

Physikalische und chemische Prüfverfahren für Zellwolle

Von Staatsrat Dr. WALTHER SCHIEBER, Thüringische Zellwolle Aktiengesellschaft, Schwarzsaale

Eingeg. 21. Juni 1939

Zur Lösung der Aufgabe „Schaffung einer besonders wasch- und tragfesten Faser“ ist eine der entscheidenden Vorbedingungen die Festlegung von textiltechnischen Prüfverfahren, die es ermöglichen, den Gebrauchswert einer Faser nicht nur für die textile Verarbeitung, sondern vor allem für den täglichen Gebrauch mit genügender Sicherheit zu erfassen. Eine weitere Voraussetzung ist, daß solche Prüfmethoden von der erzeugenden und verarbeitenden Industrie allgemein anerkannt werden und ihre Gültigkeit durch die Praxis erwiesen haben. Im nachstehenden sollen deshalb physikalische und chemische Prüfverfahren für Zellwolle kurz zusammengefaßt und Prüfungsergebnisse der verschiedenen Zellwollsorten mitgeteilt werden.

Eine verlässliche und einwandfreie Beurteilung des Gebrauchswertes von Zellwolle liegt wohl im Augenblick noch nicht vor. Die in langen und zahlenmäßig sehr großen Versuchsreihen ermittelten Werte lassen aber in der einen oder anderen Richtung heute schon Schlüsse zu, nach welchen die Fabrikation der synthetischen Faser weiter entwickelt werden muß. Die Prüfungstechnik bediente sich in den langen Entwicklungsjahren bei der Beurteilung eines Fasermaterials neben der Bestimmung der Faserfeinheit und des Stapels als Hauptkriterium der Festigkeit.

Die großen Erfolge, die in der Textilindustrie und im Verbrauch mit der Steigerung der Festigkeit erreicht wurden, machen es erklärlich, daß ganz allgemein die Neigung vorherrscht, in der Steigerung der Festigkeit vorwiegend und in entscheidendem Ausmaß eine Qualitätsverbesserung einer Faser zu sehen. Es erscheint jedoch berechtigt, mit aller Eindringlichkeit vor einer „Überzüchtung der Festigkeit“ zu warnen.

Als Richtlinie kann folgende Gruppierung der Faser-eigenschaften genommen werden: Maximalwerte sind erwünscht bei der Reißfestigkeit unter Berücksichtigung genügender elastischer Dehnung, Zerreißarbeit, Knotenfestigkeit, Knickfestigkeit, Sprödigkeitswiderstand, Polymerisationsgrad, dagegen Minimalwerte bei der Alkalilöslichkeit. Anzustreben sind außerdem höhere Werte bei Dehnung, Elastizität und Packungsdichte, geringere Werte bei der Orientierung der Molekülverbände.

Es ist zunächst versucht worden — und wir stützen uns dabei auf jahrelange Großversuchsreihen aus unseren textiltechnologischen Laboratorien¹⁾ — an einer größeren Anzahl von Zellwollen, die unter sich verschiedenartige

¹⁾ Leitung Dr. Böhringer.

Tabelle 1.
Physikalische und chemische Zahlenwerte verschiedener Zellwollen.

Nr.	Probenmaterial	Knotenfestigkeit %	Orientierung Halbwertsbreite b—c	Reißlänge naß km	Relative Naßfestigkeit %	Bruchdehnung elastisch %	Alkalilöslichkeit %	Mittlerer Polymerisationsgrad	Molekülgrößenverteilung. Polymerisationsgrade, geordnet steigend von 10 zu 10 % Anteil									
									10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	Spezialzellwolle	69,0	46,0	10,3	69,1	3,14	16,4	440	220	250	305	390	470	535	605	660	710	770
2	Viscosezellwolle	64,0	39,7	17,2	71,1	2,41	34,5	280	123	160	200	250	290	325	360	400	460	580
3	Viscosezellwolle	63,5	39,2	10,3	53,6	4,12	41,3	270	86	130	175	200	240	290	335	375	407	520
4	Viscosezellwolle	61,8	38,0	12,0	48,8	2,82	33,5	310	130	170	202	230	250	270	290	322	410	580
5	Viscosezellwolle	61,5	37,8	14,2	55,3	2,31	26,3	370	120	195	260	330	380	430	475	515	565	635
6	Viscosezellwolle	58,8	34,0	12,1	51,9	2,34	35,5	310	140	155	180	230	273	315	360	425	485	550
7	Spezialzellwolle	58,8	34,0	17,3	59,9	1,22	4,9	530	400	442	483	523	605	705	730	738	750	960
8	Viscosezellwolle	52,9	33,9	11,2	46,3	2,08	37,2	280	110	154	194	238	290	330	360	410	460	560
9	Hochnaßfest	51,1	33,5	19,0	69,3	3,01	36,9	280	90	220	290	291	298	310	335	365	425	540
10	Spezialzellwolle	50,0	33,3	14,1	50,4	1,72	28,1	420	280	302	340	420	520	620	720	820	910	970
11	Viscosezellwolle	45,7	31,5	14,9	58,0	2,18	44,0	290	90	130	185	250	315	375	437	485	505	610

Tabelle 2.
Physikalische und chemische Zahlenwerte verschiedener Zellwollen.

Nr.	Probenmaterial	Titer den	Reißlänge trocken km	Bruchdehnung		Elastische spezifische Zerreißarbeit mkg/g	Knickfestigkeit Phasen	Sprödigkeitswiderstand %	Packungsdichte in Völligkeit %	Flächeninhalt des Lösungsdiagramms in absoluten Zahlen	Mittlerer Polymerisationsgrad, berechnet aus Kettenlängendiagramm
				trocken %	naß %						
1	Spezialzellwolle	2,85	14,9	16,3	22,2	0,095	1600	45,0	54,9	7140	462
2	Viscosezellwolle	1,23	24,2	17,9	23,1	0,079	8900	26,1	49,5	6190	283
3	Viscosezellwolle	1,44	19,2	13,0	22,8	0,174	2040	43,2	45,4	5630	251
4	Viscosezellwolle	1,25	24,6	11,5	20,7	0,097	2130	25,9	46,1	5760	259
5	Viscosezellwolle	2,90	25,7	15,1	22,5	0,054	17100	22,8	51,1	7050	357
6	Viscosezellwolle	1,32	23,3	14,2	19,5	0,065	8400	27,0	43,6	6270	296
7	Spezialzellwolle	1,56	28,9	11,1	18,1	0,036	1840	18,5	61,8	8960	589
8	Viscosezellwolle	1,35	24,2	12,8	20,3	0,056	1600	21,0	46,7	6080	285
9	Hochnaßfest	1,49	27,4	19,8	23,9	0,111	6510	23,3	44,1	5600	293
10	Spezialzellwolle	1,61	28,0	21,6	27,1	0,039	6680	17,9	46,5	6420	550
11	Viscosezellwolle	1,47	25,7	13,7	19,6	0,073	2620	26,3	46,2	6090	307

Tabelle 3.
Physikalische und chemische Zahlenwerte verschiedener Textilfasern.

