

# Die Beurteilung der Eigenschaften von Bastfasern mit Hilfe physikalischer Untersuchungsmethoden

VON HELMUT SPERLING, Königsberg (Pr.)

Während die Methoden zur Materialprüfung in der Technik, zumal in der Metallindustrie, heute hoch entwickelt und leistungsfähig sind, geschieht die Prüfung und Bewertung der Textilmaterialien, insbesondere der Bastfasern, in der Praxis auch heutzutage noch zum größten Teil durch einfache Handproben und Augenschein. Diese rein subjektive Beurteilung kann natürlich große Irrtümer enthalten und bietet namentlich in Streitfällen beim Handel keine genau feststellbaren Wertgrenzen.

Aber gerade bei den Bastfasern kommt es oft darauf an, den Wert und die Eigenschaften genau zu ermitteln. Denn sie weisen infolge mehr oder weniger günstiger Kulturverhältnisse der Faserpflanzen, wegen der zu ihrer Gewinnung erforderlichen komplizierten Aufbereitungsarbeiten und wegen ihrer geringen Widerstandsfähigkeit gegen Zersetzungen mehr Qualitätsunterschiede auf als irgendein anderer Rohstoff der Textilindustrie. Es sind daher auch schon seit längerer Zeit von verschiedenen Forschern, deren Arbeiten später noch erwähnt werden sollen, Versuche angestellt worden, um die Fasereigenschaften, besonders die Zugfestigkeit, zu bestimmen und so einen exakten Wertmaßstab zu erhalten.

Die zu diesem Zweck ausgearbeiteten Verfahren haben jedoch, wie bereits erwähnt, bisher in der Praxis wenig oder gar keine Anwendung gefunden. Die Ursache hierfür liegt wahrscheinlich, wie später noch näher begründet werden soll, vor allem darin, daß diese Untersuchungsmethoden für die Praxis sehr umständlich sind und noch nicht genügend sichere Ergebnisse liefern. Daher sollte in der vorliegenden Arbeit untersucht werden, ob es möglich ist, eine andere, einfachere und genauere Methode zur Beurteilung der Bastfasern anzuwenden. Als solche schien aus verschiedenen Gründen die von MITSCHERLICH<sup>1)</sup> ausgearbeitete Hygroskopizitätsbestimmung geeignet zu sein.

Besonders für die den technischen Wert am meisten bestimmenden physikalischen Eigenschaften der Bastfasern wie hauptsächlich

<sup>1)</sup> MITSCHERLICH, Bodenkunde f. Land- und Forstw., 4. Aufl., 1923, S. 69 bis 70.

Zugfestigkeit, Farbe, Glanz, Griff kann man Beziehungen zur Hygroskopizität vermuten; denn diese genannten Eigenschaften sind, abgesehen von weniger wichtigen Einflüssen, in erster Linie von dem Röstgrad der Fasern abhängig, wie die allgemein bekannten Erscheinungen der Über- oder Unterröste zeigen und speziell für die Zugfestigkeit in einer besonderen Untersuchung von W. MÜLLER<sup>1)</sup> nachgewiesen ist.

Andererseits machten es sowohl theoretische Überlegungen als auch die Ergebnisse der hierüber bereits vorliegenden Arbeiten<sup>2)</sup> wahrscheinlich, daß auch die Hygroskopizität der Bastfasern in verschiedenen Röststadien Unterschiede aufweist. Je nach dem Röstgrad haften den Bastfasern Teile der benachbarten Gewebe, Rinden- und Parenchymzellen sowie andere Decksubstanzen in verschiedenen Mengen an. Diese aber könnten evtl. die Hygroskopizität beeinflussen. Dazu kommt noch, daß auch die Pektinstoffe, die nach den Angaben von CORRENS<sup>3)</sup> stark hygroskopisch sein sollen und nach der Meinung von RUSCHMANN<sup>4)</sup> hauptsächlich die Höhe der Hygroskopizität bei den Bastfasern hervorrufen, je nach dem Röststadium in wechselnden Mengen vorhanden sein müssen. Es sei allerdings gleich an dieser Stelle auch die dieser Annahme widersprechende Feststellung von A. HERZOG<sup>5)</sup> erwähnt, wonach bei gleicher Röststufe die zersetzte Pektinstoffmenge verschieden sein kann. Daß tatsächlich Unterschiede in der Hygroskopizität bei normalgeröstetem und überröstetem Flachs bestehen, hat HÖNIG<sup>6)</sup> nachgewiesen. Ebenso hat WIESNER<sup>7)</sup> gefunden, daß Bastfasern, die nach längerem

---

<sup>1)</sup> W. MÜLLER, Der Flachs in verschiedenen Röststadien, Faserforsch. 3. Bd., 1. H., 1923, S. 44.

<sup>2)</sup> Vgl. F. HÖNIG, Beiträge z. Kenntnis d. hygroskopischen Eigenschaften der Textilfasern unter Berücksichtigung der Entwicklung der Trockenapparate-Verfahren und -Anstalten. Forschungsarbeiten v. deutsch. Forschungsinstitut f. Textilindustrie in Dresden. 1918, H. 3, 4, 5. S. 87 ff.

Ferner J. v. WIESNER, Die Rohstoffe d. Pflanzenreichs, 3. Aufl., 3. Bd., 1923, S. 16 ff.

<sup>3)</sup> E. CORRENS, Zur Kenntnis der Pektinstoffe des Flachses, Faserforsch. 1921, 1. Bd., 4. H., S. 232.

<sup>4)</sup> G. RUSCHMANN, Entwertung d. Schwungflachses durch Mikroorganismen. Faserforsch. 1923. 3. Bd., 2. H., S. 159.

<sup>5)</sup> A. HERZOG, Die Feststellung d. Röststufe d. Flachses. Faserforsch. 1. Bd., 3. H., 1921, S. 161.

<sup>6)</sup> HÖNIG, a. a. O., S. 87.

<sup>7)</sup> WIESNER, a. a. O., S. 18.

Lagern braun geworden waren, eine andere Hygroskopizität hatten als in frischem Zustande.

Diese Tatsache also, daß einerseits die Hygroskopizität, andererseits die Festigkeit und sonstige physikalische Eigenschaften von dem Aufschließungsgrad der Bastfasern abhängig sind, führte zu der Annahme, daß auch zwischen der Hygroskopizität und den genannten technisch wichtigen Eigenschaften Wechselbeziehungen bestehen müßten und daß infolgedessen die Hygroskopizitätsbestimmung eine brauchbare Methode zur Beurteilung der Fasereigenschaften sein könne. Wie weit diese Annahme zutrifft, soll nun durch die folgenden Untersuchungen festgestellt werden.

Die bei weitem bedeutsamste technische Eigenschaft der Bastfasern, die in erster Linie ihren Wert bedingt, ist die Zugfestigkeit. Diese ist bisher auch hauptsächlich Gegenstand der Untersuchungen über Bastfasern gewesen. Ich habe mich daher in meiner Arbeit in der Hauptsache darauf beschränkt, die Festigkeit verschiedener Bastfasern mit ihrer Hygroskopizität zu vergleichen. Anfangs hatte ich allerdings auch noch beabsichtigt, die Elastizität der Bastfasern festzustellen, gab diese Versuche aber bald auf, weil der benutzte Apparat (Festigkeitsprüfer von SCHOPPER) bei den geringen Elastizitätswerten der geprüften Fasern zu ungenau arbeitete.

Bevor ich die Ergebnisse der von mir ausgeführten Festigkeitsprüfungen mitteile, möchte ich noch einige Ausführungen über die Methode zur Bestimmung der Zugfestigkeit machen und dabei auf einige der wichtigsten bisher gefundenen Resultate für die Reißlänge eingehen. Das erscheint zweckmäßig, weil die Methode bisher noch nicht einheitlich ist und vielfach verschiedene Ergebnisse erzielt worden sind.

Die verschiedenen Methoden zur Festigkeitsbestimmung teilt REIMERS<sup>1)</sup> in folgende Gruppen ein:

Bestimmungen an Garnen:

I. Ableitung der Substanzfestigkeit aus dem Verhältnis von Stapellänge zu Einspannlänge bzw. Bestimmung bei der Einspannlänge 0.

Bestimmungen an Einzelfasern:

II. Elimination des Querschnitts mittels der Nummerbestimmung.

III. Direkte Querschnittselimination.

<sup>1)</sup> H. REIMERS, Die Substanzfestigkeit der Textilfasern. Mitteil. d. Deutsch. Forschungsinstituts f. Textilstoffe i. Karlsruhe i. B. Karlsruhe 1922, S. 48.

Eine nähere Beschreibung der Versuchsausführung bei den einzelnen Prüfungsverfahren soll hier nicht gegeben werden, man vergleiche dazu die Arbeit von REIMERS.

Die erste Methode ist zwar die einfachste, aber auch die ungenaueste. Sie ist in neuerer Zeit gar nicht mehr angewendet worden. Auffällig sind die durchweg recht niedrigen Werte<sup>1)</sup> für die Reißlänge, die man nach dieser Methode im Vergleich zu den beiden andern erhält. So fand z. B. HARTIG für Jute<sup>2)</sup> eine Reißlänge von 10 km, während PFUHL<sup>3)</sup>, der nach der zweiten Methode arbeitete, 34,5 km fand. PFUHL vermutet, daß die von HARTIG geprüfte Jute verdorben gewesen sein müsse. Diese Annahme erscheint jedoch unberechtigt, wenn man die Resultate betrachtet, die sich bei der Prüfung anderer Fasern nach den beiden Verfahren ebenfalls ergeben haben. Die Unterschiede der beiden Werte sind darnach durch die Verschiedenheit der angewandten Methoden zu erklären.

Zweckmäßiger als das erste Prüfungsverfahren sind die beiden anderen, bei denen man die Reißlängenbestimmung an Einzelfasern ausführt. Besonders die III. Methode, die mit direkter Querschnittsbestimmung arbeitet, hält REIMERS<sup>3)</sup> für die genaueste. Indessen sind die meisten Festigkeitsprüfungen nach der II. Methode (mit Elimination des Querschnitts mittels Nummerbestimmung), die REIMERS auch kurz als Nummermethode bezeichnet, ausgeführt worden. Insbesondere hat man in neuerer Zeit auch nach dem Erscheinen der REIMERSschen Arbeit, soweit mir bekannt geworden ist, ausschließlich nach dem II. Verfahren, der Nummermethode, gearbeitet.

Ich habe daher bei meiner Arbeit auch diese Methode benutzt, zumal mir bei der Ausführung meiner Versuche die Arbeit von REIMERS und die darin geäußerten Vermutungen über die größere Genauigkeit der III. Methode noch nicht bekannt waren. Ich will nun über die von mir angestellten Festigkeitsprüfungen berichten und dabei auch ausführlichere Angaben über die Versuchsausführung selbst machen. Das ist erforderlich, weil auch innerhalb der genannten drei Hauptmethoden noch große Unterschiede in der Versuchsanstellung bei den verschiedenen Autoren vorhanden sind.

Die Untersuchungen wurden mit dem SCHOPPERSchen Festigkeitsprüfer für Fasern ausgeführt und zwar bei einer relativen

<sup>1)</sup> Vgl. die bei REIMERS, S. 50 und 52, angeführten Ergebnisse von HARTIG und MÜLLER.

<sup>2)</sup> Vgl. WIESSNER, a. a. O., S. 22.

<sup>3)</sup> REIMERS, a. a. O., S. 68 ff.

Luftfeuchtigkeit von ungefähr 65%. Die Belastungsgeschwindigkeit betrug 20 g pro Sekunde und wurde konstant gehalten, weil BÖHM<sup>1)</sup> eine Änderung der Belastungsgeschwindigkeit zu den Fehlerquellen rechnet, die „von größerem Einfluß auf die Reißlängenermittlung“ sein können.

Es kam mir hauptsächlich darauf an, den durch die verschiedenen Röstgrade bzw. durch andere Zersetzungsvorgänge eingetretenen Festigkeitsverlust zu bestimmen. Dieser wird nach RUSCHMANN<sup>2)</sup> nicht durch Zersetzung der Zellulose, sondern nur durch Auflösung der die Zellen verbindenden Pektinstoffe bewirkt und macht sich infolgedessen, wie BÖHM<sup>3)</sup> nachgewiesen hat, fast nur in einer Verminderung der Verbundfestigkeit bemerkbar. Um diese zu prüfen, wählte ich als Einspannlänge bei Hanf 5 cm, bei Flachs und Jute 4 cm. Nur in einem Fall wurde eine Flachsprobe außer bei 4 cm auch noch bei 1 cm Einspannlänge geprüft. Zu jeder Einzelprüfung wurden mindestens 30 Faserbündel gerissen und in fast allen Fällen wurde, wie aus den beigefügten Tabellen zu ersehen ist, mit 3 Parallelversuchen gearbeitet, so daß also für jeden endgültigen Mittelwert 90 Fasern geprüft wurden. Die zur Prüfung dienenden Stücke wurden, wie bisher meist üblich, nur aus der Fasermittte entnommen. Die oberen und unteren Enden, die eine etwas geringere Festigkeit haben, wurden also nicht berücksichtigt. Da es nur auf Vergleichswerte ankam, war das berechtigt.

Das zu den Versuchen benutzte Fasermaterial war verschiedener Herkunft. Die Flachssorten und der deutsche Hanf, über deren Prüfung in Tabelle Ia berichtet ist, wurden im hiesigen Institutsgarten angebaut und von mir ausgearbeitet. Sie wurden in eine Warmwasserbassinröste von 30° C gebracht, und zwar sollten drei verschiedene Röstgrade (Unterröste, Röstreife und Überröste) erzielt werden. Das unterröstete Material hat 30 Stunden in der Röste gelegen. Zur Erlangung der Röstreife waren für Flachs V und VII 3 Tage, für Flachs I, II, VI und den Hanf 4 Tage, für Flachs III und IV 5 Tage erforderlich. Bei der Überröste wurden Flachs V und VII 7 Tage, Flachs I, II und VI 8 Tage, Flachs III, IV und der Hanf 9 Tage geröstet.

Die Stengel wurden bei gewöhnlicher Temperatur getrocknet und der Flachs auf einer kleinen Handbreche zweimal geknickt, das

<sup>1)</sup> G. BÖHM, Über die Feststellung d. Reißlängen von Einzelfasern bzw. Faserbündeln, insbesondere von Flachs, Faserforsch. 1923, 3. Bd., 3. H., S 226 ff.

<sup>2)</sup> RUSCHMANN, Grundlagen d. Röste, 1923, S. 137.

<sup>3)</sup> BÖHM, a. a. O., S. 224.

Schwingen geschah mit einem hölzernen Schwingmesser. Dabei wurde besonders darauf geachtet, daß die verschieden stark gerösteten Flächse alle die gleiche mechanische Beanspruchung<sup>1)</sup> erfuhren. Beim unterrösteten Flachs konnten die Holzteile durch diese Behandlung nur in ganz geringem Grade entfernt werden, so daß die Fasern darnach vom geknickten Stengel zum größten Teil abgezogen werden mußten.

Dadurch sollte erreicht werden, daß die Festigkeitsunterschiede nur durch den verschiedenen Röstgrad bedingt werden. Beim Hanf wurden die Fasern in allen drei Röststadien ohne vorheriges Knicken abgezogen. Der italienische Hanf wurde in gehecheltem Zustand bezogen.

