

Untersuchungen über die Einwirkung von Fermenten auf verschiedene Fasermaterialien und deren Verunreinigungen

Von E. Jaag

Laboratorien der Seifenfabrik Schnyder & Cie. AG., Biel

Fermente für Wäschereinigung

Fermente sind spezifisch wirkende Bio-Katalysatoren, die in der belebten Natur eine wichtige Rolle spielen. Ihre auffallendste Leistung zeigen sie bei Verdauungsvorgängen im menschlichen und tierischen Körper. Es handelt sich bei ihrer Tätigkeit in der großen Mehrzahl der Fälle um Abbaureaktionen. Von den anorganischen Katalysatoren unterscheiden sie sich durch ihre Spezifität, indem bestimmte Fermente beispielsweise die Umwandlung der Kohlehydrate beschleunigen, auf Proteinsubstanzen hingegen ohne jede Wirkung sind. Ja, selbst innerhalb der einzelnen Fermentgruppen kommen noch weitgehende Spezifitäten zum Vorschein, indem beispielsweise *Pepsin* nur die genuinen Eiweißkörper spaltet und vor den Peptonen und Polypeptiden Halt macht, während *Erepsin* die höheren Eiweißstoffe unberührt läßt, dafür aber Peptone und andere Spaltungsprodukte von Proteinase zu Aminosäuren abbaut. Charakteristisch für die Fermente ist auch, daß sie thermostabil sind und schon bei verhältnismäßig niederen Temperaturen zerstört werden; in wäßriger Lösung erfolgt die Inaktivierung allgemein schon bei 60 bis 70° C, in trockenem Zustande ist eine Reihe von Fermenten gegen wesentlich höhere Temperaturen widerstandsfähig.

Von großer Wichtigkeit ist ferner ihre Beeinflussbarkeit durch chemische Agenzien, wie Säuren, Alkalien, Schwermetallsalze usw.; auch spielt der p_{H} -Wert, bei welchem die Fermente eingesetzt werden, eine entscheidende Rolle.

Für die technische Verwendung der Fermente ist die Tatsache von Bedeutung, daß ihre Tätigkeit, ob schon für den Lebensprozeß notwendig, nicht von diesem abhängig ist; die Wirksamkeit der Fermente erlischt also nicht mit dem Leben des Spenders, denn die Fermente lassen sich durch geeignete Methoden von den anatomischen Elementen des Organismus leicht trennen, ohne ihre Eigenschaften zu verlieren¹, und stellen so wertvolle Hilfsmittel für technische Prozesse dar, sei es in einheitlicher Form oder in

Form von Fermentgemischen. So lag u. a. der Gedanke nahe, *Fermente für die Wäschereinigung* einzusetzen.

Gewisse organische Schmutzarten wie Eiweiß oder gar Gemische von Eiweiß mit fetthaltigen Verunreinigungen erweisen sich in der Wäscherei oft derart hartnäckig, daß ihnen mit den üblichen Waschmethoden nicht befriedigend beizukommen ist. Eiweißsubstanzen sind zwar in frischem Zustande weitgehend wasserlöslich und zeigen sogar ausgeprägte Schutzkolloid-Eigenschaften, eingetrocknet oder gar eingeplättet stellen sie in der Regel sehr hartnäckige Beschmutzungen dar. Noch schlimmer steht es bei Gemischen von eiweiß- und fetthaltigen Verunreinigungen. Während fettartige Beschmutzungen zu ihrer Entfernung durch Emulgatoren eine Wascht Temperatur verlangen, die über dem Schmelzpunkt des Fettes liegt, ertragen Eiweißkörper keine Temperaturen, die 45° C wesentlich überschreiten, ohne daß Koagulation und damit eine bleibende Fixierung der Eiweißkörper auf dem Fasermaterial erfolgt. Handelt es sich also um derartige gemischte Wäscheansammlungen, bei denen infolge des Fettanteils die Koagulationstemperatur des Eiweiß überschritten werden muß, so weist der übliche Waschprozeß eine Lücke auf; hier können enzymatisch wirkende Produkte, deren optimales Wirkungsgebiet bei 35–40° C liegt, mit Erfolg zu Hilfe gezogen werden, indem sie den Schmutz fermentativ abbauen, verdauen. Da die Zusammensetzung des Wäscheschmutzes allgemein stark variiert, kommt für seine Entfernung nur ein *Fermentgemisch* in Frage, das auf die Zusammensetzung des Schmutzes abgestimmt ist. Es ist allerdings in den meisten Fällen nicht möglich, dessen Zusammensetzung genau anzugeben, immerhin kann er bei normaler Weißwäsche als zu $\frac{1}{4}$ aus Eiweißsubstanzen, $\frac{1}{4}$ aus Fetten und Fettsäuren und $\frac{1}{2}$ aus andern organischen sowie anorganischen Bestandteilen (vor allem Salzen, Staub und Ruß) bestehend angenommen werden. Es sind somit praktisch die gleichen Fermentgruppen einzusetzen, die im menschlichen und tierischen Körper die Verdauungsvorgänge regeln. Es sind dies:

¹ MIQUEL, C. r. **III**, 397 (1890), war der erste, der zeigte, daß man aus Mikroorganismen fermentartige Stoffe extrahieren könne, die die gleichen Wirkungen auszuüben ver-

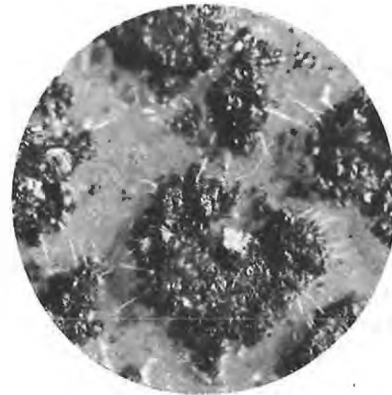
mögen wie die lebenden Organismen, die sog. löslichen Fermente.

1. *Proteasen*, die die Eiweißstoffe bis zu den einfachen Aminosäuren abbauen,
2. *Lipasen*, die die Hydrolyse der Fette in Fettsäuren und Glycerin bewirken, und schließlich
3. *Carbohydrasen*, hiervon in erster Linie die *Diastase* (Stärkeabbau).

hier, wie bei der Bestimmung der Waschkraft von Waschmitteln⁴, drängte sich die Verwendung einer künstlichen Beschmutzung auf, die gegenüber derjenigen normaler Gebrauchswäsche den Vorteil der Gleichmäßigkeit und Reproduzierbarkeit aufweist und sich beim Waschen ähnlich verhält wie die natürliche.



Eiweiß-Ruß-Schmutz
durch Soda-Seife praktisch unverändert



Eiweiß-Ruß-Schmutz
durch *Ferm.-Pröp. B* weitgehend aufgelöst

Abb. 1

Die Gesamtheit dieser Fermente liefert die *Pankreas-Drüse*. Durch bestimmte Verfahren kann deren wirksames Sekret in haltbarer Form, als *Pankreatin*, gewonnen und den gewünschten technischen Zwecken dienlich gemacht werden. Die praktische Anwendung enzymatischer Produkte für die Textil-, insbesondere die Wäschebehandlung, ist schon seit einiger Zeit gebräuchlich²; es lag uns jedoch daran, einen tieferen Einblick in deren Wirkungsweise zu erhalten, und zwar sowohl hinsichtlich ihrer schmutzabbauenden Fähigkeiten als auch ihrer Einflüsse auf verschiedenes Textilmaterial.

Als Fermentpräparat wählten wir für sämtliche nachfolgend beschriebenen Versuche eine Kombination von *Ferment³-Aktivator-Puffer*, die aus einer großen Zahl von Vorversuchen als die aktivste hervorgegangen war, und bezeichnen sie als *Ferm.-Pröp. B* (Handelsprodukt).

Fermenteinwirkung auf Schmutzsubstanzen

Um die schmutzabbauende Wirkung eines Fermentpräparates bestimmen zu können, muß geeignet beschmutzte Wäsche zur Verfügung stehen. Auch

Die grundsätzliche enzymatische Wirkung wurde anhand eines Vorversuches festgestellt, indem ein koagulierter Eiweißfilm, der zudem Ruß enthielt, in einer Glasschale einerseits einer üblichen Soda-Seifen-Waschlauge, andererseits einer *Ferm.-Pröp. B*-Lösung ausgesetzt wurde. Während die Soda-Seifen-Lauge praktisch keine Veränderung der Schmutzkomposition bewirkte, erzielte die Enzym-lauge bereits nach kurzer Zeit ein weitgehendes Herauslösen der Eiweißsubstanzen, so daß zur Hauptsache nur noch lockere Rußpartikelchen zurückblieben (Abb. 1).

Auf die Praxis übertragen muß also eine weitgehende Reinigungswirkung bereits durch die enzymatische Vorbehandlung des Waschgutes möglich sein, so daß dem eigentlichen Kochwaschprozeß nur noch die Aufgabe übrig bleibt, den fermentativ nicht abbaubaren Schmutz, z. B. anorganische Verunreinigungen, zu entfernen.