Nr.	Probenmaterial	Titer den	Knoten- festig- keit %	Reißlänge		Bruch- dehnung		Relative Naß- festig- keit %	Bruch- dehnung elastisch %	Elast. spezifische Zerreiß- arbeit mkg/g	Knick- festig- keit Phasen	Sprödig- keits- wider- stand %	Alkali- löslich- keit %	Mittlerer Poly- meri- sations- grad
				trock. km	naß km	trock. %	naß %							
12	Baumwolle	2,20	99,0	32,1	26,2	13,7	20,0	81,6	3,90	0,219	64750	68,0	2,33	2860
13	Wolle 2 A	3,47	85,0	13,5	11,1	34,7	52,0	82,0	17,7	1,47	240000	100,0	63,50	—
14	Viscosezellwolle	1,91	27,6	28,3	19,9	10,2	15,6	70,3	1,78	0,167	650	62,0	10,33	550
15	Viscosezellwolle	1,05	69,5	22,0	12,7	16,7	24,9	57,7	3,40	0,162	5530	38,3	34,00	320
16	Kunstfasern	2,94	84,5	16,5	16,5	37,8	37,8	100,0	6,11	0,151	4040	31,0	0,61	—
17	n. a. Cellulosebasis..	3,23	96,0	42,0	33,7	25,0	26,4	80,2	14,8	2,895	350000	100,0	4,31	—

Eigenschaften besitzen mußten, folgende Zahlenwerte miteinander zu vergleichen: Knotenfestigkeit, Orientierung, Naßreißlänge, relative Naßfestigkeit, elastische Dehnung, Alkalilöslichkeit, mittlerer Polymerisationsgrad und Molekülgrößenverteilung (Tab. 1).

Eine erste Zusammenstellung der Ergebnisse erfolgte nach fallenden Werten der Knotenfestigkeit, da diese Eigenschaft ein besonders maßgebendes Kriterium für die Beurteilung einer Faser zu sein scheint und verhältnismäßig einfach zu prüfen ist. Wie später noch gezeigt wird, konnten jedoch lediglich zwischen Knotenfestigkeit und Orientierung einerseits, absoluter und relativer Naßfestigkeit andererseits und schließlich auch zwischen Polymerisationsgrad und Alkalilöslichkeit Beziehungen gefunden werden. An weiteren Eigenschaften sind insbesondere die elastische Zerreißarbeit, die Knickfestigkeit, der Sprödigkeitswiderstand und die Packungsdichte ermittelt worden (Tab. 2).

Zur Vervollständigung sind in dieser Tabelle auch Titer, Trockenreißlänge sowie Bruchdehnung trocken und naß mit aufgenommen. Naturgemäß mußte sich dabei eine Abhängigkeit des Sprödigkeitswiderstandes von der elastischen Zerreißarbeit ergeben, ferner konnte die an sich bekannte Beziehung zwischen Trockenfestigkeit und Orientierung bestätigt und zwischen Trockenfestigkeit und Knotenfestigkeit ein gewisser Zusammenhang gefunden werden (vgl. Abb. 7—11).

Zum Vergleich mit den Zellwollen schien es wichtig, auch die Zahlenwerte von Baumwolle und Wolle aufzuzeigen (Tab. 3), die zunächst als Richtlinien für diejenigen der Zellwolle gelten können. Die Überlegenheit der Naturfasern gegenüber den Zellwollen kommt hier bei den meisten Eigenschaften deutlich zum Ausdruck. In dieser Tabelle sind zwei weitere wichtig erscheinende Zellwollen und schließlich zwei nicht auf Cellulosebasis gesponnene Kunstfasern mit aufgenommen. Die aus vorstehendem Zahlenmaterial sich ergebenden Zusammenhänge zwischen den einzelnen Fasereigenschaften sind zur besseren Übersicht anschließend in Kurvenform dargestellt.

Wie die Kraftdehnungslinien (Abb. 1) zeigen, besitzt die Baumwolle bei hoher Festigkeit eine geringe Dehnung, während die Wolle umgekehrt geringe Festigkeit und hohe Dehnung aufweist. Zellwollen liegen zwischen den beiden Naturfasern, wobei Baumwollzellwollen dem Baumwolldiagramm, Wollzellwollen dem Wollendiagramm zustreben.

Zur Darstellung der elastischen Eigenschaften einer Faser kann man die elastische Dehnung über der Gesamtdehnung auftragen (Abb. 2) und hat in der Abweichung von der 45°-Linie ein Maß für die Dehnungsverhältnisse, wobei die Krafteinwirkung unberücksichtigt bleibt. Je weiter die Kurven von der 45°-Linie abweichen, desto geringer ist der entscheidende elastische Dehnungsanteil. Abb. 2 zeigt, daß die Wolle naturgemäß am höchsten, Baumwolle und Zellwolle dicht beieinander, aber wesentlich niedriger liegen, wobei besonders darauf hingewiesen werden soll, daß heute schon Zellwollen zur Verfügung stehen, die in ihrem elastischen Dehnungsanteil die Baumwolle übertreffen. Eine andere Darstellung ist das Verhältnis des Elastizitätsgrades zu der Festigkeit (Abb. 3).

Trägt man den Elastizitätsgrad, d. h. das Verhältnis der elastischen Dehnung zur Gesamtdehnung, über der vom Querschnitt unabhängigen Festigkeit auf, so erhält man ebenfalls charakteristische Kurven für Baumwolle, Wolle und Zellwolle. Auffallend ist bei Wolle die bis zu einem Drittel der Bruchlast noch vorhandene vollkommene Elastizität, die bei genügender Gesamtdehnung das Knittern eines Stoffes verhindert und eine gute Formbeständigkeit gewährleistet. Bei Baumwolle und Zellwolle, die eine geringe Knitterfestigkeit besitzen, fällt der Elastizitätsgrad bereits bei geringer Belastung stark ab. Zahlenmäßig kommt dies auch in Tab. 4 zum Ausdruck, in der eine Viscosezellwolle der Baumwolle gegenübergestellt ist.

Bei einer Belastung von 2,5 km Faserlänge besitzt die Zellwolle nur noch 80% Anteil an elastischer Dehnung, während diese bei Baumwolle noch 94% der Gesamtdehnung beträgt. Bei 5 km Faserlänge verhalten sich die

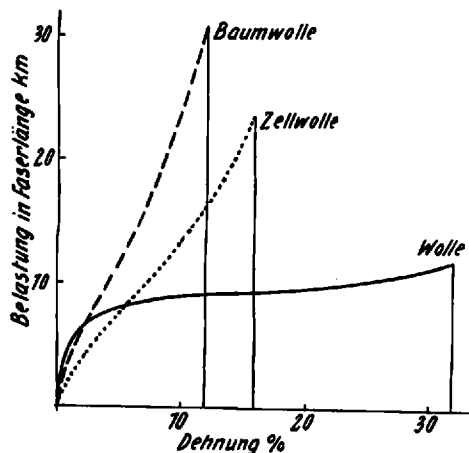


Abb. 1. Kraftdehnungsschaulinien.

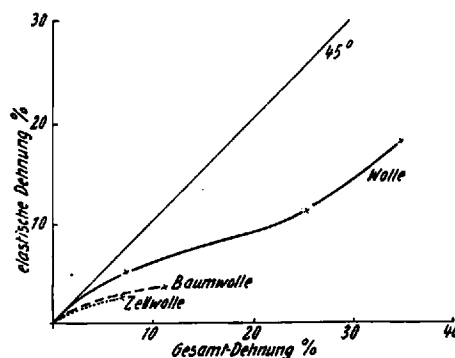


Abb. 2. Elastizitätsschaulinien.

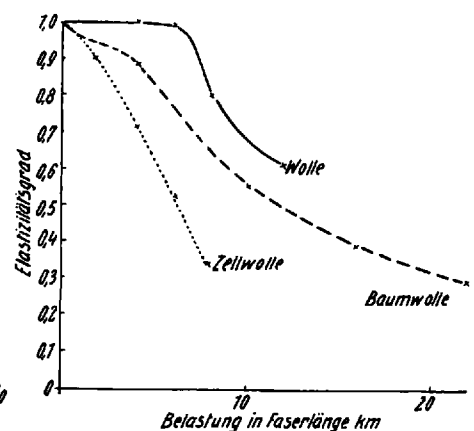


Abb. 3. Kraft-Elastizitäts-Linien.