Um den Einfluß verschiedenartiger stärkerer Zersetzung, wie sie z. B. bei unzureichendem Lagern fertiger Handelsware eintreten kann, festzustellen, wurden Fäulnis- und Verwesungsversuche an einer Juteprobe und an lettländischem Hofflachs (Sorte XHDX) angestellt, deren Ergebnisse in Tabelle III und IV zusammengestellt sind. Es wurde in allen Fällen gehecheltes Material benutzt.

Zu den Fäulnisversuchen wurden die Fasern in mit Wasser gefüllte Gläser gebracht und mit diesen in ein Bassin gestellt, dessen Wasser eine konstant gehaltene Temperatur von 30° C hatte.

Um eine Verwesung der Fasern, also eine Zersetzung unter Luftzutritt, herbeizuführen, legte ich sie in dünner Schicht auf Filterpapier, das ständig feucht gehalten wurde.

Schließlich wurden noch einige lettländische Flachssorten<sup>2)</sup> geprüft, um festzustellen, inwieweit die in der Praxis gebräuchliche Klassifizierung des Flachses einer Prüfung durch genauere Methoden entspricht und ob es möglich ist, auch für dieses in der Praxis gewonnene Material die Hygroskopizitätsmethode zur Beurteilung der Fasereigenschaften anzuwenden. Denn es ist durchaus denkbar, daß der aus der Praxis stammende Flachs sowohl hinsichtlich der Sortengleichheit als auch der Ausarbeitsverfahren uneinheitlich sein kann und sich infolgedessen in mancher Beziehung, z. B. auch in seiner Hygroskopizität, anders verhalten kann als der sogenannte „Laboratoriumsflachs“.

<sup>1)</sup> Vgl. W. MÜLLER, Einfluß und Erkennung mechanischer Behandlung der Flachsfaser, Faserforsch., 1. Bd., 1. H., 1921, S. 24.

<sup>2)</sup> Dieser Flachs (Schwungflachs) wurde vom Lettländischen Zentralverband der Flachsbauernschaften zur Verfügung gestellt. Er stammt nicht aus einer Wirtschaft, sondern aus dem lettländischen Staatslager.

Mir lagen drei verschiedene Flachsgattungen zur Prüfung vor: Hofflachs, Livländischer und Schwanenburger Kronflachs. Jede dieser drei Flachsgattungen umfaßt wieder 8 Sorten, die nach abfallender Qualität geordnet folgendermaßen bezeichnet werden: Beim Hofflachs XRX, XHDX, SFPHD, FPHD, PHD, HD, LD, S; beim livländischen und Schwanenburger Kronflachs: R, ZK, SPK, PK, K, W, D, S. Die Festigkeit wurde, wie aus Tabelle VIa zu ersehen, beim Hofflachs von allen 8 Sorten, bei den beiden anderen nur von der ersten Sorte (R) geprüft.

Die Resultate der Reißlängenermittlung im einzelnen und die sich daraus ergebenden Schlußfolgerungen sollen beim Vergleich mit den Hygroskopizitätsbestimmungen näher besprochen werden. Hier seien nur einige allgemeine Ergebnisse, welche die Methode der Festigkeitsprüfung betreffen, hervorgehoben.

Überblickt man die Resultate, besonders die am lettländischen Flachs gewonnenen, so findet man, daß sie sehr schlecht den Vermutungen entsprechen, die man auf Grund der praktischen Klassifizierung haben konnte. Besonders ist man erstaunt über die äußerst niedrige Reißlänge, welche die beste Sorte (R) des livländischen Kronflachses im Vergleich zu den weit geringeren Sorten des Hofflachses hat, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß der Hofflachs im ganzen etwas geringer geschätzt und weniger bezahlt wird als die Kronflächse. Aber auch innerhalb der Hofflachsgattung stimmen die Ergebnisse bei den verschiedenen Sorten nur wenig mit der praktischen Bewertung überein. Man muß daher annehmen, daß die erhaltenen Werte für die Reißlängen zum großen Teil nicht der tatsächlich vorhandenen Festigkeit entsprechen.

Eine Erklärung für diese Resultate scheint sich bei der Betrachtung der Metergewichte zu ergeben. Der livländische Kronflachs R, dessen Festigkeitswert verhältnismäßig am niedrigsten erscheint, hat auch das höchste Metergewicht (in Tabelle VIa). Ebenso zeigen auch alle übrigen Proben bei verhältnismäßig zu niedriger Festigkeit ein entsprechend höheres Metergewicht.

In der Literatur ist der Einfluß des Metergewichts auf die Reißlängenermittlung bisher fast gar nicht berücksichtigt. Nur in einer Arbeit von W. MÜLLER<sup>1)</sup> findet sich folgende Bemerkung darüber: „Kleine Abweichungen, d. h. Steigen oder Fallen des Metergewichts, bedingen eine schon ziemlich erhebliche Veränderung der Reißlänge,

<sup>1)</sup> W. MÜLLER, Der Flachs in verschiedenen Roststadien, Faserforsch. 1923, 3. Bd., 1. H., S. 46.

z. B. kann ein Unterschied von 0,0001 oder 0,0002 g beim Metergewicht, das sind ca. 3% (von den dort erhaltenen Werten), die Festigkeit um 2—3 km ändern.“

In welchem Sinne die Festigkeitsänderung erfolgt, d. h. ob z. B. bei steigendem Metergewicht ein Fallen oder Steigen der Reißlänge eintritt, sagt MÜLLER nicht. Doch ergibt sich aus meinen Versuchen mit großer Wahrscheinlichkeit, daß bei steigendem Metergewicht die Festigkeitswerte geringer werden bzw. beim Fallen desselben ansteigen.

Um ein genaues Zahlenverhältnis zwischen der Änderung des Metergewichts und der Reißlänge zu ermitteln, müßten natürlich besondere Versuche am gleichen Material mit verschiedener Faserdicke ausgeführt werden. Diese Prüfungen habe ich leider nicht angestellt, weil ich zur Zeit der Ausführung meiner Versuche den Einfluß des Metergewichts noch nicht für so bedeutend hielt, zumal da auch BÖHM<sup>1)</sup>, dessen Arbeit ich bei meiner Versuchsanstellung besonders berücksichtigte, in seiner systematischen Zusammenstellung derjenigen Fehlerquellen, die „von größerem Einfluß auf die Reißlängenermittlung sein können“, nichts über das Metergewicht erwähnt. Man muß deshalb wohl annehmen, daß er den Einfluß des verschiedenen Metergewichts für unbedeutend hält, da ihm die vorher erschienene Arbeit von MÜLLER bekannt war.

Ich war also bei der Auswertung meiner Versuche darauf angewiesen, aus den vorliegenden Ergebnissen, soweit das möglich war, ein wenigstens einigermaßen zuverlässiges Zahlenverhältnis zwischen der Änderung des Metergewichts und der Reißlänge festzustellen. Dabei erschien es mir am wahrscheinlichsten, daß einem Steigen des Metergewichts um 0,0030 g (das sind ungefähr 30%) ein Sinken der Reißlänge um 4 km entspricht. Diese Festigkeitsänderung erscheint gering im Vergleich zu dem von MÜLLER angegebenen Verhältnis; doch ist zu beachten, daß die Metergewichte in meinen Versuchen mehr als dreimal so hoch sind wie diejenigen bei MÜLLER. Wahrscheinlich ändert sich mit der absoluten Höhe des Metergewichts auch dessen prozentualer Einfluß auf die Reißlänge.

Ich habe nun bei den Flachsprüfungen mit dem von mir angenommenen Verhältnis (0,0030 g Metergewicht einer Reißlängenänderung von 4 km entsprechend) eine Umrechnung der erhaltenen Metergewichte und zugehörigen Festigkeitswerte vorgenommen. Ich habe dabei alle Metergewichte auf ungefähr 0,0100 g gebracht, indem

<sup>1)</sup> BÖHM, A. a. O., S. 226 ff.

ich von den erhaltenen Werten 0,0010 g oder ein Vielfaches davon abgezogen bzw. zugezählt habe. Kleinere Abweichungen als 0,0010 g von 0,0100 g nach oben oder unten ließ ich bestehen, weil sowohl das angenommene Umrechnungsverhältnis als auch die Methode im ganzen zu unsicher sind, um eine noch größere Genauigkeit zu erzielen. Die umgerechneten Metergewichte und Reißlängen stehen in den Tabellen, in Klammern gesetzt, unter den beobachteten.

Die hier durchgeführte Umrechnung, die eine der Fehlerquellen verringern soll, ist selbstverständlich nur als ein recht unsicherer Versuch zu betrachten. Die auf diese Weise erhaltenen Werte stimmen beim lettländischen Flachs mit den zu erwartenden Ergebnissen weit besser überein als die gefundenen und dürften daher den tatsächlichen Verhältnissen mehr entsprechen. Dagegen ist bei den übrigen Versuchen mit Flachs kein besonderer Vorteil dieses Umrechnungsverfahrens zu erkennen. Bei den mit Jute ausgeführten Versuchen würde eine Umrechnung der Werte zu völlig unwahrscheinlichen Ergebnissen führen; das erklärt sich jedoch daraus, daß die benutzte Juteprobe, wie später noch näher begründet werden soll, sehr ungleichmäßig gewesen ist, so daß man aus diesen Versuchen fast nichts entnehmen kann. Es wäre außerdem auch denkbar, daß sich die Jute in dieser Hinsicht anders verhält. Man könnte das durch ihre Eigenschaft, sehr leicht zu zerfasern, erklären.

Bei den Versuchen mit Hanf habe ich von einer Umrechnung abgesehen, weil die wenigen Werte untereinander recht gut übereinstimmen und daher miteinander vergleichbar sind, worauf es ja in erster Linie ankommt.

Man sieht, daß die Ergebnisse der von mir angestellten Festigkeitsprüfungen, im ganzen betrachtet, ziemlich ungenau sind. Diese Unsicherheit liegt in der Prüfungsmethode begründet und ist wahrscheinlich auch bei allen anderen in der Literatur veröffentlichten Arbeiten vorhanden.

Über den Ungenauigkeitsgrad ist zwar in den meisten Fällen nichts gesagt, doch sprechen verschiedene Gründe für diese Vermutung. So z. B. scheint es öfter vorzukommen, daß Ergebnisse nicht den erwarteten Werten entsprechen. Man bezeichnet sie dann als sog. „Ausreißer“<sup>1)</sup>, ohne einen Grund für dieses abweichende Verhalten anzugeben.

Als Zeichen für die Unsicherheit der Methode ist wahrscheinlich auch die Tatsache zu deuten, daß verschiedene Autoren zu ent-

<sup>1)</sup> Vgl. BÖHM, a. a. O., S. 227.

gegengesetzten Resultaten gelangt sind. So bestreitet W. MÜLLER<sup>1)</sup> auf Grund der von ihm ausgeführten zahlreichen Festigkeitsprüfungen die von GROSS<sup>2)</sup> gefundene Gesetzmäßigkeit, daß mit zunehmender Stengeldicke die Festigkeit der Flachsfaser geringer werden soll. Zu demselben Ergebnis wie GROSS war außerdem vorher schon HERZOG<sup>3)</sup> gelangt.

Es wäre in diesem Falle vielleicht möglich, die Unterschiede in den Ergebnissen durch den Einfluß des Metergewichts zu erklären, der sich bei den Versuchsanstellungen in verschiedener Weise geltend gemacht haben kann.

HERZOG nahm seine Untersuchungen an ganzen Flachsstengeln vor. Er mußte daher in jedem folgenden Versuch mit dickeren Stengeln auch ein höheres Metergewicht des geprüften Bastes erhalten. Dadurch kann schon das Sinken der Reißlänge hervorgerufen worden sein. Da andererseits MÜLLER, wie aus der vorher erwähnten Stelle zu ersehen ist, dem Einfluß des Metergewichts bei seinen Versuchen große Bedeutung beilegt, ist es anzunehmen, daß er auch in diesem Fall auf möglichst gleiches Metergewicht geachtet hat, und auf diese Weise keine Festigkeitsunterschiede bekommen hat. Genaues läßt sich darüber allerdings nicht sagen, zumal MÜLLER keine Zahlen angegeben hat.

Trotz der großen Ungenauigkeiten, welche die Festigkeitsprüfung aufweist, hat man bisher der Bestimmung des Fehlers bei der Reißlängenermittlung fast gar keine Beachtung geschenkt. In seiner 1921 erschienenen, vorher erwähnten Arbeit über die Substanzfestigkeit der Textilfasern macht REIMERS<sup>4)</sup> zum erstenmal darauf aufmerksam, daß eine Angabe des Ungenauigkeitsgrades bei den Festigkeitsprüfungen erforderlich ist. Aber trotzdem hat sich auch bei den später erschienenen Arbeiten in dieser Hinsicht nur wenig geändert. Bei MÜLLER<sup>5)</sup> findet sich darüber folgende Bemerkung: „Es bleibt späterhin noch festzustellen, wie groß die durchschnittliche Fehlergrenze bei den Reißversuchen ist; die Unterschiede bei

<sup>1)</sup> W. MÜLLER, Welchen Einfluß üben Aussaatdichte und Stengelstärke auf die Flachsfaser aus? Faserforsch. 1926, 5. Bd., 4. H., S. 245.

<sup>2)</sup> M. GROSS, Stickstoffdüngung u. Flachs. Faserforsch. 1925, 5. Bd., 1. H., S. 46.

<sup>3)</sup> A. HERZOG, Was muß der Flachskäufer vom Flachsstengel wissen? Sorau 1918, S. 62.

<sup>4)</sup> REIMERS, a. a. O., S. 93.

<sup>5)</sup> W. MÜLLER, Der Flachs in verschiedenen Röststadien, Faserforsch. 1923, 3. Bd., 1. H., S. 48.

meinen Resultaten zwischen unterröstetem, röstreifem und über-röstetem Flachs sind jedoch so erheblich, daß sie nach angestellten Berechnungen nicht mehr in die Fehlergrenze fallen.“ Die Fehler selbst sind nicht mitgeteilt.

Es liegt bisher nur eine Arbeit<sup>1)</sup> vor, die eine genaue Angabe der Fehler enthält. Aus den dort mitgeteilten Fehlern der einzelnen Prüfungen ergibt sich für sämtliche Versuche ein durchschnittlicher Fehler von 9,60%. Dazu ist allerdings zu bemerken, daß HORST mitteilt, er habe die Versuche „nur in beschränkter Zahl“ ausgeführt, „daher nur als Anhalt brauchbar und ohne Gewähr“. Ich habe außerdem noch bei einer anderen Arbeit den Fehler feststellen können, nämlich bei der vorher erwähnten Untersuchung HERZOGS<sup>2)</sup> über den Einfluß der Stengeldicke auf die Stengelfestigkeit. HERZOG hat hier jedesmal die Einzelwerte für die Reißlängen angegeben, aus denen er das Mittel gebildet hat, so daß sich der Fehler ohne weiteres berechnen läßt. Auf eine Wiedergabe der ziemlich umfangreichen Tabelle möchte ich verzichten. Man findet hierbei für den Durchschnitt aller Versuche einen Fehler von 3,42%. HERZOG hat zur Mittelbildung eine größere Anzahl von Einzelwerten benutzt, nämlich 8—17. Wieviele Reißproben zur Berechnung jedes dieser Einzelwerte ausgeführt worden sind, ist nicht zu ersehen. Man kann sich daher ebenso wie bei den Prüfungen von HORST kein Urteil darüber bilden, welcher Arbeitsaufwand nötig war, um den angegebenen Genauigkeitsgrad zu erreichen.

