

22. Nochmals zur Frage der Existenz von Querelementen in den nativen vegetabilischen Gespinnstfasern

von R. Haller.

(21. I. 37.)

*Sakostschikoff*¹⁾ hat meine Untersuchungen in den *Helvetica chimica Acta* **18**, 800 (1935) einer wenig freundlichen Kritik unterzogen. Er bemängelt hauptsächlich die von mir angewandte Technik, trotzdem ich auf dem von mir eingeschlagenen Weg zu genau denselben Bildern wie der Genannte gelangt bin, die ich allerdings in einem anderen Sinne deutete. Wiederholen möchte ich hier nochmals ausdrücklich, dass die Untersuchung, insbesondere von nativer Baumwolle, nach *Sakostschikoff*²⁾ sehr erhebliche Schwierigkeiten macht, da die Fasern in den allermeisten Fällen, wenn sie nicht auf dem Objektträger mit der Nadel festgehalten werden, beim Eintauchen in Wasser weggeschwemmt werden; Bastfasern haften besser.

Ich kann nun *Sakostschikoff* hinsichtlich der Technik der nachfolgenden Untersuchungen beruhigen, sie entspricht völlig der von ihm angewandten. Vorweg möchte ich nehmen, was ich schon früher betonte und was auch *Hess* bestätigt³⁾, dass die Baumwollfaser meines Erachtens ausser Diskussion steht; die von *Sakostschikoff* für diese Faser erhaltenen Bilder stellen Strukturen dar, die als Kunstprodukte zu bezeichnen sind. Querelemente in der Baumwollfaser, die ausserordentlich genau studiert ist, sind nie beobachtet worden. In Fasern, wo tatsächlich Querelemente vorkommen, beispielsweise bei den Samenhaaren von *Typha*-Arten⁴⁾, dann in gewissen Zellen von *Phragmites communis*⁵⁾ sind die Querstrukturen ohne die *Sakostschikoff*'schen Kunststücke ohne weiteres sichtbar. Die folgenden Ergebnisse meiner weiteren Untersuchungen an Bastfasermaterial einerseits und Kunstfasern andererseits sollten genügende Unterlagen ergeben, die Existenz von Querelementen in nativen, vegetabilischen Fasern zu verneinen.

*Lüdtker*⁶⁾ erwähnt, dass beim Behandeln von nativen Fasern mit Mineralsäuren, dem bekannten Vorgang der Carbonisation, die Fasern in Bruchstücke zerfallen, wobei die Bruchstellen den Einschnürungsstellen der Fasern nach Behandlung mit Quellungsmitteln, seiner Ansicht nach also dem Sitz der Querelemente, entsprechen. Es sollte demzufolge erwartet werden, dass die Bruchstücke glatte und ebene Bruchflächen zeigen würden. Ich habe aber schon früher betont⁷⁾, dass die Stirnflächen der Bruchstücke ein viel zu unregelmässiges Bild zeigen, als dass dieselben auf die Anwesenheit von Querelementen zurückgeführt werden könnten. Sowohl Baumwolle als auch Bastfasern zeigen unregelmässige, unebene Stirnflächen an Bruchstücken carbonisierter Fasern. Carbonisiert man nun Kunstfaser, beispielsweise Viskosekunstseide, so erhält man genau dasselbe Bild, obwohl hier niemand die Anwesenheit von Querelementen behaupten wird (Fig. 1 und 2). Da nach Ansicht der die Existenz der Querelemente vertretenden Forscher diese in der jeweiligen Faser in regelmässigen Abständen angeordnet sein sollen, so müssten bei der Carbonisation die grösste Anzahl der Bruchstücke dieselbe Form und dieselben Dimensionen zeigen. Ein Blick auf die entsprechende Mikrophotographie (Fig. 1) belehrt uns aber, dass die Faser in Stücke der verschiedensten Ausmasse zerfällt. Ein weiteres Argument, das gegen die Existenz von Querelementen spricht, ist das folgende: *Sakostschikoff*⁸⁾

1) *Helv.* **19**, 973 (1936).