Tabelle 4. Elastisches Verhalten von B-Zellwolle und Baumwolle.

Belastung in Faserlänge km	B-Zellwolle				Baumwolle				
	Dehnung %			Elastizitäts- grad %	Dehnung %			Elastizitäts- grad %	
	gesamt	bleibend	elastisch		gesamt	bleibend	elastisch		
Reißlänge	2,5	1,50	0,30	1,20	80	1,28	0,08	1,20	94
	5,0	5,50	2,40	3,10	60	2,90	0,50	2,40	83
	7,5	8,75	5,60	3,15	36	4,15	1,37	2,78	67
	8,0	10,0	6,80	3,20	32				
	10,0					5,20	2,34	2,86	55
	12,5					6,45	3,55	2,90	45
Reißlänge	15,0					10,0	6,20	3,80	38
	20,0					11,70	7,84	3,86	33
	22,0					13,0	9,10	3,90	30

Anteile wie 60 zu 83, bei 7,5 km wie 36 zu 67 usw. Diese Zahlen zeigen deutlich, daß die Baumwolle eine noch wesentlich bessere Elastizität aufweist als Zellwolle, und vermitteln einen beachtenswerten Hinweis für die Notwendigkeit der Verbesserung der Zellwolle gerade in diesem Punkt. Es soll bei der Kurve der Baumwolle besonders darauf hingewiesen werden, daß ihr Verlauf zwischen den Kurven der Wolle und Zellwolle das geringere Knittern der Baumwolle gegenüber Zellwolle andeutet.

Am besten gekennzeichnet ist die Elastizität durch die elastische spezifische Zerreiẞarbeit (Abb. 4).

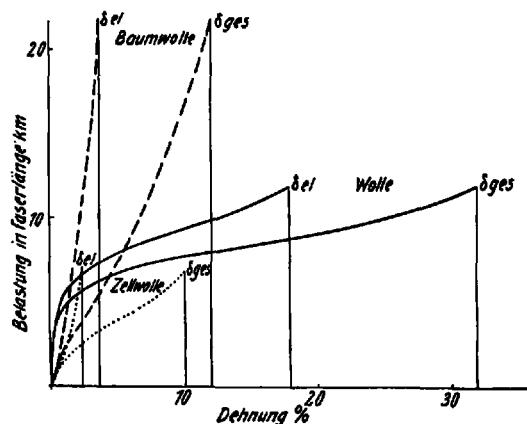


Abb. 4. Schaulinien der elastischen und Gesamtarbeit.

Trägt man, wie bei der Kraftdehnungslinie, die elastische Dehnung über der zugehörigen Kraft auf, so erhält man die Fläche der elastischen Arbeit. Wie aus der Gegenüberstellung hervorgeht, besitzt die Wolle entsprechend der Diagrammfläche die größte Elastizität, dann folgt Baumwolle und schließlich Zellwolle. Die in dem Kurvenblatt mit dargestellten Flächen der Gesamtarbeit lassen das Verhältnis zwischen der elastischen und der gesamten Arbeit erkennen, das als Wirkungsgrad des elastischen Arbeitsvermögens bezeichnet wird und in Prozenten auszudrücken ist. Es ist nun auffallend, daß die in Faserlänge

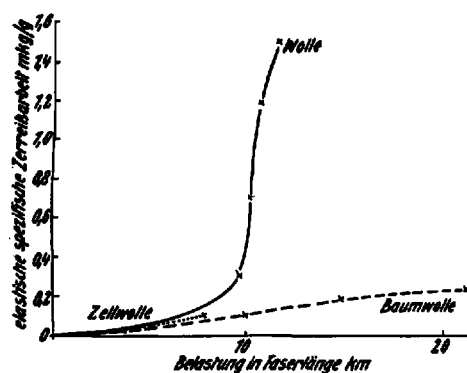


Abb. 5. Schaulinien der elastischen Arbeit über der Kraft.

ausgedrückte Belastung der Zellwolle beim Elastizitätsversuch unter die Festigkeit der Wolle gesunken ist. Dies tritt besonders deutlich in Erscheinung, wenn man die elastische spezifische Zerreiẞarbeit über der Festigkeit aufträgt (Abb. 5).

Während die Wolle trotz der fortschreitenden Be- und Entlastungen keinen Festigkeitsabfall gegenüber dem einfachen Zugversuch aufweist, besitzt die Baumwolle nur noch 68% ihrer ursprünglichen Festigkeit. Die meisten Zellwollen brechen bereits unter 10 km Faserlänge ab, ihre relativen Werte schwanken zwischen 17 und 62%. In dieser Darstellung kommt die starke Überlegenheit der Wolle und auch der Baumwolle gegenüber der Zellwolle in sinnfälliger Weise zum Ausdruck. Das in Prozenten ausgedrückte Verhältnis von Bruchfestigkeit ohne und nach wiederholter Be- und Entlastung kann als Maß für die Sprödigkeit einer Faser gelten und soll entsprechend dem zahlenmäßigen Ausdruck zunächst als Sprödigkeitswiderstand bezeichnet werden. Zur Erhöhung des Gebrauchswertes der Zellwolle wird es eine unbedingte Forderung sein, in den Eigenschaften der Elastizität und des Sprödigkeitswiderstandes eine wesentliche Verbesserung und eine Angleichung an die Werte der Wolle und Baumwolle zu erreichen.

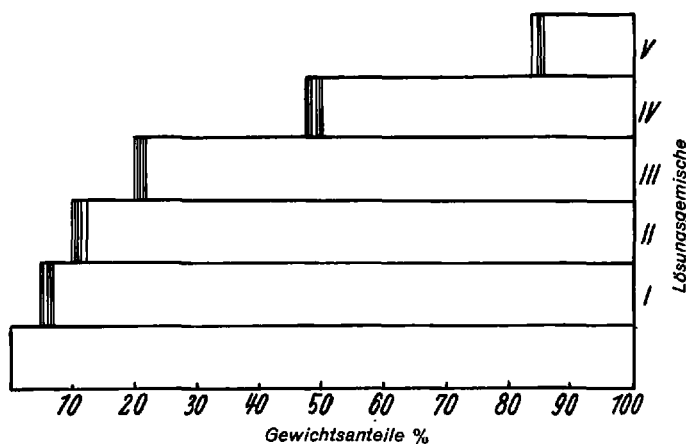


Abb. 6. Lösungsdiagramme von nitrierter Schwarza-Zellwolle.

In dem Bestreben, weitere charakteristische Merkmale der Faser prüfungstechnisch zu erfassen, ist versucht worden, das Lösungsdiagramm nach Dolmetsch (Abb. 6) zahlenmäßig auszuwerten, das erhalten wird, indem die Fraktionsstufen bestimmter Lösungsgemische über den gelösten Gewichtsanteilen dieser Gemische aufgetragen werden. Diese Darstellung gestattet, bis zu einem gewissen Grade auf die Packungsdichte eines vegetabilen Fasermaterials zu schließen, wobei die Zusammenhänge mit Polymerisationsgrad und spezif. Gewicht zu beachten sind. Geht man von der Überlegung aus, daß das Diagramm bei vollkommener Packungsdichte ein Rechteck darstellt, wie es nahezu in den unteren Fraktionsstufen der Fall ist, so wird die Packungsdichte um so geringer, je flacher und hohler die Kurve verläuft. Man hat somit im Volligkeitsgrad des Diagramms einen zahlenmäßigen Ausdruck für die Packungsdichte, die man in Prozenten berechnet. Die Packungsdichte schwankt bei den hier untersuchten Zellwollen zwischen 43 und 62%. Die höhere Packungsdichte

zeigt den größeren Widerstand gegen Löslichkeit und läßt auf entsprechend bessere Naßfestigkeit schließen.

