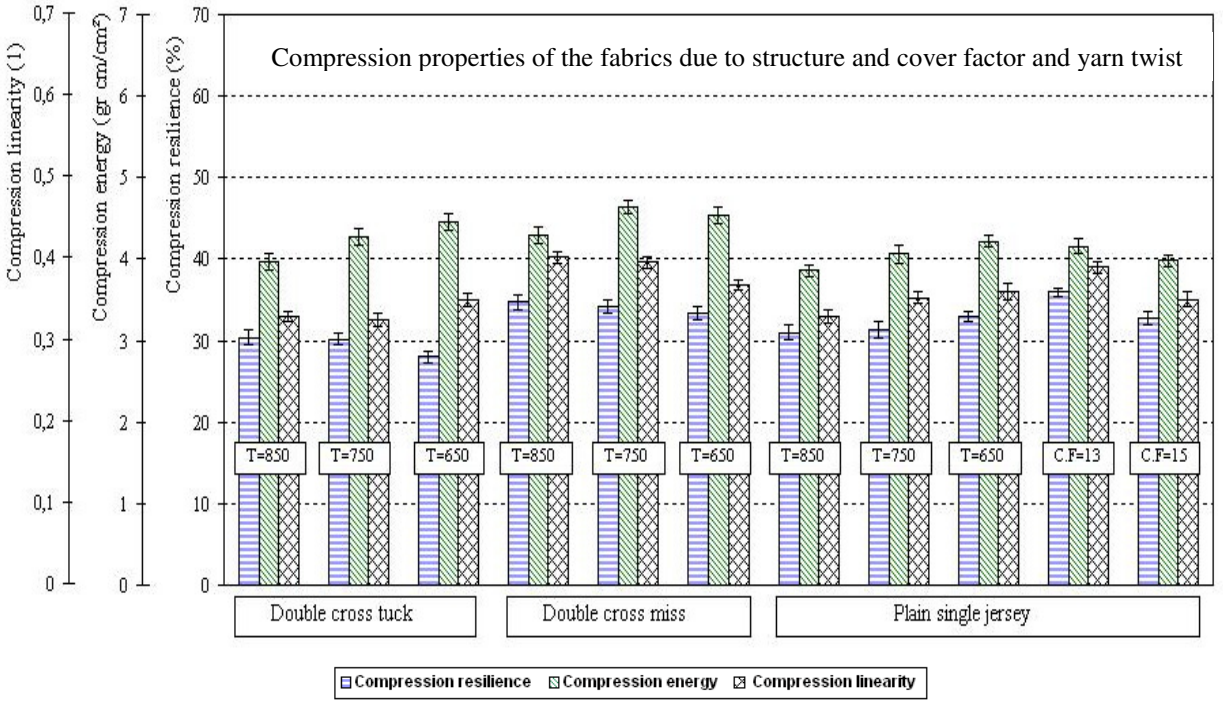


Figure 5.Compression properties of the knitted fabrics due to fabric structure and yarn twist (*T*: yarn twist per Meter, *C.F*: cover factor of the fabrics)

- **Effect of fabric and yarn parameters on surface properties of the fabrics**

Changes in the surface properties of the knitted fabrics are shown in Figure 6. The surface properties depend on several factors such as type of the fibre, type of the spinning system, stitch length and etc. The results reveal that *MIU*, *MM*D and *SMD* values decrease as the knit density increases. Because the gaps within the loops decrease, thus the surface irregularity of the fabric increases. The values of surface properties increase in the following order based on the knit structure: double cross tuck, double cross miss, plain single jersey.

This difference can be attributed to the feature of plain loops, which appear only in plain single jersey, giving it smoothness and softness. In contrast, tuck loops create a subtle cellular

effect [33] on the fabric surface, which contributes to roughness compared with plain single jersey.

In double cross miss, miss stitches create longitudinal grooves in the fabric's technical back. It results to a fabric which has rougher handle compared with a plain single jersey. The results show that higher twisted yarns have a rougher handle. Therefore, the fabrics knitted of a yarn with higher twist offer higher surface property values in wale and course direction.

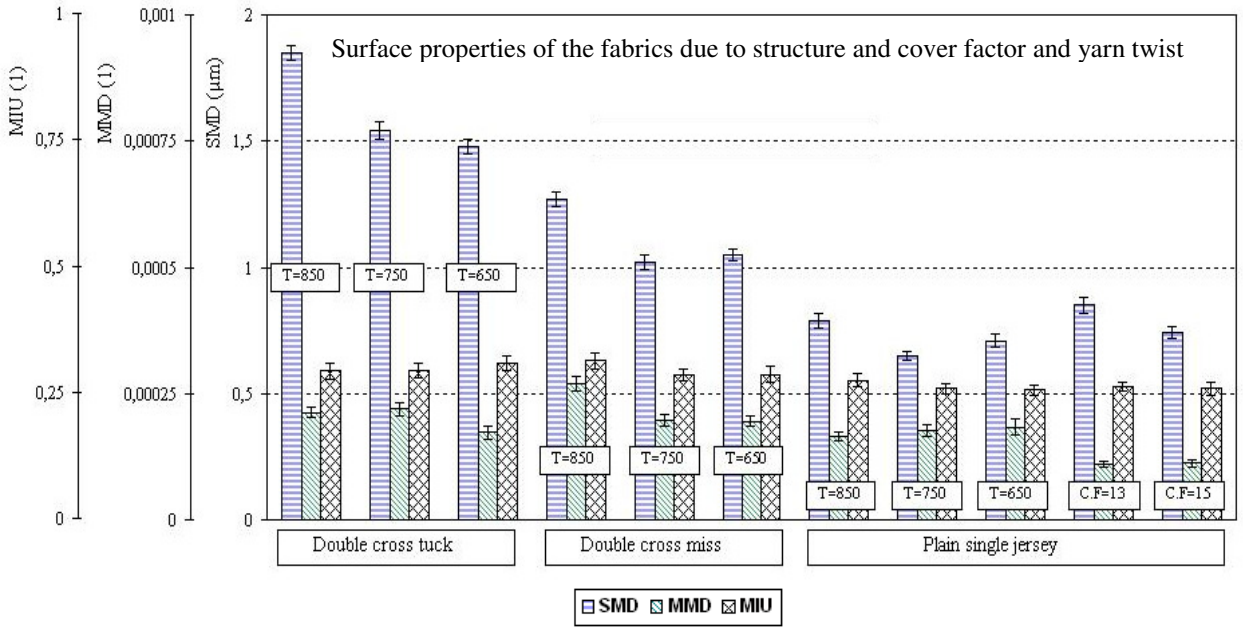


Figure 6. Surface properties of the knitted fabrics due to fabric structure and yarn twist (*T*: yarn twist per Meter, *C.F*: cover factor of the fabrics)

Anhang 10: Auswerkung der Veredlungsparameter auf die physikalischen Eigenschaften

- **Effect of the finishing parameters on bending properties of the fabrics**

Changes in the bending characteristics of the cotton knitted fabrics through the finishing stages are shown in Figure 1.

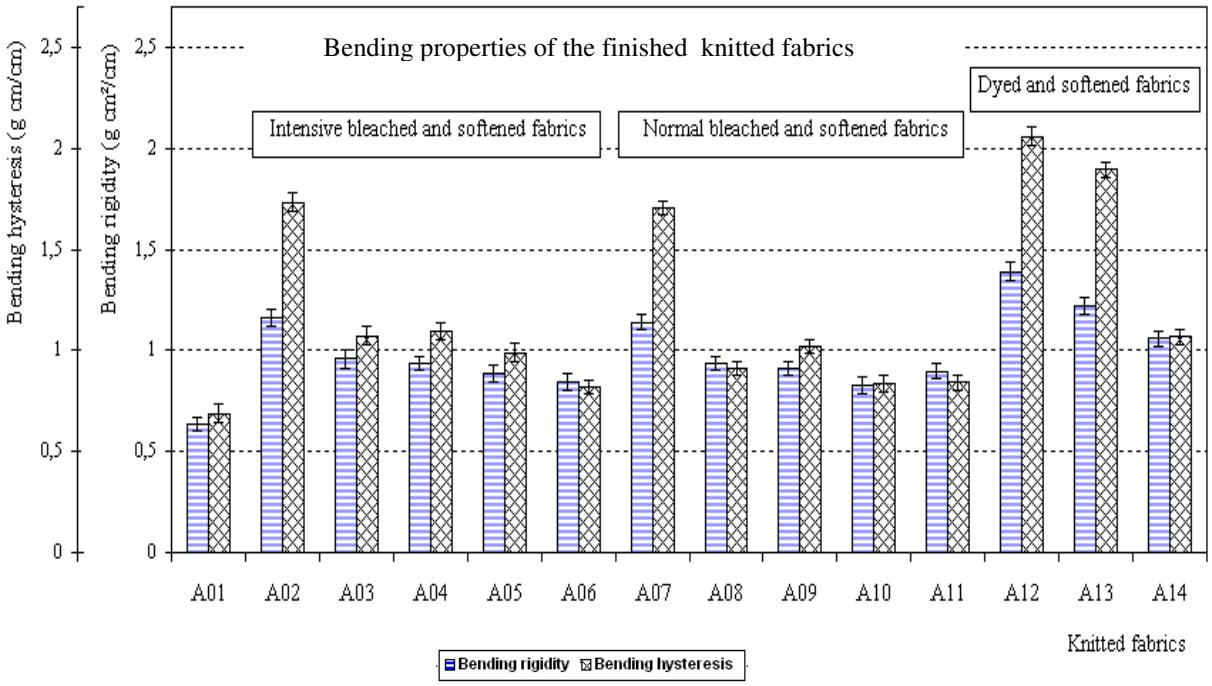


Figure 1. Effect of different finishing processes on bending properties of knitted fabrics

For the cotton knitted fabric, there is a large increase in fabric bending values after bleaching and dyeing compared with raw knitted fabric. This is explained in terms of the relaxation shrinkage in course and wale direction. The fabric shrinkage gives a smaller space for bending. The results reveal that the dyed fabric represent the highest values of *B* and *2HB* compared with other fabrics. This can be attributed to higher relaxation shrinkage and higher knit density after dyeing compared with other finishing stages. In case of intensive bleaching, the bending properties increase stronger than at normal bleaching because this stage was performed in higher bleacher's concentration, temperature and time. Therefore an intensive bleached fabric is stiffer than a normal bleached fabric.

The softeners can reduce inner friction between fibres and yarns in the fabric structure and in this way, the bending properties are greatly reduced. Naturally in this case, the type of softener plays an important role. The reduction of the *B* and *2HB* values, at softening with Tub-

ingal KRE is larger than Tubingal MSQ and Tubingal 220. Furthermore the results reveal that regardless to the fabric bleaching method, the softener concentration affects remarkably the bending properties.

- **Effect of finishing parameters on tensile properties of knitted fabrics**

Figure 2 represents the tensile properties of knitted fabrics from different finishing stages.