Für die nachträglich beschriebenen Serienversuche wurde bewußt mit einer ausgesprochen hartnäckigen eiweißhaltigen Beschmutzung folgender Zusammensetzung gearbeitet:

² B. WALTHER, Dtsch. Wäscherei-Forschgs.-Ber. 4, 188—92 (1936); H. J. HENK, Seifens.-Ztg. 64, 568 (1937); Ital. Pat. 384046 (1940); Dtsch. Wollen-Gewerbe 73, 1175 (1941); G. GAUDRY, Ind. textile 58, 430, 476 (1941); R. ALT, Dtsch. Färber-Ztg. 78, 277 (1942).

³ Die Bewertung des Pankreatins geschah nach der titrimetrischen Methode von J. SCHNEIDER und A. VLCEK, Collegium, 1927, S. 342.

⁴ H. PAUL, Hausw. in Wissenschaft und Praxis, 4, 1 (1931); E. BOSSHARD, H. STURM, Diss. ETH (1925); HERZOG, FEDERKING, Veröffentl. d. Reichskur. f. Wirtschaftlichkeit 96, 11 (1934); E. HONEGGER, A. SCHNYDER, Diss. ETH (1941); G. GNEHM, Seifens.-Ztg. 68, 159, 170, 181—82 (1941); TH. HESSE, Fette und Seifen, 49, 436—41 (1942); E. JAAG, Schweiz. Ch.-Ztg., 331 (1942); A. GUYER, M. SCHULER, Diss. ETH (1943); Schweiz. Ges. anal. und angew. Ch., «Seifen und Waschmittel», S. 70 (1944).

10 Teile Rinderblut 10 Teile Wasser
 10 Teile Milch 1 Teil Perlтусche

In dieser Beschmutzungslösung wurden gebleichte Baumwollstreifen gründlich getränkt und anschließend während 15 Minuten einer Temperatur von 65° C ausgesetzt. Die Mitverwendung von Perl-

behandlung (Einweichen in sodahaltigem Wasser, anschließend Seifenwäsche) und schließlich denselben Versuch, bei dem jedoch zum Einweichen statt Soda das *Ferm.-Pröp. B* verwendet wurde. Die Erhöhung des Wascheffektes durch die enzymatische Behandlung tritt deutlich in Erscheinung.

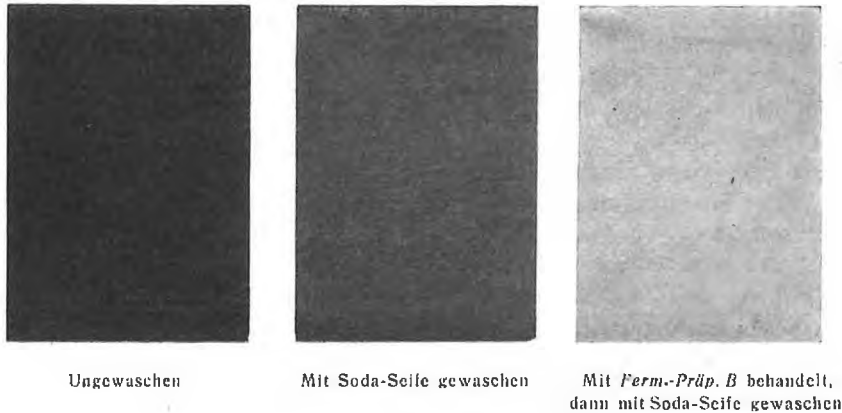


Abb. 2

tusche diene lediglich dem Zwecke einer leichteren Beurteilung der Resultate.

Die üblichen Waschverfahren beruhen darauf, daß das Waschgut vorerst entweder in sodahaltigem Wasser längere Zeit eingeweicht oder in einer Waschmaschine vorgewaschen wird, um dann in der *Kochwaschlauge* unter Verwendung von Soda und Seife klargewaschen zu werden.

Abb. 2 zeigt die oben beschriebenen *Beschmutzungsstreifen* im ursprünglichen, ungewaschenen Zustand, dann den Streifen nach der allgemein üblichen Wasch-

Der Reinigungsvorgang an beschmutzten Fasern läßt sich auch mikroskopisch leicht verfolgen. Abb. 3 zeigt Garne aus einem Gewebe, das mit Ruß und koaguliertem Eiweiß behaftet war. Während der normale Waschprozeß nur eine geringfügige Reinigungswirkung zuließ, ermöglichte die enzymatische Vorbehandlung einen weitgehenden Abbau der schmutzfixierenden Eiweißsubstanzen (nur noch die anorganischen Anteile haften am Garn), so daß der restliche Schmutz ohne große Mühe wegwaschbar wird.