Zwischen den einzelnen Fasereigenschaften der Zellwollen konnten nun folgende Zusammenhänge festgestellt werden:

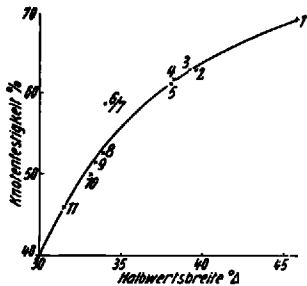


Abb. 7. Beziehung zwischen Knotenfestigkeit und Orientierung

Knotenfestigkeit und Orientierung (Abb. 7) zeigen eine deutliche Beziehung zueinander, indem mit steigender Orientierung die Knotenfestigkeit abnimmt. Der Meßwert der Orientierung ist die sogenannte Halbwertsbreite der Röntgendiagramme. Die Knotenfestigkeit wird prozentual durch das Verhältnis der Materialfestigkeiten mit und ohne Knoten ausgedrückt.

Die bei der Knotenfestigkeit ermittelten Ergebnisse lassen sich in jeder Weise reproduzieren; Schwankungen sind nur materialbedingt, im übrigen aber werden die tatsächlich vorhandenen Orientierungsverhältnisse an der Einzelfaser erfaßt. Bei der röntgenographischen Untersuchung wird hingegen zwecks Ausschaltung zusätzlicher Schwärzung aus der Kräuselung ein Faserbündel durch Streckung parallelisiert, wobei es zwangsläufig eine Orientierung erfährt. Die gefundene gegenseitige Abhängigkeit von Knotenfestigkeit und Orientierung vermittelt eine weitere wesentliche Beurteilungsgrundlage für Zellwolle in der verhältnismäßig leicht durchführbaren Ermittlung der Knotenfestigkeit, da aus der Praxis bekannt ist, daß hochorientierte Kunstseiden und Zellwollen einen überraschend geringen Gebrauchswert ergeben haben.

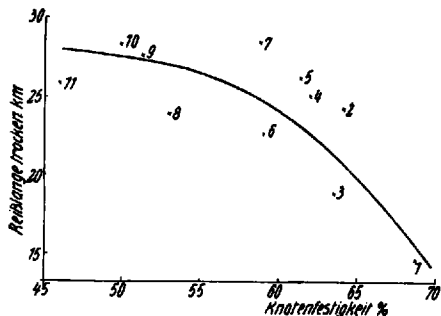


Abb. 8. Beziehung zwischen Zug- und Knotenfestigkeit.

Da im allgemeinen bei höherer Ver Streckung und dementsprechend größerer Orientierung auch höhere Festigkeiten erzielt werden, mußte sich eine Beziehung zwischen Reißfestigkeit und Knotenfestigkeit mit entgegengesetztem Richtungsverlauf ergeben (Abb. 8).

Sinngemäß zeigen auch Reißfestigkeit und Orientierung (Abb. 9) gleichlaufend steigende Tendenz.

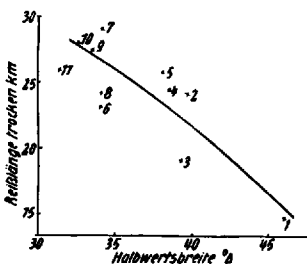


Abb. 9. Beziehung zwischen Festigkeit und Orientierung.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse aus Orientierung, Knotenfestigkeit und den beiden eben dargestellten Beziehungen ergibt die Berechtigung zu der bereits aufgestellten Forderung, die Reißfestigkeit nicht über ein optimales Maß hinaus zu steigern, da damit zwangsläufig eine Verminderung der Knotenfestigkeit bei gleichzeitiger Erhöhung der Orientierung eintritt und folglich eine Wertminderung zu erwarten ist.

Bei einer weiter durchgeführten Versuchsreihe hat sich die bereits bekannte Beziehung zwischen Naßfestigkeit und relativer Naßfestigkeit (Abb. 10) erwiesen.

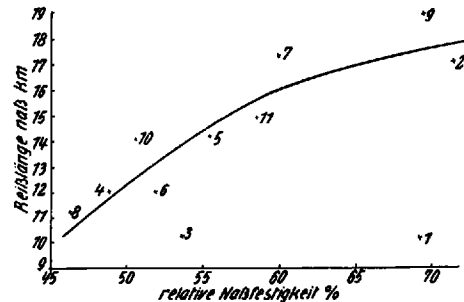


Abb. 10. Beziehung zwischen absoluter und relativer Naßfestigkeit.

Bei abnehmender Festigkeit fallen die Naßfestigkeiten rascher als die Trockenfestigkeiten, was sich in der fallenden Tendenz der relativen Naßfestigkeit offenbart.

Da auf Grund praktischer Ergebnisse bei der Baumwolle auf eine hohe Naßfestigkeit besonderer Wert gelegt werden muß, sich aber aus dem Vorhergehenden ergibt, daß die Erreichung einer hohen Naßfestigkeit auf dem Weg über eine übermäßig hohe Trockenfestigkeit nicht erwünscht ist, muß es eine besondere Aufgabe der Verfahrensentwicklung sein, Wege zu finden, die eine wesentliche Erhöhung der relativen Naßfestigkeit bei optimaler Trockenfestigkeit ergeben. Wir glauben, in Fasern, die bei normalen Festigkeiten heute schon relative Naßfestigkeiten haben, die weit über den üblichen 50%, also etwa bei 70–80% liegen, einen deutlichen Hinweis zu haben, welchen Weg wir weitergehen müssen.

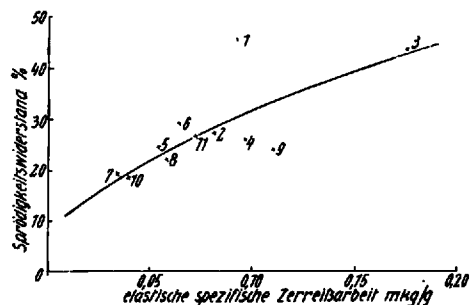


Abb. 11. Beziehung zwischen Sprödigkeitswiderstand und der spez. Zerreißarbeit.

Der Zusammenhang zwischen elastischer spezifischer Zerreißarbeit und Sprödigkeitswiderstand ist in Abb. 11 dargestellt. Die elastische spezifische Zerreißarbeit erfährt in ihrem Anstieg eine natürliche Begrenzung durch vorzeitigen Faserbruch, der ein Charakteristikum des Materials darstellt und — wie bereits erwähnt — im Faktor des Sprödigkeitswiderstandes seinen zahlenmäßigen Ausdruck findet. Somit steht die elastische spezifische Zerreißarbeit in einem direkten Abhängigkeitsverhältnis zum Sprödigkeitswiderstand, d. h. steigt und fällt mit diesem. Auch hier muß wieder auf die noch bestehende Überlegenheit der Baumwolle und vor allem der Wolle aufmerksam gemacht werden, die in den besten Eigenschaften, der elastischen Arbeit und dem Sprödigkeitswiderstand, die Zellwolle übertreffen.

Die engen Beziehungen zwischen Alkalilöslichkeit und mittlerem Polymerisationsgrad kommen in Abb. 12 eindeutig zum Ausdruck.

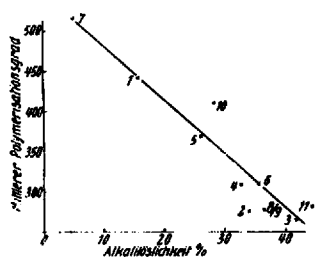


Abb. 12. Beziehung zwischen Polymerisationsgrad und Alkalilöslichkeit.

