

## 115. Zur Frage der Existenz von Querelementen innerhalb der nativen vegetabilischen Gespinnstfasern

von A. Sakostschikoff (Moskau).

(18. VII. 36.)

In einer vor kurzem erschienenen Arbeit betreffs der Existenz von Querelementen innerhalb der vegetabilischen Fasern hatte Prof. Dr. *Haller*<sup>1)</sup> sowohl die Arbeiten von *Hess* und *Lüdtke*, als auch meine Arbeit, welche in der Zeitschrift „Melliands Textilberichte“<sup>2)</sup> veröffentlicht worden war, einer Kritik unterzogen. Prof. Dr. *Haller* schreibt: „Die etwas ungewöhnlichen Bilder, welche dieser Reaktion zugrunde liegen und welche in Mikrophotographien den erwähnten Veröffentlichungen beigegeben sind, haben mich veranlasst, die von *Sakostschikoff* angewandte Technik nachzuprüfen.“ Auf Grund einer Reihe von Versuchen, welche eine Nachprüfung meiner Reaktion darstellen, kommt *Haller* zu entgegengesetzten Schlüssen und führt zum Beweis Mikrophotographien an; auf den letzteren können wir wahrhaftig keine Querelemente erblicken, so dass die Schlussfolgerungen von *Haller* vollkommen richtig erscheinen können. Die Sachlage ist aber ganz anders. Wir sehen uns gezwungen, Hrn. *Haller* folgendes zu erwidern.

Wenn jemand die experimentellen Angaben und die Methodik eines anderen Forschers nachprüft, so muss er danach streben, die nachzuprüfende Reaktion in der gleichen Weise auszuführen, wie es der Autor vorschreibt. Leider ist dies hier nicht der Fall. Beim Nachprüfen unserer Methodik, welche wir zum Isolieren der Querelemente der vegetabilischen Fasern anwandten, beginnt Prof. Dr. *Haller* damit, dass er die Reaktionsbedingungen in verschiedenen Beziehungen bedeutend ändert. Dadurch lässt sich leicht erklären, dass *Haller* zu solchen Ergebnissen kam, auf Grund deren auch wir nicht in dem Instande wären, das Vorhandensein oder das Fehlen der Querelemente zu behaupten.

Vor allem klagt *Haller* darüber, dass man „grossen Schwierigkeiten insofern begegnet, als beim Eintauchen der in der Schwefelsäure liegenden Faser in das in einer flachen Schale befindliche Wasser die Fasern jedesmal vom Objektträger weggeschwemmt werden“ und dass er daher „zu dem Mittel gegriffen, das Präparat mit einem Deckgläschen bedeckt in das Wasser zu tauchen“ . . .

Ich habe selbst diese Reaktion vielmals ausgeführt und bin auf keine der Schwierigkeiten gestossen, welche Prof. Dr. *Haller* gezwungen hatten, die Methodik von Anfang an zu ändern. Wenn wir zur Reaktion eine nicht zu grosse Zahl von Fasern nehmen (ungefähr 20—30 Stück), dieselben auf ein Objektgläschen auftragen, dann einen Tropfen Schwefelsäure auf die Fasern bringen und darauf das Gläschen schnell ins Wasser eintauchen, so bleiben die Fasern auf dem Objektgläschen zurück, während die Schwefelsäure und die gebildeten Cellulosedextrine und Amyloid weggeschwemmt werden. Die letzteren kleben sozusagen die teilweise gelösten Fasern an das Objektglas.

Der Umstand, dass dieser einfache Versuch *Haller* misslungen ist, kann wahrscheinlich dadurch erklärt werden, dass er eine zu schwache Säure angewandt hat, welche nur eine Quellung der Faser hervorrief, während der Lösungsprozess nur unvollkommen gelang.

Eine solche Modifikation unserer Methodik — das Eintauchen des ganzen Objektgläschens ins Wasser zwecks einer schnellen Fixation des Präparates wurde durch ein langsames Auswaschen der Schwefelsäure ersetzt — ist als eine grobe Vernachlässigung der Hauptbedingung unserer Reaktion — die Einwirkung der Schwefelsäure auf einem

<sup>1)</sup> R. *Haller*, *Helv.* **18**, 800 (1935).

<sup>2)</sup> A. *Sakostschikoff* und D. *Tumarkin*, *Mell. Textilber.* **11**, 444 (1930); **16**, 215, 244 (1935).