Die bei meinen Versuchen aufgetretenen Fehler sind aus den Tabellen zu ersehen. Der durchschnittliche Fehler meiner sämtlichen Prüfungen beträgt 3,11%, ist also in Anbetracht der den Ergebnissen zugrunde liegenden zahlreichen Reißproben sehr hoch. Wieviel einzelne Reißprüfungen andere Autoren zu jeder Festigkeitsbestimmung ausgeführt haben, ist in den meisten Fällen nicht zu ersehen. Nur BÖHM<sup>3)</sup> berichtet, daß er nie unter 30, und MÜLLER, daß er in einer Arbeit<sup>4)</sup> 30—40, dann später in einer anderen<sup>5)</sup> mindestens 100 Reißversuche angestellt habe. Darnach wird man

---

<sup>1)</sup> A. HORST, Studien über den Gambohanf, Faserforsch. 1924, 4. Bd., 2. H., S. 61 ff.

<sup>2)</sup> HERZOG, Was muß der Flachskäufer vom Flachsstengel wissen? S. 62.

<sup>3)</sup> BÖHM, a. a. O., S. 223.

<sup>4)</sup> MÜLLER, Einfluß und Erkennung mechanischer Behandlung der Flachsfaser, Faserforsch. 1921, 1. Bd., 1. H., S. 23.

<sup>5)</sup> Derselbe, Der Flachs in verschiedenen Röststadien, Faserforsch. 1923, 3. Bd., 1. H., S. 43.

wohl annehmen können, daß bei den meisten bisher nach der Nummermethode ausgeführten Reißlängenbestimmungen kein wesentlich geringerer Fehler vorhanden sein dürfte als bei meinen Resultaten.

Diesen großen Ungenauigkeitsgrad hat man aber bei der Auswertung der Ergebnisse meist nicht berücksichtigt. Als Beispiel dafür sei ein Versuch aus der bereits mehrfach erwähnten Arbeit von BÖHM angeführt. BÖHM prüft den Einfluß der Belastungsgeschwindigkeit auf die Reißlänge und findet dabei folgende Werte<sup>1)</sup>:

<i>I. Versuch</i>		<i>II. Versuch</i>	
Belastungsgeschwindigkeit g/Sekunden	Reißlänge km	Belastungsgeschwindigkeit g/Sekunden	Reißlänge km
10	70,6	10	67,6
20	71,4	20	63,8
50	69,2	50	71,5
100	74,6	100	74,5

Da BÖHM zu jeder Reißlängenbestimmung nur ca. 30 Fasern geprüft hat, erscheint nach dem vorher Ausgeführten die Annahme eines wahrscheinlichen Fehlers von mindestens 3% begründet. Dann aber würden sämtliche Unterschiede innerhalb der Fehlergrenzen liegen. Beim I. Versuch wäre das sogar schon bei einem wahrscheinlichen Fehler von nur 1% der Fall. Auf Grund dieser Ergebnisse erscheint die Schlußfolgerung von BÖHM nicht berechtigt, daß die Belastungsgeschwindigkeit „von größerem Einfluß auf die Reißlängenermittlung“ sein kann.

Man ersieht aus den bisherigen Ausführungen, wie fehlerhaft und unsicher die Resultate für die Reißlängenbestimmungen sind, die derselbe Versuchsansteller erhalten kann, und wie vorsichtig man daher bei Schlußfolgerungen und Vergleichen dieser Werte sein muß. Noch viel schwieriger liegen die Verhältnisse, wenn man Prüfungsergebnisse, die von verschiedenen Autoren gefunden sind, vergleichen und daraus Schlüsse ziehen will. Daß das überhaupt nur bei Resultaten möglich ist, die nach der gleichen Methode gewonnen sind, wurde bereits zu Beginn dieser Arbeit erwähnt. Aber auch innerhalb derselben Methode haben die verschiedenen Autoren so stark voneinander abweichende Festigkeitswerte bekommen, daß

<sup>1)</sup> BÖHM. a. a. O., S. 226

man diese Unterschiede nur durch die stark verschiedene Art der Versuchsausführung erklären kann.

Eine dieser verschiedenen Versuchsbedingungen, auf die hier gleich hingewiesen sei, besteht darin, daß nicht bei allen Prüfungen die gleiche Einspannlänge gewählt worden ist, bzw. bei manchen Versuchen nichts darüber gesagt ist. Indessen ist nach den Untersuchungen von HERZOG<sup>1)</sup> und BÖHM<sup>2)</sup> der Einfluß der verschiedenen Einspannlänge nicht so groß, um die beträchtlichen Unterschiede erklären zu können. Nach HERZOG beträgt der Einfluß der Einspannlänge bei Flachs:

## Nach BÖHM:

Einspannlänge in cm	Reißlänge der Flachsfaser in km	Einspannlänge in mm	Reißlänge bei Flachsvollrotte	in km bei Sisalhant (Vollrotte)
8	77,8	0	59,7	42,2
6	80,0	5	—	37,0
4	84,2	10	57,5	37,6
2	84,9	30	—	40,2
1	94,8	35	—	38,1
0,5	95,2	40	53,6	—

In der folgenden Tabelle seien einige Resultate, die alle nach der Nummermethode gefunden worden sind, zusammengestellt:

Faserart	Reißlänge in km	Einspannlänge in mm	Autor
Flachs	95,20	5	Herzog <sup>3)</sup>
"	70—85	5	Forsch.-Inst. <sup>4)</sup> Sorau
"	40—55	40	Eigene Prüfungen
"	30—45	unbekannt	Kuhnert <sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> HERZOG, Was muß der Flachskäufer vom Flachsstengel wissen? S. 63.

<sup>2)</sup> BÖHM, a. a. O., S. 224.

<sup>3)</sup> HERZOG, Was muß der Flachskäufer vom Flachsstengel wissen? S. 63.

<sup>4)</sup> Das sind durchschnittlich die Höchstwerte, die von verschiedenen Mitarbeitern d. F. I. S. f. besten Flachs gefunden worden sind. Vgl. z. B. RUSCHMANN, Grad u. Bedeutung der Säurebildung in biolog. Rösten Faserforsch. 1921, Bd. 1, H. 1, S. 40. Ferner MÜLLER, Der Flachs in verschiedenen Röststadien, Faserforsch. 1923, Bd. 3, H. 1, S. 44. Derselbe, Einfluß u. Erkennung mechanischer Behandlung d. Flachsfaser, 1921, Bd. 1, H. 1, S. 24.

<sup>5)</sup> R. KUHNERT, Der Flachs, seine Kultur und Verarbeitung. 3. Aufl. 1920. S. 32.

Faserart	Reißlänge in km	Einspannlänge in mm	Autor
Flachs	26,70	unbekannt	Holländisches Textilforsch.-Institut. Delft <sup>1)</sup>
Hanf	78,00	wahrscheinl. 5	Forsch.-Institut. Sorau <sup>2)</sup>
"	39,76	50	Eigene Prüfung
"	27,16	50	} P f u h l <sup>3)</sup>
"	30,30	30	
"	40,92	10	
" italienisch	30,00	unbekannt	} Holländisches Textilforsch.-Institut. Delft
"	28,6	"	
Jute	49,0	wahrscheinl. 5	Forsch.-Institut. Sorau <sup>2)</sup>
"	20,24	40	Eigene Prüfung
"	13,97	50	} P f u h l
"	14,98	30	
"	24,05	5,5	
"	33,33	0,5	
"	34,50	0	
"	18,50	unbekannt	Holländisches Forsch.-Institut. Delft

Man ersieht aus den mitgeteilten Zahlen deutlich, daß die stark abweichenden Werte, zu denen die verschiedenen Autoren gelangt sind, nur durch verschiedenartige Handhabung der Methode, d. h. durch ungleichmäßige Versuchsbedingungen zu erklären sind. Worin diese Verschiedenheiten bestanden haben, läßt sich nicht ersehen, weil vielfach eine Beschreibung der Versuchsausführung gar nicht oder nur unvollständig erfolgt ist. Was im besonderen die Unterschiede zwischen den Ergebnissen des Forschungsinstitutes Sorau und meinen eigenen Prüfungen betrifft, so halte ich es nicht für ausgeschlossen, daß neben dem Einfluß der verschiedenen Einspannlänge, den man schätzungsweise mit ca 10% ansetzen könnte, vor allem das verschiedene Metergewicht der geprüften Fasern eine Erklärung für die abweichenden Werte geben kann. Denn die bei MÜLLER angegebenen Metergewichte sind nur ungefähr  $\frac{1}{3}$  so hoch wie die in meinen Prüfungen. Selbstverständlich müßten über diese und ähnliche Fragen erst eingehendere Untersuchungen angestellt werden, bevor man etwas Sicheres darüber aussagen kann.

Die hier geschilderten Mängel der Nummermethode sollen nun nach der Ansicht von REIMERS bei der III. Methode, die mit direkter Querschnittsbestimmung arbeitet, nicht vorhanden sein. Seine in

<sup>1)</sup> REIMERS, a. a. O., S. 94.

<sup>2)</sup> REIMERS, a. a. O., S. 62.

<sup>3)</sup> E. PFUHL. Physikalische Eigenschaften der Jute. 1888. S. 33.

der I. Mitteilung (S. 93) angekündigte II. Arbeit, in der diese Verhältnisse näher untersucht werden sollen, ist bis jetzt noch nicht erschienen. Um wenigstens einen kleinen Anhalt für die Beurteilung dieser Frage zu gewinnen, habe ich bei den Festigkeitsprüfungen von SONNTAG<sup>1)</sup>, die eine der umfangreichsten und genauesten Arbeiten nach dieser Methode sind, aus den mitgeteilten Einzelwerten den wahrscheinlichen Fehler berechnet. Dieser beträgt im Mittel aus allen Versuchen 4,2%. Wenn man dabei berücksichtigt, daß SONNTAG nur eine sehr geringe Zahl von einzelnen Reißprüfungen ausgeführt hat, nur 2—7 (im Mittel 4,5), so erscheint der Fehler verhältnismäßig niedrig und die Vermutung, daß man mit dieser Methode zu größerer Genauigkeit gelangen könne, berechtigt.

Es fragt sich nur, ob die zu jeder Einzelprüfung erforderliche mikroskopische Ausmessung des Faserquerschnitts das ganze Prüfungsverfahren nicht zu umständlich und schwierig gestaltet, zumal für die Untersuchungen der Praxis. Auffällig ist jedenfalls, worauf ich bereits vorher hingewiesen habe, daß auch nach dem Erscheinen der REIMERSschen Arbeit alle Festigkeitsprüfungen nach der Nummermethode angestellt worden sind.

Aus den bisherigen Ausführungen ersieht man, daß die zu Beginn meiner Arbeit geäußerte Ansicht über die Unzuverlässigkeit und Umständlichkeit der Festigkeitsprüfungen begründet erscheint, und daß es in folgedessen erwünscht wäre, ein Prüfungsverfahren zu finden, das in genauerer und einfacherer Weise eine Beurteilung der Festigkeit und evtl. auch sonstiger Fasereigenschaften ermöglicht. Es wurden auch bereits die Gründe mitgeteilt, die zu der Annahme führten, daß dazu die MITSCHERLICHsche Hygroskopizitätsbestimmung geeignet sein könne.

In dem nun folgenden Teil meiner Arbeit soll durch Vergleich der von mir angestellten Hygroskopizitätsprüfungen mit den gefundenen Festigkeitswerten näher untersucht werden, ob und wieweit diese Annahme zutreffend ist.

Hygroskopizitätsbestimmungen an Bastfasern sind bereits mehrfach ausgeführt worden. Die Ergebnisse dieser älteren Prüfungen lassen wenigstens z. T. auch Beziehungen zu der hier erörterten Frage erkennen und sollen deshalb wiedergegeben werden. Die Art der Versuchsausführung ist bei den einzelnen Autoren sehr ver-

---

<sup>1)</sup> P. SONNTAG, Die Beziehungen zwischen Verholzung, Festigkeit und Elastizität vegetabilischer Zellwände. Landw. Jahrb., Bd. 21, 1892, S. 839.

schieden, so daß die Angaben über die Höhe der Hygroskopizität nur relativen Wert haben.

Die ersten umfangreicheren Untersuchungen über den Wassergehalt von Fasern hat MÜLLER<sup>1)</sup> ausgeführt. Es kam ihm allerdings nur darauf an, festzustellen, welchen Wassergehalt die Fasern bei verschiedener relativer Luftfeuchtigkeit annehmen. Seine Ergebnisse haben für die hier zu behandelnde Frage keine besondere Bedeutung und sollen daher übergangen werden. Erwähnt sei nur kurz die Versuchsanstellung, weil diese später von HÖNIG, dessen Arbeit hier berücksichtigt werden muß, z. T. benutzt wurde. MÜLLER brachte die auf Drahtnetzen befindlichen Fasern in verschiedenen feuchte Räume, deren rel. Luftfeuchtigkeit genau gemessen wurde. Hier blieben sie längere Zeit liegen und wurden dann gewogen.

Nach einer ähnlichen Methode unternahm PERSOZ<sup>2)</sup> seine Hygroskopizitätsbestimmungen und stellte dabei fest, daß verschiedene Flachssorten Unterschiede im Wassergehalt aufwiesen, die allerdings sehr gering waren. Er fand z. B. folgende Werte:

	Flachs aus*			
	Pernau	Riga	Pikardie	Russisch-Werg
Wassergehalt . . . .	11,33	11,59	12,57	12,94

  

	Leinengarn		Werggarn	Jutegarn
	Nr. 22	Nr. 25	Nr. 25	Nr. 4
Wassergehalt . . . .	11,41	11,88	12,09	13,59

In genauerer Weise hat PFUHL<sup>3)</sup> seine Hygroskopizitätsbestimmung an Jutefasern ausgeführt. Er setzte einen unten offenen großen Glaskasten auf einen Untersatz und füllte diesen Untersatz mit  $\text{CaCl}_2$ -Lösung von wechselnder Konzentration bzw. mit konz.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Die Temperatur wurde konstant gehalten. Im Glaskasten, in dem sich die zu prüfenden Fasern befanden, stellte sich eine gleichbleibende rel. Luftfeuchtigkeit ein, die durch Hygrometer und Psychrometer gemessen wurde. PFUHL hatte auch bereits berücksichtigt, was später nach ihm andere Autoren wieder außer acht gelassen haben, daß es nicht angängig ist, den Feuchtigkeitsgehalt auf 100% zu bringen, d. h. den Untersatz mit Wasser zu füllen, weil

<sup>1)</sup> E. MÜLLER, Über den Wassergehalt der Faserstoffe in seiner Abhängigkeit von dem Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre. Der Zivilingenieur 1882, S. 58 ff. (aus HÖNIG, S. 87).

<sup>2)</sup> PERSOZ (aus HÖNIG, S. 78).

