

# MIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNG ALTER OSTTURKESTANISCHER UND ANDERER ASIATISCHER PAPIERE

NEBST

HISTOLOGISCHEN BEITRÄGEN ZUR MIKROSKOPISCHEN PAPIERUNTERSUCHUNG

VON

JULIUS WIESNER,

W. M. K. AKAD.

*Mit 18 Textfiguren*

VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 5. JUNI 1902.

## Einleitung.

Die bedeutungsvollen Entdeckungen von Alterthümern, welche in neuester Zeit in Ostturkestan gemacht wurden, sind durch den letzten (zwölften, im October 1899 zu Rom abgehaltenen) Orientalistencongress in weiten wissenschaftlichen Kreisen bekannt geworden.

Den Ausgangspunkt dieser wichtigen antiquarischen Auffindungen bilden die nunmehr unter dem Namen der Bower-Manuscripte bekannten Handschriften, welche in einem buddhistischen Stûpa bei Kutscha oder Kutschar (Kuchâr, Kuchê) in Ostturkestan (in der jetzigen chinesischen Provinz Kaschgarien) im Jahre 1889 entdeckt worden waren. Dieselben wurden von einem Officier der indo-britischen Armee namens Bower erworben und kamen zunächst nach Indien, später nach England.

Diese auf Birkenrinde geschriebenen Manuscripte wurden von den Professoren Hoernle (damals in Calcutta, jetzt in Oxford) und Bühler in Wien untersucht, und es gelang diesen beiden Forschern zu constatieren, dass dieselben die ältesten bis dahin bekannt gewordenen indischen Handschriften repräsentieren<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Nach brieflichen Mittheilungen des Herrn Prof. Hoernle (zuletzt Oxford, 9. April 1902) sind die Bower-Manuscripte nicht mehr die ältesten bekannten Birkenrindenhandschriften. Nach den bisherigen Forschungen reichen letztere vom ersten Jahrhundert unserer Zeitrechnung bis ins siebzehnte Jahrhundert. Chronologisch sind sie folgendermaßen zu reihen:

1. Dutreuil de Rhins-Manuscript, beiläufig aus dem 1. Jahrhunderte (Petersburg und Paris);
2. Bower-Manuscript, beiläufig aus dem 5. Jahrhunderte (Bodleian Library, Oxford);
3. Bakhsâhli-Manuscript, beiläufig aus dem 10. Jahrhunderte (im Besitze des Prof. Hoernle);

Es war ein hochwichtiger Fund, der aber insoferne noch an Bedeutung gewann, als gerade er, wie schon angedeutet, die Veranlassung zur Auffindung eines wahren Schatzes von Alterthümern wurde. Denn die Bower-Manuscripte lenkten die Aufmerksamkeit der Alterthumsforscher auf das bis dahin in dieser wissenschaftlichen Richtung nur sehr wenig beachtete chinesische Ostturkestan. Sowohl von den Engländern als von den Russen wurde in diesem Gebiete in sehr umfangreicher Weise auf Alterthümer gefahndet, Unternehmungen, welche schon in einer verhältnismäßig kurzen Zeit von glänzendem Erfolge gekrönt waren.

Die im chinesischen Ostturkestan gemachten Funde besitzen in erster Linie indisches, speciell buddhistisches, beziehungsweise graeco-buddhistisches Gepräge. Aber auf ostturkestanischem Boden kreuzte sich indisches Volksthum mit den Culturen anderer Nachbarvölker, und so wird es begreiflich, dass unter den dortigen Auffindungen sich auch chinesische und islamitische Alterthümer vorfinden.

Was an diesen Schätzen, zumal an Manuscripten in das Eigenthum der britischen Regierung gekommen ist, wurde Herrn Professor A. F. Rudolf Hoernle, dem hochverdienten ehemaligen Präsidenten der Asiatic Society of Bengal, d. Z., wie schon bemerkt, in Oxford, zur Untersuchung übergeben.

Zu den in englischen Besitz gelangten Handschriften gehören außer den schon genannten Bower-Manuscripten noch die Weber-, Macartney-, Godfrey-Manuscripte und andere.