Zwischenstadium zum Stillstand zu bringen — anzusehen. Bei der von uns angegebenen Arbeitsweise, wenn die Wirkung der Schwefelsäure rechtzeitig unterbrochen wird, kann man die Querelemente sehr deutlich sehen. Wenn wir das Auswaschen der Schwefelsäure nach *Haller* durchführen (durch allmähliches Verdrängen derselben mit Wasser) und wenn wir zum Lösen der Fasern eine konzentrierte Schwefelsäure (93—94 v. H.) anwenden, so kann man in dem Präparat nichts mehr als kleine Bläs'chen von Kohlendioxyd erblicken. Sowohl die Fasern, als auch die Zwischenprodukte, welche sich beim Lösen der Cellulose bilden, werden infolge der Wärme, welche unter dem Deckgläschen entsteht, verkohlt.

Wenn es aber *Haller* dennoch gelungen ist, die zu untersuchenden Fasern zu erhalten und Mikrophotographien zu machen, so ist dies nur dem Umstande zu verdanken, dass er hier einen zweiten Fehler begeht — anstatt für die Reaktion eine konzentrierte Schwefelsäure von 93—94 v. H. (sp. G. 1,84, 66° Bé), was wir besonders hervorgehoben haben, zu nehmen, verwendet Prof. *Haller* eine viel schwächere Säure „von ca. 60° Bé“, wie er selbst sagt.

Andere Modifikationen der Reaktion, welche *Haller* eingeführt hat, wie z. B. das Durchtränken der Fasern vor der Bearbeitung mit Schwefelsäure mit einer alkoholischen Jodlösung, das Anfärben mit Safranin mit darauffolgender Bearbeitung mit einer Kaliumtrijodidlösung, können keine ausschlaggebende Rolle spielen.

Nachdem wir die Arbeit von Prof. *Haller* eingehend durchgelesen hatten, stellten wir uns die Aufgabe, seine experimentellen Angaben nachzuprüfen und, wenn möglich, eine Erklärung für die von ihm erhaltenen Resultate zu finden. Vor allem schien es uns notwendig, die wahre Stärke der Schwefelsäure, mit welcher er arbeitete, festzustellen (Prof. *Haller* selbst gibt die Konzentration der von ihm benutzten Schwefelsäure nicht an und hat sie, wie wir später sehen werden, wahrscheinlich auch nicht kontrolliert). Zweitens wollten wir feststellen, ob man gute Resultate erhalten kann, wenn man die Reaktion unter dem Deckgläschen durchführt.

Was die Stärke der Schwefelsäure anbetrifft, so hatten wir schon früher<sup>1)</sup> bemerkt, dass 1. die Konzentration der Schwefelsäure, welche zum teilweisen Lösen der Faser benutzt wird, eine grosse Rolle spielt und genau eingehalten werden muss und 2. dass für unsere Reaktion eine Schwefelsäure von der Konzentration 93—94 v. H. am vorteilhaftesten ist.

Bei der Nachprüfung der Versuche von Prof. *Haller* interessierte uns vor allem die Möglichkeit, die Reaktion unter dem Deckgläschen durchzuführen.

Für diese Versuche nahmen wir verschiedene Fasern und eine Schwefelsäure von 93,5 v. H. Stärke. Die Fasern wurden auf dem Objektträger ausgebreitet, ein Tropfen Schwefelsäure aufgetragen und das ganze Präparat mit einem Deckgläschen bedeckt. Darauf wurde der Objektträger in eine Schale mit Wasser eingetaucht und so lange darin liegengelassen, bis das Wasser die Schwefelsäure verdrängt hatte. Nach Verlauf der nötigen Zeit wurde das Präparat unter dem Mikroskop betrachtet. In allen Fällen konnten wir nur ein einziges Bild beobachten. Wir waren nicht imstande, die Wirkung der Schwefelsäure auf einem Zwischenstadium zu unterbrechen. Infolge der intensiven Erwärmung tritt teilweise unter Gasentwicklung eine Verkohlung der Produkte, welche sich bei der Hydrolyse der Cellulose gebildet hatten, ein. Dieser mehrmals wiederholte Versuch überzeugt uns davon, dass Prof. *Haller* auch die Resultate, welche er erhalten hatte, nicht bekommen könnte, wenn er eine konzentrierte (93—94 v. H.) Schwefelsäure angewandt hätte. Wir können nur in dem Falle leicht die Wirkung der Schwefelsäure unterbrechen, wenn wir das Präparat nicht mit einem Deckgläschen bedecken.