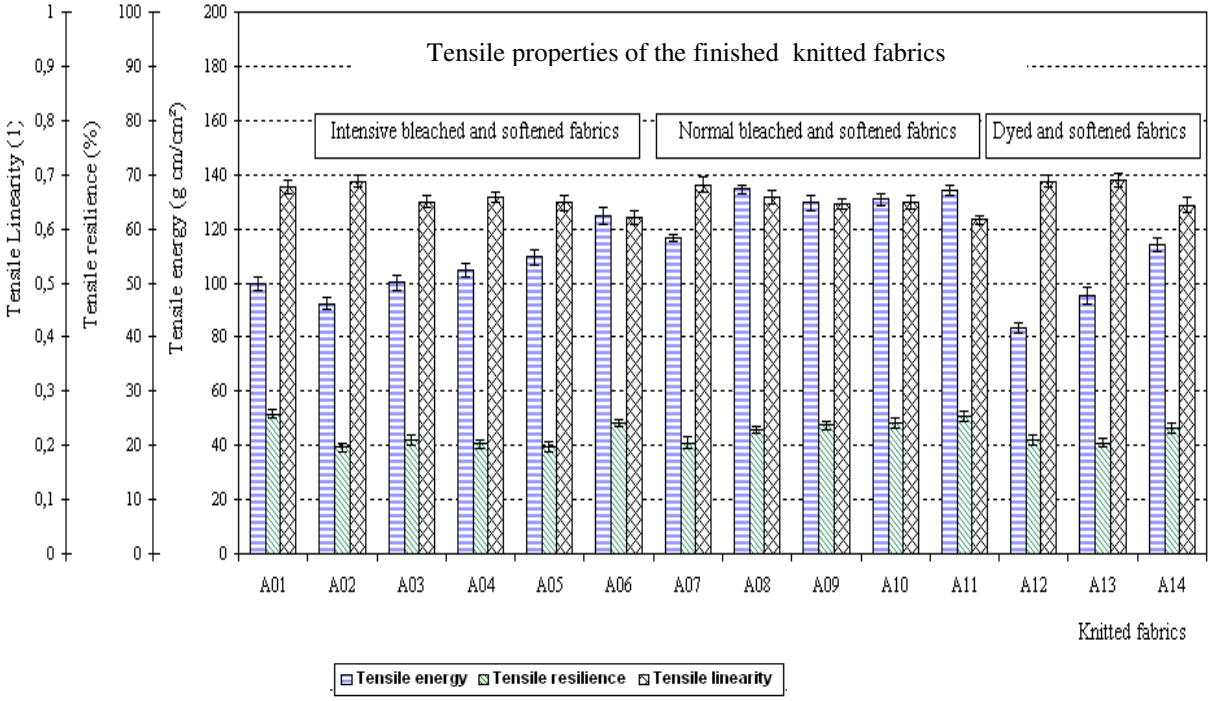


Figure 2. Effect of different finishing processes on tensile properties of knitted fabrics

The results reveals that the *WT* and *RT* values of knitted fabrics tend to decrease after bleaching and dyeing processes, compared with raw fabric. It is attributed to higher shrinkage of knitted fabrics after bleaching and dyeing. The order of the *WT* and *RT* values is dyed fabrics, intensive- bleached fabrics and normal-bleached fabrics.

For knitted fabrics there is a large increase in *WT* values and a reduction in *LT* value after softening compared to the bleached and dyed knitted fabrics. It can be explained in term of the reduction of friction between the stitches. Because softening facilities the slippage of stitches on each other. The order of *WT* values by softeners was: Tubingal 220, Tubingal MSQ and Tubingal KRE. An increase in the softener concentration raises the *WT* and *RT* values. The increase in extensibility which occurs during softening of the knitted fabrics could improve the tailorability, especially from the viewpoint of shaping and sewing.

- **Effect of finishing parameters on shear properties of the fabric**

Changes in the shear characteristics of the cotton knitted fabrics through the finishing stages are shown in Figure 3. The shear stiffness and hysteresis are affected by slipperiness at loop intersections, the coefficient of friction, the contact length and the knit density.

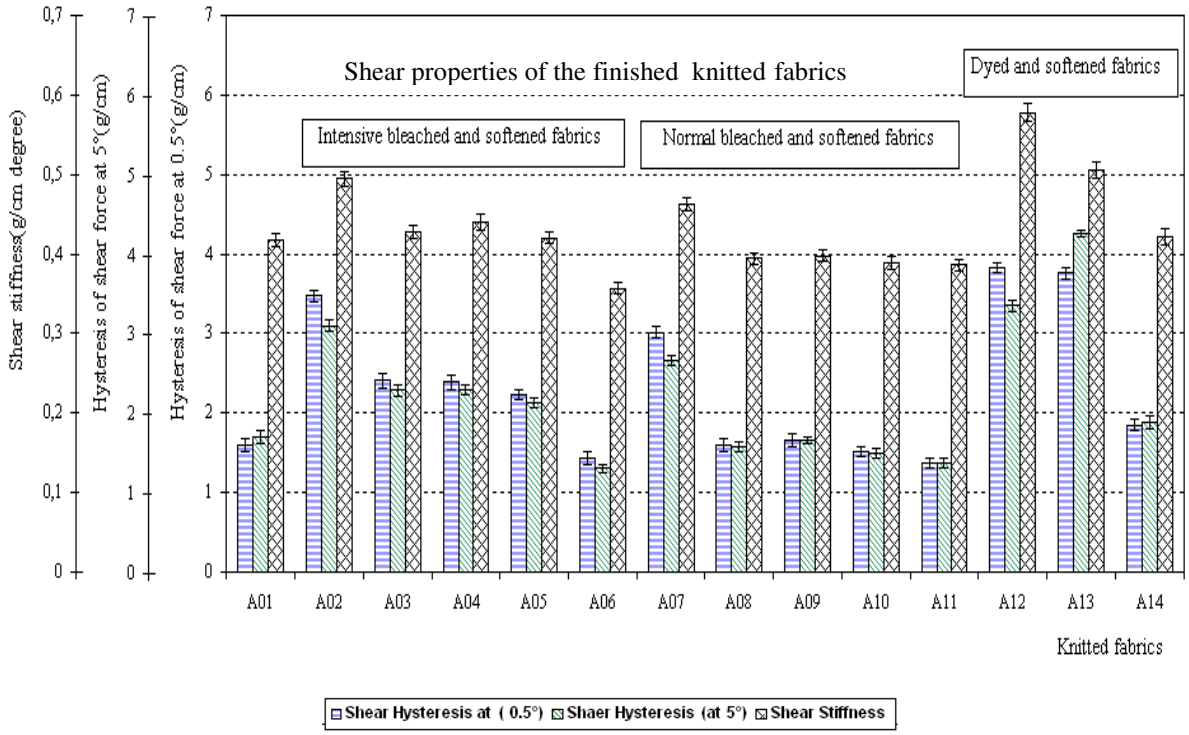


Figure 3. Effect of different finishing process on shear properties of knitted fabrics

The shrinkage of the knitted fabrics during bleaching and dyeing decreases the slippage between yarns or fibres and increases the knit density as well as the yarn contact in the loop intersections. Therefore, it is expected that bleached and dyed fabrics lead to a higher shear stiffness and hysteresis compared with the raw fabric. The shear stiffness of samples decrease in the following order: dyed knitted fabrics, intensive bleached and normal bleached fabric. This is attributed to different stitch densities, which are achieved after finishing.

Due to the important role of softeners to facilitate the slippage of yarns in the fabric structure, shear properties will decrease if the fabrics are softened. The order of shear properties values (*G*, *2HG* and *2HG5*) for the used softeners was: Tubingal MSQ, Tubingal 220, and Tubingal KRE. Naturally, the percentage of the softener affects the shear properties too. An increase in the softener concentration decreases the shear properties of knitted fabrics.

- **Effect of finishing parameters on thickness and weight of knitted fabrics**

Referring to Figure 4, fabric thickness changes slightly after the softening treatment. All dyed and bleached fabrics undergo minimum decreases in thickness , which could be due to further tightening of the structure as a result of the increased adhesion between fabric structural elements.

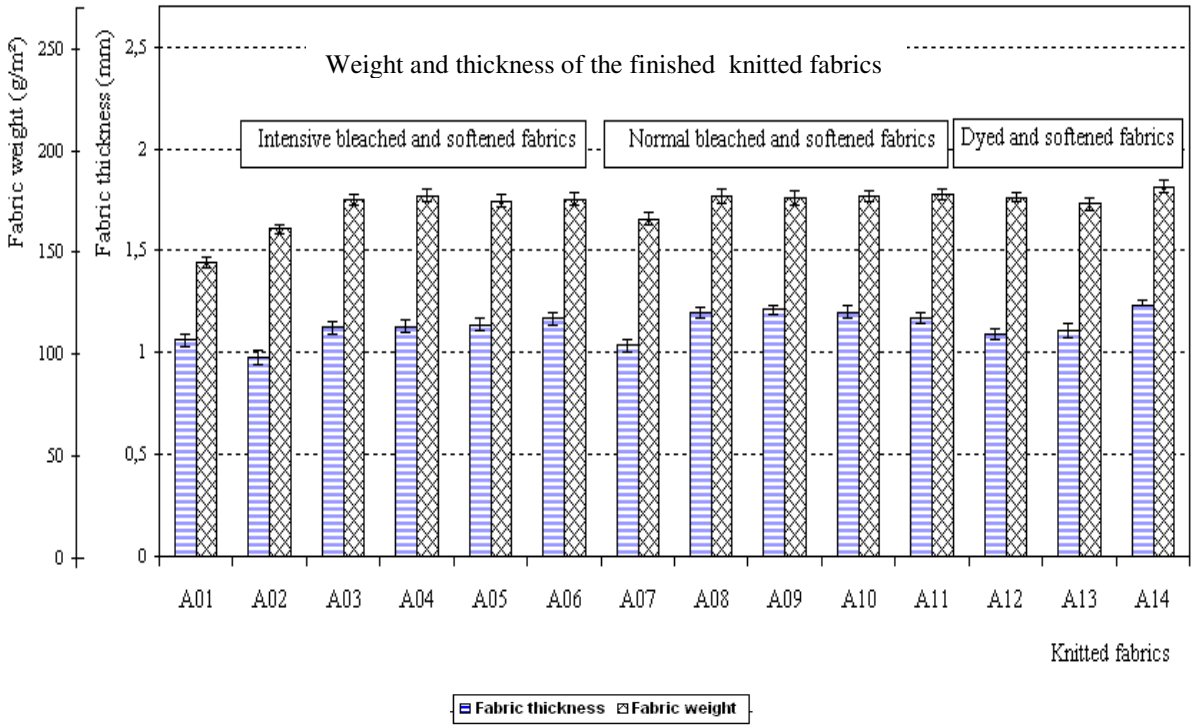


Figure 4. Effect of different finishing process on weight and thickness of knitted fabrics

The fabric weight is affected by the shrinkage during the finishing stages. The more the number of finishing stages, the higher the degree of shrinkage is. This results in higher knit density and consequently higher weight of the fabric.

The softening process makes the fabrics more voluminous and thicker. Naturally the increase of fabric volume through the softening depends on the type and percentage of the softener.

- **Effect of finishing parameters on compression properties of knitted fabrics**

The Figure 5 reveals that the greatest decrease in *WC* and *LC* occurs during bleaching and dyeing. In contrast, the values of *WC* and *LC* increase after softening. This could be due to the slight decrease of the fabric thickness after dyeing and bleaching and the increase of the fabric volume and thickness after softening. Knitted fabrics which were bleached by normal bleach-

ing method and softened represent higher values of the compressional characteristics than the knitted fabrics which were bleached by intensive bleaching method and softened.

Regardless to bleaching method, an increase in softener percentage makes the fabrics more voluminous and consequently they represent higher compressional properties.