<sup>3)</sup> E. PFUHL, Physikalische Eigenschaften der Jute. Berlin 1888, S. 16.

dann bei einem Temperaturrückgang leicht Kondensationserscheinungen eintreten können. PFUHL ging in seinen Versuchen nur bis zu einem Feuchtigkeitsgehalt von 98%. Er trug die bei verschiedener Feuchtigkeit ermittelten Wassergehalte als Kurve auf und stellte dann den Wassergehalt bei 100% durch graphischen Ausgleich fest. So fand er für Jute (bei 100% rel. Luftfeuchtigkeit) eine Hygroskopizität von 34,25%. Ferner stellte er fest, daß die oberen Spitzen der Fasern etwas mehr, die Wurzelenden etwas weniger hygroskopisches Wasser aufgenommen hatten. Die Unterschiede betragen jedoch nur  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ %. Noch geringer waren die Hygroskopizitätsunterschiede, die er bei verschiedenen Jutesorten fand.

Nach den Methoden von PFUHL und von MÜLLER hat dann später HÖNIG<sup>1)</sup> zahlreiche Hygroskopizitätsbestimmungen gemacht und dabei u. a. folgende Resultate gefunden.

Nach dem MÜLLERSchen Prüfungsverfahren:

rel. Feucht.	Flachs gehechelt			rel. Feucht.	Hanf	
	Wasserröste	Tauröste	Überröste		italienischer	russischer
43,80	8,52	8,72	9,57	43,86	9,25	9,13

  

rel. Feucht.	Jute		rel. Feucht.	Ramie		
	roh	Garn		roh	cotonisiert	Garn
56,57	9,82	10,68	46,32	7,12	5,88	5,48

Nach dem PFUHL'Schen Prüfungsverfahren:

gehechelter Flachs			Hanf gehechelt	
Wasserröste	Tauröste	Überröste	italienischer	russischer
22,6	23,1	23,7	23,9	23,7

  

Jute		Ramie		
roh	Garn	roh	cotonisiert	Garn
33,7	34,4	30,7	20,1	17,5

Besonders interessant sind die Versuche mit gehecheltem Flachs, die zeigen, daß die im Wasser geröstete Faser eine etwas geringere Hygroskopizität hat als die durch Tauröste aufbereitete. Ferner

<sup>1)</sup> HÖNIG; a. a. O., S. 87 ff.

sieht man, daß durch die Übröste die Hygroskopizität der Fasern erhöht wird. Leider gibt HÖNIG nicht an, ob es sich hier bei der Übröste um Wasserröste oder Tauröste gehandelt hat. Es ist jedoch aus Gründen, die später angeführt werden sollen, anzunehmen, daß in diesem Fall Tauröste vorgelegen hat.

Die hier von HÖNIG benutzte PFUHLsche Methode ist bedeutend genauer und einwandfreier als alle sonstigen von andern Autoren angewandten Prüfungsarten. Die von PFUHL und HÖNIG erhaltenen Hygroskopizitätswerte kommen den von mir durch die MITSCHERLICHsche Hygroskopizitätsbestimmung gefundenen Resultaten sehr nahe, könnten vielleicht sogar übereinstimmen. Die nach diesen beiden Methoden erhaltenen Ergebnisse dürften daher wenigstens innerhalb gewisser Grenzen vergleichbar sein.

Die von HÖNIG beobachteten Hygroskopizitätsunterschiede zwischen Tauröstflachs und Wasserröstflachs sind auch von andern Forschern festgestellt worden. WILLKOMM<sup>1)</sup> fand für Flachs aus der Wasserröste 11,5% für den aus der Tauröste 12,5%.

HERZOG<sup>2)</sup> untersuchte außerdem gleichzeitig auch noch den Wassergehalt, den die Flachssorten aus verschiedenen Ländern aufweisen. Er nahm die Feuchtigkeitsbestimmungen an Schwungflachs in lufttrockenem Zustand vor und erhielt dabei folgende Werte:

Herkunft	Schwungflachs, gewonnen durch	
	Tauröste	Wasserröste
Deutschland u. Österreich	9,9—11,1	8—9
Rußland . . . . .	11,1—12,4	9—10
Belgien, Frankreich, Niederlande . . . . .	8—9	7—8

Im Mittel ergibt sich für Tauröstflachs 10,5%, für Wasserröstflachs 9,3%. HERZOG erklärt diese Unterschiede durch die bei der Tauröste „unvollständige Entfernung der beträchtlich hygroskopischen Extraktivstoffe des Flachsstengels“.

<sup>1)</sup> WILLKOMM, Leipziger Monatsschrift f. Textilindustrie 1909, S. 201. (Aus SCHWALBE, Chemie der Zellulose. 1911, S. 473. Über die Untersuchungsmethode teilt Schwalbe nichts mit.)

<sup>2)</sup> HERZOG, Der Wassergehalt der ausgearbeiteten Flachsfaser. Mittlg. d. Forsch.-Inst. Sorau, 1. Jahrg., 1919, Nr. 5, S. 38.

Daß Unterschiede in der Hygroskopizität zwischen Flachs der Wasser- und Tauröste sowie zwischen verschiedenen Faserarten bestehen, war in der Praxis schon lange bekannt, wie aus der festgesetzten Reprise<sup>1)</sup>, dem handelsüblichen Feuchtigkeitszuschlag, zu ersehen ist. Die Reprise beträgt z. B. für:

Flachs (Tauröste) . . . . .	12	0/0
Flachs (Wasserröste) . . . . .	11	0/0
Leinen- und Hanfgespinst . . . . .	12	0/0
Jute und Jutegarn . . . . .	13 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0/0
Baumwolle . . . . .	8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0/0
Seide . . . . .	11	0/0
Kammgarn . . . . .	18 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0/0

Umfangreichere Hygroskopizitätsbestimmungen auch an technisch weniger wichtigen und deshalb seltener untersuchten Fasern hat WIESNER<sup>2)</sup> vorgenommen. Er brachte die Fasern „bei mittlerer Temperatur“ einmal in einen Raum mit „mittlerer (relativer) Luftfeuchtigkeit“ — den genauen Feuchtigkeitsgehalt hat er nicht festgestellt — um den Wassergehalt im lufttrockenen Zustande zu bestimmen, darauf legte er das Fasermaterial in einen „mit Wasserdampf völlig gesättigten Raum“, um die größte aufgenommene Wassermenge zu ermitteln. Die Fasern blieben in dem Raum, je nachdem dies notwendig erschien, 24 Std. bis eine Woche. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß diese Versuchsanstellung nicht einwandfrei ist. Immerhin wird man den Ergebnissen einen gewissen Wert nicht absprechen können, zumal wenn die gefundenen Unterschiede groß sind. Einige der wichtigsten Resultate sollen wiedergegeben werden:

Faserart	Wassermenge in lufttrockenem Zustand (in 0/0)	Größte aufgenommene Wassermenge (in 0/0)
Belgischer Flachs . . . . .	5,70	13,90
Frische Jute . . . . .	6,00	23,30
Sunn . . . . .	5,31	10,87
cotonisiert. Ramie . . . . .	6,68	18,55
Manilahanf . . . . .	12,50	ca. bis 50,00
Baumwolle . . . . .	6,66	20,99

Recht interessant ist die von WIESNER gemachte Beobachtung, daß Bastfasern mit der Zeit eine Zunahme ihrer Hygroskopizität erfahren. Er prüfte auf die geschilderte Weise verschiedene Faser-

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. HÖNIG, a. a. O., S. 51.

<sup>2)</sup> WIESNER, a. a. O., S. 17.

arten, zuerst frisch, dann nach längerem Lagern an der Luft, wodurch sie stark gebräunt waren und, wie er nachweisen konnte, sich Huminstoffe gebildet hatten. Er fand dabei:

Faserart	Wassermenge in luft-trockenem Zustand (in ‰)	GröÙte aufgenommene Wassermenge (in ‰)
Frischer Sunn . . . . .	5,31	10,87
Alterstark gedunkelt. Sunn	5,84	19,10
FrISChe Jute . . . . .	6,00	23,30
Gebräunte Jute (verschied. Sorten) . . . . .	7,11	24,01—33,2
FrISChe Abelloschusfaser	6,80	13,00
Gebräunte "	9,70	22,70
FrISChe Urenafasern . . .	7,02	15,20
Gebräunte "	8,77	16,20

Im Gegensatz zu den bisherigen Arbeiten hatte KUHNERT<sup>1)</sup> bei seinen Feuchtigkeitsbestimmungen an Flachs bereits den Gedanken, etwa vorhandene Hygroskopizitätsunterschiede bei verschiedenen Flachssorten zur Bewertung der Fasern heranzuziehen. Der von ihm unternommene Versuch fiel allerdings negativ aus. Er fand bei 14 Flachssorten, die er nicht näher bezeichnet hat, bei einer rel. Luftfeuchtigkeit von 65% den gleichen Wassergehalt von 8,2%. Weitere Angaben über die Versuchsausführung hat er nicht gemacht. Abgesehen von dem KUHNERTSchen Versuch, der nicht zu dem erwarteten Ergebnis führte, haben sich die übrigen Autoren bei ihren hier zitierten Arbeiten in der Hauptsache darauf beschränkt, die Höhe der Hygroskopizität zu ermitteln, die z. B. für den Faserhandel von großer Wichtigkeit ist. Dagegen sind Vergleiche zwischen der Hygroskopizität und den Eigenschaften der Bastfasern und Versuche, auf die Weise eine Möglichkeit zu sicherer Beurteilung der Fasereigenschaften zu gewinnen, wie ich sie jetzt im folgenden ausführen will, bisher noch nicht unternommen.

Dazu erscheint es zweckmäßig, sich über folgende Fragen klar zu werden:

1. In welcher Weise ändert sich mit fortschreitendem Röstgrad bzw. bei fertig gerösteten Fasern mit weiterer Zersetzung die Hygroskopizität der Fasern?

2. Worauf sind diese Hygroskopizitätsänderungen zurückzuführen?

<sup>1)</sup> KUHNERT, Der Flachs, seine Kultur und Verarbeitung. 3. Aufl. 1920. S. 31.

3. Welche Möglichkeiten ergeben sich auf Grund der angestellten Überlegungen und der Versuchsergebnisse zur Beurteilung der Fasereigenschaften mittels der Hygroskopizitätsbestimmung?

Über die durch verschiedene Röstgrade verursachten Hygroskopizitätsunterschiede lag bisher nur die angeführte Untersuchung von HÖNIG<sup>1)</sup> vor, und zwar war hier nur Vollröste und Überröste verglichen, nicht auch Unterröste. Die Veränderung der Hygroskopizität bei fertig ausgearbeiteten Fasern durch nachträgliche Zersetzung hatte WIESNER<sup>2)</sup> geprüft. In beiden Fällen hatte sich eine Zunahme der Hygroskopizität ergeben. Daher ist es leicht erklärlich, daß RUSCHMANN<sup>3)</sup> diese Resultate verallgemeinert und annimmt, daß jeder überröstete Flachs eine höhere Hygroskopizität habe als normal gerösteter.

Im Gegensatz dazu stehen die in Tabelle Ia zusammengestellten Ergebnisse.

Tabelle Ia

I. Weißblühender Holländer Lein	Metergewicht		Reißlänge in km		Hygroskopizität %
	Einzelwert	Mittel	Einzelprüfung	Mittel	
Überröste	0,0150		22,99		24,24 ± 0,02
	0,0204	0,0178	19,01	21,61 ± 1,03	
	0,0179	(0,0103)	22,82	(30,94)	
Normalröste	0,0144		35,45		27,81 ± 0,10
	0,0132	0,0138	42,36	39,55 ± 1,33	
	0,0139	(0,0108)	40,83	(43,55)	
Unterröste	0,0142		37,24		31,22 ± 0,31
	0,0135	0,0138	41,23	38,18 ± 1,21	
	0,0138	(0,0108)	36,08	(42,18)	
II. Schlesischer Lein					
Überröste	0,0145		35,56		25,55 ± 0,13
	0,0156	0,0160	32,39	32,50 ± 1,22	
	0,0180	(0,1000)	29,56	(40,50)	

<sup>1)</sup> HÖNIG, a. a. O., S. 87.

<sup>2)</sup> WIESNER, a. a. O., S. 18.

<sup>3)</sup> RUSCHMANN, Entwertung des Schwungflachses durch Mikroorganismen. Faserforsch. 1923, Bd. 3, H. 2, S. 159.

Tabelle Ia (Fortsetzung)

	Metergewicht		Reißlänge in km		Hygro- skopizität %
	Einzel- wert	Mittel	Einzel- prüfung	Mittel	
Normalröste	0,0132 0,0133 0,0144	0,0136 (0,0106)	49,55 45,93 43,06	46,18 ± 1,34 (50,18)	27,64 ± 0,19
Unterröste	0,0146 0,0147 0,0171	0,0155 (0,0105)	42,76 41,82 35,38	39,99 ± 1,80 (46,65)	30,72 ± 0,17
<b>III.</b> Bayrischer Lein					
Überröste	0,0110 0,0119 0,0139	0,0123 (0,0108)	28,74 31,32 33,04	31,08 ± 0,91 (33,69)	24,46 ± 0,17
Normalröste	0,0126 0,0128 0,0132	0,0129 (0,0099)	40,21 37,96 40,74	39,64 ± 0,67 (43,64)	25,38 ± 0,04
Unterröste	0,0142 0,0148 0,0150	0,0147 (0,0102)	44,82 35,96 41,44	40,74 ± 1,90 (46,74)	30,27 ± 0,05
<b>IV.</b> Glogauer Lein					
Überröste	0,0131 0,0131 0,0121	0,0128 (0,0098)	32,62 33,41 31,55	32,53 ± 0,39 (36,53)	25,15 ± 0,09
Normalröste	0,0104 0,0105 0,0107	0,0105	44,16 45,91 43,19	44,42 ± 0,59	25,91 ± 0,08
Unterröste	0,0131 0,0139 0,0147	0,0139 (0,0109)	40,03 37,28 34,48	37,25 ± 1,12 (41,25)	30,12 ± 0,02
<b>V.</b> Rigaer Lein					
Überröste	0,0086 0,0123 0,0128 0,0153	0,0123 (0,0108)	34,45 33,40 35,95 29,95	33,44 ± 0,86 (34,77)	24,64 ± 0,19

Tabelle Ia (Fortsetzung)

	Mergewicht		Reißlänge in km		Hygro- skopizität %
	Einzel- wert	Mittel	Einzel- prüfung	Mittel	
Normalröste	0,0101 0,0106 0,0116	0,0107	46,10 50,53 42,02	46,22 ± 1,72	25,00 ± 0,04
Unterröste	0,0125 0,0142 0,0149	0,0139 (0,0109)	39,07 40,19 38,08	39,11 ± 0,43 (43,11)	29,41 ± 0,30
<b>VI.</b> Litauer Lein					
Überröste	0,0079 0,0104 0,0116	0,0106	24,16 29,86 30,17	28,06 ± 1,56	23,21 ± 0,23
Normalröste	0,0089 0,0101 0,0101	0,0097	41,26 38,78 35,83	38,62 ± 1,11	24,01 ± 0,07
Unterröste	0,0103 0,0116	0,0110 (0,0100)	43,16 42,46	42,81 ± 0,30 (44,14)	28,32 ± 0,13
<b>VII.</b> Schleswig-Holsteiner Lein					
Überröste	0,0085 0,0102 0,0167	0,0118 (0,0103)	34,20 32,66 37,23	34,70 ± 0,99 (36,70)	23,13 ± 0,16
Normalröste	0,0071 0,0097 0,0103 0,0120	0,0098	52,59 49,76 45,52 37,67	46,39 ± 2,34	24,87 ± 0,25
Unterröste	0,0129 0,0133 0,0170	0,0144 (0,0099)	40,31 38,06 47,65	42,01 ± 2,25 (48,01)	27,84 ± 0,12
<b>VII.</b> Schlesw.-Holst. Lein			Einspannlänge 1 cm		
Überröste	0,0084 0,0088 0,0098	0,0090 (0,0100)	44,41 49,29 49,15	47,62 ± 1,28 (46,29)	