Darauf haben wir 15 Lösungen der Schwefelsäure, deren Stärke aus der beigegebenen Tabelle zu ersehen ist, vorbereitet:

---

<sup>1)</sup> Mell. Textilber. 16, 214 (1935).



Fig. 1.



Fig. 2.

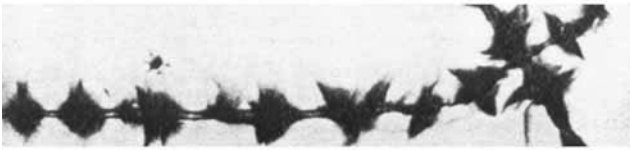


Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 6.

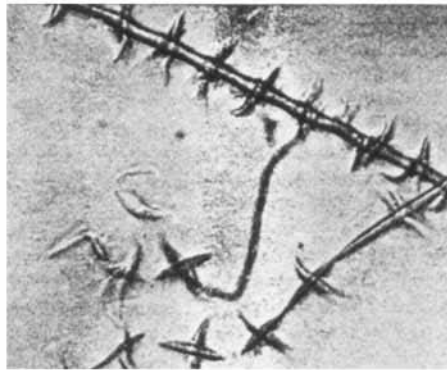


Fig. 7.



Nr. der Lösung	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -Gehalt in %	Stärke in ° Bé.
1	93,08	65,6
2	89,41	64,9
3	87,00	64,2
4	84,56	63,2
5	82,05	62,1
6	79,40	60,6
7	77,51	59,7
8	75,52	58,4
9	73,94	57,4
10	70,86	55,5
11	69,55	54,7
12	67,43	53,3
13	65,42	52,0
14	63,39	50,6
15	58,75	47,4

Die Konzentration der Schwefelsäure wurde durch Titration bestimmt: in der 3. Spalte ist die Stärke in Grad Bé. (nach *Lunge, Isler* und *Naef*) angeführt.

Die Wirkung der Schwefelsäure verschiedener Konzentration wurde an folgenden Faserarten studiert: 1. Baumwollfaser, gebeucht und in üblicher Weise mit Natriumhypochloritlösung gebleicht; 2. Baumwollfaser, roh, nicht gereinigt; 3. Flachsfaser, kotonisiert. In jedem einzelnen Falle wurde die Reaktion nach unserer üblichen Methodik (ohne Deckglas) und nach Prof. *Haller* (unter dem Deckglas) durchgeführt.

Um ein charakteristisches Bild der Auflösung der vegetabilischen Faser zu erhalten, muss man Schwefelsäure anwenden, deren Stärke nicht unter eine bestimmte untere Grenze fallen soll. So kann man z. B. mit einer Säure von 93—89 und 87 v. H. Stärke leicht das nötige Bild der Korrosion der Zellwand erhalten, wobei die Unhomogenität der letzteren sehr anschaulich wird. Mit einer Säure von 85—82 v. H. kann man dasselbe erzielen, doch erscheint das Bild weniger scharf, weil infolge des kleineren spez. Gewichtes der Säure, die Faser schneller benetzt wird, und das ganze Bild durch die intensive und gleichförmige Quellung verwischt wird. Eine Schwefelsäure von 79,4 v. H. ist noch weniger zum Isolieren der Querelemente geeignet, da die Faser stark aufquillt und die Zellwand in zylindrische Schichten zerfällt; häufig treten Spiralen auf. Mit einer solchen Säure arbeitete auch Prof. *Haller*, und dieser Umstand erklärt auch, auf welche Weise er seine Resultate erhalten hat. Wenn wir eine noch schwächere Säure (77,5 bis 65,4 v. H.) anwenden, so können wir überhaupt keine Querelemente beobachten; eine Korrosion der Faserwand fehlt vollkommen, die Faser quillt nur auf, wobei der Quellungsprozess von denselben Erscheinungen begleitet wird, welche wir gewöhnlich beim Quellen der vegetabilischen Fasern in *Schweizer's* Reagens beobachten. Die Faser quillt sehr intensiv perlenschnurartig auf, wobei die konzentrischen und spiralförmigen Schichten der Zellwand sichtbar werden. Eine Schwefelsäure von 50,6 bis 47,0 v. H. übt überhaupt keinen merkbaren Einfluss auf die Faser aus.