2) *Melliand's Textilber.* **1930**, 441; **1935**, 244.

3) *Cellulosechemie* **1931**, 98.

4) *Höhnel*, *Mikroskopie* 1887, S. 19—33.

5) *Dippel*, *Das Mikroskop* 1898, S. 275.

7) *Helv.* **14**, 592 (1931).

6) *A.* **466**, 38 (1928).

8) *Melliand's Textilber.* **1935**, 216.

sagt ausdrücklich, dass jedes Querelement dem Querschnitt der jeweiligen Faser entspreche. Ich habe an einer einzelnen Hanfbastzelle mit dem Mikrometer den Querschnitt gemessen und zu 18μ bestimmt. Dieselbe Faser wurde nun der Schwefelsäurebehandlung genau nach *Sakostschikoff* unterzogen, ohne Deckglas und mit Säure von 95%, nach der Wasserbehandlung mit Jod gefärbt und hierauf der Durchmesser der entstandenen Emergenzen gemessen. Die Messung ergab 90μ . Die Breite hatte also um das 5-fache zugenommen; da das Querelement der Säure Widerstand leisten soll, so kann es unmöglich auf einmal das 5-fache der Breite annehmen, welche es in der Faser selbst einnimmt. Ich habe bei der Messung ausserdem nur die Breite der dunklen Zone gemessen und die helle Grenzzone unberücksichtigt gelassen. Wird dieselbe dazu gemessen, so resultiert gar eine Breite von 108μ . Wie ich schon früher erwähnte¹⁾, kann man durch Ersetzen des Jodes durch eine Safraninlösung die gebildeten Strukturen besonders gut beobachten; man kann so gewissermassen, was bei Jodbehandlung nicht gelingt, hinter den Vorhang blicken, wird aber von den säurebeständigen Querelementen keine Spur finden. Mit der Farbstofflösung behandelt, müssten sich dieselben sicherlich differenzieren lassen. *Sakostschikoff* betont ausdrücklich, dass nach der Schwefelsäurebehandlung die Faser zum Teil gelöst wird und dass die Querelemente nach Jod-Behandlung in Form von Zacken zum Vorschein kommen. Die Cellulosereste werden durch die Schwefelsäure in Amyloid umgewandelt, von Jod blau gefärbt, und da die Querelemente gelb gefärbt bleiben sollen, müssen sie, in dem blauen Amyloid eingebettet, sich der direkten Beobachtung entziehen. Behandelt man aber diese mit blauen Emergenzen bedeckte Faser mit Thiosulfat, so wird sie entfärbt, aber von den Querelementen, die nun eigentlich in Erscheinung treten sollten, ist keine Spur zu sehen. Man stellt lediglich fest, dass die schon vorher die ganze Oberfläche der Faser bedeckenden fransenförmigen Gebilde nun farblos, in unveränderter Form und gleicher Anordnung erhalten geblieben sind.

Sakostschikoff hat es nun nicht für nötig erachtet, meine Versuche mit Fasern, welche durch chemische Behandlung eine künstliche Cuticula erhalten hatten, zu wiederholen. Dass die tonnenförmigen Anschwellungen bei derartigen Artefakten bei Behandlung mit Quellungsmitteln ebenso auftreten wie bei der nativen Faser, habe ich seinerzeit durch ein Mikrophotogramm belegt²⁾. Wenn auch die Anordnung dieser Quellungen den bei der nativen Faser zu beobachtenden nicht vollkommen entspricht, so ist grundsätzlich, auch für die künstliche Cuticula, die Gleichartigkeit des Vorganges eindeutig erwiesen. Es braucht zur Bildung dieser Kugelquellungen nur eine cellulosefremde, im Quellungsmittel unlösliche Aussenhaut an der Faser vorhanden zu sein. Trotzdem möge in Fig. 3 eine weitere Aufnahme eines derartigen Kunstproduktes wieder gegeben werden; es handelt sich hier um eine Kupferkunstseidenfaser, welche durch oberflächliche Veresterung mit Benzoylchlorid eine künstliche Cuticula erhalten hatte.