Tabelle Ia (Fortsetzung)

	Metergewicht		Reißlänge in km		Hygroskopizität %
	Einzelwert	Mittel	Einzelprüfung	Mittel	
Normalröste	0,0082	0,0195 (0,0105)	55,81	54,96 ± 2,29 (53,63)	
	0,0084		59,73		
	0,0119		49,34		
Unterröste	0,0104	0,0107	58,26	57,62 ± 1,10	
	0,0108		59,73		
	0,0109		54,86		
Hanf Überröste		0,0276	Einspannlänge 5 cm		27,60 ± 0,05
	0,0253		31,13	30,58 ± 1,28	
	0,0260		33,24		
0,0314	27,38				
Normalröste	0,0224	0,0265	41,96	39,76 ± 2,11	28,15 ± 0,12
	0,0243		42,85		
	0,0263		34,47		
Unterröste	0,0272	0,0280	36,74	34,73 ± 0,82	31,59 ± 0,03
	0,0277		32,68		
	0,0290		34,78		
Italienischer Hanf		0,0286		32,35 ± 0,53	26,04 ± 0,50
	0,0274		31,02		
	0,0286		33,45		
	0,0298		32,58		

Diese an 7 verschiedenen Flachssorten ausgeführten Versuche lassen mit Sicherheit erkennen, daß der im Wasser geröstete Flachs sich genau umgekehrt verhält. Mit fortschreitendem Röstgrad sinkt die Hygroskopizität. Dieselbe Erscheinung zeigt sich bei den Fäulnisversuchen an Flachsfasern, wie aus Tabelle III zu ersehen ist. Bei denselben Versuchen mit Jute läßt sich allerdings keine gesetzmäßige Änderung der Hygroskopizität beobachten. Das dürfte wahrscheinlich dadurch zu erklären sein, daß die benutzte Juteprobe sehr ungleichmäßig war; es befanden sich helle, feine, weiche Fasern von hohem Glanz zusammen mit dunkelbraunen, dicken, harten, wenig glänzenden. Ich hatte vor der Versuchsausführung diesen Unterschieden nicht eine so große Bedeutung beigemessen, wie sie tatsächlich zu haben scheinen. Ich glaube, daß

man aus diesen mit Jute angestellten Versuchen fast nichts entnehmen kann, und führe sie nur an, um zu zeigen, welchen Einfluß solche Ungleichmäßigkeiten des Materials haben können.

Wie sich die Hygroskopizität mit fortschreitender Tauröste ändert, habe ich nicht untersucht. Doch kann man diese Verhältnisse wenigstens für die verschiedenen Stadien der Überröste aus den durchgeführten Verwesungsversuchen (Tab IV) ersehen, weil hier ja im wesentlichen die gleichen Bedingungen wie bei der Tauröste vorgelegen haben. Es zeigt sich hier bei den Untersuchungen an Flachs, daß die Hygroskopizität mit weiterer Verwesung größer wird. (Aus den Versuchen mit Jute ist wiederum ebenso wie bei den mit diesem Material ausgeführten Fäulnisversuchen nichts Sicheres festzustellen). Dies Ergebnis steht in Einklang mit den WIESNERSCHEN Resultaten, der bei der Zersetzung von Fasern „an der Luft“ ebenfalls ein Ansteigen der Hygroskopizität beobachtet hat.

Es ergibt sich also aus den bisher besprochenen Prüfungen, daß im Gegensatz zur Wasserröste, die ein ständiges Sinken der Hygroskopizität bewirkt, die Tauröste wenigstens nach dem Überschreiten der Röststreife ein Anwachsen der Hygroskopizität hervorruft. Man kann danach annehmen, daß es sich bei dem von HÖNIG<sup>1)</sup> geprüften überrösteten Flachs, über dessen Röstart er nichts mitteilt, um Tauröstflachs gehandelt hat.

Wie dagegen die Hygroskopizitätsänderung bei den in der Tauröste befindlichen Fasern vom Röstbeginn bis zur Röststreife verläuft, ist noch ungeklärt. Zwar kann man aus der handelsüblichen Reprise sowie aus den angeführten Untersuchungen von HERZOG und HÖNIG (vgl. S. 233—235 dies. Arbeit) entnehmen, daß der normal geröstete Tauröstflachs eine höhere Hygroskopizität hat als der Wasserröstflachs. Indessen zeigt sich, daß dieser Unterschied nicht sehr beträchtlich ist, nach HÖNIG nur  $\frac{1}{2}\%$ , nach HERZOG ca. 1%. Andererseits aber sieht man aus den Hygroskopizitätswerten für den unterrösteten (nur ganz schwach angerösteten) Flachs in Tab. Ia und b, daß die ungerösteten Flachsfasern mindestens eine Hygroskopizität von 30% aufweisen müssen. Ich vermute daher, daß bei der Tauröste zunächst die Hygroskopizität der Bastfasern sinkt, allerdings nicht so stark wie bei der Wasserröste. Dieses Geringerwerden der Hygroskopizität wird wahrscheinlich bis zum Eintreten

<sup>1)</sup> HÖNIG, a. a. O., S. 87.

der Röstreihe anhalten, danach findet wieder, wie wir gesehen haben, ein Ansteigen statt.

Nach dieser mehr allgemein gehaltenen Betrachtung über den Verlauf der Hygroskopizität will ich nun an den in Tabelle Ia enthaltenen Hygroskopizitätswerten untersuchen, ob sich im einzelnen Gesetzmäßigkeiten irgendwelcher Art über die Hygroskopizitätsänderung auffinden lassen. Ich habe zu dem Zweck dasselbe Zahlenmaterial in Tabelle Ib noch einmal in anderer Gruppierung zusammengestellt.

Tabelle Ib

Flachs- sorte	Hygroskopizität (‰)	Reißlänge in km	
		beobachtet	umgerechnet
Unterröste			
I	31,22 ± 0,31	38,18 ± 1,21	42,18
II	30,72 ± 0,17	39,99 ± 1,80	46,65
III	30,27 ± 0,05	40,74 ± 1,90	46,74
IV	30,12 ± 0,02	37,25 ± 1,12	41,25
V	29,41 ± 0,30	39,11 ± 0,43	43,11
VI	28,32 ± 0,13	42,81 ± 0,30	44,14
VII	27,84 ± 0,12	42,01 ± 2,25	48,01
Mittel	29,70 ± 0,07	40,01 ± 0,55	45,58
Normalröste			
I	27,81 ± 0,10	39,55 ± 1,33	43,45
II	27,64 ± 0,19	46,18 ± 1,34	50,18
IV	25,91 ± 0,08	44,42 ± 0,59	44,42
III	25,38 ± 0,04	39,64 ± 0,67	43,64
V	25,00 ± 0,04	46,22 ± 1,72	46,22
VII	24,87 ± 0,25	46,39 ± 2,34	46,39
VI	24,01 ± 0,07	38,62 ± 1,11	38,62
Mittel	25,80 ± 0,05	43,00 ± 0,54	44,72
Überröste			
II	25,55 ± 0,13	32,50 ± 1,22	40,50
IV	25,15 ± 0,09	32,53 ± 0,39	36,53
V	24,64 ± 0,19	33,44 ± 0,86	34,77
III	24,46 ± 0,17	31,03 ± 0,91	33,69
I	24,64 ± 0,02	21,61 ± 1,03	30,94
VI	23,21 ± 0,23	28,06 ± 1,56	28,06
VII	23,13 ± 0,16	34,70 ± 0,99	36,70
Mittel	24,40 ± 0,06	30,55 ± 0,40	34,46

Man erkennt zunächst, daß die Hygroskopizität der einzelnen Sorten in den gleichen Röstgraden beträchtliche Unterschiede auf-

weist. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu der erwähnten Untersuchung von KUHNERT<sup>1)</sup>, der bei 14 verschiedenen Flachsproben den gleichen Wassergehalt fand. Dieser Widerspruch dürfte sich wohl durch die sehr unzweckmäßige und vielleicht auch ungenaue Versuchsanstellung bei KUHNERT erklären; denn es ist unwahrscheinlich, daß bei 14 verschiedenen Flachssorten zufällig die gleiche Hygroskopizität vorhanden gewesen sein soll.

Da der unterröstete Flachs durch die 30-stündige Röste nur ganz schwach angeröstet sein kann, dabei aber ebenso große Hygroskopizitätsunterschiede besitzt wie in den übrigen Röststadien, so kann man annehmen, daß bereits das ungeröstete Material Verschiedenheiten in der Hygroskopizität haben muß, daß diese nicht etwa erst in der Röste entstehen. Im Zusammenhang damit steht auch die Tatsache, daß die Hygroskopizitätsunterschiede der einzelnen Sorten innerhalb der gleichen Röstgrade nicht von der Röstdauer abhängig sind, die zur Erzielung der Voll- und Überröste verschieden gewählt werden mußte.

Ordnet man die unterrösteten Flachssorten nach der Höhe ihrer Hygroskopizitätswerte, so zeigt sich, daß sie im großen und ganzen auch in den beiden anderen Röststadien diese Reihenfolge beibehalten. Die Abweichungen bei der Vollröste und die geringen Verschiebungen bei der Überröste zwischen Flachs III, IV, V liegen innerhalb der Fehler, dagegen weicht Flachs I von der vorherigen Reihenfolge wesentlich ab, so daß man annehmen muß, daß diese Sorte gegen Überröste besonders empfindlich ist.

Um nun die Hygroskopizitätsänderungen der verschiedenen Flachssorten in den 3 Röststadien besser vergleichen zu können, habe ich in Tabelle II jedesmal den Hygroskopizitätsverlust bei der Vollröste und Überröste gegenüber der Unterröste berechnet, und zwar habe ich ihn in Prozenten der Hygroskopizität des unterrösteten Materials ausgedrückt. Man sieht daraus, daß die Hygroskopizitätsänderung bei den einzelnen Sorten in den untersuchten Röststadien ganz verschieden ist. Dabei ist es möglich, daß die Überröste bei den verschiedenen Sorten verschieden weit vorge-schritten war, dagegen glaube ich, daß die Vollröste bei allen Flächsen annähernd gleichmäßig erreicht war.

Bei der Betrachtung über den Verlauf der Hygroskopizitäts-änderung ergibt sich die Frage nach den Ursachen dafür. Die

---

<sup>1)</sup> KUHNERT, a. a. O., S. 31.

wenigen bisher in der Literatur darüber geäußerten Ansichten gehen auseinander.

Tabelle II

Unterröste (30 Std.)		Vollröste			
Flachs- sorte	Hygroskopizität %	Flachs- sorte	Hygroskopizität %	Röstdauer Tage	Hygroskopizitäts- Verlust*) %
I	31,22 ± 0,31	I	27,81 ± 0,10	4	10,91 ± 1,05
II	30,73 ± 0,17	II	27,64 ± 0,19	4	10,02 ± 0,83
III	30,27 ± 0,05	IV	25,91 ± 0,08	5	13,91 ± 0,27
IV	30,12 ± 0,02	III	25,38 ± 0,04	5	16,15 ± 0,21
V	29,41 ± 0,30	V	25,00 ± 0,04	3	15,00 ± 1,04
VI	28,32 ± 0,13	VII	24,81 ± 0,25	3	10,67 ± 1,00
VII	27,84 ± 0,12	VI	24,01 ± 0,01	4	15,22 ± 0,53
Mittel				4	13,30 ± 0,30

Überröste			
Flachssorte	Hygroskopizität %	Röstdauer Tage	Hygroskopizitäts- Verlust*) %
II	25,55 ± 0,13	8	16,83 ± 0,70
IV	25,15 ± 0,09	9	16,50 ± 0,31
V	24,64 ± 0,19	7	16,22 ± 1,22
III	24,46 ± 0,17	9	19,20 ± 0,61
I	24,24 ± 0,02	8	22,13 ± 1,02
VI	23,21 ± 0,23	8	18,04 ± 0,94
VII	23,13 ± 0,16	7	16,92 ± 0,72
Mittel		8	17,98 ± 0,32

\*) Hygroskopizitätsverlust gegenüber dem unterrösteten Stadium in % der Hygroskopizitätswerte des unterrösteten Flachses.

HÖNIG<sup>1)</sup> hat Hygroskopizitätsbestimmungen an entfetteter Baumwolle und entfetteten Bastfasern gemacht und gefunden, daß in den meisten (nicht allen) Fällen durch die Entfettung ein Sinken der Hygroskopizität eintrat. Er erklärt das durch zwei Ursachen. Einmal nimmt er an, daß durch die Entfettung auch die „Begleitstoffe“, welche eine hohe Hygroskopizität haben, entfernt worden sind; doch hält er diesen Einfluß nur für gering. Hauptsächlich erklärt er die Hygroskopizitätsänderung durch die „Annahme, daß eine die Faser umhüllende Fett-(Wachs-)Schicht eine Wasserabgabe aus dem Faserinnern erschwert“. Ob HÖNIG nun tatsächlich, wie

<sup>1)</sup> HÖNIG, a. a. O., S. 158.

man aus der soeben angeführten Stelle entnehmen müßte, vom feuchten Material bei seinen Versuchen ausgegangen ist, läßt sich sonst nirgends in seiner Arbeit ersehen. In diesem Falle wäre die Versuchsanstellung<sup>1)</sup> zu beanstanden, im anderen Falle müßte die Erklärung unzutreffend sein.

Ferner versucht RUSCHMANN<sup>2)</sup> eine Erklärung für die hohe Hygroskopizität der Flachsfasern zu geben. Er geht von der Untersuchung von BOWMAN<sup>3)</sup> aus, der gefunden hatte, daß die Rohbaumwolle eine höhere Hygroskopizität aufweist als die gereinigte Baumwolle und diesen Unterschied auf die „wässerigen Extraktstoffe“ der Rohware, also die nicht direkt zur Faser gehörigen „Begleitstoffe“ zurückführt. RUSCHMANN gibt zu, daß diese „Verunreinigungen“ auch beim Flachs die Hygroskopizität beeinflussen können, glaubt aber, daß hier in erster Linie die Pektinstoffe die Höhe der Hygroskopizität bedingen. Er begründet diese Ansicht durch die vorher erwähnte Untersuchung von HÖNIG, wonach überrösteter Flachs eine höhere Hygroskopizität haben soll als normal gerösteter. Wir haben bereits gesehen, daß das nur für Tauröstflachs gelten kann. RUSCHMANN verallgemeinert das Ergebnis jedoch und sagt zur Begründung seiner Ansicht: „Deshalb führt die überröstete Faser, welche eher weniger Decksubstanz als die normal geröstete besitzt, aber dafür eine weitergehende Aufschließung erfahren hat und stärkere Bloßlegung der Pektinkörper zeigt, unter gleichen Bedingungen fast 1% Wasser mehr.“

Außerdem findet sich noch bei HERZOG<sup>4)</sup> eine Begründung für den von ihm beobachteten höheren Wassergehalt des Tauröstflaches gegenüber dem Wasserröstflachs. Er erklärt die höhere Hygroskopizität durch die „unvollständige Entfernung der beträchtlich hygroskopischen Extraktivstoffe des Flachsstengels bei der Tauröste“.