Die von dem mährischen Missionär Weber erworbenen und jetzt in der Bodleian Library befindlichen Handschriften sind allerdings mit Sanscritcharakteren beschrieben, aber nicht alle in der Sanscritsprache; es befindet sich darunter auch ein in einer bisher unbekanntem Sprache geschriebenes Buch. Von besonderer Wichtigkeit sind die von dem englischen Bevollmächtigten in Kaschgar, Mr. George Macartney, erworbenen Manuscripte, darunter eines eine medicinische Abhandlung enthaltend, welches nach Hoernle das älteste bisher bekannt gewordene Sanscritmanuscript ist. Auch die nach Capitän Stuart H. Godfrey benannten, mit Sanscritcharakteren ebenfalls in einer unbekanntem Sprache geschriebenen Handschriften sind von hohem Interesse.

Eine der wichtigsten Fundstätten der ostturkestanischen Manuscripte ist das schon oben genannte Kutschar, woher die Bower-Manuscripte rühren. Mehrere der nachfolgend untersuchten Papiere stammen von dort. Außerordentlich ergiebig an Schriftfunden ist jenes große, im Süden Ostturkestans gelegene Wüstengebiet, welches nach den zahllosen dort gefundenen, aus gebranntem Thone bestehenden Alterthümern den Namen »Takla Makan« (d. h. bedeckt mit zerbrochenem Thongeschirre) führt, insbesondere die weitere Umgebung von Khotan, wo auf einem ausgedehnten, von diesem Orte nordwärts und ostwärts gelegenen Raume mehrere theils im Löß, theils im Sande verschüttet gewesene Ansiedelungen entdeckt wurden. Vier von diesen sind inzwischen von Dr. Aurel Stein im Auftrage der indo-britischen Regierung 1900—1901 besucht und ausgegraben worden. Die gefundenen Schätze, insbesondere Manuscripte im Sanscrit, Kharoshthî und Chinesisch, auf Holz, Leder und Papier, befinden sich jetzt im British Museum in London (s. Dr. Stein's Preliminary Report on a Journey of Archaeological and Topographical Exploration in Chinese Turkestan, 1901). Die dort gefundenen Manuscripte sind in britischen Besitz übergegangen und bilden den Hauptschatz ihrer ostturkestanischen Manuscripte, deren Papiere mir reichlich zur Untersuchung vorlagen. Die Handschriften von Takla Makan sind, wie gesagt, zum Theile in unbekanntem Sprachen geschrieben. Einzelne der Schriftarten müssen erst durch genaue vergleichende Untersuchungen festgestellt werden. Für den Sprachforscher und den Historiker liegt somit ein großer Schatz vor, und an ihnen wird es sein, die Völkerschaften zu ermitteln, welche in diesen unbekanntem Zungen sprachen, die Sprachen zu ergründen, welche diese Völker redeten und den Inhalt ihrer Schriften zu enträthseln. Diese Andeutungen mögen genügen, um auf die große wissenschaftliche Bedeutung der ostturkestanischen Entdeckungen hinzuweisen.

4. Codex Archetypus der Râja Farenginî, aus dem 17. Jahrhunderte (im Besitze von drei eingeborenen Pandits in Kashmir);

5. Kashmir Manuscript, aus dem 17. Jahrhunderte (im Besitze des Prof. Hoernle).

Noch andere Manuscripte, von welchen aber keines weiter als in das 15. Jahrhundert zurückreicht, befinden sich in verschiedenen europäischen Bibliotheken und im Privatbesitze.

Sowohl die Engländer als die Russen sind bemüht, die in ihren Besitz gelangten Schätze wissenschaftlich zu bearbeiten, und es liegen bereits mehrere wichtige diesbezügliche Arbeiten vor<sup>1</sup>.

Der gelehrte Erforscher der alten ostturkestanischen Schriften, Prof. Hoernle, ließ sich von dem richtigen Gedanken leiten, dass die materielle Untersuchung der unter den gefundenen Alterthümern befindlichen Beschreibstoffe sachgemäß nur von einem in derartigen Untersuchungen bewanderten Naturforscher durchgeführt werden könne, eine Ansicht, welche unter den Alterthumsforschern immer mehr und mehr Boden gewinnt<sup>2</sup>. Früher besorgten die Alterthumsforscher die materielle Untersuchung der Beschreibstoffe selbst, aber so wertvoll ihre geschichtlichen und sprachlichen Forschungsergebnisse auch waren, in Betreff der materiellen Untersuchung mussten sich Irrthümer auf Irrthümer häufen, da diese Forscher, in den naturwissenschaftlichen und technischen Untersuchungsmethoden nicht bewandert, nur ganz dilettantische Resultate erzielten. Die paläographischen Werke sind voll von schweren Irrthümern in Bezug auf die Natur der Beschreibstoffe, und es tritt jetzt erst von naturwissenschaftlicher Seite der Nachweis vieler dieser unrichtigen Angaben und die Darlegung des richtigen Sachverhaltes in den Vordergrund.