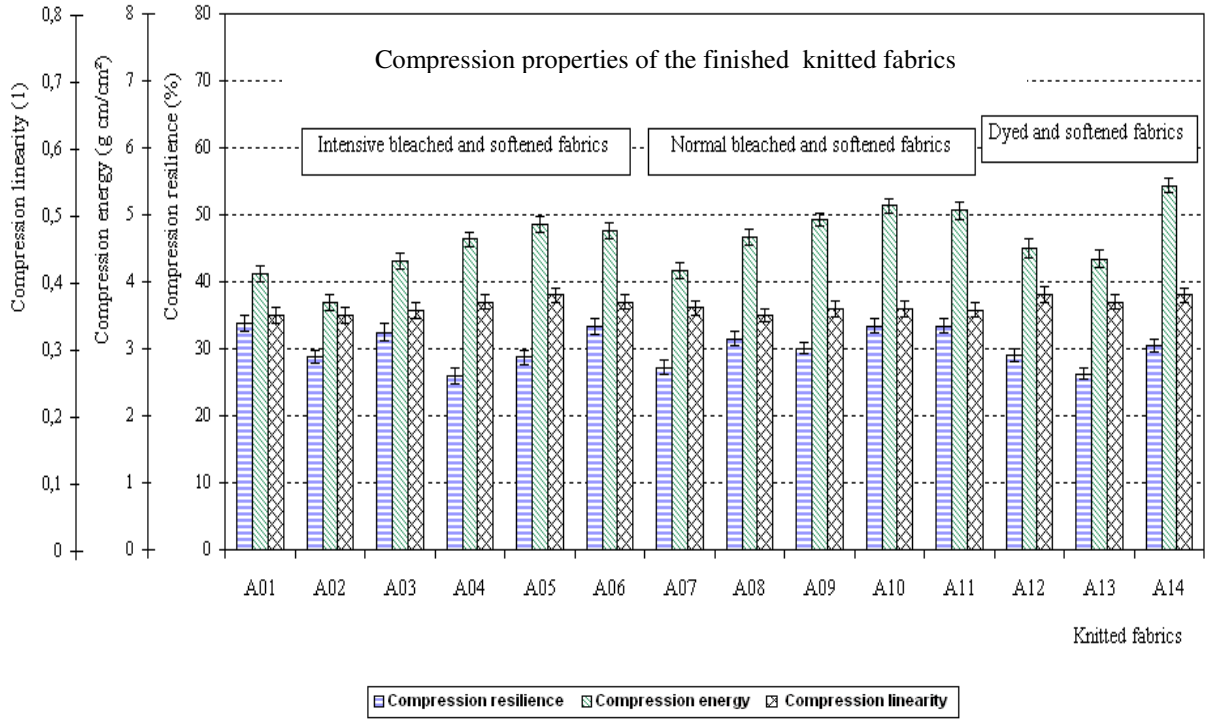


Figure 5. Effect of different finishing processes on compression properties of knitted fabrics

- **Effect of finishing parameters on surface properties of knitted fabrics**

Changes in the surface characteristics of the cotton knitted fabrics through the finishing stages are shown in Figure 6. The results reveal that the greatest increase in *MIU*, *MMD* and *SMD* occurs during bleaching and dyeing. Because disturbance of the surface fibres as well as fabric surface irregularities increase by bleaching and dyeing processes. In contrast, the values of *MIU*, *MMD* and *SMD* increase by softening because the softeners mask the irregularity of the knitted fabrics. Furthermore the results reveal that an increase of the softener concentration reduces irregularity of the fabric surface and consequently the value of *SMD*, *MMD* and *MIU*. The high temperature and relative movement between fabric and water in dye bath create an effect that contributes to fabric surface irregularity. Therefore, the dyed Bending properties of the finished knitted fabric represents the highest roughness value.

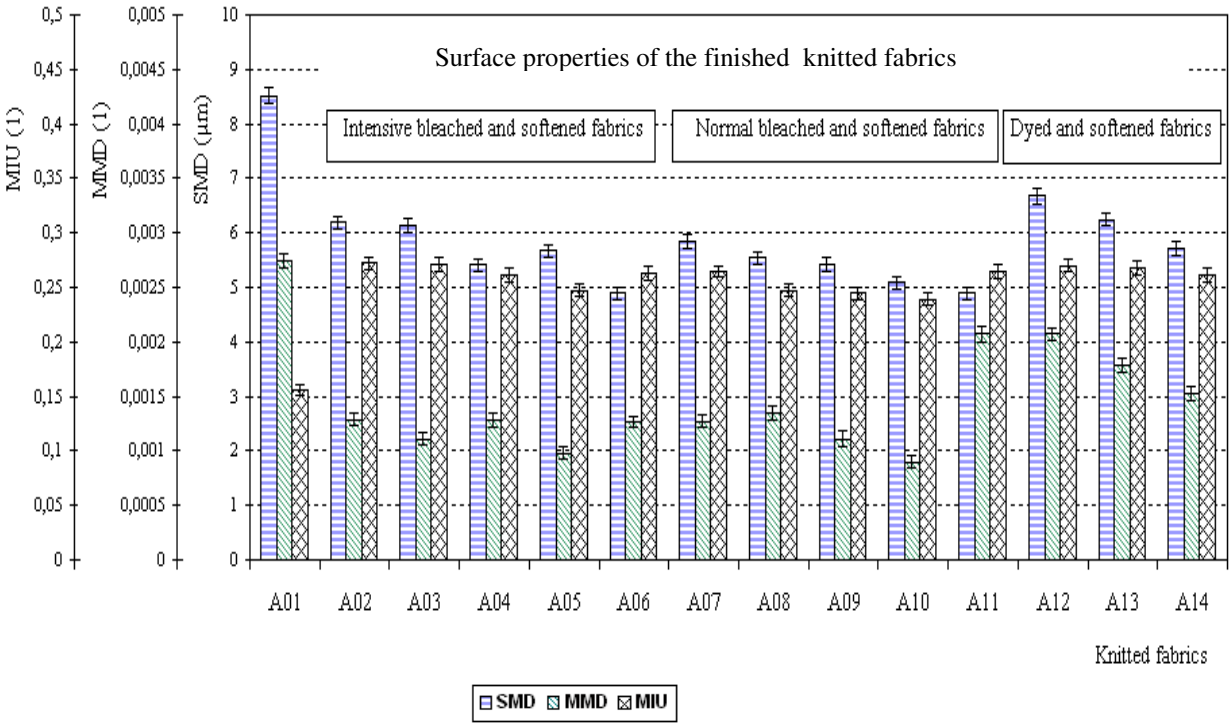


Figure 6. Effect of different finishing stages on the surface properties of the knitted fabrics

Figure 7 shows the effect of washing and softening on the disturbance of the surface fiber and surface irregularity compared with a raw fabric.

a) Before washing b) after washing in 95°c c) after softening

Fig 7. Effect of the washing and softening on the surface of a knitted fabric

Anhang 11. Auswirkung der Garnkonstruktion und Faserfeinheit auf die physikalischen Eigenschaften

- **Effect of the yarn structure and fiber length on bending properties of the fabrics**

As already mentioned, the flexural rigidity of a fabric is related to the fibres orientation and yarn structure.

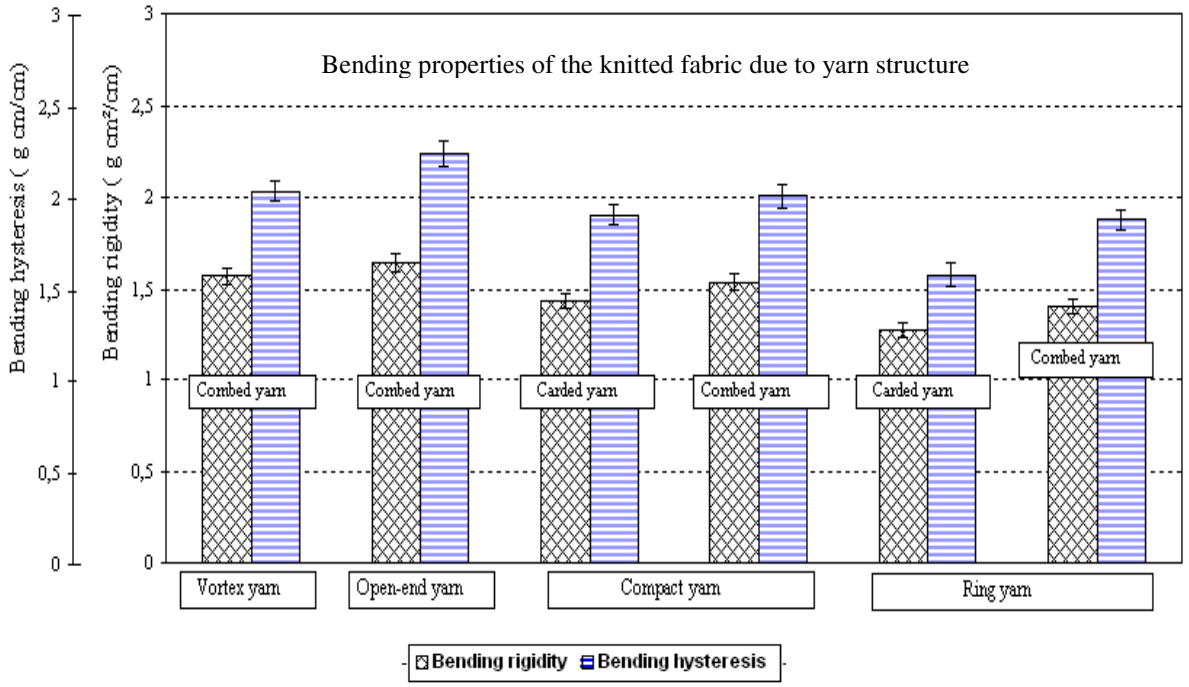


Figure 1. Bending properties of the knitted fabric due to yarn structure

Referring to Figure 1, the fabrics knitted from open-end yarns exhibit the highest *B* and *2HB* values that derivates from the formation of the wrapped fibres, higher packing density of core fibres and higher yarn twist compared with other yarns. The main factor, which is responsible for the higher *B* and *2HB* values of vortex yarns compared with ring and compact yarns; is the wrapped fibres. Because they hold the internal parallel fibre bundle tightly together and increase the contact of fibre in yarn structure that results higher bending rigidity of the yarn.

The fabrics knitted from compact yarns represent higher *B* and *2HB* values in comparison to conventional ring. It could be explained in term of the higher fibre packing density of the compact yarn since fibres are compacted aerodynamically and become more closely aligned and increasingly parallel.

Regardless to the spinning system, *B* and *2HB* values of the fabrics knitted from carded yarns are higher than of combed yarns. Due to the increase the mean length or staple length by re-

moving the short fibres and fibre parallelisation during the combing process, the stiffness of the combed yarn is less than carded yarn and this property is naturally transferred to the fabrics knitted from these yarns.

- **Effect of the yarn structure and fiber length on shear properties of the fabrics**

Similar changes in the values of the fabric shear parameters are evident for yarns spun in different spinning systems. The order of shear stiffness depending on the spinning system was: fabrics knitted from open-end yarns, vortex yarns, compact yarns and fabrics knitted from ring yarns (Figure 2).

Shear hysteresis did not show large differences for the fabrics knitted from different yarn structures.