Was nun die speziellen Untersuchungen betrifft,

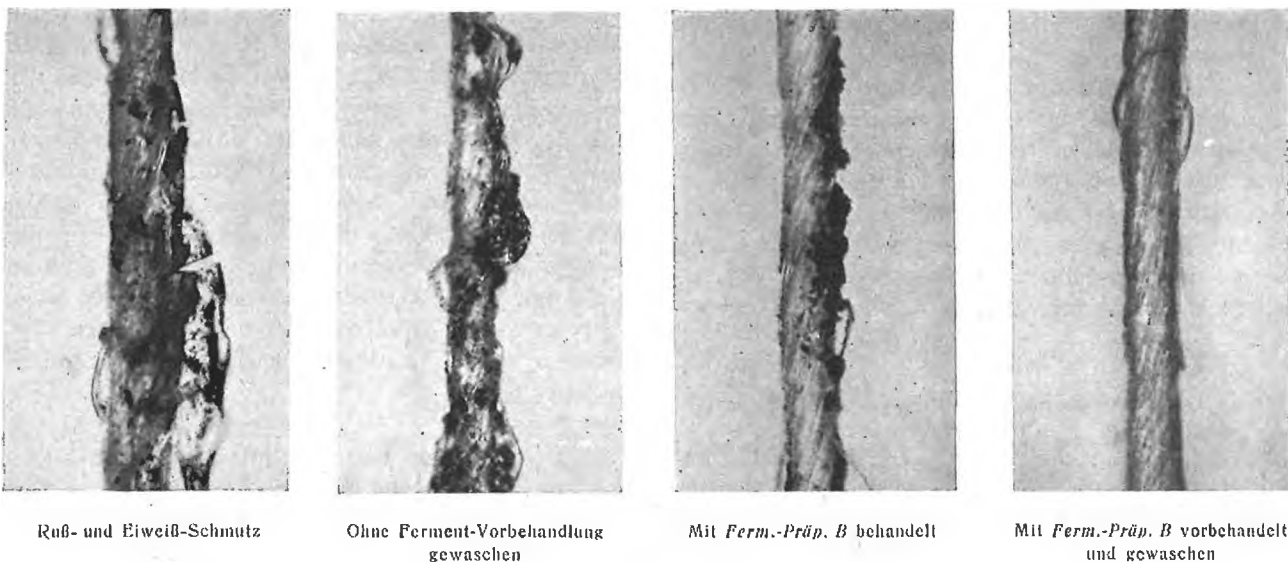


Abb. 3

galt eine erste Versuchsserie der Abklärung der *Temperaturabhängigkeit* des Enzympräparates. Die Versuche erstreckten sich über einen Temperaturbereich von 18—60° C, wobei die entsprechenden Schmutzstreifen unter Konstanthaltung der Temperatur je 1½ Stunden der Enzymwirkung ausgesetzt wurden. Die Konzentration betrug 3 g *Ferm.-Präp. B* pro Liter. Die Kurve erreichte ein ausgeprägtes Maximum bei 35—40° C. Bei tiefern Temperaturen bleibt die Wirkung der Enzyme erhalten, ist jedoch entsprechend verlangsamt, bei höheren Temperaturen sinkt die Wirksamkeit mehr und mehr, da die Enzyme zerstört werden.

Die zweite Versuchsserie bezog sich auf die *Enzymkonzentration*. Unter Einhaltung der erwähnten optimalen Temperatur von 38° C wurde die Konzentration des Enzympräparates von 1 g bis 32 g/l gesteigert. Die Waschwirkung zeigte zu Beginn einen raschen Anstieg, um bei einer Konzentration von 3 bis 4 g *Ferm.-Präp. B/l* praktisch den Höchstwert zu erreichen, der durch noch höhere Konzentrationen nicht mehr überboten werden konnte. Hierzu ist allerdings zu bemerken, daß in der Praxis noch andere Faktoren eine Rolle spielen, wie die Menge des Waschgutes, dessen Beschmutzungsgrad, veränderte Arbeitstemperaturen usw.; so erreicht man bei niedriger Konzentration und längerer Einwirkungszeit ähnliche Resultate, wie wenn man das Enzympräparat bei erhöhter Konzentration kürzere Zeit einwirken läßt.

Weitere Untersuchungen erstreckten sich auf Spezialfragen, wie Einfluß der Wasserbeschaffenheit, Kombinationen mit Waschmitteln, Lagerfähigkeit usw. Parallele Versuche mit permutiertem und hartem Wasser (20° frz. H.) fielen zugunsten des ersteren aus, indem hier durchwegs 5—10% höhere Wascheffekte erzielt werden konnten. Der Wirkungsabfall im harten Wasser ist vermutlich bedingt durch Adsorption gewisser Fermente an die ausgefällten Härtebildner⁵; die Großzahl der Fermente zählt zu den lyophilen Kolloiden, und es ist eine bekannte Tatsache, daß sie von Niederschlägen, die man in den Fermentlösungen erzeugt, mitgerissen werden können. Was die Kombinierbarkeit des vorliegenden Enzympräparates mit Waschmitteln betrifft, haben unsere Versuche ergeben, daß die Wirksamkeit sowohl bei Anwesenheit von Seife als auch synthetischen Waschmitteln sinkt, z. T. direkt aufgehoben wird.