Die Kurve zeigt einen geradlinigen Verlauf, so daß es berechtigt erscheint, von einer umgekehrten Proportionalität zu sprechen, mit der Einschränkung, daß es sich — wie bei dieser Versuchsreihe — um fast einheitliche Titer handelt.

Zwecks vergleichender Darstellung der Polymerisationsgrade in den einzelnen Kettenlängendiagrammen wurden die Polymerisationsgrade, die sich bei einer Unterteilung von 10 zu 10% der Anteile ergaben, durch die aus Abb. 13 ersichtlichen Längslinien verbunden. Der Unterschied zwischen den Höhenlagen der Kettenlängendiagramme der Proben Nr. 7, 10, 1 einerseits und der übrigen andererseits kommt hier deutlich zum Ausdruck. Die Linien zeigen bei den ersten 3 Diagrammen eine auffallende Richtungsänderung nach rechts.

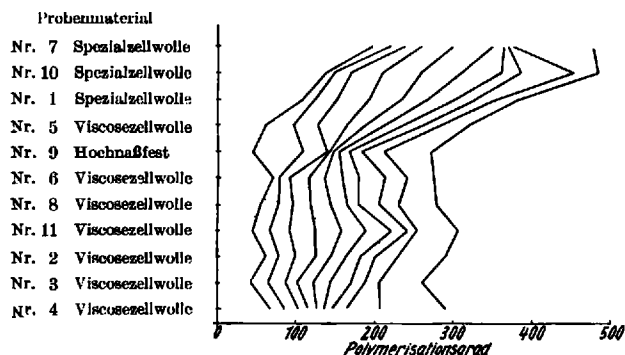


Abb. 13. Aufrißlinien der Kettenlängendiagramme, von 10 zu 10 % geordnet.

In gleicher Weise wurden auch die Lösungsdiagramme analysiert (Abb. 14), d. h. die Stufenwerte von 10 zu 10% reihenweise verbunden. Auch hieraus geht die allgemein höhere Lage des Lösungswiderstandes bei den Proben Nr. 7 und 1 und zum Teil bei Probe Nr. 5 hervor. Bei der hochnaßfesten Probe Nr. 9 kann man eine rückläufige Tendenz, d. h. eine größere Löslichkeit, in den höheren Fraktionierungsstufen beobachten, und wir glauben, darin mit einem der Punkte angeschnitten zu haben, die

bei hochnaßfesten Zellwollen die mögliche — zuerst überraschende — Gebrauchswertminderung mit andeuten.

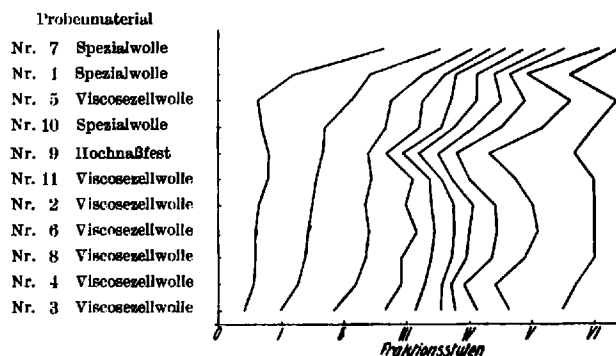


Abb. 14. Aufrißlinien der Lösungsdiagramme, von 10 zu 10 % geordnet.

Zur Beurteilung der hier untersuchten Eigenschaften muß festgestellt werden, daß sich eine ganze Reihe wesentlicher Zusammenhänge verschiedener Eigenschaftsgruppen aufzeigen ließ, jedoch bei den gefundenen Beziehungen deutliche Abweichungen einzelner Zellwollen von dem allgemeinen Richtungsverlauf festgestellt werden konnten, was z. B. bei der Kurve aus Zug- und Knotenfestigkeit (Abb. 8) hervorgeht. Die zum Teil vorhandene große Streuung ist nicht etwa prüfungstechnisch bedingt, sondern durch verschiedenartigste Materialeigenschaften, wie Querschnittsform, Oberflächenstruktur, Orientierung usw., beeinflusst, deren Zusammenhänge nicht restlos bekannt sind. Diese Kurve zeigt aber auch eindringlich, daß wir von wichtigen Fasereigenschaften noch weit entfernt sind, die z. B. die Baumwolle verkörpert. Diese hat bei hoher Zugfestigkeit praktisch 100% Knotenfestigkeit. Bei Zellwollen nimmt dagegen bei zunehmender Zugfestigkeit die Knotenfestigkeit im allgemeinen ab. Das Bestreben muß jedoch sein, Fasern zu entwickeln, die bei hoher Zugfestigkeit auch eine möglichst hohe Knotenfestigkeit besitzen. Sinngemäß gilt das auch für die anderen Fasereigenschaften, die in ihrer Gesamtheit den Gebrauchswert einer Textilfaser bestimmen. Ferner geht aus der Literatur hervor, daß Zellwollen mit hohem Polymerisationsgrad eine weit bessere Waschfestigkeit besitzen als Zellwollen mit niedrigerem Polymerisationsgrad bei sonst gleichen Eigenschaften.

Mit den vorstehenden Ausführungen glauben wir gezeigt zu haben, daß 1. Knotenfestigkeit, 2. Elastizität, 3. Sprödigkeitswiderstand eine wesentliche Erweiterung der Prüfungsgrundlagen darstellen, nach denen die qualitativen Eigenschaften einer Faser beurteilt werden können.

Zu einer weiteren entscheidenden Beurteilung von Fasern ist die Heranziehung chemisch-physikalischer Prüfverfahren notwendig. Bei der Darstellung dieser Verfahren wurden im wesentlichen die Unterlagen benutzt, die Dr. Dolmetsch, Schwarza, geschaffen hat.

Es ist allgemein bekannt, daß die Löslichkeit der Zellwollen in Natronlauge verschieden ist. Tab. 5 enthält Löslichkeitswerte von verschiedenen Zellwollen und von Baum-

Tabelle 5.
Polymerisationsgrad und Alkalilöslichkeit von Baumwolle und verschiedenen Zellwollen.

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Titer den	Ausgangsmaterial	Polymerisationsgrad	Löslichkeit in 10% NaOH bei 20°
1	Viscosezellwolle	3,75	Holzzellstoff	250	25
2	Viscosezellwolle	4,00	Holzzellstoff	285	22
3	Viscosezellwolle	3,75	Holzzellstoff	275	20
4	Viscosezellwolle	4,00	Holzzellstoff	250	25
5	Spezialzellwolle	3,70	Holzzellstoff	370	12—15
6	Spezialzellwolle	3,70	Linters	480	3,5—4
7	Spezialzellwolle	3,70	Holzzellstoff	470	6—8
8	Kupferzellwolle	3,70	Linters	560	12
9	Baumwolle	2,20		2000	1,5—2

wolle in 10proz. Natronlauge bei 20°. Die Löslichkeitsbedingungen wurden alle nach einer vorgeschriebenen Norm durchgeführt. Zur Erzielung reproduzierbarer Werte ist ein gleichmäßiges exaktes Arbeiten unbedingt erforderlich.

Die ersten vier Werte beziehen sich auf normale Viscosezellwollen, die nächsten stellen Spezialzellwollen, sowohl nach dem Viscose- als auch nach dem Kupferoxyd-Ammoniak-Verfahren, dar, und die letzte Reihe zeigt vergleichsweise die Löslichkeit der Baumwolle. Aus dieser Zusammenstellung kann man folgende Schlüsse ziehen:

1. Zellwolle mit niederem mittleren Polymerisationsgrad hat stets eine größere Löslichkeit als solche mit höherem Polymerisationsgrad.
2. Die Spezialzellwollen zeigen je nach dem Spinnverfahren untereinander auch noch Unterschiede, und zwar zugunsten des Cuoxamverfahrens, was man durch Vergleich der Werte der Zellwollen, die aus Linters hergestellt wurden, ersehen kann. Am günstigsten liegt natürlich die Baumwolle.