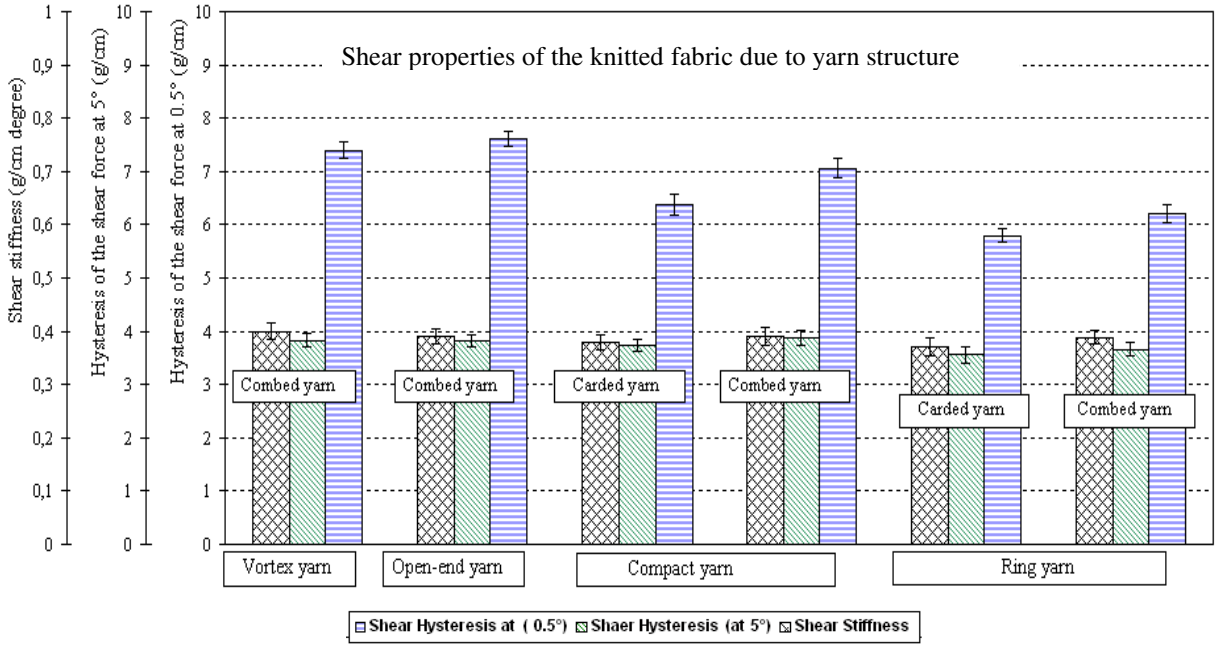


Figure 2. Shear properties of the knitted fabrics due to yarn structure

Regardless to type of the yarn structure, the fabrics knitted from carded yarns exhibit a higher shear stiffness and hysteresis values compared to those knitted from combed yarns since yarn slipperiness at loop intersections is affected by the yarn irregularity and the yarn friction coefficient.

- **Effect of the yarn structure and fiber length on tensile properties of the fabrics**

Figure 3 represents a comparison of the fabric's tensile properties. The tensile behaviour of a knitted fabric is strongly restricted by its material, knit density, structure and yarn properties. The fabrics knitted from the compact yarns represent higher value of *WT* and *LT* than the fab-

rics knitted from ring yarns. During yarn formation in compact spinning system, all fibres are gathered parallel to each other. Thus they are twisted in make a superior fibre utilisation rate compared to conventional ring yarn. The result is a higher yarn elongation. In comparison to compact yarns, fabrics knitted from open-end and vortex yarns represent lower value of *WT* and *LT* since fibre slippage due to better grip by wrapper fibres as well as yarn elongation decreases.

The results reveal that the fabrics knitted from carded yarns represent higher values of *WT* and *LT* compared with the fabrics knitted from combed yarns.

The *RT* values don't show consistent differences among the fabrics knitted from different yarn structures.

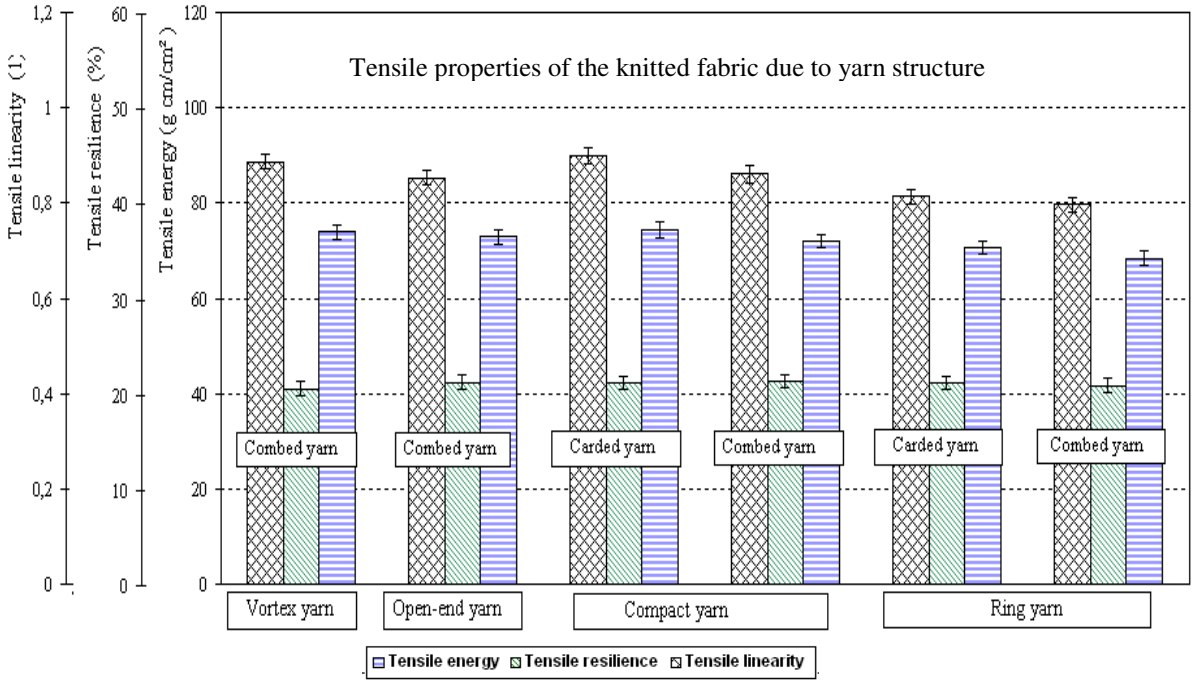


Figure 3. Tensile properties of the knitted fabric due to yarn structure

- **Effect of the yarn structure and fiber length on weight and thickness of fabrics**

Figure 4 represents a comparison of weight and thickness of the knitted fabrics. The thickness of fabrics knitted from ring yarns is slightly more than of the fabrics knitted from compact yarns. The fabric weight changes inversely. This is caused by more hairiness and volume of the ring yarns as well as higher packing density of fibres in the compact yarns. Furthermore, the fabrics knitted from vortex and open-end yarn exhibit higher thickness than the fabrics knitted from compact yarn. This is caused by the wrapped fibres, which are formed during spinning of the vortex and open-end yarns.

Regardless to the spinning system, fabrics produced from carded yarns exhibit higher thickness and weight compared with fabrics knitted from combed yarns because the hairiness of carded yarns is higher and they are spun from the coarser fibres.

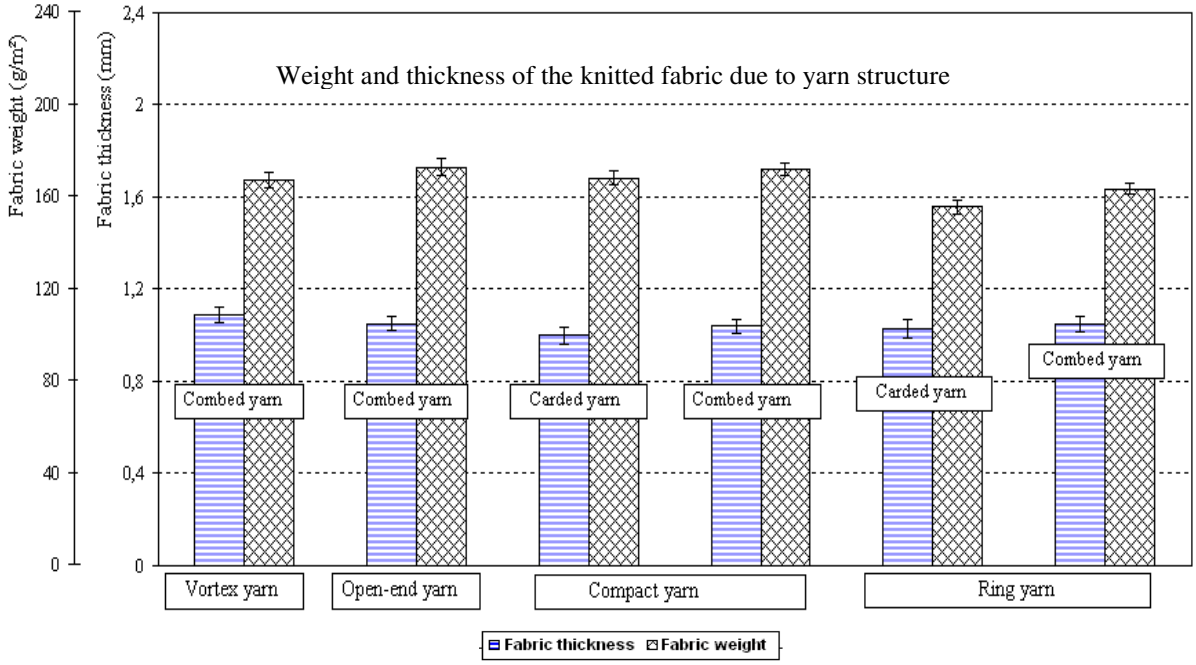


Figure 4. Weight and thickness of the knitted fabric due to yarn structure

- **Effect of the yarn structure and fiber length on compression properties of the fabrics**

Figure 5 represents a comparison of compression properties of the knitted fabrics. The compact yarns with higher fibre packing density display higher resistance against compression compared to ring yarns. Higher compression properties of the vortex yarns compared with other fabrics can be explained by the wrapped fibres. Since the open-end yarns were spun in higher twist, they represent lower compression properties values. The fabrics knitted from carded yarns have higher values of *WC* compared with the fabrics knitted from combed yarns. Because carded yarns lead to knitted fabrics with higher thickness, volume and hairiness.

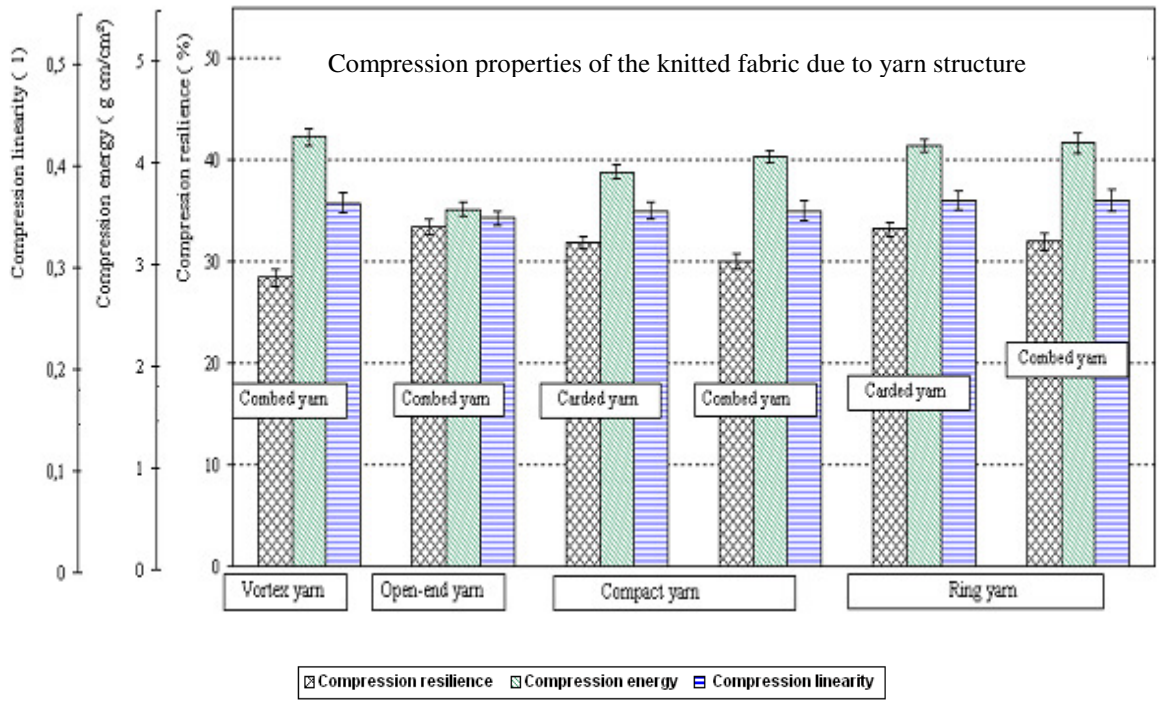


Figure 5. Compression properties of the knitted fabric due to yarn structure

- **Effect of the yarn structure and fiber length on surface properties of the fabrics**

Figure 6 represents a comparison of surface properties of the knitted fabrics.