Ich glaube, daß man auf Grund der vorliegenden Ergebnisse zwei Ursachen für die Hygroskopizitätsänderung bei Fasern der gleichen Pflanzenart annehmen muß: 1. den verschieden hohen Ge-

---

<sup>1)</sup> Vgl. MITSCHERLICH, Bodenkunde. S. 70.

<sup>2)</sup> RUSCHMANN, Entwertung des Schwungflachses durch Mikroorganismen. Faserforsch. 1923, Bd. 3, H. 2, S. 159.

<sup>3)</sup> BOWMAN, The structure of the cotton fibre. London 1918. S. 150 (nach Ruschmann, S. 159).

<sup>4)</sup> HERZOG, Der Wassergehalt der ausgearbeiteten Flachsfaser. S. 38.

halt an Begleitsubstanzen und Pektinstoffen, 2. den verschiedenen Grad der Zersetzung, d. h. der Mazeration der Faser. Daß die Hygroskopizität der reinen Zellulosefaser verhältnismäßig sehr niedrig ist, sieht man aus Tabelle VII für den untersuchten Leinenstoff. Besonders der alte hausgewebte Leinenstoff, der keine Appretur enthält und durch das häufige Waschen auch die letzten Reste von Begleitsubstanzen und Pektinen verloren haben muß, dürfte aus nahezu reiner Zellulose bestehen. Andererseits haben wir gesehen, daß die ungeröstete Faser eine sehr hohe Hygroskopizität besitzt. Dieser Hygroskopizitätsunterschied ist sicher in erster Linie durch den hohen Gehalt der ungerösteten Fasern an Pektinen, „Extraktivstoffen“ und „Begleitsubstanzen“ bedingt, die zum großen Teil während der Röste durch die Röstorganismen aufgezehrt werden; so beträgt z. B. der Röstverlust durch die Wasserröste normalerweise 25%<sup>1)</sup>. Dadurch bewirkt das Rösten ein Sinken der Hygroskopizität und zwar sowohl bei der Wasserröste als auch bei der Tauröste, wenigstens bis zum Eintritt der Röstreife.

Daß dabei die Hygroskopizität bei der Wasserröste stärker sinkt als bei der Tauröste, erklärt sich einmal durch die starke Auslaugung der wasserlöslichen „Extraktivstoffe“; diese beträgt z. B. bei der Warmwasserbassinröste in den ersten 12 Stunden 12,3%<sup>2)</sup>. Ein zweiter Unterschied liegt darin, daß die von den Mikroben noch nicht völlig zersetzten Gewebeteilchen, die weitgehend mazeriert sind und daher eine hohe Hygroskopizität haben müssen, bei der Tauröste auf der Faser bleiben und die Deckschichten vermehren, während sie bei der Wasserröste dauernd zu Boden sinken. Das zeigte sich besonders deutlich bei den Fäulnisversuchen an dem feinen, auf dem Boden befindlichen Schlamm, ist außerdem bei jeder Bassinröste zu beobachten.

Diese Tatsache bietet auch, wie ich glaube, die Erklärung für die verschiedene Hygroskopizitätsänderung, die nach dem Überschreiten der Röstreife zwischen dem wassergerösteten und taugerösteten Material vorhanden ist. Während, wie gesagt, durch das Verschwinden der leicht angreifbaren Begleitstoffe (ligninfreie Pektine, Stärke, Eiweiß, Zucker usw.) die Hygroskopizität fällt, verursacht die ständige Auflagerung von stark zersetzten Gewebeteilchen (Ver-

1) Vgl. u. a. HERZOG, Was muß der Flachskäufer vom Flachsstengel wissen? Tab. 4.

2) Vgl. RUSCHMANN, Grundlagen der Röste. 1923, S. 73.

mehrung der Deckschichten), die durch die fortschreitende Mazerierung der Faser entsteht, ein Steigen der Hygroskopizität. Solange nun bei der Tauröste der erste Einfluß überwiegt, fällt die Hygroskopizität. Wenn dann nach Eintritt der Röststufe alle leicht angreifbaren, stark hygroskopischen Substanzen zersetzt sind, erhält der entgegenwirkende Vorgang das Übergewicht und bewirkt höher werdende Hygroskopizität. Bei der Wasserröste dagegen kommt es zu keiner Auflagerung, sondern im Gegenteil zu einer weiteren Abscheidung der mazerierten Teilchen, so daß die Hygroskopizität auch nach Überschreiten der Vollröste sinkt, wenn auch nicht mehr so stark wie vorher. Daß der Einfluß der Deckschichten auf die Hygroskopizität beträchtlich sein kann, ergibt sich aus der Tatsache, daß z. B. eine schlecht geröstete Faser in der nachfolgenden Bleiche bis zu 30—40% an Gewicht<sup>1)</sup> verliert.

Welche Aussichten ergeben sich nun nach den bisher angestellten Betrachtungen für die Möglichkeit einer Faserbewertung, insbesondere einer Beurteilung der Festigkeit durch die Hygroskopizitätsbestimmungen?

Es erscheint dabei selbstverständlich, daß dadurch nur diejenigen Einflüsse auf die Festigkeit ermittelt werden können, die durch Zersetzungserscheinungen (Röstgrad) bedingt sind und, wenn man das als besonderen Fall betrachten will, solche, die durch von vornherein verschiedene chemische Zusammensetzung, z. B. verschiedenen Pektingehalt, verursacht werden.

Dagegen werden bei Festigkeitsverminderungen, die z. B. durch mechanische Einwirkungen<sup>2)</sup> hervorgerufen worden sind, sicher keine Hygroskopizitätsänderungen auftreten.

Ob feinere Strukturunterschiede, die möglicherweise bei der Festigkeit verschiedener Sorten der gleichen Faserpflanze, z. B. verschiedener Flachssorten, von Einfluß sein könnten, sich auch durch verschiedene Hygroskopizität zu erkennen geben, ist zweifelhaft. Es wäre z. B. denkbar, daß durch verschiedene Größe der Mizellen auch Hygroskopizitätsunterschiede hervorgerufen werden könnten. Doch dürften diese so gering sein, daß sie von den übrigen Faktoren, welche eine Hygroskopizitätsänderung bedingen, überdeckt werden.

---

<sup>1)</sup> Vgl. RUSCHMANN, Grundlagen der Röste. S. 18.

<sup>2)</sup> Vgl. MÜLLER, Einfluß u. Erkennung mechanischer Behandlung der Flachsfasern. Faserforsch. 1921. Bd. 1, H. 1, S. 23.

Die Frage nach der Beurteilung der Festigkeit mittels der Hygroskopizitätsbestimmung muß also eingeschränkt werden und wird dadurch gleichbedeutend mit der Frage nach der Erkennung des Zersetzungsgrades.

Daß auch die Lösung dieser Aufgabe nicht ganz einfach sein kann, ergibt sich schon aus der vorher angestellten Betrachtung über den Hygroskopizitätsverlauf mit fortschreitender Röste. Wir müssen danach zwischen dem durch Wasserröste und dem mittels Tauröste gewonnenen Fasermaterial einen grundlegenden Unterschied machen. Bei der Tauröste liegen die Verhältnisse insofern etwas einfacher, als hier die beste, d. h. die normal geröstete Faser die niedrigste Hygroskopizität hat, während unter- und überröstete Fasern höhere Hygroskopizitätswerte aufweisen. Dadurch dürfte wahrscheinlich der günstigste Hygroskopizitätswert direkt zu erkennen sein. Dagegen besitzt, wie wir gesehen haben, das normal geröstete Material aus der Wasserröste eine mittlere Hygroskopizität, die also zwischen derjenigen der unter- und überrösteten Faser liegt. Hier müßte man zunächst auf eine andere Weise (Prüfung von Festigkeit, Aussehen, Griff usw.) die eingetretene Vollröste feststellen, könnte darauf den Hygroskopizitätswert ermitteln und diesen dann später zur bequemen Beurteilung anderen Materials, bei dem man sich eine umständliche Festigkeitsprüfung ersparen will, benutzen, soweit sich das als möglich herausstellen sollte.

Diese Beurteilungsmöglichkeit wird in beiden Fällen, sowohl bei der Tauröste als auch bei der Wasserröste, dadurch kompliziert, daß die verschiedenen Sorten einer Faserart im gleichen Röststadium verschieden hohe Hygroskopizität haben. Wenigstens hat sich das, wie bereits vorher erwähnt (vgl. Tab. Ib), für Flachs mit Sicherheit ergeben und dürfte für die übrigen Bastfasern in ähnlicher Weise zutreffen. Es entsteht nun die Frage, ob auch diese durch die verschiedenartige Zusammensetzung der Fasern bedingten, nicht durch verschieden starke Zersetzung hervorgerufenen Hygroskopizitätsunterschiede gesetzmäßige Beziehungen zur Zugfestigkeit der Fasern erkennen lassen. Die von mir ausgeführten Untersuchungen, deren Ergebnisse in Tab. Ib zusammengestellt sind, zeigen, daß das wahrscheinlich nicht der Fall ist. Die verschiedenen Flachssorten sind nach der Höhe ihrer Hygroskopizität geordnet. Die Unterschiede zwischen den Festigkeitswerten liegen in fast allen Fällen innerhalb der Fehlergrenzen. Selbst wenn man die Fehler nicht berücksichtigen wollte, ist nicht die geringste Übereinstimmung

im Verlauf von Hygroskopizitäts- und Festigkeitsänderungen zu ersehen. Diese Erscheinung zeigt sich in allen drei Röststadien.

Daraus ergibt sich, daß es auch bei Material der gleichen Röstart nicht möglich ist, für eine bestimmte Faserart, z. B. Flachs, ein für alle Sorten feststehendes Verhältnis zwischen Hygroskopizität und Festigkeit aufzustellen, etwa in der Weise, daß einer bestimmten Hygroskopizität auch ein bestimmter Festigkeitswert entspräche.

Es bleibt nun noch zu untersuchen, ob sich wenigstens für jede einzelne Sorte bei fortschreitendem Röstgrad eine gesetzmäßige Beziehung zwischen Hygroskopizitäts- und Festigkeitsänderung finden läßt und ob das etwa vorhandene Verhältnis für die verschiedenen Sorten wenigstens prozentual gleich ist.

Leider weisen die zur Lösung dieser Frage unternommenen Versuche mancherlei Mängel auf. Vor allen Dingen machen die großen Fehler bei den Festigkeitsprüfungen es fast unmöglich, genauere Gesetzmäßigkeiten zu ermitteln. Es wäre hier zweckmäßig gewesen, die Reißlängenbestimmungen nach zwei verschiedenen Verfahren (1. Nummermethode, 2. Prüfung mittels direkter Querschnittsbestimmung) auszuführen, um so eine bessere Kontrolle über die Zuverlässigkeit der erhaltenen Werte zu haben.

Ferner wäre es erforderlich gewesen, von jeder einzelnen Sorte Fasern in zahlreichen verschiedenen Röstgraden zu gewinnen. Das war auch bei den selbstangebauten Flachssorten beabsichtigt; es stellte sich jedoch später heraus, daß das geerntete Material nur für drei Röststadien (Unter-, Voll- und Überröste) ausreichte. Davon haben unterröstetes und normalgeröstetes Material annähernd die gleiche Festigkeit, so daß bei jeder Sorte nur eine Festigkeitsdifferenz (zwischen Vollröste und Überröste) vorhanden ist (vgl. Tabelle Ia und b). (Im Gegensatz dazu fand MÜLLER<sup>1)</sup>, daß unterrösteter Flachs eine geringere Festigkeit hat als fertigerösteter. Vielleicht ist dieser Unterschied dadurch zu erklären, daß MÜLLER den Flachs in allen Röststadien auf gleiche Weise ausarbeitete, wodurch der unterröstete Flachs stärkere mechanische Beanspruchung erlitten haben könnte.)

Ich bin daher bei der Beantwortung der Frage nach den gesetzmäßigen Beziehungen zwischen Hygroskopizitäts- und Festig-

<sup>1)</sup> MÜLLER, Der Flachs in verschiedenen Röststadien. Faserforsch. 1923, Bd. 3, H. 1, S. 44 ff.

keitsänderung bei einer bestimmten Fasersorte nur auf die Fäulnis- und Verwesungsversuche angewiesen, bei denen 5 bzw. 4 verschiedene Zersetzungsgrade vorliegen. Dabei ist es kein Nachteil, daß bei diesen Versuchen kein Material in verschiedenen Graden der Unterröste vorhanden ist. Denn da die unterrösteten Fasern die gleiche Festigkeit wie die normalgerösteten haben, so ist es natürlich in den Stadien der Unterröste unmöglich, einen Vergleich zwischen Hygroskopizitäts- und Festigkeitsänderung anzustellen. Dieser kann nur beginnend mit der Vollröste für die verschiedenen Grade der Überröste durchgeführt werden.

Ich halte es allerdings nicht für ganz ausgeschlossen, daß gerade bei den Fäulnis- und Verwesungsversuchen auch die Hygroskopizitätsbestimmungen mehr oder weniger fehlerhaft sein können. Bei den Fäulnisversuchen haftete an den Fasern ein beträchtlicher Teil der Kahmhaut, so daß ich es für zweckmäßig hielt, das Material unter der Wasserleitung abzuspülen. Wenn auch das Abspülen in allen Fällen möglichst gleichmäßig ausgeführt wurde, ist es doch denkbar, daß dadurch eine verschiedenartige Beeinflussung der Hygroskopizität eingetreten sein kann. Andererseits waren bei den Verwesungsversuchen beim III. und besonders beim IV. Versuch außer starker Schimmelbildung zahlreiche kleine tierische Lebewesen, besonders Maden, auf den Fasern vorhanden. Auch war das Filtrierpapier, auf dem das Material lag, bereits stark zersetzt, so daß Teile davon an den Fasern haften geblieben sein können. Da ich ein Abspülen des Materials in diesem Falle vermeiden wollte, ist es wahrscheinlich, daß durch das nachfolgende ganz schwache, vorsichtige Hecheln die anhaftenden Fremdsubstanzen nur zum Teil entfernt worden sind. Dadurch können selbstverständlich auch Änderungen der Hygroskopizität eingetreten sein.

Wie sich Hygroskopizitäts- und Festigkeitsänderung zueinander verhalten, ist für den Fäulnisversuch aus Tab. III, für den Verwesungsversuch aus Tab. IV zu ersehen. Dieses Verhältnis würde danach beim Fäulnisversuch in einer stark gekrümmten, beim Verwesungsversuch in einer ganz schwach gekrümmten Kurve verlaufen. Eine genaue Gesetzmäßigkeit des Kurvenverlaufs und damit der Beziehungen zwischen Hygroskopizitäts- und Festigkeitsänderung läßt sich jedoch meiner Ansicht nach aus den vorliegenden Versuchsergebnissen nicht mit Sicherheit ermitteln.