Es ist unbedingt notwendig, die Frage der Alkali-löslichkeit in Zukunft noch eingehender zu prüfen, um den Einfluß der löslichen Anteile auf die Güte einer Zellwolle einwandfrei festzustellen. Von verschiedener Seite wurde der Einwand erhoben, daß man ebenso wie die Löslichkeit der Zellwolle in Natronlauge auch das Verhalten gegenüber anorganischen Säuren berücksichtigen müßte. Anorganische Säuren spielen jedoch bei der textilen Verarbeitung der Cellulosefasern keine Rolle, sondern nur schwach dissoziierte organische Säuren, wie Essigsäure, Ameisensäure usw., die auf Cellulose kaum schädigend einwirken dürften.

Zusammenfassend ist zu dieser Frage zu sagen: Die Bestimmung der Natronlauge-löslichkeit ist ein sehr wertvolles Hilfsmittel zur Beurteilung einer Zellwolle in ihrem Verhalten gegenüber Alkalien und läßt gleichzeitig auf den mengenmäßigen Anteil der kleineren Cellulosemoleküle schließen. Weil die oben beschriebenen Löslichkeitsuntersuchungen nur einen sehr groben Einblick in das Verhalten der Zellwolle erlauben, ist die Frage der Bestimmung der genaueren Zusammensetzung der Zellwollen nach ihren Moleküllängen bei uns eingehend ausgearbeitet worden.

Für diese Untersuchungen sind zwei Bestimmungsmethoden hauptsächlich angewandt worden:

1. Untersuchung der Löslichkeit der Zellwolle in Natronlauge bei gleichbleibender Konzentration und verschiedenen Temperaturen;
2. Nitrieren der Zellwolle und fraktioniertes Auflösen der Fasern mittels organischer Lösungsmittelgemische, die ein Lösungsmittel und einen Nichtlöser, beispielsweise Essigester und Alkohol, in verschiedenen Mischungsverhältnissen enthalten.

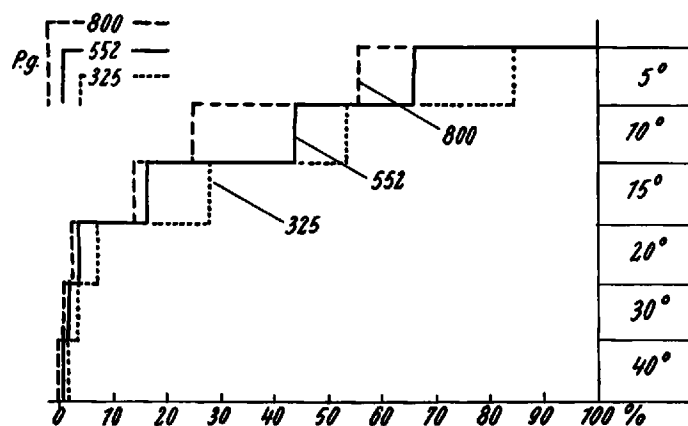


Abb. 15. Laugelösungsdiagramme von gleichartigen Zellwollen mit verschiedenem mittleren Polymerisationsgrad.

Wenn peinlich genau nach dem vorgeschriebenen Schema und unter absolut konstanten Bedingungen gearbeitet wird, liefern beide Methoden sehr genaue, gut reproduzierbare Werte²⁾.

Wie wertvoll diese Untersuchungsmethode ist, soll an Hand einiger Ausführungsbeispiele gezeigt werden.

In Abb. 15 ist die stufenweise Laugelöslichkeit von drei Spezialwollen mit verschiedenen Polymerisationsgraden dargestellt, die nach dem gleichen Verfahren gesponnen wurden.

Auf der Abszisse sind die Anteile, die bei den entsprechenden Temperaturen herausgelöst wurden, in Prozenten abzulesen. Man sieht, daß auch bei verschiedenen Temperaturen Zellwollen mit höherem Polymerisationsgrad eine geringere Löslichkeit aufweisen als Zellwollen mit niederem und mittlerem Polymerisationsgrad.

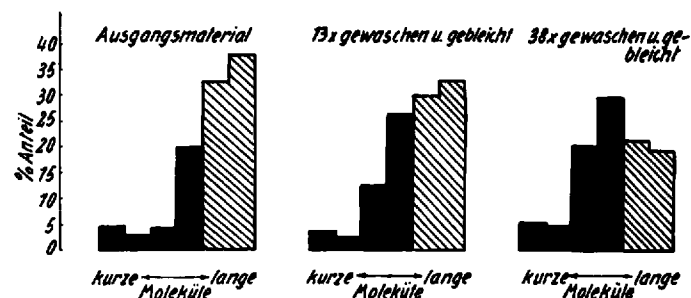


Abb. 16. Verkleinerung der Moleküle durch Bleichwäsche.

Abb. 16 stellt die Verteilung der Cellulosemoleküle eines frischen und mehrfach gewaschenen und gebleichten Gewebestückes nach ihren Kettenlängen dar. Die Verteilung der Diagramme zeigt deutlich, daß durch den wiederholten Wasch- und Bleichprozeß eine fortschreitende Veränderung in der Zusammensetzung zugunsten der kleinen Moleküllängen erfolgt. Da die tägliche Praxis die allmähliche Gebrauchswertverminderung oft gewaschener Textilprodukte zeigt, haben wir hier einen Hinweis auf die Bedeutung der Polymerisationsgradbestimmung und der Vermeidung niederer molekularer Anteile in unseren Fasern.

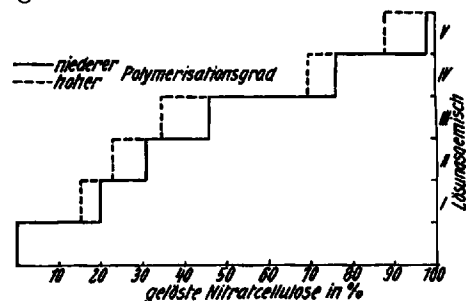


Abb. 17. Lösungsdiagramme zweier nitrierter Zellwollen (mit gleichem Spinnverfahren, aber verschiedenem mittleren Polymerisationsgrad).

In der Abb. 17 sind die Lösungsschaubilder zweier Zellwollen von stark verschiedenem mittleren Polymeri-

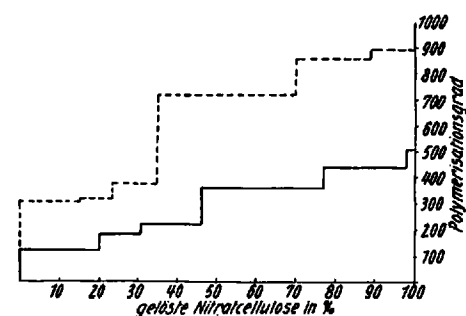


Abb. 18. Kettenlängendiagramme derselben nitrierten Zellwollen.

²⁾ Eingehend wurde über diese Untersuchungsmethoden in einer Veröffentlichung in der Zellwolle- und Deutsche Kunstseiden-Zeitung 5, 219 [1939] berichtet.

sationsgrad nach der Nitratmethode wiedergegeben, die unter denselben Spinnbedingungen hergestellt wurden. Auch hier weist die niedere polymere Zellwolle durchweg bedeutend höhere Anteile an leichter löslicher Substanz auf.