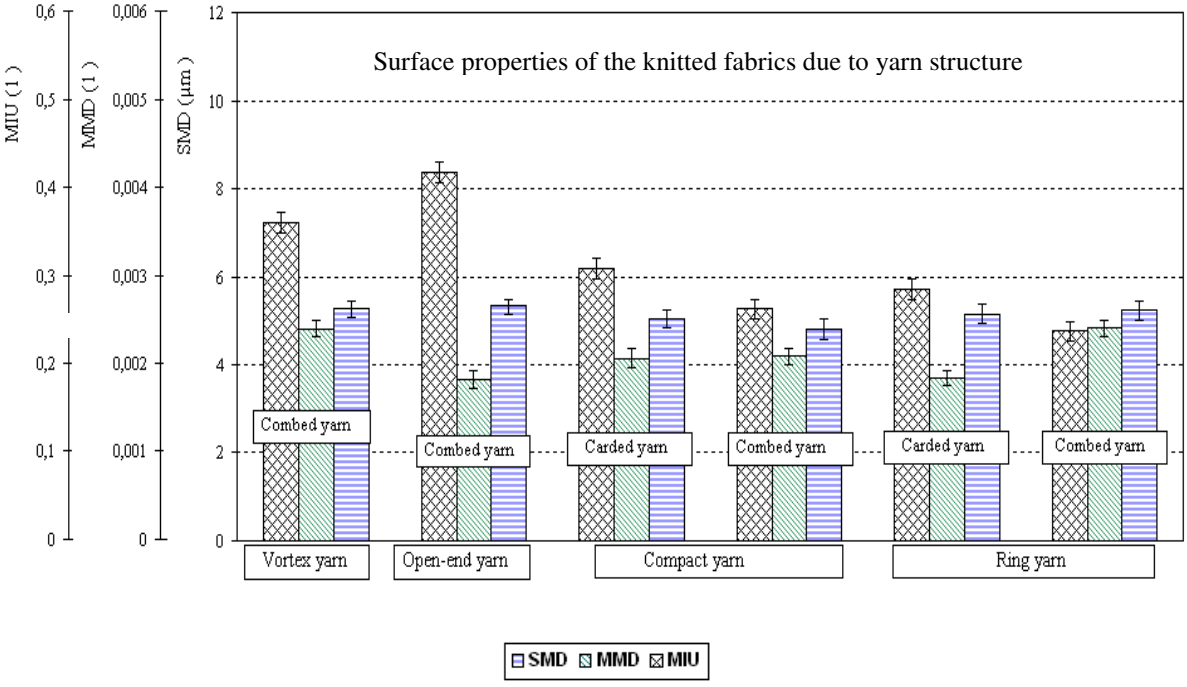


Figure 6. Surface properties of the knitted fabrics due to yarn structure

The open-end and vortex yarns exhibit higher *SMD* and *MIU* values compared with compact and ring yarns. Because presence of the wrapped fibres increase irregularity of the yarn surface. At compact spinning system all fibres are perfectly condensed and gathered parallel to each other. Thus the yarns have low hairiness and higher values in surface properties; in comparison to ring yarns.

Moreover, the fabrics knitted from carded yarns represent lower *SMD* value compared with combed yarns. This is caused by higher hairiness of the carded yarns.

Anhang 12. Auswirkung der Materialart auf die physikalischen Eigenschaften

- **Effect of the material type on bending properties of the fabrics**

In Figure 1 the bending properties of the knitted fabrics are compared.

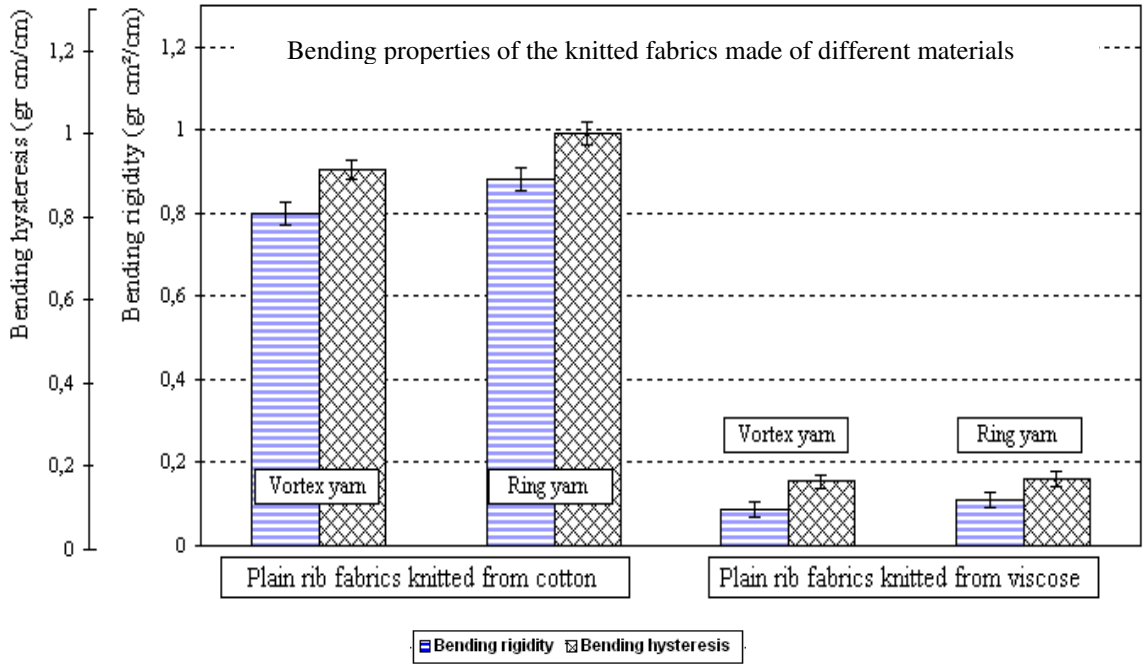


Figure 1. Bending properties of the knitted fabrics made of different materials

The viscose fabrics show a low bending rigidity and bending hysteresis in comparison to cotton-fabrics. This is because of the greater thickness of the cotton fabrics and more elastic deformation of the viscose yarns. The higher bending properties of the fabrics knitted from vortex yarn can be explained by the wrapped fiber compared to knitted fabrics from ring yarns. For all samples, the course direction has a lower bending rigidity than the wale direction.

- **Effect of the material type on shear properties of the fabrics**

In Figure 2 the shear properties of the knitted fabrics are compared. Regardless to the spinning system, viscose-knitted fabrics represent a low shear stiffness (*G*) and shear hysteresis (*2HG*, *2HG5*) than cotton-knitted fabrics. Cotton fibres create an stiffer and rougher yarn which contributes to higher friction coefficient of yarns at loop intersections and higher shear properties.

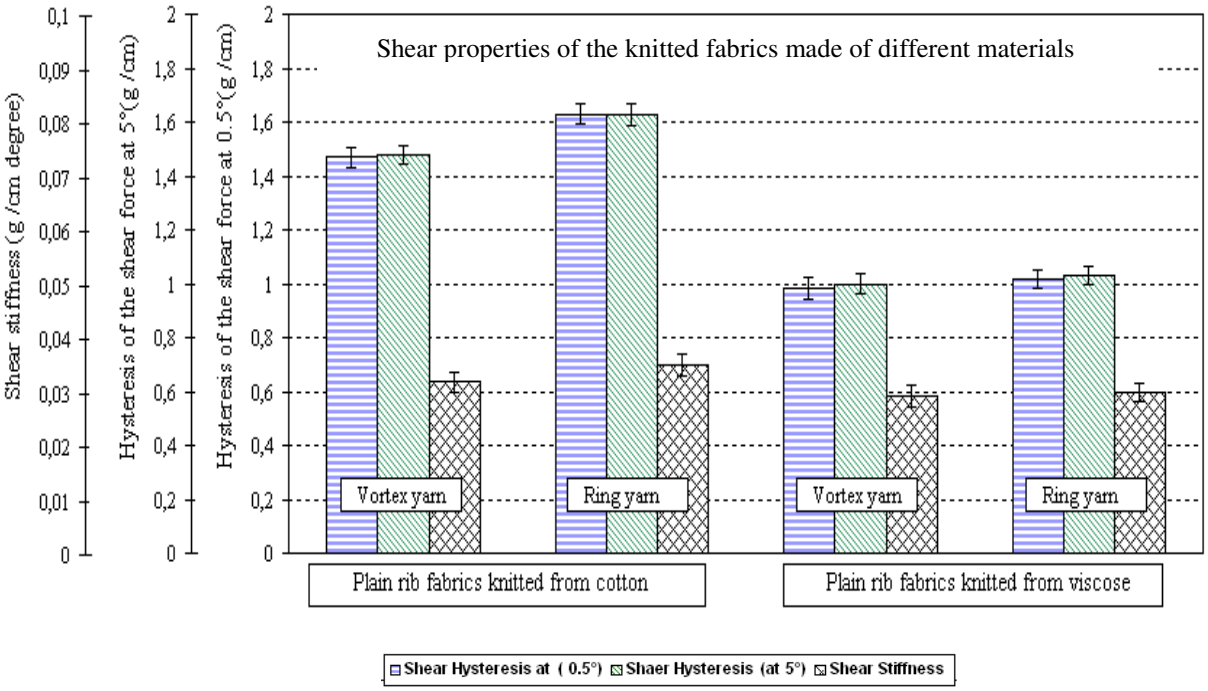


Figure 2. Shear properties of the knitted fabrics made of different materials

- **Effect of the material type on tensile properties of the fabrics**

In Figure 3 tensile properties of the knitted fabrics are compared.

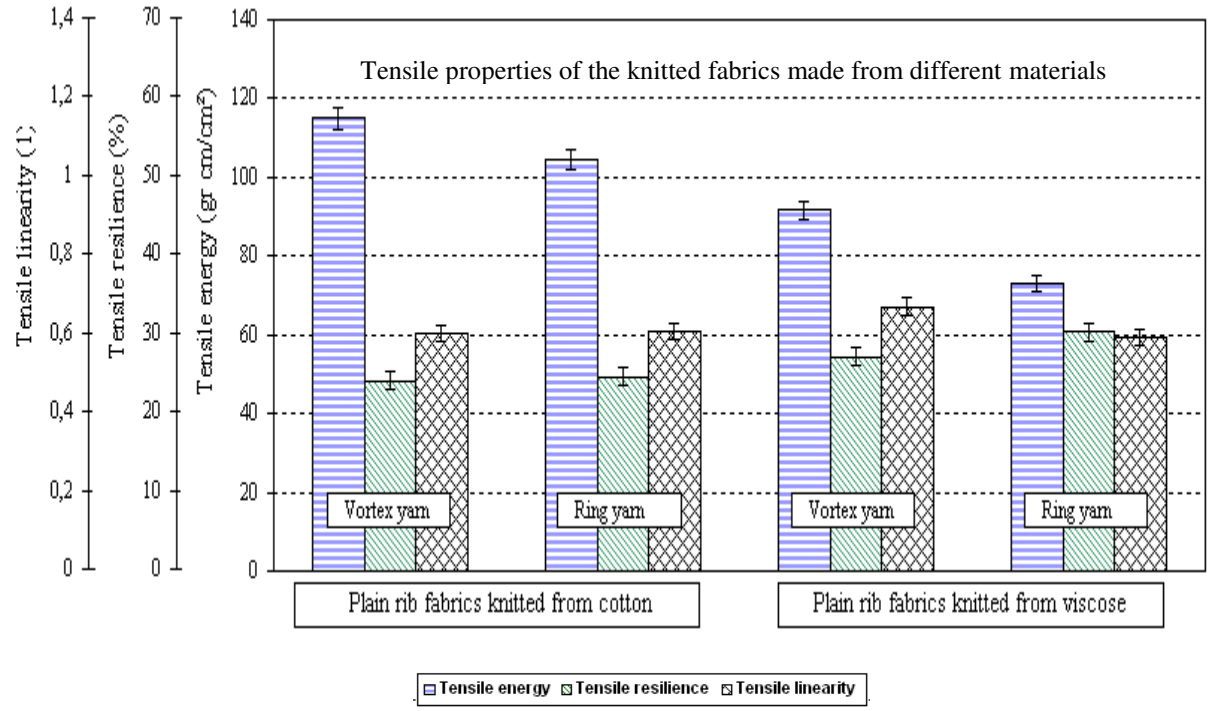


Figure 3. Tensile properties of the knitted fabrics made from different materials

For the cotton fabrics, the mean value tensile energy (*WT*) tended to increase and *LT* and *RT* tended to decrease, in comparison to viscose fabrics. Because the fibre orientation and fibre length in cotton yarns is lower than viscose yarns. Therefore cotton fabrics have more extensibility but less stretch tendency.