Die materiellen Untersuchungen der alten ostturkestanischen Papiere, welche Gegenstand dieser Abhandlung bilden, schließen sich, vornehmlich in methodischer Beziehung, an meine Arbeit über die alten arabischen Papiere an<sup>3</sup>. Die damaligen Untersuchungen mussten in der umfassendsten Weise durchgeführt werden, denn es handelte sich darum, den von mir rasch erkannten Irrthum der Existenz eines aus

<sup>1</sup> Nähere Daten über die im englischen Besitze befindlichen in Ostturkestan gemachten Auffindungen, insbesondere in Betreff der Manuscripte sind zu finden in Prof. Hoernle's Schrift: A Note on the British Collection of Central Asian Antiquities, presented to the XII. International Congress of Orientalists in Rom, Oxford 1899 und in Part. II seines Report on the British Collection of Antiquities from Central Asia, with 13 facsimile Plates, 3 Tables and 6 Woodcuts, 1902. (Extra Number 1 to the Journal of the Asiatic Society of Bengal, Vol. LXX.) Über die russischen Funde siehe: Nachrichten über die von der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg im Jahre 1898 ausgerüstete Expedition nach Turfan, D. Klementz, Turfan und seine Alterthümer etc., Petersburg 1899.

Einen höchst anziehenden, im Drucke erschienenen (K. Wiener Zeitung vom 2. und 3. März 1900) Vortrag über die ostturkestanischen Alterthümer hielt Prof. L. v. Schröder in der Wiener Anthropologischen Gesellschaft am 24. Februar 1900.

<sup>2</sup> In den Siebziger Jahren erklärten schon einige Historiker sich für incompetent, Fragen über die wahre Natur der Beschreibstoffe selbst endgiltig lösen zu können, und Prof. Clem. Lupat (Manuale di Palaeografia delle carte, Firenze, 1875) sprach es direct aus, dass über die Qualität der Papierfasern nur ein Botaniker urtheilen könne. Aber die Botaniker erledigten die an sie nur gelegentlich gestellten Fragen doch nicht mit der nöthigen wissenschaftlichen Tiefe und kamen über die landläufigen Angaben nicht hinaus. Es ist das Verdienst Karabacek's, die Wichtigkeit der naturwissenschaftlichen Methode in Fragen der materiellen Untersuchung von Papier mit allem Nachdrucke hervorgehoben zu haben. Er war es, der mich gelegentlich seiner umfassenden Untersuchungen über das arabische Papier aufforderte, die reiche und ungemein wichtige Sammlung »Papyrus Erzherzog Rainer« in dieser Richtung zum Gegenstande eingehender Studien zu machen. Diese meine materielle, an zahlreiche frühere in methodischer Beziehung ähnliche, von mir veröffentlichte Arbeiten anschließenden Untersuchungen der alten Papiere von El-Fajjüm und Uשמünein führten alsbald zu wichtigen, die damaligen paläographischen Lehren stark erschütternden Ergebnissen. Über die Bedeutung der Verbindung historisch-antiquarischer mit naturwissenschaftlichen Studien spricht sich Karabacek in seinem Werke über das arabische Papier (1887, p. 2) folgendermaßen aus: »Was das bewaffnete Auge mit autoritativer Sicherheit aus den altherwürdigen Papierresten herauszulesen verstand, gestaltet sich vielfach fruchtbringend. Die auf naturwissenschaftlichem Wege gewonnenen Resultate geben der historischen Forschung ein erstes und sicheres Fundament; sie haben unumstößlich dargethan, dass die bisherige Auffassung gewisser Cardinalfragen der Papierbereitung, wie die Kriterien der Papiererkennung verfehlt waren. . . Erfreulich ist es zu sehen, wie hier zum ersten und wohl nicht zum letztenmale naturwissenschaftliche Kriterien in einer eminent historisch-antiquarischen Frage mit entscheidendem Schwergewichte eintreten. Die Wichtigkeit des Zusammenwirkens dieser zwei an sich so divergierenden Forschungsmethoden springt aber noch um so viel deutlicher in die Augen, wenn wir die zum Überdruße ausgezogenen abendländischen Quellen und ihre zweifelhaften Ergebnisse verlassen, um uns dem Ausgangspunkte der Papierfrage, dem Oriente selbst zuzuwenden.«

Unter den Paläographen scheint nunmehr die von Karabacek dringend gestellte Forderung allseits beachtet zu werden, und gerade meine Untersuchungen über die alten arabischen Papiere waren auch die Veranlassung, dass Herr Prof. Hoernle an mich mit dem Ersuchen herantrat, die materielle Untersuchung der ostturkestanischen Papiere zu übernehmen.