Fermenteinwirkung auf Fasermaterial

Besonders eingehende Versuche galten der Ermittlung eines eventuellen Angriffes des Waschgutes. Unsere Untersuchungen erstreckten sich so-

⁵ Das *Ferm.-Präp. B* ist alkalisch eingestellt.

wohl auf pflanzliche als auch auf tierische Fasern. Die Versuchsgewebe wurden 12mal je 2 Stunden in einer 38° C warmen *Ferm.-Präp. B*-Lösung behandelt; zur Bereitung derselben diente permutiertes Wasser. Es kamen folgende Fermentkonzentrationen zur Anwendung:

1. 3 g *Ferm.-Präp. B/l* (übliche Konzentration für die Anwendung in der Praxis)
2. 9 g *Ferm.-Präp. B/l*
3. 27 g *Ferm.-Präp. B/l*

Anschließend wurden die Gewebe jeweils dreimal gespült und an der Luft getrocknet. Die erfolgten Einflüsse wurden durch eine eingehende Prüfung der Versuchsgewebe nach der 12. Behandlung ermittelt.

Gewichtsabnahme. Sämtliche Gewebe wurden vor Beginn und am Schluß der Versuche nach längerer Lagerung bei 65% rel. Luftfeuchtigkeit gewogen zur Feststellung eines eventuellen Gewichtsverlustes (siehe Tabelle 1).

Gebleichte Baumwolle, Viskosekunstseide, abgekochte Seide sowie Nylon zeigten praktisch keinen Gewichtsverlust, während ein solcher bei Rohseide bereits bemerkbar war, noch ausgeprägter bei Rohbaumwolle und geradezu verheerend bei Wolle. Die Verlustsubstanzen bei Baumwolle und Seide (roh) dürften mit jenen identisch sein, die bei der Veredlung dieser Textilfasern gewollt entfernt werden; bei der Wolle hingegen handelt es sich zweifellos um einen intensiven Abbau der eigentlichen Gerüstsubstanzen. Diese Tatsache ist insofern recht interessant, als es sich sowohl bei Seide wie Wolle um Eiweißkörper handelt. Offenbar passen im Falle der Seide Ferment und Substrat, um mit E. FISCHER zu sprechen, nicht wie Schlüssel und Schloß aufeinander.

Äußere Beschaffenheit. Bereits die Betrachtung von bloßem Auge zeigte, daß bei einigen Geweben Veränderungen stattgefunden hatten (siehe Tab. 2).

Am auffälligsten war auch hier das Verhalten der Wolle. Die leicht gelbliche Tönung der Baumwolle und der Kunstseide wurde vermutlich dadurch verursacht, daß die ursprüngliche Farbe des Fasermaterials wieder etwas zum Vorschein kam; es ist ein ähnliches Verhalten, wie es von der Wäscherei her bekannt ist, wenn gebleichte Baumwolle einer größeren Zahl normaler Weichwasserwaschprozesse (ohne Mitverwendung von Bleichmitteln) unterworfen wird, wobei also eine Vergilbung durch Härtebildner nicht möglich ist.

Mikroskopische Prüfung. Interessante Einblicke ermöglichte auch die mikroskopische Prüfung. Wir haben sämtliche Fasermaterialien, sowohl im Neuzustand wie am Ende des Versuches, mikroskopisch geprüft. Es zeigte sich, daß von sämtlichen Fasern

einzig und allein die Wollfaser auffällige Veränderungen durchgemacht hatte, während die übrigen keine Merkmale zeigten, die auf irgendeine Behandlung rückschließen ließen.

Bei der Wolle war, wie aus Abb. 8 deutlich hervorgeht, ein intensiver Angriff eingetreten; die ursprünglich scharf ausgeprägte charakteristische Schuppen-schicht war durch den fermentativen Eingriff beinahe verschwunden. Fast alle Fasern zeigten zudem zahlreiche Aufsplitterungen. Hieraus geht hervor, daß enzymatische Produkte auf Basis von *Pankreatin*, wenn sie in höherer Konzentration eingesetzt werden, für die Behandlung von Wollwäsche außer Betracht fallen.