- **Effect of the material type on weight and Thickness of the fabrics**

Figure 4 represents a comparison of weight and thickness of the knitted fabrics. The thickness and weight of the cotton knitted fabrics are higher than viscose fabrics. This is due to the higher percentage of short fibres and higher density of the cotton yarns.

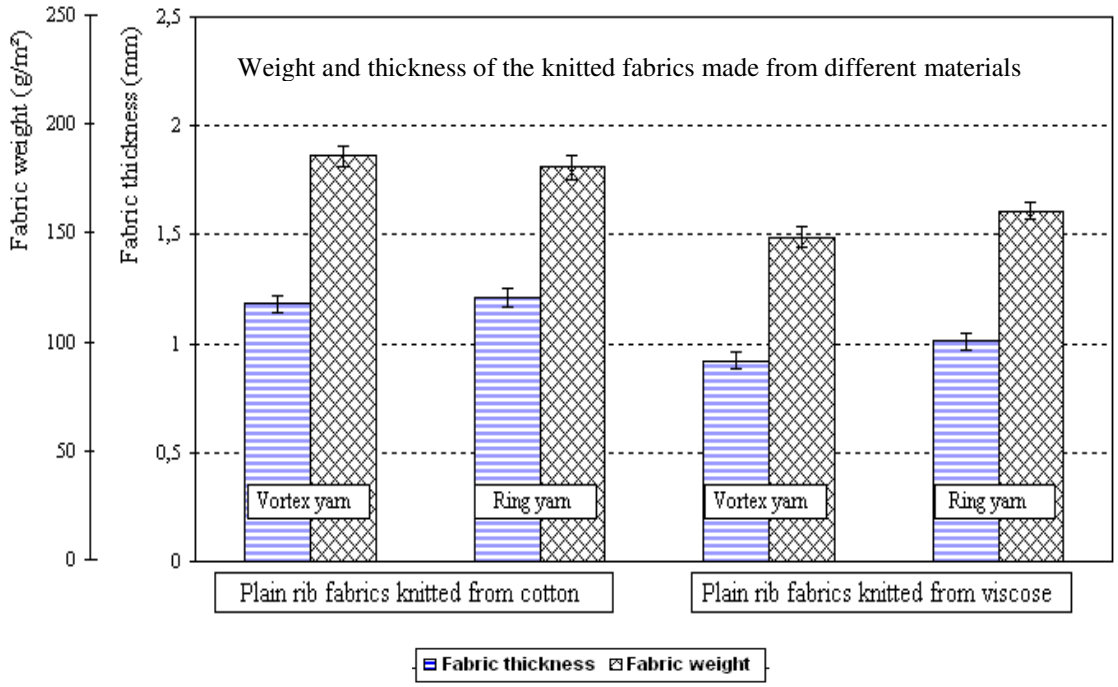


Figure 4. Weight and thickness of the knitted fabrics made from different materials

- **Effect of the material type on compression properties of the fabrics**

Figure 5 represents a comparison of compression properties of the knitted fabrics.

Independent to the spinning system, the *WC* values of the cotton fabrics are higher than viscose fabrics. But the *RC* value of viscose fabrics is higher than of the cotton fabrics. This is because of the higher bulkiness of the cotton yarn compared with the viscose yarns.

The *WC* and *RC* values of the fabrics knitted from vortex yarns are higher than the fabrics knitted from ring yarns.

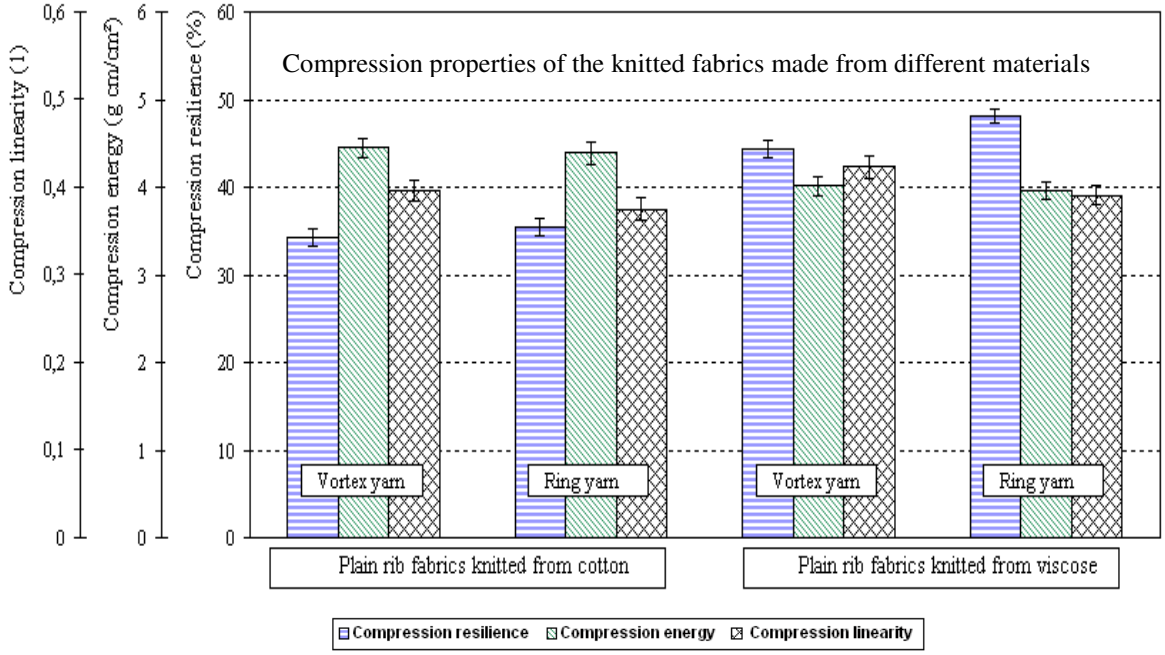


Figure 5. Compression properties of the knitted fabrics made from different materials

- **Effect of the material type on surface properties of the fabrics**

The viscose fabrics represent lower MIU, *MMD* and *SMD* value compared with cotton. Because the viscose fibres and yarns have a smoother surface compared with cotton fibres and yarns (Figure 6).

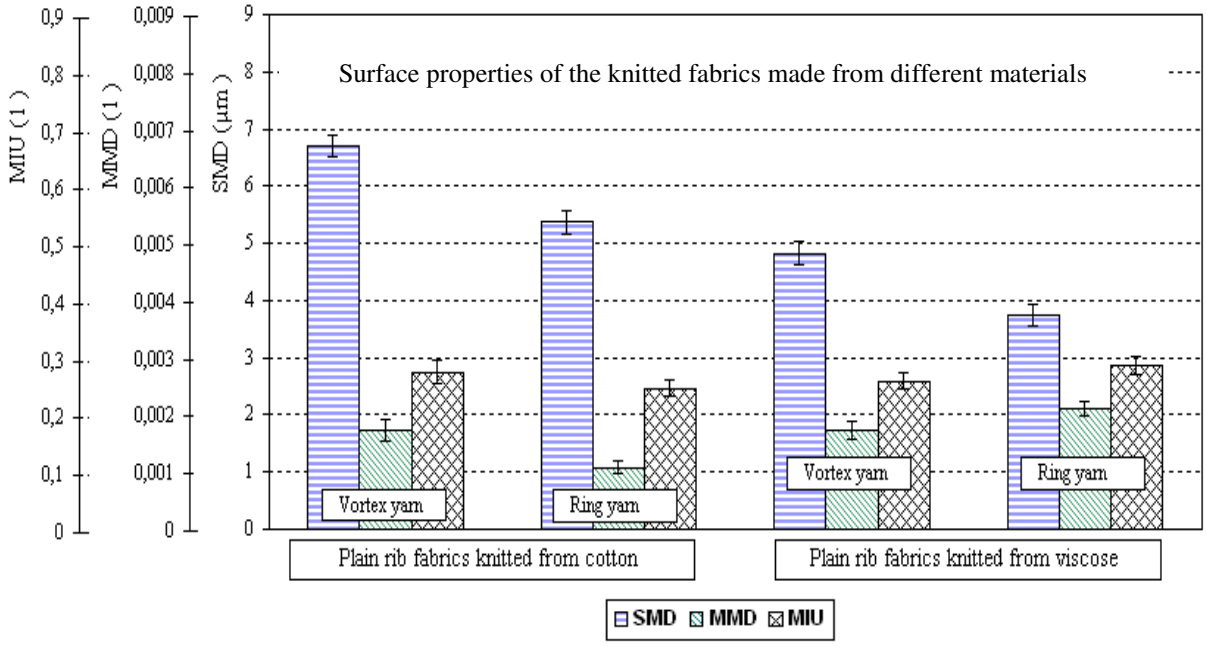


Figure 6. Surface properties of the knitted fabrics made from different materials

Also the fabrics knitted from vortex yarns represent higher surface properties compared with the fabrics produced from ring yarns. This can be explained by the wrapped fibres, which create a fabric with higher irregularity.

Anhang 13: Auswirkung der Rechts-Rechts-Gestrickparameter auf die physikalischen Eigenschaften

- **Effect of the fabric structure und cover factor on bending properties of the fabrics**

As shown in Figure 1 mean values of *B* and *2HB* increase as knit density increases. The order of bending properties values by construction was: milano-rib, rib 1×1 and full- cardigan.