<sup>3</sup> J. Wiesner, Die Faijümer und Uשמüneiner Papiere, II. und III. Bd. der Mittheilungen aus der Sammlung des Papyrus Erzherzog Rainer, Wien 1887. Diese meine Abhandlung erschien auch selbständig unter dem Titel: Die mikroskopische Untersuchung des Papiers mit besonderer Berücksichtigung der ältesten orientalischen und europäischen Papiere, Wien, Staatsdruckerei 1887.

(roher) Baumwolle erzeugten Papiere (der vielgenannten und allseits als factisch existierend angenommenen *charta bombycina*) mit vollkommener Sicherheit nachzuweisen und die von mir gleich im Beginne meiner die arabischen Papiere betreffenden Studien gefundene Thatsache, dass die Araber schon im achten Jahrhunderte unserer Zeitrechnung Papiere aus Hadern erzeugten, zu erhärten, also die alte Irrlehre, dass das Hadern- oder Lumpenpapier erst im 14. Jahrhunderte — nach anderen Angaben im 11. bis 13. Jahrhunderte — von den Deutschen oder einer anderen Culturnation erfunden und demselben ein Baumwollenpapier vorangegangen sei, zu widerlegen.

Die Lösung dieser Frage gelang auf das vollkommenste, da die naturhistorischen Auffindungen in den von Karabacek herangezogenen arabischen Quellen ihre volle Bestätigung gefunden haben. Die Frage war indess insoferne eine schwierige, als die die alten Papiere zusammensetzenden Fasern in einem Zustande hochgradiger Veränderung sich befanden und zu entscheiden war, ob sie im Papiere als Rohfaser oder als Hadernfaser auftraten, d. h. vorher textil ausgenützt worden waren.

Dem Fortgange der damaligen Untersuchungen stellten sich große Schwierigkeiten in den Weg, die sich aber doch soweit überwinden ließen, dass die Endergebnisse vollkommen befriedigend ausfielen und alle Zweifel in Betreff der Provenienz der Papierfaserstoffe behoben werden konnten. Dies war aber durch den Umstand sehr erleichtert, dass sich bei der Untersuchung der Papiere von El Fajjûm und Uschmûnein alsbald die Frage einfach so zuspitzte: ist die Papierfaser Baumwolle oder ist sie Leinen-, beziehungsweise Hanffaser?

Weitaus schwieriger war es, die Natur der ostturkestanischen Papierfasern zu ermitteln. Es liegen hier so viele Möglichkeiten vor. Die Schriftarten der Manuscripte deuten auf verschiedene Provenienzen. Die Manuscripte deuten auf indischen, chinesischen, persischen und anderweitigen islâmischen Ursprung hin. Wenn nun auch die Materialien der Beschreibstoffe des Islâm genau bekannt geworden sind, so sind wir doch über die alten indischen und chinesischen Papiermaterialien noch sehr ungenau unterrichtet, da nach dieser Richtung nur sehr wenige materielle Untersuchungen bisher unternommen worden sind <sup>1</sup>.

Der Plan meiner Untersuchung bestand darin, bei meinen mikroskopischen Studien alle jene Faserstoffe ins Auge zu fassen, welche erwiesenermaßen oder angeblich im Alterthume von den Arabern, Indern und Chinesen zur Bereitung des Papiere benutzt wurden, beziehungsweise benützt worden sein sollen, ferner die derzeit in Indien und China verwendeten Papierrohstoffe zu einem weiteren Ausgangspunkte meiner Nachforschungen zu machen, endlich auf die Faserpflanzen und überhaupt Culturpflanzen Turkestans und der umgebenden Länder zu achten, um auch diese, wenn es erforderlich schien, in den Kreis der Untersuchung einzubeziehen.