Festigkeitsveränderungen. Aufschlußreich für den Zustand von Textilien sind bekanntlich deren Festigkeitseigenschaften.⁶ Diesem Zwecke diente die übliche Bestimmung der Reißfestigkeit mit dem SCHOPPERschen Reißfestigkeitsapparat bei einer Einspannlänge von 30 cm und einer Gewebebreite von 5 cm sowie die Bestimmung des Berstdruckes (SCHOPPER). Vom Nylongewebe lag leider nicht genügend Material vor, um die Reißfestigkeit zu bestimmen; wir mußten uns hier mit der Ermittlung des Berstdruckes begnügen. Die erhaltenen Resultate gehen aus den Tabellen 3 und 4 hervor.

Nach beiden Tabellen übereinstimmend zeigten sich die Gewebe auf Cellulosebasis (Baumwolle und Kunstseide) den Fermenteinflüssen gegenüber praktisch vollkommen indifferent, während die Gewebe auf Eiweißbasis eine Festigkeitseinbuße erfuhren; diese war bei Seide noch relativ gering, ausgesprochen hoch hingegen bei der Wolle. Selbst Nylon, eine vollsynthetische Polyamidfaser, unterlag in geringem Maße dem Einfluß der Enzyme.

Anfärbung mit Testex (Anfärbungsmittel für Faseranalyse, Herstellerin: Ciba AG.). Auch hier zeigte das Wollgewebe die auffallendsten Veränderungen (siehe Tabelle 5).

Molekulare Veränderungen. Einen gewissen Einblick in die molekularen Verhältnisse gestatten u. a. Viskositätsmessungen, die darauf beruhen, daß linear-makromolekulare Stoffe, wie sie bei Cellulose- und gewissen Eiweißfasern vorliegen, entsprechend der Molekülgröße, Lösungen höherer oder niederer Viskosität ergeben. Für die Cellulosesubstanzen sind diese Fragen bereits weitgehend abgeklärt. In neuerer Zeit ist es auch möglich geworden, mit entsprechend abgeänderten Methoden in das Gebiet der Eiweißfasern vorzudringen.

⁶ Vgl. auch: F. RICHARD, Der biologische Abbau von Cellulose- und Eiweiß-Testschnüren im Boden von Wald- und Rasengesellschaften (Agrikulturch. Inst. ETH, 1945).

Tabelle 1 Gewichtsabnahme (in %)

nach 12 maliger Behandlung mit	3 g	9 g	27 g	Ferm.-Pröp. B/l
Baumwolle, roh	3,5	3,8	3,6	
Baumwolle, gebleicht	0,0	0,0	0,0	
Viskosekunstseide	0,0	0,0	0,0	
Wolle	10,6	21,6	35,1	
Seide, roh	0,7	0,9	1,1	
Seide, abgekocht	0,0	0,1	0,1	
Nylon	0,0	0,0	0,1	

Tabelle 2 Veränderungen im äußeren Aussehen

(Ursprüngliches Gewebe im Vergleich zu dem entsprechenden, das 12mal mit 27 g *Ferm.-Pröp. B/l* behandelt wurde)

Baumwolle, roh	Aufhellung der Farbe
Baumwolle, gebleicht	leicht gelbstichiger
Kunstseide	leicht gelbstichiger
Wolle	ziemlich starke Aufhellung
Seide, roh	ziemlich starke Aufhellung
Seide, abgekocht	minime Aufhellung
Nylon	keine Veränderung

Tabelle 3 Reißfestigkeit (in kg)

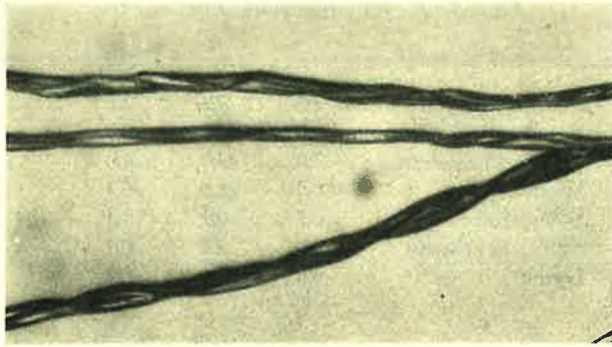
	Unbehandeltes Gewebe	12 mal behandelt mit		
		3 g	9 g	27 g
Baumwolle, roh	44,6	43,9	43,9	43,1
Baumwolle, gebleicht	45,6	46,1	44,5	44,9
Viskosekunstseide	35,4	34,8	34,2	35,1
Wolle	30,0	21,2	8,9	4,4
Seide, roh	57,5	52,8	46,8	42,0
Seide, abgekocht	58,1	53,6	51,2	44,8

Tabelle 4 Berstdruck (in kg/cm²)