Wenn wir zum Isolieren der Querelemente eine schwache Säure (47—77 v. H.) anwenden und die Reaktion unter dem Deckglas durchführen, so erhalten wir dieselben Resultate, wie in dem Falle, wenn wir die Wirkung der konzentrierten Schwefelsäure durch Eintauchen des Präparates (ohne Deckglas) ins Wasser unterbrechen. Wie schon oben gesagt, ist die von Prof. *Haller* angewandte Modifikation unserer Reaktion vollkommen ungeeignet, da wir weder die Querelemente, noch die Fasern sehen können. Die konzentrierte Säure löst unter dem Deckglas die Fasern; häufig tritt eine Verkoh-

lung ein. Es wird jetzt verständlich sein, warum Prof. *Haller* die Querelemente nicht beobachten konnte, die Ursache dafür liegt darin, dass er unsere spezielle Reaktion modifiziert hatte.

Die Mikrophotographien, welche Prof. *Haller* seiner Veröffentlichung beigibt, sind wenig überzeugend. Wir hielten es sogar für überflüssig, seine Versuche mit den Fasern, welche eine künstliche Cuticula besitzen, zu wiederholen, da die Erscheinungen, welche Prof. *Haller* in der Abbildung Nr. 1 wiedergibt, nichts gemeinsames besitzen mit den Erscheinungen, welche wir bei der Einwirkung der Schwefelsäure auf die native Faser beobachteten. Auf den hier wiedergegebenen Figuren 1, 2 und 3 sind Mikrophotographien angeführt, welche die sich in der Säure lösenden Fasern darstellen, wobei der Lösungsprozess an seinem Anfange unterbrochen ist. Auf den Abbildungen 4, 5 und 6 sind spätere Stadien des Lösungsprozesses wiedergegeben. Die Abbildung 7 stellt eine Mikrophotographie der Faser dar, welche eine ungelöst gebliebene, in der Schwefelsäure aufgequollene Zellwand besitzt. In der aufgequollenen Fasermasse sind deutlich die dunkeln (unaufgequollenen) Querelemente zu sehen. Diese Mikrophotographie beweist sehr anschaulich, dass die Erklärung des Mechanismus der Reaktion, welche *A. Schlotmann* und zugleich auch Prof. *Haller* geben, nicht stichhaltig ist: diese Verfasser nehmen an, dass unsere Querelemente „nichts anderes als die durch die Cuticularringe geschützten Partien der Zellmembran“ darstellen. Wie sollen wir aber dann dieselben Erscheinungen erklären, wenn wir die Versuche nicht an einer Baumwollfaser, sondern an einer anderen Faserart, bei welcher die Cuticula fehlt, durchführen? Es sei hier betont, dass auf den Figuren 1—7 auf chemischem Wege gereinigte Flachsfasern wiedergegeben sind, bei denen, wie bekannt, die Cuticula fehlt.

Es ist sehr beachtenswert, dass Prof. *Haller*, obwohl er über ein sehr wenig charakteristisches und wenig überzeugendes Material verfügte, dennoch zu folgendem Schlusse kommt: „Es müssen also wohl in beiden Faserarten bestimmte regelmässig angeordnete Stellen der Zellwand vorhanden sein, an denen das Quellungsmittel vorzugsweise angreift . . . Derartige Stellen wurden aber meines Wissens bisher nicht beobachtet und sollten erst aufgefunden werden. Erst wenn dieses Rätsel gelöst sein wird, wird man den Mechanismus der Faserquellung in seinem vollen Umfang überblicken können.“ Die Frage über die Querelemente betrachten wir selbst im engsten Zusammenhange mit der Frage über die chemische Inhomogenität der nativen Faser.

Es sei hier darauf aufmerksam gemacht, dass die Frage über die Existenz der Querelemente keineswegs nur auf dem Wege der mikroskopischen Untersuchung gelöst werden kann. Das Isolieren der Querelemente auf präparativem Wege und das Studium der chemischen Zusammensetzung derselben beweisen nicht weniger überzeugend das Vorhandensein der Querelemente, welche die chemische Inhomogenität der nativen Faser verursachen. Diese Arbeiten werden in nächster Zeit in der Zeitschrift „Melliands Textilberichte“ erscheinen, weshalb wir auf diese hier nicht weiter eingehen.

Wir sehen also, dass Prof. *Haller* bei der Durchführung der Versuche methodische Fehler zugelassen hat, weshalb seine Schlussfolgerungen als eine persönliche Meinung Prof. *Haller's* ohne eine genügend überzeugende experimentelle Begründung angesehen werden sollen.

Moskau 148, Nogatinsky Chaussée No. 12, Wohn. 8.

---