Ist schon an und für sich die Zahl der Faserstoffe, welche bei dieser Untersuchung in Frage kommt, eine verhältnismäßig große, so kommt als erschwerender Umstand noch hiezu, dass die meisten dieser Faserstoffe in Beginne meiner Untersuchungen mit Rücksicht auf ihre mikroskopischen Kennzeichen noch sehr unvollkommen oder noch gar nicht geprüft worden waren. Es musste meine Aufgabe sein, die in Frage kommenden Fasern zuerst genau zu studieren. Diese Vorarbeit hat geraume Zeit in Anspruch genommen, und dieser Umstand erklärt, dass ich erst jetzt, nachdem mir bereits seit mehr als zwei Jahren die betreffenden Papierproben vorliegen, in der Lage bin, die Frage über die Natur dieser Beschreibmaterialien zu beantworten.

Und auch diese Beantwortung ist durchaus keine vollständige. Die botanische Provenienz mancher die untersuchten Papiere zusammensetzenden Fasern ließ sich nicht oder doch nicht mit wünschenswerter Sicherheit ermitteln.

Was die dem Islâm angehörigen Papiere anlangt, so ist durch die von Karabacek <sup>2</sup> und mir (l. c.) unternommenen Untersuchungen sichergestellt worden, dass dieselben aus Leinen- oder Hanffasern

<sup>1</sup> Siehe hierüber Wiesner, Die Rohstoffe der Pflanzenreiches, 2. Aufl., Bd. II, Leipzig 1902, p. 452 ff.

<sup>2</sup> Das arabische Papier. Eine historisch-antiquarische Untersuchung. In den »Mittheilungen aus der Sammlung des Papyrus Erzherzog Rainer« Bd. II und III, Wien 1887.

bestehende Hadernpapiere sind. Freilich ist hier noch eine Lücke geblieben, welche bisher nicht ausgefüllt werden konnte. Die Araber lernten bekanntlich die Methode der Erzeugung des echten (gefälzten) Papiers von den Chinesen. Die islâmische Papiererzeugung begann nicht, wie die Paläographen bis zum Erscheinen der von Karabacek durchgeführten Untersuchungen über das arabische Papier lehrten, mit der Eroberung von Samarkand (704), sondern, wie Karabacek<sup>1</sup> nachwies, erst im Jahre 751 n. Chr. Chinesische Kriegsgefangene vermittelten unter den Arabern die Kenntnis der Papierbereitung. Die ersten chinesischen Papiermacher auf islâmischem Boden saßen zu Samarkand unter einer persisch redenden Bevölkerung<sup>2</sup>. Hier kam die Papierbereitung zu hohem Aufschwunge und Samarkand blieb bis zum 11. Jahrhunderte ein wichtiger Papierfabrikationsort. In der Kalifenstadt Bagdad, dem Mittelpunkte der alten muhamedanischen Herrschaft, beginnt die Papiererzeugung im Jahre 794 oder 795 und blühte bis zum 14. Jahrhunderte. Im 10. Jahrhunderte wurde viel Papier in Syrien (insbesondere zu Damascus) erzeugt und ausgeführt (die berühmte, auch im Occidente bekannte *charta damascena*). Bald darauf (im 11. Jahrhunderte) folgte Kairo, aber es wurden dort nur rohe Packpapiere erzeugt.

Zur Zeit als in Damascus die Papierfabrication blühte, wurde auch in Tiberias (Palästina) Papier bereitet, und es wurde die Vermuthung ausgesprochen, dass das dort zum Flechten von Matten benützte Gras Halfa (das jetzt in der Papierfabrikation so massenhaft verwendetes Espartogras, *Stipa tenacissima* L. = *Macrochloa tenacissima* Kunth) zur Darstellung eines gefälzten Beschreibstoffes verwendet worden sein soll<sup>3</sup>.

Die ältesten Papiere des Islâm stammen also aus dem Jahre 751. Zur Untersuchung gelangten aber erst Papiere aus dem Jahre 796 und aus späterer Zeit. Diese ältesten bisher bekannten arabischen Papiere gehören dem Papyrus Erzherzog Rainer an. Es waren durchwegs Hadernpapiere, und zwar reine Hadernpapiere, welche keinen Zusatz roher Pflanzenfasern aufwiesen.