Behandelt man nun derartige Artefacte nach der Methode von *Sakostschikoff* mit Schwefelsäure von 95%, dann mit Wasser und zuletzt zur Färbung mit Jodlösung, so erhält man Bilder, welche Strukturen zeigen, die den mit nativen Fasern erhaltenen sehr ähnlich, wenn nicht sogar da und dort kongruent sind. In Fig. 4 soll ein derartiges Bild davon überzeugen, dass diese Strukturen mindestens mit denen übereinstimmen, welche *Sakostschikoff* mit der Baumwollfaser erhalten hat³⁾ und an einzelnen Orten auch mit den für Bastfasern erhaltenen. Wenn nun aber modifizierte Kunstfasern, bei welchen wohl niemand auf den Gedanken kommen wird, es seien Querstrukturen vorhanden, die gleichen oder doch ausserordentlich ähnliche Erscheinungen zeigen wie die nativen Fasern, so ist meines Erachtens auch die Frage der Existenz von Querelementen in negativem Sinne entschieden. Es ist wohl nicht anzunehmen, dass die von *Sakostschikoff* in der Kunstseide nach Behandlung mit Schwefelsäure gefundenen Querelemente⁴⁾ der Ausgangscellulose sich wieder aufgerichtet und ihre früher in der nativen Faser innegehabten Stellungen wieder eingenommen haben.

¹⁾ *Helv.* **18**, 805 (1935).

²⁾ loc. cit.

³⁾ *Melliand's Textilber.* **1935**, 215, Fig. 6.

⁴⁾ *Melliand's Textilber.* **1935**, 499.



Fig. 1. Baumwolle mit Salzsäure
10° Bé. carbonisiert.

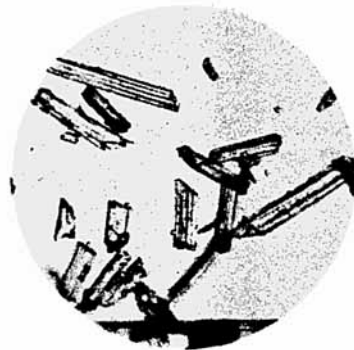


Fig. 2. Viskosekunstseide mit Salz-
säure von 10° Bé. carbonisiert.

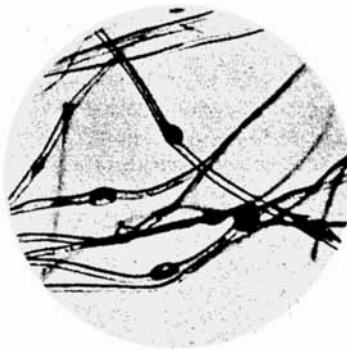


Fig. 3. Viskosekunstseide mit Benzoyl-
chlorid behandelt und in Cupri-di-äthy-
lendiamin-hydroxyd gequollen.



Fig. 4. Viskosekunstseide nach D. R. P.
554781 behandelt. nach *Sakostschikoff*
mit Schwefelsäure 95%, Wasser, dann
Jod behandelt.



Fig. 5. In Safranin gefärbte Hanffaser nach *Sakostschikoff*
mit Schwefelsäure 95% behandelt und in Wasser eingelegt.

Wie diese rhythmischen Strukturen zustande kommen, ist eine andere Frage und muss Gegenstand weiteren Studiums sein; sicherlich hängen dieselben vor allem mit der Anwesenheit cellulosefremder Membranen an der Gespinstfaser zusammen.