Tabelle III

*Fäulnisversuche an Flachs*

Fäulnis- dauer	Metergewicht		Reißlänge in km		Hygroskopizität %
	Einzelwert	Mittel	Einzel- prüfung	Mittel	
I. Ausgangs- material	0,0103	0,0103	51,00	48,38 ± 2,01	23,37 ± 0,02
	0,0107		43,34		
	0,0098		50,81		
II. 16 Tage	0,0077	0,0096	36,23	31,51 ± 1,88	23,28 ± 0,02
	0,0125		28,23		
	0,0085		30,07		
III. 32 Tage	0,0104	0,0117 (0,0102)	18,52	18,77 ± 0,53 (20,77)	22,85 ± 0,02
	0,0117		20,09		
	0,0129		17,70		
IV. 48 Tage	0,0094	0,0087 (0,0102)	17,02	18,61 ± 0,70 (16,61)	22,66 ± 0,01
	0,0078		20,36		
	0,0088		18,45		
V. 64 Tage	0,0116	0,0091 (0,0106)	14,47	16,21 ± 0,69 (14,22)	22,02 ± 0,07
	0,0071		17,30		
	0,0085		16,88		

*Fäulnisversuche an Jute*

I. Ausgangs- material	0,0089	0,0114	23,80	20,74 ± 1,22	30,50 ± 0,02
	0,0107		20,64		
	0,0145		17,77		
II. 16 Tage	0,0193	0,0179	16,18	17,06 ± 0,48	31,85 ± 0,29
	0,0181		16,82		
	0,0163		18,18		
III. 32 Tage	0,0191	0,0176	14,96	16,76 ± 0,52	31,30 ± 0,13
	0,0191		18,24		
	0,0147		17,08		
IV. 48 Tage	0,0227	0,0200	13,50	14,30 ± 0,32	32,26 ± 0,20
	0,0195		14,94		
	0,0177		14,45		
V. 64 Tage	0,0227	0,0217	12,56	13,12 ± 0,29	31,66 ± 0,08
	0,0221		14,09		
	0,0186		12,70		

Tabelle IV

*Verwesungsversuche an Flachs*

Verwesungsdauer	Metergewicht		Reißlänge in km		Hygroskopizität %
	Einzelwert	Mittel	Einzelprüfung	Mittel	
I. Ausgangsmaterial	0,0103	0,0103	51,00	48,38 ± 2,01	23,31 ± 0,02
	0,0101		43,34		
	0,0098		50,81		
II. 2 Wochen	0,0109	0,0113 (0,0098)	40,48	41,03 ± 0,49 (43,33)	24,75 ± 0,09
	0,0113		40,36		
	0,0119		42,26		
III. 4 Wochen	0,0082	0,0085 (0,0100)	30,15	32,65 ± 1,00 (30,65)	25,91 ± 0,05
	0,0083		34,10		
	0,0091		33,70		
IV. 6 Wochen	0,0108	0,0092 (0,0107)	20,17	22,19 ± 0,80 (20,19)	26,86 ± 0,08
	0,0092		22,90		
	0,0076		23,49		

*Verwesungsversuche an Jute*

I. Ausgangsmaterial	0,0089	0,0114	23,80	20,74 ± 1,22	30,50 ± 0,02
	0,0107		20,64		
	0,0145		17,17		
II. 2 Wochen	0,0136	0,0143	18,10	19,22 ± 1,12	32,79 ± 0,03
	0,0142		22,03		
	0,0150		17,52		
III. 4 Wochen	0,0107	0,0125	24,76	24,36 ± 0,53	31,79 ± 0,07
	0,0124		25,30		
	0,0144		23,02		
IV. 6 Wochen	0,0128	0,0131	21,59	21,85 ± 0,28	32,43 ± 0,34
	0,0128		22,56		
	0,0136		21,41		

Dadurch wird auch die Lösung des zweiten Teils der hier erörterten Frage erschwert, nämlich, ob das Verhältnis zwischen den in Prozenten ausgedrückten Hygroskopizitäts- und Festigkeitsänderungen bei verschiedenen Sorten einer Faserart gleich ist. Mit anderen Worten würde die Frage lauten: Haben verschiedene Sorten, die durch Übröste den gleichen Hygroskopizitätsverlust

erlitten haben (ausgedrückt in % der Hygroskopizitätswerte für das normalgeröstete Material), auch den gleichen Festigkeitsverlust erfahren?

Zur Beantwortung dieser Frage sollen die an verschiedenen Flachssorten ausgeführten Hygroskopizitäts- und Festigkeitsprüfungen dienen (vgl. Tab. Ia und b). Ich habe zu diesem Zweck jedesmal den Hygroskopizitätsverlust und den Reißlängenverlust des überrösteten Flachses gegenüber dem normalgerösteten in Prozenten der entsprechenden Werte des normal gerösteten Materials berechnet und in Tab. V zusammengestellt.

Tabelle V

Flachssorte	Hygroskopizitätsverlust (%)	Reißlängenverlust (%) bei den beobachteten   umgerechneten Werten		Verhältnis von Hygr.-Verl. zum Reißl.-Verlust bei den beobachteten   umgerechnet. Werten	
		I	12,83 ± 0,37	45,37 ± 4,52	28,96
II	7,56 ± 0,88	29,63 ± 4,02	19,30	1 : 3,9	1 : 2,6
VII	7,00 ± 1,20	25,21 ± 5,63	20,88	1 : 3,6	1 : 3,0
III	3,62 ± 0,56	21,80 ± 2,88	22,90	1 : 6,0	1 : 6,3
VI	3,33 ± 1,01	27,35 ± 5,02	27,35	1 : 8,2	1 : 8,2
IV	2,98 ± 0,46	26,77 ± 1,63	17,76	1 : 9,1	1 : 6,1
V	1,44 ± 0,78	27,66 ± 4,29	24,77	1 : 19,2	1 : 17,2

Hygroskopizitätsverlust bzw. Reißlängenverlust des überrösteten Flachses gegenüber dem normalgerösteten, ausgedrückt in Prozenten der entsprechenden Werte des normalgerösteten.

Da es auf Grund des Fäulnisversuches wahrscheinlich ist, daß das Verhältnis zwischen Hygroskopizitäts- und Festigkeitsverlust durch eine gekrümmte Kurve wiedergegeben wird, so muß man annehmen, daß dieses Verhältnis mit fortschreitendem Verlauf der Kurve, d. h. mit wachsendem Hygroskopizitäts- oder Festigkeitsverlust sich ändert und zwar kleiner wird. Darauf scheinen auch die Zahlen in Tab. V zu deuten. Man darf also auch bei den verschiedenen Sorten ein gleiches Verhältnis, falls dieses überhaupt vorhanden sein sollte, nur erwarten, wenn man die Werte für die Hygroskopizitätsverluste in derselben Höhe vergleicht.

Betrachtet man nun die Zahlen in Tab. V, so zeigt sich, daß die vorher schon recht großen Fehler durch die Umrechnung in Prozentzahlen noch bedeutend erhöht sind. Infolgedessen weisen bei den verschiedenen Flachssorten für den Reißlängenverlust sämtliche

Werte, für den Hygroskopizitätsverlust alle außer Flachs I keine Unterschiede auf, die außerhalb  $4 R^1$ ) liegen. Es läßt sich also nach diesen Versuchsergebnissen die hier gestellte Frage nicht entscheiden.

Wenn es somit nicht gelungen ist, über die wichtigsten Punkte Klarheit zu erhalten, so sind, wie bereits mehrfach betont wurde, in erster Linie die großen Fehler bei den Reißlängenbestimmungen als Ursache dafür anzusehen. Nur verhältnismäßig geringe Störung dürften etwa vorhandene unerwünschte Änderungen in der Hygroskopizität bei den bisher betrachteten Versuchen, die mit laboratoriumsmäßig gewonnenen Fasern ausgeführt sind, verursacht haben. Dagegen glaube ich, daß derartige störende Einflüsse auf die Hygroskopizität bei Fasermaterial aus der Praxis recht beträchtlich sein können, d. h. es können hier meiner Ansicht nach mancherlei Änderungen in der Hygroskopizität eintreten, die gar nicht oder nicht unmittelbar durch den Zersetzungsgrad der Fasern bedingt sind.

Wir hatten bei der Betrachtung der Hygroskopizitätsänderung mit fortschreitendem Röstgrad gesehen, daß sich Wasserröste und Tauröste entgegengesetzt verhalten. Ich hatte diese Unterschiede u. a. vor allem durch die Annahme erklärt, daß bei der Wasserröste eine Abscheidung, bei der Tauröste dagegen eine Auflagerung feiner, weitgehend mazerierter Teilchen mit hoher Hygroskopizität stattfindet. Diese Abscheidung bzw. Auflagerung, welche höchstwahrscheinlich die Hygroskopizität wesentlich beeinflußt, dürfte unter den verschiedenartigen Röstbedingungen in der Praxis recht verschieden ausfallen.

Bei der Warmwasserbassinröste wird verschieden starke Abscheidung eintreten, je nachdem, ob man mit großem oder kleinem Flottenverhältnis arbeitet, ob Wasserdurchfluß u. a. vorhanden ist oder nicht. Bei der Kaltwasserröste wird die Hygroskopizität verschieden sein, wenn man in mehr oder weniger stark fließendem Wasser oder in stehenden Gewässern oder gar in Schlammgruben röstet. Mindestens ebenso starke Hygroskopizitätsunterschiede dürften durch wechselnde Röstbedingungen bei der Tauröste eintreten. Je nach den Niederschlagsverhältnissen in den einzelnen Gegenden und Jahreszeiten werden sich die Röstvorgänge mehr oder weniger denen der Wasserröste nähern, so daß die Hygroskopizitätswerte schwanken. Am schwierigsten liegen die Verhältnisse bei der

---

<sup>1)</sup>  $R =$  wahrscheinlicher Fehler.

gemischten Röste, die eine Kombination von Wasser- und Landröste darstellt. Hier wird durch die Überröste zunächst eine Verringerung, dann eine Erhöhung der Hygroskopizität bewirkt, wodurch die Hygroskopizitätsänderungen sich mehr oder weniger ausgleichen werden.

Es ist selbstverständlich, daß durch diese Einflüsse eine Beurteilung des Zersetzungsgrades und damit der Faserqualität mit Hilfe der Hygroskopizitätsbestimmung in der Praxis sehr erschwert sein wird. Eine weitere Komplikation dürfte noch dadurch entstehen, daß verschieden geröstetes Material z. B. auf einer Sammelstelle vermischt wird und dann gemeinsam zur Prüfung gelangt.

Um nun festzustellen, wie weit die Hygroskopizitätsbestimmung zur Beurteilung von Fasermaterial aus der Praxis brauchbar ist, wurden die schon am Anfang der Arbeit erwähnten Versuche mit lettländischem Flachs ausgeführt (Tab. VIa und VIb).

Auch hier sollte wie bei den übrigen Versuchen durch die Festigkeitsprüfung die Qualität des Flachses ermittelt werden, um so einen Maßstab für die Brauchbarkeit der Hygroskopizitätsmethode zur Faserbeurteilung zu gewinnen. Außerdem lag hier die praktische Klassifizierung vor. Diese kann zwar, da sie nach rein subjektivem Urteil erfolgt, nicht als sehr genau und zuverlässig angesehen werden. Wie ich aus einer brieflichen Mitteilung<sup>1)</sup> glaube entnehmen zu können, scheinen jedoch in der Praxis bei der Beurteilung nach dieser Klassifizierung durch verschiedene Bracker keine größeren Abweichungen als um eine Klasse vorzukommen.

Tabelle VIa

Hof- flachs	Metergewicht		Reißlänge in km		Hygroskopizität %
	Einzelwert	Mittel	Einzel- prüfung	Mittel	
XRX	0,0176		44,18		24,45 ± 0,08
	0,0195	0,0196	36,42	40,99 ± 1,82	
	0,0217	(0,0106)	42,38	(52,99)	
XHDX	0,0103		51,00		23,37 ± 0,02
	0,0107	0,0103	43,34	48,38 ± 2,01	
	0,0098		50,81		

<sup>1)</sup> Briefl. Mitteilung von Herrn I. PRAHTS, Podzjony, Lettland, dem wir die freundliche Zusendung des Materials insonderheit verdanken.

Hof- flachs	Metergewicht		Reißlänge in km		Hygroskopizität %
	Einzelwert	Mittel	Einzel- prüfung	Mittel	
SFPHD	0,0150		34,41		24,39 ± 0,05
	0,0161	0,0158	39,18	38,75 ± 0,93	
	0,0163	(0,0098)	36,67	(44,75)	
FPHD	0,0186		27,84		25,19 ± 0,05
	0,0173	0,0195	35,96	31,24 ± 1,88	
	0,0228	(0,0105)	29,93	(43,24)	
PHD	0,0125		42,83		25,21 ± 0,09
	0,0141	0,0131	35,43	38,15 ± 1,86	
	0,0128	(0,0101)	36,20	(42,15)	
HD	0,0232		23,73		25,59 ± 0,11
	0,0224		21,69	23,52 ± 0,74	
	0,0224	0,0227 (0,0107)	25,13	(39,52)	
LD	0,0109		40,71		25,53 ± 0,01
	0,0149	0,0144	35,89	36,84 ± 1,52	
	0,0164	(0,0099)	33,91	(42,84)	
S	0,0230		15,02		24,47 ± 0,07
	0,0239	0,0234	13,61	13,87 ± 0,46	
	0,0232	(0,0099)	12,99	(31,87)	
Schwanenburger Kronflachs					
R	0,0239		39,41		22,55 ± 0,10
	0,0213	0,0220	38,21	40,20 ± 1,10	
	0,0210	(0,0100)	42,97	(56,20)	
Livländischer Kronflachs					
R	0,0285	0,0303	31,77	29,72 ± 1,73	24,05 ± 0,17
	0,0321	(0,0108)	27,67	(55,72)	

Tabelle VIb

*Schwanenburger Kronflachs**Livländischer Kronflachs*

Sorte	Hygroskopizität %	Sorte	Hygroskopizität %
R	22,55 ± 0,10	R	24,05 ± 0,17
ZK	23,14 ± 0,09	ZK	24,14 ± 0,12
SPK	24,68 ± 0,04	SPK	24,58 ± 0,01
PK	24,21 ± 0,15	PK	24,39 ± 0,09
K	24,55 ± 0,10	K	24,49 ± 0,05
W	24,71 ± 0,12	W	24,47 ± 0,15
D	23,20 ± 0,05	D	24,81 ± 0,08
S	25,77 ± 0,05	S	26,35 ± 0,09

Über die Ergebnisse der Festigkeitsprüfung wurde bereits gesagt, daß hier die umgerechneten Reißlängenwerte weit besser als die gefundenen mit der praktischen Klassifizierung übereinstimmen und daher zutreffender sein dürften. Die Festigkeitsunterschiede liegen allerdings zum großen Teil innerhalb 4 R, besonders bei den umgerechneten Werten, so daß die Qualitätsunterschiede in den meisten Fällen nicht mit Sicherheit nachgewiesen sind. Immerhin gewinnt doch auch durch diese Ergebnisse, zumal unter Zugrundelegung der umgerechneten Werte, die Ansicht an Wahrscheinlichkeit, daß die praktische Klassifizierung die tatsächlichen Wertverhältnisse einigermaßen richtig angibt und beim Vergleich mit der Hygroskopizitätsbestimmung als Qualitätsmaßstab angenommen werden kann. Bei dem Schwanenburger und livländischen Kronflachs, bei denen, abgesehen von der 1. Sorte, keine Festigkeitsprüfungen ausgeführt sind, bin ich auf die praktische Klassifizierung allein angewiesen.