Aus der Zeit vom Jahre 751 bis 796 liegen also keine arabischen Papiere vor. Es muss zugestanden werden, dass dies eine erhebliche Lücke ist. Denn nur die im Beginne der arabischen Papierfabrication erzeugten Papiere hätten uns darüber mit Sicherheit belehren können, welches Materiale die Lehrmeister der Araber im Papiermachen auf persischem Boden zuerst für diesen Zweck in Anwendung brachten. Waren es rohe Pflanzenfasern? Diejenigen, welche die Chinesen in ihrer Heimat benützten, waren wohl auf persischem Boden nicht zu finden. Also den von den Chinesen gewöhnlich benützten ähnliche? Und welche? Oder waren es Hadern? Müsste man die letzteren Fragen bejahen, so wären ja die Chinesen die Erfinder der Hadernpapiere. Aber gerade diese wichtigen Fragen konnten nicht gelöst werden, weil zu mikroskopischer Untersuchung das erforderliche Materiale fehlte.

Die ältesten bekannten arabischen Papiere sind nun, wie gesagt, reine Hadernpapiere, und da sichere Nachrichten über die Verwendung der Hadern zur Papiererzeugung bei den Chinesen fehlen, hingegen alles darauf hinzuweisen scheint, dass sie nur rohe Pflanzenfasern zu dem genannten Zwecke benützten, so konnte die Ansicht ausgesprochen werden, dass die Araber die Erfinder des Hadernpapiers sind. Diese Ansicht hat auch eine große Wahrscheinlichkeit, ja Karabacek hält sie für festbegründet, da nach seinen Nachforschungen bei den Chinesen die Fabrication des Hadernpapiers erst im X. Jahrhunderte anhebt (siehe unten bei Besprechung der Papiere der Chinesen).

<sup>1</sup> l. c., p. 72.

<sup>2</sup> Karabacek l. c., p. 33.

<sup>3</sup> Karabacek, l. c., p. 39. Es erscheint von vornherein nicht recht annehmbar, dass es mit den damaligen primitiven Mitteln gelungen sein sollte, ein so schwieriges Materiale, wie die harten zähen Blätter der Halfa in der Papierbereitung zu bewältigen. Es ist indes die Angabe, dass *Stipa tenacissima* in Palästina vorgekommen wäre, ganz unrichtig. Die geographische Verbreitung dieses Grases ist nunmehr genau bekannt. Zwei Jahre nach dem Erscheinen des »Arabischen Papiers« wurde eine monographische Arbeit über Halfa veröffentlicht (L. Traut, Étude sur l'Halfa [*Stipa tenacissima*] Alger 1889), worin nachgewiesen wird, dass die östliche Verbreitungsgrenze dieses Grases etwa in Tripolis erreicht wird, und die ältere Angabe, dass *Stipa tenacissima* in Griechenland oder noch weiter östlich vorkomme, auf Irrthum beruhe (l. c., p. 18 ff.).

Einige Klarheit hätte in die Sache gebracht werden können, wenn unter den ältesten der Untersuchung zugänglich gewesenen arabischen Papiere, welche gefunden worden wären, die sich als aus rohen Pflanzenfasern zusammengesetzt erwiesen hätten. Wären die Pflanzenfasern chinesischer Provenienz gewesen, so wäre dann zu folgern gewesen, dass die in Persien arbeitenden chinesischen Papiermacher ihr Rohmaterial aus der Heimat bezogen haben. Wären es Fasern persischer Pflanzen gewesen, so hätte der Schluss gezogen werden können, dass die chinesischen Papiermacher in Persien Substitute für die chinesischen Papiergewächse in dem neuen Erzeugungsgebiete gefunden haben. Trotz vielen Suchens gelang es mir aber nicht, in den ältesten arabischen Papieren der Sammlung »Papyrus Erzherzog Rainer« solche Rohfasern aufzufinden. Und so konnte die Brücke nicht gefunden werden, welche von dem chinesischen Papiere zum arabischen hinüberführt.

Die mir von Prof. Hoernle zu Gebote gestellten alten Papiere chinesischer Provenienz scheinen mir geeignet, diese fühlbare Lücke einigermaßen auszufüllen.

Die Materialien, welche die Chinesen in alter Zeit zur Bereitung der von ihnen erfundenen echten (gefilzten) Papiere verwendeten, sind vielfach noch in tiefes Dunkel gehüllt, da eine materielle Untersuchung alter chinesischer Papiere bisher noch nicht durchgeführt wurde, und noch weniger sicher sind die Nachrichten über die Beschreibstoffe, welche in China dem echten Papiere vorangingen.