Zweifellos ist, dass die „Querelemente“ von *Sakostschikoff* nur unter ganz besonderen Versuchsbedingungen auftreten. Nur bei einem ganz bestimmten Verlauf der Quellung wird die Primärhaut so zusammengeschoben, dass sie Querelemente vortäuscht¹⁾. Zweifellos sind die nach der Behandlung nach *Sakostschikoff* erhaltenen Zacken die Relikte von zunächst blasenförmigen Ausbuchtungen der Primärhaut. In der Tat ist es mir an Fasern, welche vorher in Safranin gefärbt waren, gelungen, derartige, den tonnenförmigen Quellungen der Baumwollfaser und den Bastfasern in Quellungsmitteln sehr ähnliche Ausbuchtungen zu beobachten und im Lichtbild festzuhalten (Fig. 5). Der verhältnismässig rasch verlaufende Quellungsprozess zerreisst diese Membranausbuchtungen sehr bald, so dass davon lediglich die die „Querelemente“ vortäuschenden, zackenförmigen Relikte übrigbleiben.

Für mich ist es endgültig erwiesen, dass Querelemente in der nativen Gespinstfaser nicht existieren, und dass die von *Sakostschikoff* erhaltenen Strukturen ausgesprochene Kunstprodukte darstellen. Die von ihm isolierten Querelemente sind nichts anderes als die nach Quellung der Fasern bei der endgültigen Lösung derselben zurückbleibenden, zusammengeschobenen Cuticularpartien, welche bekanntlich in den üblichen Quellungs-mitteln, auch in konz. Schwefelsäure, nicht löslich sind.

Dass die von mir mit den verwendeten Artefakten erhaltenen Strukturen nicht vollkommen mit denen der nativen Fasern übereinstimmen, hängt mit der ungleichen Stärke zusammen, mit der die künstliche Cuticula die Kunstfaser überzieht. Es ist dies sehr schön nachzuweisen, indem man die Artefakte zunächst in Kaliumtrijodid einlegt, dann mit Filtrierpapier abpresst und in Schwefelsäure von 60% behandelt. Man wird dann sehen, dass zunächst nur an einzelnen Partien der Faser die Blaufärbung eintritt, und zwar wohl dort, wo die Cuticularschicht dünner war als an den anderen Stellen. Bei nativen Fasern mit vollkommen gleichmässig dicker Cuticula, beispielsweise der Baumwolle, färbt sich die Faser sofort in ihrer ganzen Masse blau. Es ist selbstverständlich, dass die von mir verwendeten Methoden, die Kunstfasern mit der cellulosefremden Membran zu überziehen, niemals diese Gleichmässigkeit der Membran ergeben können, wie die durch die langsame biologische Arbeit der lebendigen Zellen gebildeten Membranen. Es unterliegt nach den erhaltenen Resultaten keinem Zweifel, dass, falls einwandfreie Gleichmässigkeit der Membran auf künstlichem Wege auf Kunstfasern erreicht werden könnte, die Strukturen, welche nach dieser oder jener Behandlung erscheinen, mit denen der nativen Fasern übereinstimmen würden.

Wenn *Sakostschikoff*²⁾ zum Schluss seiner Entgegnung fragt, wie man sich diese Erscheinungen erklären könne, wenn Fasern zur Anwendung gelangen, welche keine Cuticula hätten, wie beispielsweise die Flachsfaser, so sei darauf hingewiesen, dass jede einzelne Bastzelle des Flachses von einer Aussenhaut umgeben ist, welche für diese Zelle annähernd die Rolle spielt, wie die Cuticula bei der Baumwolle. Die Erscheinungen lassen sich also zwanglos mit der Anwesenheit solcher Aussenhäute erklären³⁾, wie schon oben hervorgehoben wurde.

Sollten diese meine weiteren Erörterungen Herrn *Sakostschikoff* noch nicht von der Nichtexistenz der von ihm angenommenen Querelemente zu überzeugen vermögen, so bedaure ich das, betone aber, dass für mich die Diskussion über diesen Gegenstand geschlossen ist⁴⁾.

Riehen bei Basel, den 5. Januar 1937.

¹⁾ Privatmitteilung von Herrn Dr. *Frey-Wyssling* vom pflanzenphysiologischen Institut der techn. Hochschule Zürich.

²⁾ *Helv.* 19, 978 (1936). ³⁾ *A.* 466, 32 (1928) (*Lüdtke*).

⁴⁾ Die Redaktion erklärt hiemit die Diskussion dieses Gegenstandes für geschlossen.