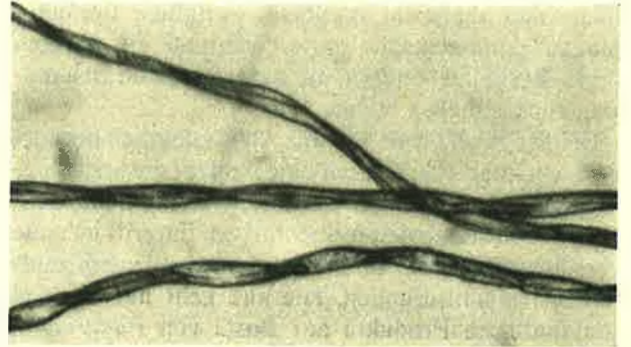
	Unbehandeltes Gewebe	12 mal behandelt mit		
		3 g	9 g	27 g
Baumwolle, roh	2,74	2,75	2,78	2,63
Baumwolle, gebleicht	2,24	2,25	2,20	2,25
Viskosekunstseide	1,30	1,25	1,30	1,30
Wolle	1,68	1,38	0,78	0,50
Seide, roh	2,33	2,30	2,25	1,91
Seide, abgekocht	2,41	2,35	2,10	1,93
Nylon	6,25	6,20	5,81	5,32

Tabelle 5 Anfärbung mit Testex

	Unbehandeltes Gewebe	12 mal mit <i>Ferm.-Pröp. B</i> behandeltes Gewebe (27 g <i>Ferm.-Pröp. B/l</i>)	
Baumwolle, roh	rötlichblau	rötlichviolett	
Baumwolle, gebleicht	hellblau	eine Spur violetter	
Viskosekunstseide	rotviolett	rotviolett	
Wolle	hellrot	rotviolett	
Seide, roh	dunkel weinrot	dunkel weinrot	
Seide, abgekocht	elfenbein	etwas gelbstichiger	
Nylon			