Einen noch besseren Einblick gewähren Messungen des Polymerisationsgrades der einzelnen Fraktionen. Abb. 18 gibt eine derartige Darstellung obiger beider Zellwollen wieder, wobei die Einteilung nach Fraktionsstufen durch den Polymerisationsgrad der Fraktionen ersetzt wurde.

Mit diesen drei Beispielen glauben wir gezeigt zu haben, daß die angegebenen Untersuchungsmethoden einen weitgehenden Einblick in die Struktur der Zellwolle gestatten; sie sind jedoch langwierig und nicht einfach durchzuführen. Da aber bei normalem Abbau meist nur eine Parallelverschiebung der Diagramme stattfindet, wird in den meisten Fällen auch eine Bestimmung des mittleren Polymerisationsgrades ausreichen.

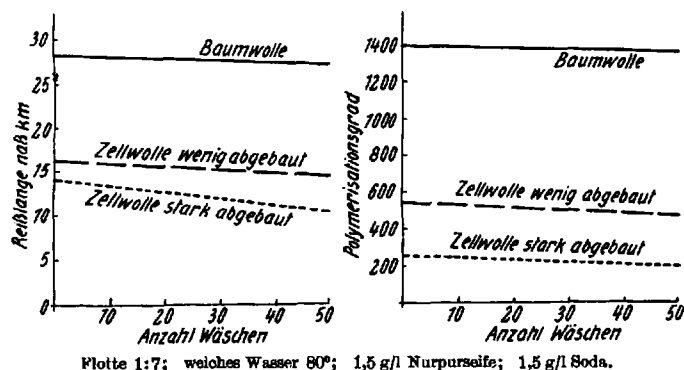


Abb. 19. Waschversuche an Geweben aus verschiedenen Fasern mit Seife und Soda.

Wie wertvolle Aufschlüsse auch schon nach dieser vereinfachten Methode erhalten werden können, zeigen Abb. 19 und 20, die den Einfluß verschiedener Waschverfahren auf Gewebe aus Baumwolle und zwei verschiedenen Zellwollen veranschaulichen. Abb. 19 stellt die Abnahme von Reißlänge und Polymerisationsgrad von Baumwolle und Zellwolle aus wenig und stark abgebauter Cellulose bei einer normalen Seifenwäsche dar. Man sieht, daß nach 50maligem Waschen Festigkeit und Polymerisationsgrad nur unwesentlich verringert sind.

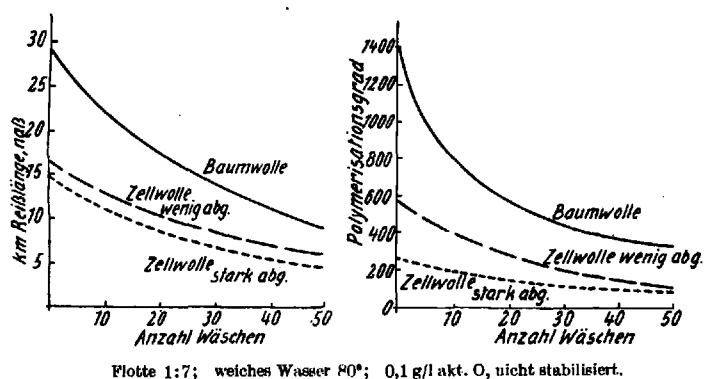


Abb. 20. Waschversuche an Geweben aus verschiedenen Fasern mit Bleichwaschmittel I.

Ganz anders verhalten sich die Beobachtungswerte der Waschproben, wenn gleichzeitig leicht gebleicht wird (Abb. 20). Hier ist deutlich eine starke Abnahme des Polymerisationsgrades und gleichzeitig der Reißfestigkeit zu erkennen, was eine wesentliche Wertverminderung bedeutet. Die damit auftretende Schädigung der Zellwolle ist unserer Ansicht nach eine der ernstesten Gefahren, gegen die wir uns geschlossen wenden müssen; denn es ist bekannt, daß nach dem Unterschreiten eines gewissen Polymerisationsgrades.

der Gebrauchswert einer Faser und damit auch des daraus hergestellten Gewebes ungenügend wird. Aus den Kurven geht ferner deutlich hervor, welche Reserven die Baumwolle und auch in geringerem Maße die höher polymere Spezialwolle gegenüber der normalen Viscosezellwolle besitzt. Die geringen Reserven der normalen Zellwolle machen eine peinliche Beobachtung der Veränderungen des inneren Gefüges bei allen Gebrauchsfragen zur dringenden Forderung.

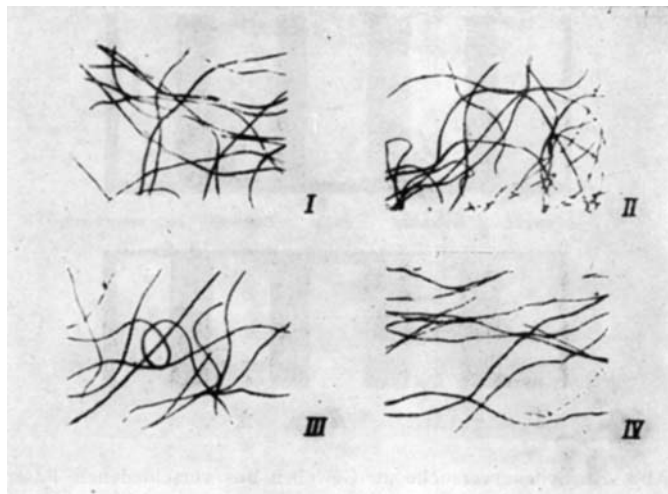


Abb. 21. Faserbild nach 100maliger Seifenwäsche.

Parallel zu der Abnahme des Polymerisationsgrades und der Reißfestigkeit lassen sich auch mikroskopisch Veränderungen der Faser feststellen, wie die folgenden Faserlängsaufnahmen zeigen. Im Falle der reinen Seifenwäsche werden auch bei 100maligem Waschen noch keine wesentlichen Veränderungen der Fasern sichtbar (Abb. 21). Die mit den Nummern I—IV bezeichneten Faserproben wurden aus 100mal gewaschenen Geweben des folgenden Materials entnommen: I. eine normale Viscosezellwolle, II. eine hochnaßfeste Zellwolle, III. eine Spezialzellwolle nach dem Viscoseverfahren, IV. Baumwolle.

Wesentliche Veränderungen zeigen aber Proben aus denselben Geweben (Abb. 22), wenn sie einer entsprechenden Maschinenwäsche unter Verwendung von Bleichwaschmitteln unterzogen werden.

Hier beobachtet man in allen Fällen ein Aufsplittern der einzelnen Fasern. Eine genaue Auszählung ergab, daß das Gewebe aus normaler Zellwolle (I) ungefähr 70 bis

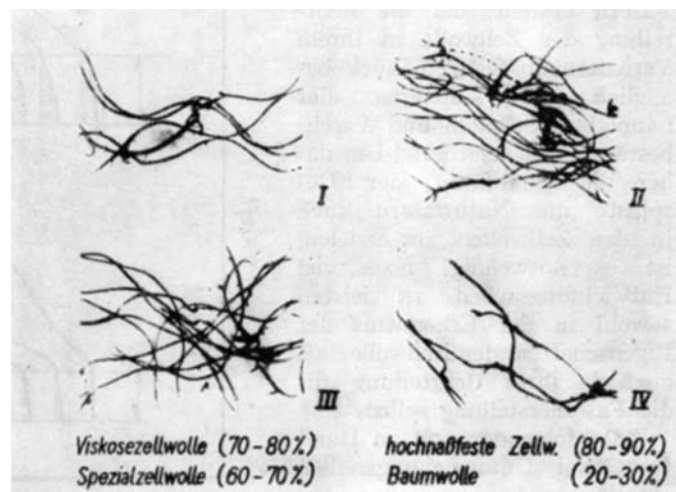


Abb. 22. Aufsplittung der Fasern nach 100maliger Maschinenwäsche mit Bleichwaschmittel.