Der älteste chinesische Beschreibstoff soll das Blatt des Bambusrohres gewesen sein, auf welches angeblich die Schriftzeichen mit glühenden Nadeln geritzt wurden. Sodann folgten aus dem Körper des Bambusrohrstammes geschnittene Holztäfelchen. Aber man kehrte zu der blattförmigen Gestalt der Beschreibkörper wieder zurück, da diese doch im Gebrauche zweckmäßiger ist als das massive Holztäfelchen, und machte den Anfang eines echten Papiers, indem man Seidenabfälle zu einem dünnen blattförmigen Beschreibstoffe verfilzte<sup>1</sup>. Dies wäre der erste Versuch der Herstellung eines Hadernpapiers. Diese Seidenpapiere sollen schon 300 Jahre v. Chr. erzeugt worden sein und es wäre die Blüte dieser Papiermanufactur etwa in das Jahr 100 n. Chr. zu setzen. Kurz vorher war aber nach glaubwürdigen chinesischen Quellen, durch Ts'ai Lun die Erfindung des Pflanzenfasernpapiers gemacht worden, welches dieser hervorragende Staatsmann zu hoher Vollkommenheit brachte. Durch diese neue Erfindung wurden die früher genannten Beschreibstoffe, zuletzt das Seidenlumpenpapier verdrängt.

Über die Rohmaterialien, welche die Chinesen zur Herstellung des Pflanzenfasernpapiers benützten, liegen widersprechende Angaben vor.

Die durch Wattenbach's Angaben weit verbreitete bis in die neueste Zeit als richtig angenommene Behauptung, dass die Chinesen in alter Zeit aus roher Baumwolle Papier erzeugten, hat sich als völlig grundlos herausgestellt. In den verlässlichen Quellen über alte chinesische Papierrohstoffe fehlt die Baumwolle<sup>2</sup>. Die Baumwollenpflanze wurde in China überhaupt erst sehr spät, Jahrhunderte nach der Erfindung des Papiers in dem genannten Lande eingeführt, nämlich während der Regierung Kubilai Chàn's (1257 — 1294)<sup>3</sup>, in welcher Zeit sie aus Ma'bar im südlichen Indien nach China gebracht wurde. Durch zahlreiche von mir untersuchte alte, als Baumwollenpapiere angesehene arabische und europäische Beschreibstoffe wurde constatirt, dass dieselben durchwegs Hadernpapiere sind, von welchen die älteren nur aus Leinen-, beziehungsweise Hanffasern bestehen. Erst in den späteren Papieren wurden von Baumwollenhadern herrührende Baumwollenfasern gefunden.

Ich will hier gleich einschalten, dass ich in den alten, in Ostturkestan ausgegrabenen chinesischen Papieren niemals rohe Baumwolle gefunden habe, auch nicht in den anderweitigen zur Untersuchung gelangten alten asiatischen Papieren.

<sup>1</sup> Siehe hierüber Hirth, Chinesische Studien, I, München 1890, p. 264 ff. und Blanchet, Essay sur l'histoire du papier, Paris 1900.

<sup>2</sup> Das Schriftwesen im Mittelalter, 2. Aufl., Leipzig 1875, p. 114 ff.

<sup>3</sup> St. Julien, Industries anciennes et modernes de l'Empire Chinois d'après des notices traduits du Chinois, Paris 1869, p. 149.

<sup>4</sup> Karabacek, l. c. p. 22.

Durch das von Ts'ai Lun erfundene Pflanzenfaserpapier wurden sowohl die Schreiftafeln aus Bambus als das Seidenpapier rasch verdrängt<sup>1</sup>. Hirth bezeichnet nach chinesischen Quellen als Materialien, welche zur Bereitung der Pflanzenfaserpapiere von Ts'ai Lun benützt wurden: Baumrinde, Hanf, Lumpen und Fischernetze<sup>2</sup>. Nach Karabacek<sup>3</sup> haben die Chinesen anfänglich nur Baumrinden (nämlich deren Bastfaser) zur Papierbereitung benützt und erst viel später (940 n. Chr.) soll das chinesische Hadernpapier begonnen haben.

Da bis jetzt keine materiellen Untersuchungen alter chinesischer Papiere vorliegen, so ist die Frage, ob und inwieweit die Chinesen als die Erfinder des Hadernpapiere zu betrachten sind, noch ungelöst, und rücksichtlich dieser Papiere kann mit Bestimmtheit nur gesagt werden, dass es bisher nur gelungen ist, diese in cultureller Beziehung so wichtige Erfindung zeitlich bis auf das Ende des VIII. Jahrhunderts zurückzuführen, und dass derzeit die Araber als die Erfinder angesehen werden können. Es muss aber doch noch fraglich erscheinen, ob sie diese Erfindung selbständig gemacht oder von ihren Lehrmeistern in der Papiermacherskunst, den Chinesen, übernommen haben.