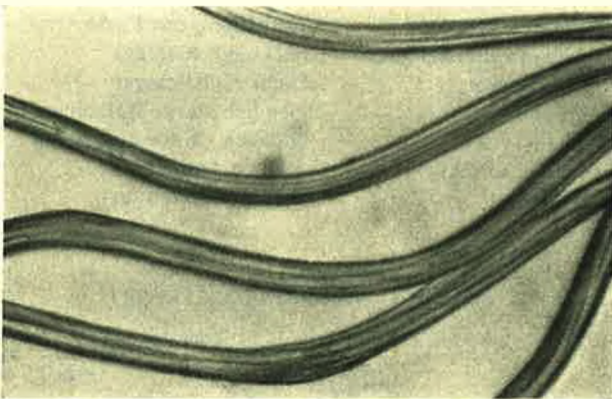


Unbehandelt

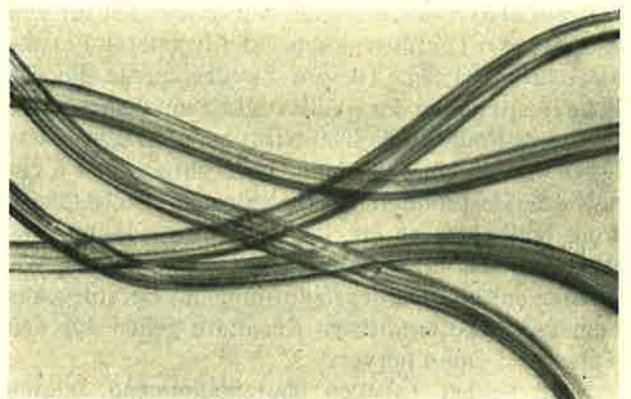


Mit *Ferm.-Präp. B* 12 mal behandelt

Abb. 4 Baumwolle



Unbehandelt

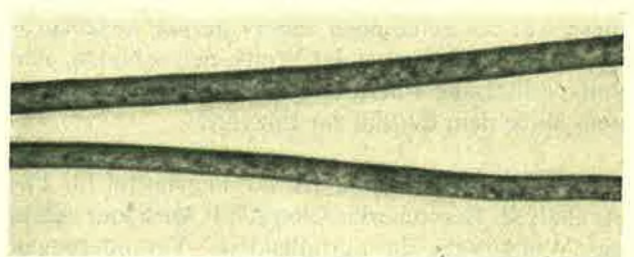


Mit *Ferm.-Präp. B* 12 mal behandelt

Abb. 5 Kunstseide



Unbehandelt

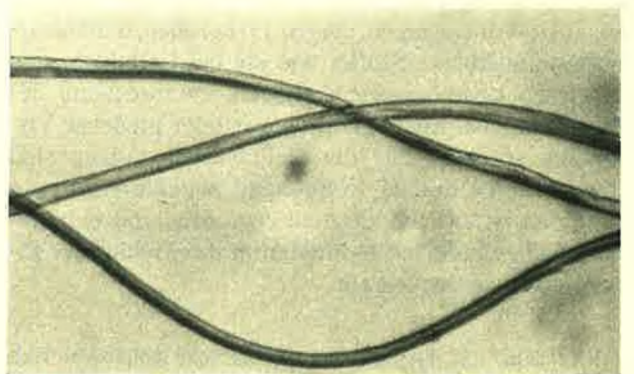


Mit *Ferm.-Präp. B* 12 mal behandelt

Abb. 6 Nylon



Unbehandelt



Mit *Ferm.-Präp. B* 12 mal behandelt

Abb. 7 Seide, roh



Unbehandelt



Abb. 8 Wolle

Mit *Ferm.-Präp. B* 12 mal behandelt

Da unter den bereits beschriebenen Prüfungen bei den Geweben auf Cellulosebasis keine prinzipiellen Unterschiede hervortraten, beschränkten wir uns in der viskosimetrischen Prüfung auf die empfindlichste der behandelten Fasern, die Viskosekunstseide. Die Untersuchung geschah mit Hilfe der Cuoxam-Methode⁷ und ergab beim Neugewebe eine Flüssigkeitszahl von 10,3, beim 12mal behandelten 10,6. Ein Molekülabbau hatte somit nicht stattgefunden; für Baumwolle wäre ein solcher noch viel weniger wahrscheinlich gewesen.

Was die viskosimetrische Prüfung von Eiweißfasern betrifft, existiert unseres Wissens für die Wolle noch keine entsprechende Methode. Hingegen stand uns zur Prüfung der Seide eine Publikation des SHIRLEY-Institutes der British Cotton Industry Research Association⁸ zur Verfügung, die wir für die viskosimetrische Untersuchung der Seide verwendeten. Im Gegensatz zur Prüfung von Cellulosematerial dient hier nicht eine ammoniakalische Kupferlösung als Lösungsmittel, sondern eine wäßrige Lösung von Kupfer-Äthylendiamin. Auch hier, wie bei der Cuoxam-Methode, werden die Resultate nicht als Viskosität ausgedrückt, sondern als *Fluidität*. Die unbehandelte Seide ergab eine Fluidität von 19,9, die 12mal mit *Ferm.-Präp. B* behandelte von 16,4. Daß die fermentativ behandelte Seide eine kleinere Fluidität, d. h. bessere Resultate als die unbehandelte, er-

geben würde, schien allerdings unwahrscheinlich. Wiederholte Bestimmungen ergaben jedoch immer wieder dasselbe Resultat. Um die Brauchbarkeit dieser neuen Methode nachzuprüfen, unterwarfen wir deshalb das Seidenmaterial einer alkalischen Behandlung, um mit Sicherheit einen Abbau herbeizuführen, und zwar einerseits durch Einlegen einer Seidenprobe während 15 Stunden in eine 1prozentige Natronlauge bei Zimmertemperatur und andererseits in eine gleiche Lauge während 20 Minuten bei 50° C. Die erhaltenen Fluiditätszahlen betragen 22,6 und 23,9. Hier war also ein eindeutiger Abbau feststellbar. Das abnorme Verhalten der fermentativ behandelten Seide ist vielleicht dadurch erklärlich, daß nur niedermolekulare Eiweißketten herausgelöst wurden und dadurch prozentual entsprechend mehr unangestastete hochmolekulare zurückblieben. Untersuchungen hierüber sind noch im Gange⁹.

Zusammenfassend zeigen die vorliegenden Untersuchungen eindeutig, daß der Einsatz von Fermenten auf Pankreatinbasis zur Reinigung bestimmter Wäschekategorien von großem Interesse ist. Während bei der Behandlung von Eiweißfasern hinsichtlich Faserangriff die nötige Vorsicht am Platze ist, lassen sich Fermentpräparate obiger Art ohne Bedenken und oft mit überraschendem Erfolg zur Reinigung sämtlicher Textilien auf Cellulosebasis einsetzen.

⁷ CLIBBENS und GEAKE, J. Textile Inst. **19**, 77—92 (1928); A. KÜNG, Papierfabr. **35**, 369 (1937); E. JAAG, Mitt. Lebensmitt. Hyg., **37**, 76—84 (1946).

⁸ Vol. XVII 1939/40 of SHIRLEY Inst. Memoirs.

⁹ Nach Methode R. SIGNER, R. STRAESSLE, Die Molekülgröße des Seidenfibroins bei verschiedenem alkalischem Abbau (Diss. Bern, 1946).