80% gesplitterte Fasern enthielt, das hochnaßfeste Material (II) 80 bis 90%, die Spezialzellwolle (III) 60—70% und die Baumwolle (IV) 20—30%. Man kann aus diesen Zahlen deutlich die hohe Widerstandsfähigkeit der Baumwolle erkennen.

Mit demselben Material wurden auch Reibversuche durchgeführt, wobei ähnliche Beobachtungen festzustellen

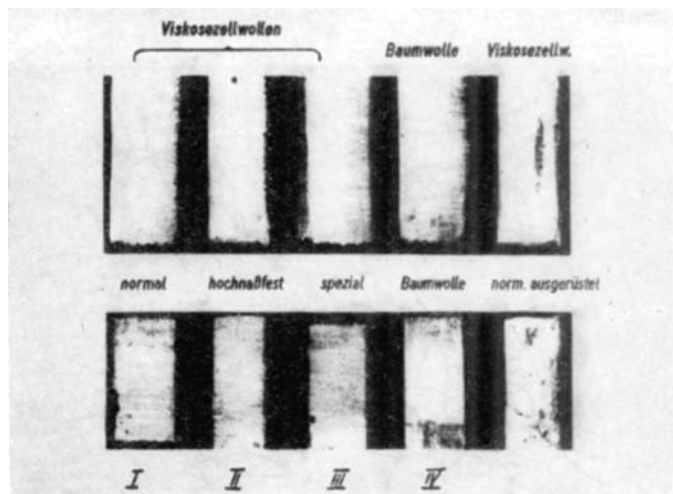


Abb. 23. Scheuerversuche an Geweben aus verschiedenen Fasern.

waren. In Abb. 23 sind die Reibproben der vorher angegebenen vier Fasersorten veranschaulicht, ferner die Proben eines normalen Zellwollgewebes, das eine normale Ausrüstung aufwies. Bei den Reibversuchen wurde in feuchtem Zustand Stoff auf Stoff gerieben. Man kann deutlich erkennen, wie widerstandsfähig die Baumwolle ist und wie sich ein fortschreitender Angriff in der Reihenfolge von der Spezialzellwolle (III) zur normalen Zellwolle (I) und hochnaßfesten Faser (II) ergibt. Der Versuch zeigt ferner eindeutig, daß unter Umständen eine Ausrüstung noch eine zusätzliche Gefährdung des Gewebes im Gebrauch mit sich bringen kann.

Zwischen Löslichkeit, Polymerisationsgrad, Splitterbildung und Reibversuchen bestehen also Zusammenhänge, die gewisse Rückschlüsse auf die Gebrauchsfähigkeit der Gewebe zu ziehen erlauben. Hohe Polymerisationsgrade in der Faser steigern die Qualität und wirken sich auch im Gebrauchswert günstig aus. Die Richtigkeit dieses Schlusses wird am eindringlichsten bestätigt durch kombinierte Trag- und Waschversuche.

In enger Zusammenarbeit mit der Reichsstelle für Wirtschaftsausbau ausgeführte kombinierte Trag- und Waschversuche mit Zellwollgeweben aus normaler und Spezialzellwolle zeigten ebenfalls, daß auch bei durchaus normalem Gebrauchswert und normaler Wäsche ein höherer Polymerisationsgrad den Gebrauchswert wesentlich steigert. [A. 59.]

Neue Beurteilungen für Zellwolle

Von Dr. Eisenhut, Berlin

Eingeg. 21. Juni 1939

Bis vor wenigen Jahren haben natürliche Fasern tierischer und pflanzlicher Herkunft den Ausgangsstoff für Gewebe und insbesondere für die menschliche Bekleidung gegeben. Es haben sich durch langjährige Erfahrungen physikalische und chemische Methoden herausgebildet, die gestatten, auf einfache Weise die Eigenschaften und den Wert solcher Fasern für den menschlichen Gebrauch zu beurteilen. Bei der Einführung der Zellwolle im Austausch mit Baumwolle und Wolle wurden dann diese Methoden — soweit möglich — übernommen. Die ganze Entwicklung hat aber gezeigt, daß ein grundsätzlicher Unterschied in den Eigenschaften der Naturfasern und denjenigen der künstlichen Fasern besteht, der die Beurteilung der Zellwolle in ihrem Verhalten im fertigen Stück bezüglich des Knitterns, der Lappigkeit, Scheuer- und Waschbeständigkeit erfordert.¹ Um daher die Qualitäten der Gespinste aus Naturfasern auch in den Zellwollen zu erzielen, ist es notwendig, noch viel Entwicklungsarbeit zu leisten sowohl in der Erkenntnis der Eigenschaften der Zellwolle, als auch in ihrer Beurteilung für die Faserherstellung selbst.

Im folgenden soll an Hand von zwei Untersuchungsreihen gezeigt werden, wie zur Erweiterung der Kenntnisse vorgegangen werden muß.

Prüfung der Faser vor der Verarbeitung.

I. Mechanische Fragen.

Zurzeit wird Festigkeit und Dehnung der Zellwolle trocken und naß gemessen. In Tab. 1 ist eine Reihe derartiger Werte wiedergegeben. Man sieht besonders große Schwankungen in der Dehnung. Man könnte beim Vergleich der Zellwollen annehmen, daß sich Fasern mit hoher Dehnung beim Einbauen in das Gewebe günstig verhalten, also Gewebe aus derartigen Fasern gute elastische

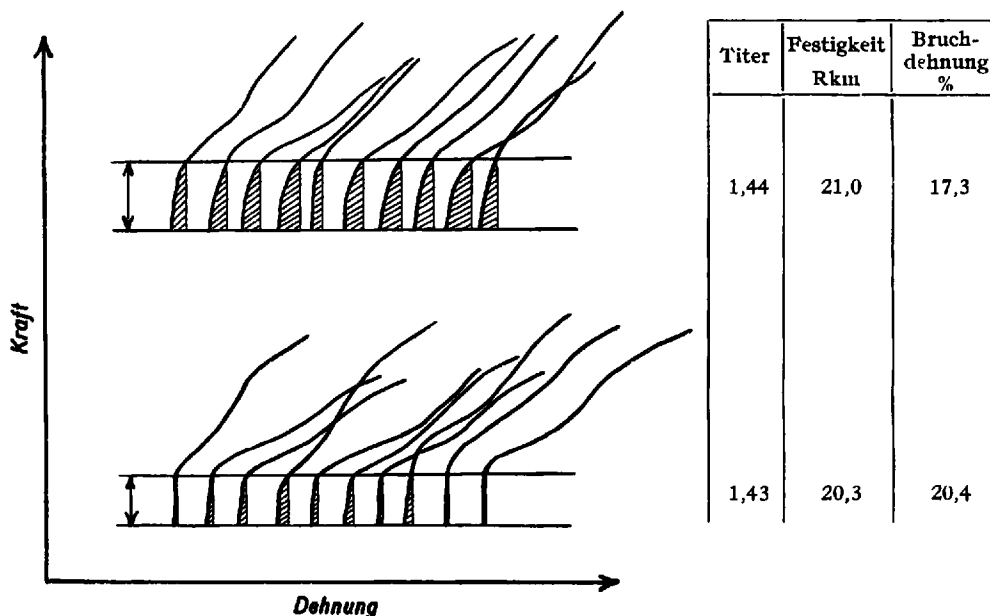


Abb. 1. Kraftdehnungskurven zweier Zellwollen.