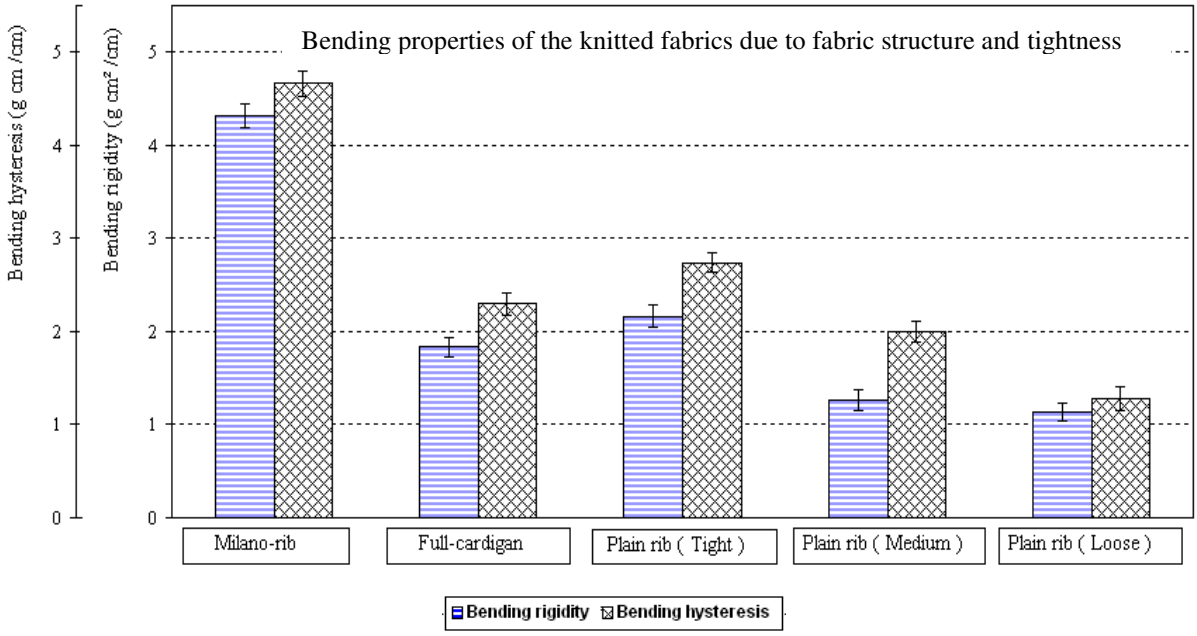


Figure 1. Bending properties of the knitted fabrics due to fabric structure and tightness

Using miss stitches (in milano-rib structure) make the fabric stiffer and increase remarkably knit density compared with a plain rib. In contrast, tuck stitches (in full-cardigan structure) make the fabric looser and consequently decrease *B* and *2HB* values. In all samples, the course direction exhibited a lower bending rigidity than the wale direction.

- **Effect of the fabric structure und cover factor on shear properties of the fabrics**

As shown in Figure 2 mean value of the shear properties increase as knit density increases. The shear stiffness of samples with varying knit structures decreased in the following order: milano-rib, rib 1×1 and full-cardigan. These results are similar to those for high bending rigidity in the wale and course directions for the samples with miss and tuck stitches.

For all fabrics shear stiffness values were higher in the wale direction. As shown in Figure 72 mean value of the shear properties increase as knit density increases. The shear stiffness of

samples with varying knit structures decreased in the following order: milano-rib, rib 1×1 and full-cardigan.

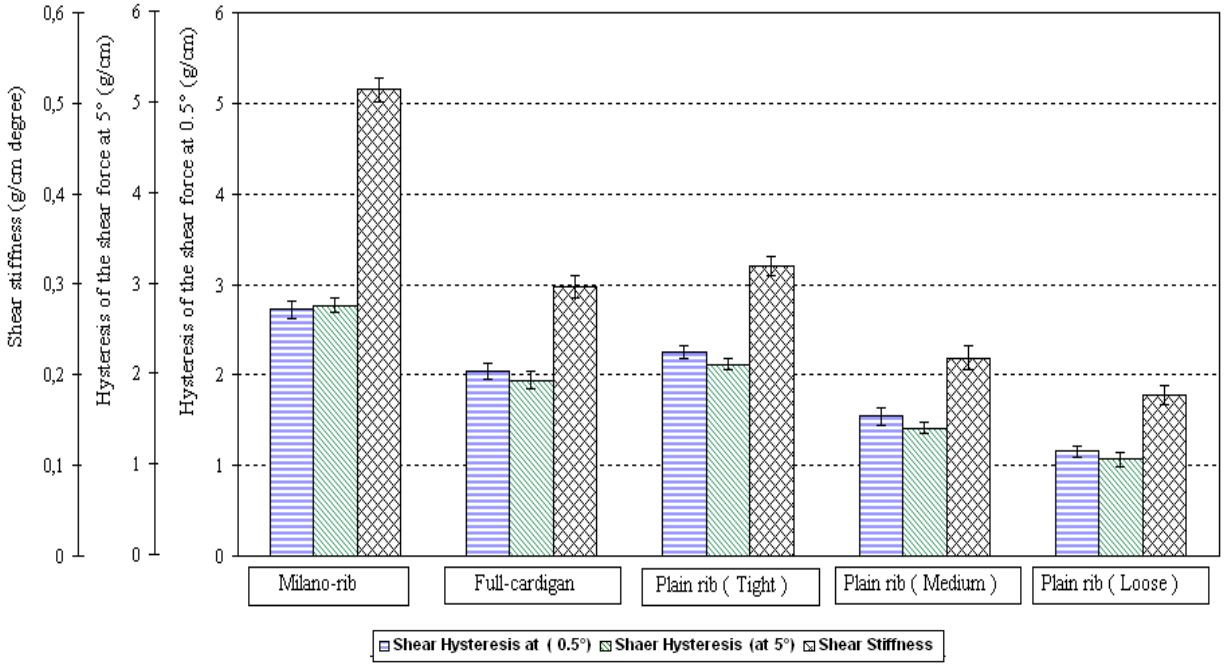


Figure 2. Shear properties of the knitted fabrics due to fabric structure and tightness

- **Effect of the fabric structure und cover factor on tensile properties of the fabrics**

The mean value of *LT*, *WT* and *RT* tended to increase as the knit density increased for each of three constructions.

The order of *WT* values (high to low) was rib 1×1, full-cardigan and milano-rib. This can be explained by the feature of the tuck and misses stitches (Figure 3).

The order of the *LT* values was: milano-rib, full- cardigan and rib 1×1. It means that milano-rib has greater dimensional stability in comparison to other constructions. Elongation is generally greater in the course direction than in the wale direction, since stitches of weft-knitted are connected in the wale direction. The rib 1×1 has excellent stretch properties, and therefore it has the ability to absorb external stress applied in the course direction.

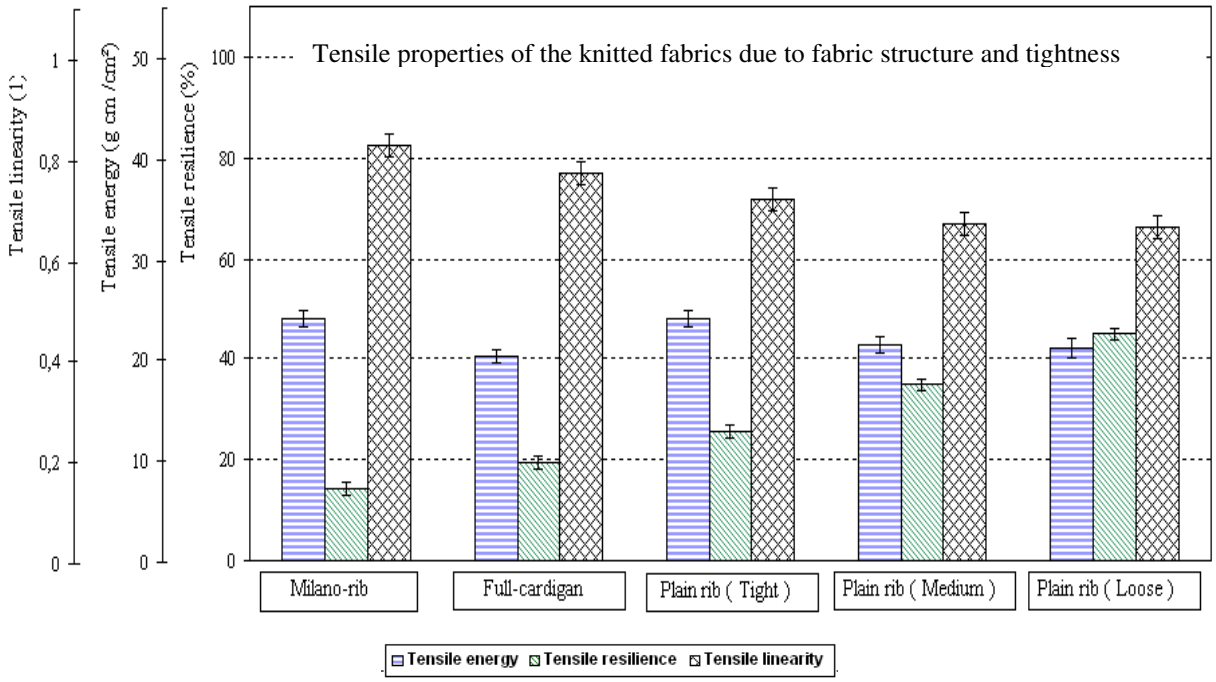


Figure 3. Tensile properties of the knitted fabrics due to fabric structure and tightness

- **Effect of the fabric structure und cover factor on weight and Thickness of the fabrics**

The order of the thickness by fabric structure was: milano-rib, full-cardigan and rib 1×1.

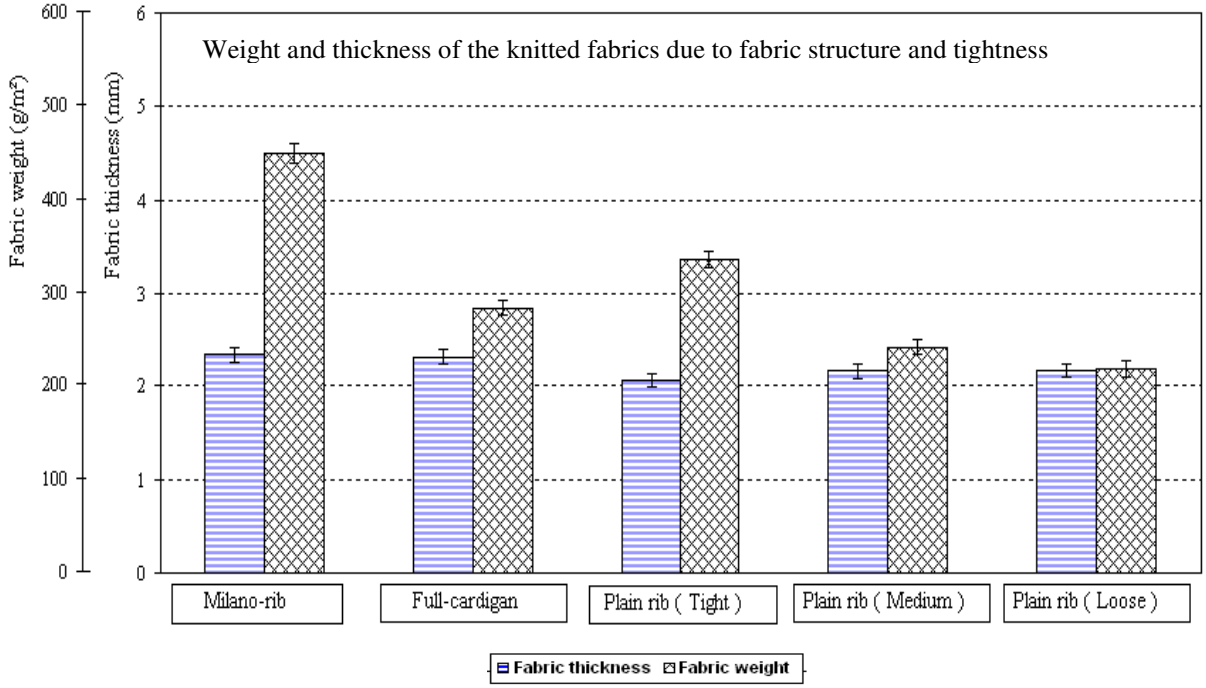


Figure 4. Weight and thickness of the knitted fabrics due to fabric structure and tightness

The order of fabric weight by fabric structure was: milano-rib, rib 1×1 and full- cardigan. This is because of the higher knit density of milano-rib and rib 1×1 compared with full-cardigan (Figure 4). The results reveal that the fabric thickness increases slightly as the cover factor decrease. It is apposite to our expectation. It may be attributed to surface fibres protruded after washing and drying processes.

The weight of the double jersey fabrics decreases as the cover factor or tightness decreases.

- **Effect of the fabric structure und cover factor on Compression properties of the fabrics**

Figure 5 shows that the mean values of *WC* and *RC* generally decreased as knit density increased.