Betrachten wir nun die Hygroskopizitätsbestimmungen, so zeigt sich zunächst beim Hofflachs, daß die beste Sorte XRX, die drittbeste SFPHD und die schlechteste S innerhalb 4 R gleiche Hygroskopizität haben. Daß zwischen der besten Sorte XRX und der schlechtesten S, deren Hygroskopizitätswerte fast vollständig zusammenfallen, ein großer Qualitätsunterschied besteht, ist selbstverständlich und wird auch durch die Festigkeitsprüfung trotz der großen Fehler einwandfrei nachgewiesen. (Sowohl bei Zugrundelegung der beobachteten als auch der umgerechneten Werte.)

Ferner sind die vier aufeinander folgenden Sorten FPHD, PHD, HD und LD innerhalb 4 R in ihrer Hygroskopizität fast gleich. (Daß der Unterschied zwischen FPHD und LD etwas größer als 4 R ist, wird nur durch die zufällig sehr geringen Fehler bedingt.) Ob hier tatsächlich Unterschiede im Wert der Fasern bestehen, ist aus den Festigkeitsprüfungen nicht ersichtlich, nach der praktischen Klassifizierung jedoch wahrscheinlich.

Außerhalb dieser beiden Gruppen steht die 2. Sorte XHDX mit der niedrigsten Hygroskopizität.

Bei dem Schwanenburger Kronflachs stimmen innerhalb 4 R die 1. (R) und 2. (ZK) Sorte sowie die 2. (ZK) und 7. (D) Sorte in ihrer Hygroskopizität überein. Flachs R und D zeigen einen Unterschied, der gerade eben über 4 R hinausgeht. Auch hier ist es als nahezu sicher zu betrachten, daß die 7. Sorte nicht mit der 2. und annähernd mit der 1. in ihrer Qualität gleich sein kann.

Ferner zeigen die vier mittleren Sorten (SPK, PK, K und W) gleiche Hygroskopizität innerhalb 4 R, während tatsächlich wohl auch in diesen Fällen Unterschiede vorhanden sein werden.

Die letzte Sorte (S) ist von den anderen durch den höchsten Hygroskopizitätswert unterschieden.

Der livländische Kronflachs schließlich zeigt sogar gleiche Hygroskopizität in den sieben ersten Sorten. (Daß der Unterschied zwischen Flachs SPK und D größer als 4 R ist, liegt an den zufällig minimalen Fehlern, die man im allgemeinen nicht erwarten darf.)

Nur die 8. Sorte (S) unterscheidet sich von den übrigen durch eine auffallend hohe Hygroskopizität.

Nach diesen Ergebnissen erscheint es mir ausgeschlossen, daß man, wenigstens bei den hier untersuchten lettländischen Flachs-sorten aus der Praxis, eine Beurteilung der Fasereigenschaften mittels der Hygroskopizitätsbestimmung vornehmen kann. Während bei den vorher besprochenen Hygroskopizitätsprüfungen an den selbstgebauten Flachssorten und den Fäulnis- und Verwesungsversuchen wenigstens gewisse Beziehungen der Hygroskopizität zum Zersetzungsgrad der Fasern zu finden waren, sind hier nicht die geringsten regelmäßig verlaufenden Änderungen zwischen Hygroskopizität und Faserqualität zu erkennen.

Es fragt sich nun, worauf diese Erscheinung zurückzuführen ist. Ich glaube, daß die vorher erwähnten möglichen Einflüsse, welche Fasermaterial aus der Praxis erfahren kann, eine Erklärung dafür geben könnten. Sicherer kann ich darüber nicht angeben, weil mir die Gewinnungsart und weitere Behandlung des Flachses nicht genau bekannt sind. Immerhin ergeben sich einige Anhaltspunkte aus einer brieflichen Mitteilung, die ich auf meine Anfrage vom Lettländischen Zentralverband der Flachsbaugenossenschaften freundlicherweise erhielt. Erwähnen möchte ich folgende Stellen, die sich auf die Röste beziehen: „Der Flachs wird in Lettland in natürlichem Wasser geröstet.“ An einer anderen Stelle ist gesagt: „Der Kronflachs wird gebleicht, indem er auf die Erde ausgebreitet wird. Der Hofflachs wird zum Bleichen in Kapellen gestellt, wobei die Spitzen derselben mit Flachsstroh umgebunden sind und deshalb nicht ausbleichen. Unter dem Bande bleibt die Flachsfaser grünlich, und dieses ist hauptsächlich der äußere Unterschied.“

Offenbar ist hier mit „Bleichen“ etwas ganz anderes bezeichnet, als man sonst gewöhnlich darunter versteht. Es kann hier nicht

das Bleichen des fertigverarbeiteten Rohleins gemeint sein, sondern man hat sich hier unter „Bleichen“ eine Art Nachröste vorzustellen, und zwar eine Landröste, so daß also tatsächlich eine gemischte Röste vorzuliegen scheint. Es könnten sich dann auch hier die vorher bei der Besprechung der Mischröste erwähnten verschiedenartigen Einflüsse auf die Hygroskopizität bemerkbar machen.

Eine weiter sehr wichtige Ursache für die regellos durcheinandergehenden Hygroskopizitätswerte besteht sicher darin, daß es sich um verschiedenartiges Material handelt, das von mehreren Produzenten an das gemeinsame Staatslager geliefert worden ist. Von jeder Sorte lagen fast immer mehrere Bunde vor, die sich oft schon rein äußerlich durch Farbe u. a. deutlich unterscheiden. Ich habe stets eine Durchschnittsprobe genommen, d. h. von jedem Bund einen Teil.

Um festzustellen, ob diese äußerlich sichtbaren Unterschiede sich auch durch verschiedene Hygroskopizität zu erkennen geben, habe ich bei der 1. Hofflachssorte XRX noch eine besondere Hygroskopizitätsbestimmung ausgeführt. Neben mehreren hellgefärbten Bunden, die zu der in der Tabelle angeführten Festigkeits- und Hygroskopizitätsbestimmung benutzt wurden, war auch ein kleines dunkelgefärbtes, sonst ebenso gut aussehendes Bund vorhanden, von dem ich die Hygroskopizität besonders bestimmte. Der helle Teil hatte eine Hygroskopizität von  $24,45 \pm 0,08$ , der dunkle  $25,15 \pm 0,01$ ; der Unterschied ist also größer als 4 R.

Selbstverständlich ist es auch möglich, daß die zu einer Sorte vereinigten verschiedenen Flächse Hygroskopizitätsunterschiede aufweisen können, auch wenn keine äußerlich sichtbaren Ungleichheiten vorhanden sind. Soweit ins einzelne gehende Untersuchungen habe ich nicht ausgeführt.

Nach diesen Ergebnissen meiner Arbeit müssen die Aussichten für die Möglichkeit einer Faserbeurteilung mittels Hygroskopizitätsbestimmung für praktische Zwecke als sehr gering angesehen werden. Für ähnliche Fälle wie den zuletzt besprochenen Versuch, bei denen ein Gemisch von Fasermaterial verschiedener Herkunft vorliegt, erscheint wohl jede Beurteilungsmöglichkeit durch die Hygroskopizitätsprüfung ausgeschlossen, während sie gerade in derartigen Fällen praktisch am bedeutsamsten wäre.

Ob dagegen unter besonderen Bedingungen (einheitliches Material, bestimmte Röstart usw.) eine für praktische Zwecke noch

wertvolle Faserbeurteilung durch die Hygroskopizitätsmethode möglich ist, kann nach den hier erzielten Resultaten noch nicht sicher entschieden werden.

Dazu müßten zunächst die hier gestellten, aber noch nicht gelösten Fragen beantwortet werden. Vor allem erscheint es mir wichtig, genau zu untersuchen, welche von den mannigfachen Einflüssen eine Hygroskopizitätsänderung bewirken und in welchem Maße eine Beeinflussung durch die einzelnen Faktoren stattfindet, besonders wenn entgegengesetzt wirkende Ursachen gleichzeitig auftreten.

Eine besondere Aufmerksamkeit ist dabei den Pektinsubstanzen zuzuwenden. Sollten diese etwa gegenüber den sonstigen eine Hygroskopizitätsänderung bewirkenden Faktoren überragenden Einfluß haben, so müßte der Versuch einer Faserbeurteilung durch die Hygroskopizitätsprüfung als aussichtslos angesehen werden: denn wie bereits erwähnt wurde, hat HERZOG<sup>1)</sup> festgestellt, daß sich aus dem Pektingehalt nicht auf den Zersetzungsgrad der Fasern schließen läßt.

Man sieht, daß die vorliegende Arbeit nur als ein erster Versuch, dem erörterten Problem näher zu kommen, betrachtet werden kann, zu dessen endgültiger Lösung sind noch recht umfangreiche Untersuchungen erforderlich.

Tabelle VII

Stoffe	Hygroskopizität %	
	ungewaschen	gewaschen
Leinen, neu . . . . .	18,47 ± 0,22	18,87 ± 0,12
„ altes hausgewebtes		18,06 ± 0,11
Baumwolle . . . . .	21,26 ± 0,05	21,39 ± 0,07
Kunstseide . . . . .	33,02 ± 0,06	33,85 ± 0,35
Seide . . . . .	27,63 ± 0,29	28,35 ± 0,03
Wolle . . . . .	30,68 ± 0,19	28,95 ± 0,23

### Zusammenfassung

Die Festigkeitsprüfungen scheinen von den verschiedenen Autoren recht wenig einheitlich ausgeführt zu werden, wie sich durch Vergleich der von verschiedenen Forschern gefundenen Resultate ergibt, die alle nach der gleichen Methode gewonnen sind.

<sup>1)</sup> HERZOG, Die Feststellung der Röststreife des Flachses. Faserforsch. 1921. Bd. 1, H. 3, S. 161.

Durch die bisher am meisten gebrauchte und auch von mir angewandte Prüfung nach der Nummermethode habe ich recht unsichere Ergebnisse erhalten, die im Durchschnitt einen Fehler von  $\pm 3,11\%$  aufweisen, so daß die gesuchten Unterschiede meistens innerhalb 4 R liegen. Dieser Ungenauigkeit der Festigkeitsprüfungen scheint man im allgemeinen bisher nicht genügend Beachtung geschenkt zu haben.

Die Hygroskopizitätsbestimmungen an Bastfasern führten zu folgenden Ergebnissen: Im Gegensatz zu der bisherigen Ansicht, daß überröstete Fasern stets eine höhere Hygroskopizität haben als normalgeröstete, wurde gefunden, daß Wasserröste und Landröste sich in dieser Hinsicht verschieden verhalten. Die Hygroskopizität verschiedener Flachssorten weist schon beim ungerösteten (ganz schwach angerösteten) Material Unterschiede auf; dasselbe zeigt sich in den folgenden Röststadien.

Der mit fortschreitender Wasserröste auftretende Hygroskopizitätsverlust (ausgedrückt in % der Hygroskopizitätswerte des unterrösteten Materials) ist bei allen Sorten in den geprüften Fällen (Vollröste und möglicherweise ungleiche Überröste) verschieden.

Die Ursachen für die Hygroskopizitätsänderungen lassen sich nicht mit Sicherheit angeben. Vermutlich sind zwei verschiedene Faktoren vorhanden:

1. Der verschieden hohe Gehalt an Begleitsubstanzen und Pektinen.
2. Der verschiedene Grad der Mazeration.

Zur Frage, ob und wie weit die Hygroskopizitätsbestimmung zur Beurteilung der Festigkeit dienen kann, ergibt sich folgendes.

Die durch ursprünglich verschiedene Zusammensetzung, nicht durch verschiedenen Röstgrad bedingten Hygroskopizitätsunterschiede haben wahrscheinlich keine Beziehung zur Festigkeit.

Es läßt sich auf Grund der ausgeführten Versuche nicht feststellen, ob für eine bestimmte Fasersorte eine exakte Gesetzmäßigkeit zwischen Hygroskopizitäts- und Festigkeitsänderung besteht und wie diese verläuft.

Auch die Frage: Haben verschiedene Sorten, die durch Überröste den gleichen prozentischen Hygroskopizitätsverlust erlitten haben, auf den gleichen prozentischen Festigkeitsverlust erfahren? läßt sich nicht beantworten.

Bei den Versuchen mit den lettländischen Flachssorten erweist sich die Hygroskopizitätsbestimmung zur Beurteilung der Faserqualität als unbrauchbar.

Ob dagegen unter günstigeren Bedingungen eine für praktische Zwecke noch brauchbare Faserbeurteilung durch die Hygroskopizitätsprüfung möglich ist, muß unentschieden bleiben.

### Abstract

It seems as if the solidity-tests have not been uniformly executed by the different authors, as a comparison of the recorded results shows which all have been attained by the same method.

The examination by the number method, mostly used and applied by me also, gives quite uncertain results and on the average shows an error of plus minus 3,11%, so that the differences inquired for are mostly within the fourfold limit of errors. This incorrectness in the solidity-tests so far has not found sufficient attention.

The determinations of hygroscopticity on fibers of phloem led to the following results: In opposition to the hitherto prevailing opinion, that overretted fibers should always have a higher hygroscopticity than normally retted one's, it was found that in this respect waterretting and landretting are different. The hygroscopticity of different kinds of flax exhibits already in an unretted state (slightly retted only) differences of material; the same appears in the following stages of retting.

The loss of hygroscopticity which appears in the proceeding waterretting (expressed in % of the hygroscopticity values of the unretted material) is different in all kinds of the examined cases (complete retting and unequal overretting).

It is not possible to state the reasons of the variations of hygroscopticity with certainty. Probably there exist two different factors: 1. The differently high capacity of accompanying substances and pektines. 2. The different degree of mazeration.

To the question if and how far the determination of hygroscopticity may serve in a critical examination of the solidity, the following may be said: The hygroscopticity variations which are caused by the originally different combination and not by different degrees of retting, probably have no relation to the solidity.

It has not been possible to ascertain by the trials made, if an exact lawfulness for a certain kind of fiber exists between hygroscopticity and solidity variations and how they come to pass.

The question also if different varieties which by overretting have lost the same percentage of hygroscopticity also suffer the same loss of solidity in percent can not be answered.

In the trials with lithuanian varieties of flax the determination of hygroscopticity proved of no use th the judging of the quality of fiber.

Wether it would be possible on more favorable conditions to pronounce a judgement of practical value upon the fiber by the hygroscopticity trial remains undecided.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1929

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Sperling Helmut

Artikel/Article: [Die Beurteilung der Eigenschaften von Bastfasern mit Hilfe physikalischer Untersuchungsmethoden 217-262](#)