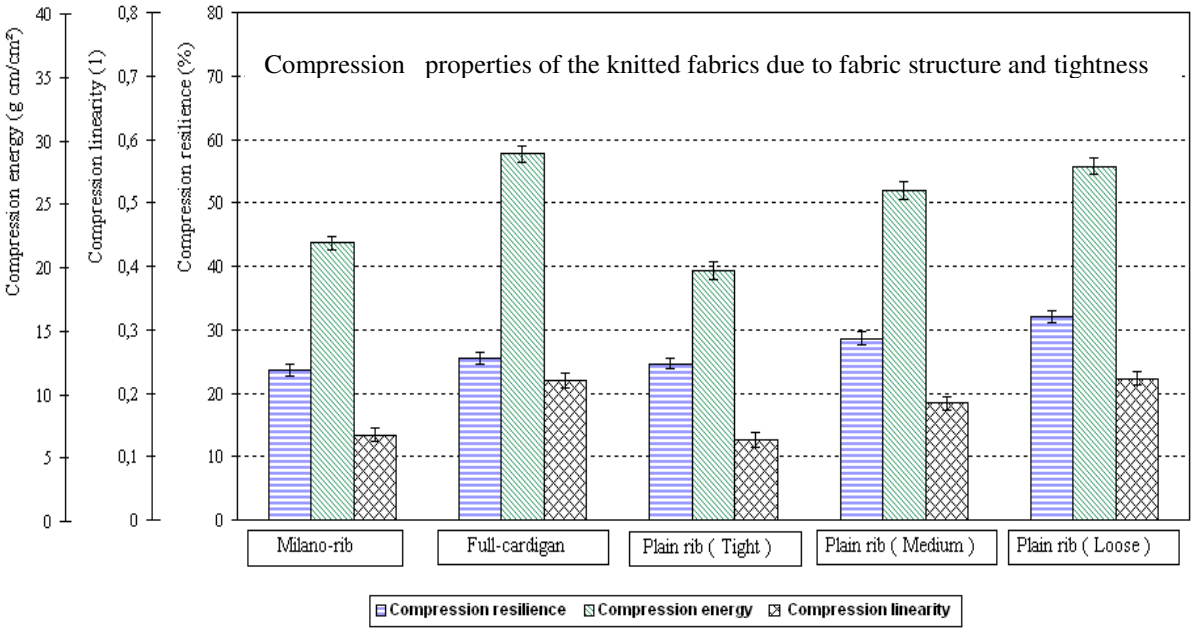


Figure 5. Compression properties of the knitted fabrics due to fabric structure and tightness

The general decrease in *WC*, *LC* and *RC* values may be due to the knitted fabric's stitch structure, since higher densities result in a smaller stitch space, lower resilience, and lower compression energy. The order of *WC* and *RC* by fabric structure was: full-cardigan, rib 1×1 and milano- rib. Compressibility clearly depends on the bulkiness and airiness of a fabric. The miss stitches in structure of milano-rib create a dense and stiff structure, which contributes to higher resistance against compression compared with a plain rib fabric. Appositely, the tuck

stitches in the structure of full-cardigan create an effect, which can be lead to a thicker structure resulting lower resistance against compression.

- **Effect of the fabric parameters on surface properties of the fabrics**

The mean values of *MIU*, *MMD* and *SMD* generally decreased as knit density increased (Figure 6). Because the space between stitches decreases as the knit density increases.

The value of surface properties increased in the following order based on the knit structure: rib 1×1, milano-rib and full-cardigan. Miss stitches in milano-rib raises the knit density of the fabrics and the roughness of the fabric's decreases. Tuck stitches in full-cardigan create grooves in the fabric width which cause to higher roughness. The values of the *MIU*, *MMD* and *SMD* were generally lower in the wale direction compared with course direction.

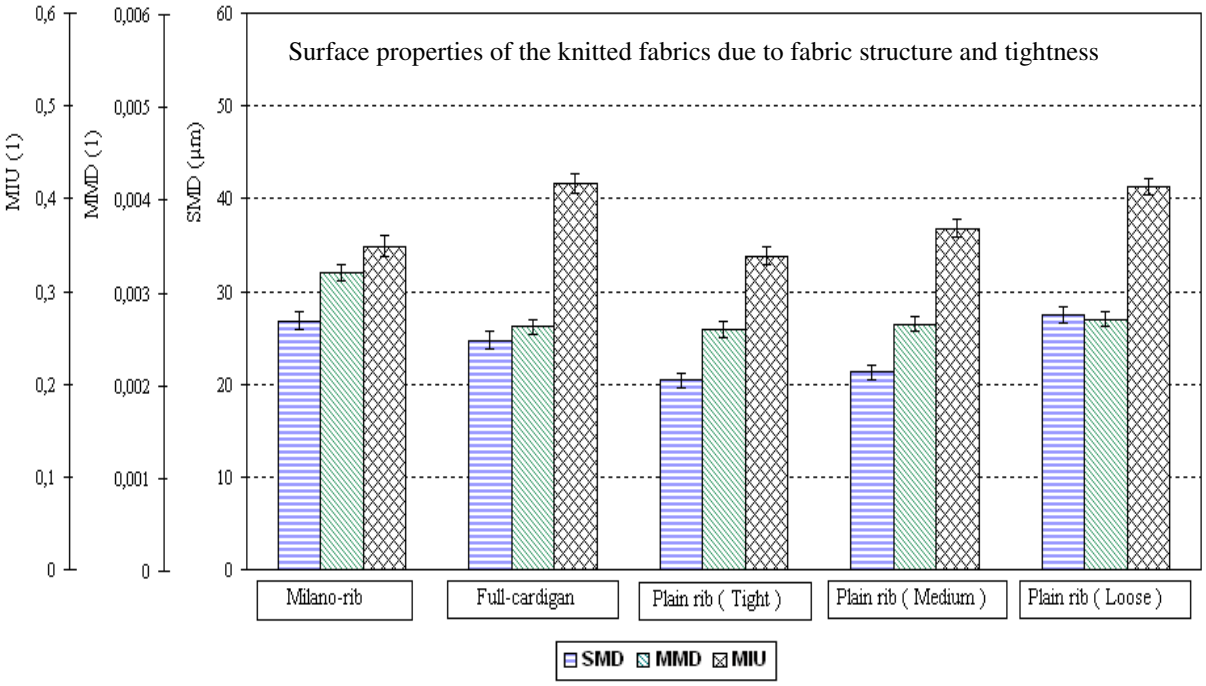


Figure 6. Surface properties of the knitted fabrics due to fabric structure and tightness

Anhang 14: ANOVA-Tabellen

Tabelle 1. Zwei-Weg-ANOVA-Tabelle für Garndrehung und Maschenwarekonstruktion

Source of Variation	*DF*	*SS*	*MS*	*F*	*P*
Construction	2	9224941,6	4612470,8	1727,6*	<0,001
Garn Twist	2	264318,66	132159,334	49,503*	<0,001
Construction x Garn Twist	4	110812,238	27703,060	10,377*	<0,001
Residual	36	96110,048	5236,12		
Total	44	9696182,5	220367,78		

* Significant at the level of α=0,05

Tabelle 2. Ein-Weg-ANOVA-Tabelle für Dichtefaktor

Source of Variation	*DF*	*SS*	*MS*	*F*	*P*
Between Groups	2	468051,285	234025,643	132,636*	<0,001
Residual	12	21172,992	1764,416	49,503*	<0,001
Total	14	489224,277			

* Significant at the level of α =0,05

Tabelle 3. Zwei-Weg-ANOVA-Tabelle für Bleichmethode und Weichmachungsmittel

Source of Variation	*DF*	*SS*	*MS*	*F*	*P*
Bleaching method	1	669360,3	669360,3	127,8*	<0,001
Kind of Softener	3	3023580,6	1007860,2	192,4*	<0,001
Bleaching method x Kind of softener	3	257862,1	85954,0	16,41*	<0,001
Residual	32	167556,0	5236,12		
Total	39	4118359,3	105598,9		

* Significant at the level of α =0,05

Tabelle 4. Zwei-Weg-ANOVA-Tabelle für Bleichmethode und Weichmacherkonzentration

Source of Variation	*DF*	*SS*	*MS*	*F*	*P*
Bleaching method	1	125262,7	125262,7	19,5*	<0,001
Softener percentage	1	116189,7	116189,7	18,1*	<0,001
Bleaching method x Softener Percentage	1	11195,9	11195,9	1,74*	0,205
Residual	16	102675,2	6417,2		
Total	19	355323,6	18701,2		

* Significant at the level of α =0,05

Tabelle 5. Ein-Weg-ANOVA-Tabelle für Spinnverfahren

Source of Variation	*DF*	*SS*	*MS*	*F*	*P*
Between Groups	3	1039643,13	346547,712	33,597*	<0,001
Residual	16	165039,616	10314,976		
Total	19	1204682,75			

* Significant at the level of α =0,05

Tabelle 6. Zwei-Weg-ANOVA-Tabelle für Spinnverfahren und Faserlänge

Source of Variation	*DF*	*SS*	*MS*	*F*	*P*
Spinning system (Ring, Compact)	1	219325,56	219325,5	29,413*	<0,001
Fibre Length	1	103680,00	103680,00	13,904*	0,002
Spinning system x Fibre Length	1	10251,392	10251,392	1,375*	0,258
Residual	16	119309,56	7456,848		
Total	19	452566,52	23819,291		

* Significant at the level of α =0,05

Tabelle 7. Zwei-Weg-ANOVA-Tabelle für Spinnverfahren und Faserart

Source of Variation	*DF*	*SS*	*MS*	*F*	*P*
Spinning system (Ring, Vortex)	1	91958.49	91958.497	703.44*	<0,001
Fibre type	1	1459534	1459534	11164*	<0.001
Spinning System x Material	1	67.271	67.271	0.515*	0.484
Residual	16	2091.647	130.728		
Total	19	130.728	81771.127		

* Significant at the level of α =0,05

Tabelle 8. Ein-Weg-ANOVA-Tabelle für Rechts-Rechts-Maschenwarenkonstruktionen

Source of Variation	*DF*	*SS*	*MS*	*F*	*P*
Between Groups	2	20964580,4	10482290,2	1039,322*	<0,001
Residual	12	121028,3	10085,70		
Total	14	21085608,8			

* Significant at the level of α =0,05

Tabelle 9. Ein-Weg-ANOVA-Tabelle für Maschendichte von Rechts-Rechts-Maschenwaren

Source of Variation	*DF*	*SS*	*MS*	*F*	*P*
Between Groups	2	1388085,8	694042,923	395,25*	<0,001
Residual	12	21071,1	1755,925		
Total	14	1409156,94			

* Significant at the level of α =0,05

Curriculum vita

Personal data

Name : Hosien Hasani
Date of birth : 22 June ,1973 at Delijan, Iran

Education

High school, Delijan, Iran (1987-1991)

Master in Textile Technology Engineering (M.Sc.), 1996
Amir kabir University of Tehran, Iran.

Bachelor in Textile Technology Engineering (B.Sc.), 1994
Amir kabir University of Tehran, Iran

Professional Experience

Date : from – to	***1998- 2003***
Location	***Arak, Iran***
Company	***Azad University of Arak***
Job Description	***Invited Lecture in Textile Department***

Date : from – to	***1996 to 2003***
Location	***Arak, Iran***
Company	***Scientific and Applied University***
Job Description	***Lecturer of Carpet Department***

Date : from – to	***1998 to 2002***
Location	***Arak, Iran***
Company	***Scientific and Applied University***
Job Description	***Dean of Carpet Department***

Date : from – to	***1997 to1998***
Location	***Tehran, Iran***
Company	***Industries Ministry***
Job Description	***Supervisor of textile industrial designs***