Die ostturkestanischen Funde eröffnen die Möglichkeit, dieser wichtigen Frage näher treten zu können.

Was nun die rohen Pflanzenstoffe anlangt, aus welchen in alter Zeit die Chinesen Papier bereiteten, so sind darüber allerdings mancherlei Angaben in der Literatur zu finden, aber genaue materielle Untersuchungen sind, wie schon oben bemerkt, über diesen Gegenstand nicht angestellt worden. Übereinstimmend wird angegeben, dass die Chinesen Baumrinden, also zweifellos die Bastfasern der Rinden, für die Zwecke der Papiererzeugung verwendeten. Es werden besonders zwei Pflanzen genannt, welche seit alter Zeit in China von den Papiermachern verwendet worden sein sollten: die sogenannte Chinagrassfaser und die Faser des Papiermaulbeerbaumes. Die sogenannte Chinagrassfaser (chu ma der Chinesen), jetzt häufiger Ramie genannt, ist die Bastfaser einer Urticacee: *Böhmeria nivea* Hook. et Arn., welche in Ostasien seit uralter Zeit zu textilen Zwecken dient und bekanntlich in neuester Zeit auch in Europa versponnen und verwebt wird<sup>4</sup>. Diese Faser soll in alter Zeit in China zur Erzeugung der besten Documentenpapiere Verwendung gefunden haben<sup>5</sup>. Der in China einheimische Papiermaulbeerbaum (*Broussonetia papyrifera* Vent.) besitzt eine feine lange Bastfaser, welche bekanntlich in neuer Zeit in Japan in außerordentlich großem Maßstabe zur Bereitung des auch in Europa bekannten japanischen Papiers dient. In Japan wird die Faser des Papiermaulbeerbaumes seit etwa dem VI. Jahrhunderte unserer Zeitrechnung zu Papier verarbeitet; aber vorher schon haben die Chinesen die *Broussonetia*-Faser zur Papierbereitung benützt<sup>6</sup>, angeblich auch die Faser junger Schösslinge des Bambusrohres<sup>7</sup>. Die beiden zuletzt genannten Rohmaterialien sollen in China länger im Gebrauche gewesen sein als die *Böhmeria*-Faser<sup>8</sup>. »In Wirklichkeit«, sagt Karabacek<sup>9</sup>, »hat man in China bereits unter der Regierung des Kaisers Kao-tsung 649—683 mit der Fabrication einer neuen Gattung Papier aus einer Art Hanf-

<sup>1</sup> Hirth, l. c. p. 259 ff.

<sup>2</sup> Hirth, l. c., p. 267.

<sup>3</sup> Karabacek, l. c., p. 31, gestützt auf eine Stelle in Lichtenbergs: Vermischte Schriften, V, p. 508—510.

<sup>4</sup> Über die complicierte Synonymik dieser Pflanze siehe Wiesner, Rohstoffe, 2. Aufl., Bd. II, p. 215, über die Fasern selbst ebenda, p. 318 ff. *Böhmeria nivea* Hook. et Arn. wird seit alter Zeit in Ostasien in zwei verschiedenen Formen gebaut und textil verwendet, welche von einigen Botanikern als besondere Arten unterschieden werden. In China wird die Form *B. niv.* Hook et Arn. forma *chinensis* Wiesner (= *Böhmeria nivea* Gaud.), in Indien und auf dem Archipel die Form *B. niv.* Hook et Arn. forma *indica* Wiesner (= *Urtica tenacissima* L., das alte *Ramium majus* des Rumphius) cultiviert. Die Faser dieser beiden Formen gibt keinerlei durchgreifenden Unterschied zu erkennen.

<sup>5</sup> Siehe die Citate bei Karabacek, p. 28 und 29.

<sup>6</sup> Karabacek, l. c., p. 29, Hirth, l. c.

<sup>7</sup> Karabacek, l. c.

<sup>8</sup> Hist. Mogols, edit. Quatremère CXXXIV. Citiert nach Karabacek, l. c., p. 28.

<sup>9</sup> l. c., p. 29. Siehe auch Ersch und Gruber, Allg. Encyclopädie 3, XI, p. 105 und St. Julien l. c. p. 145.

faser (sogenannten chinesischen Grases, Bastfaser von *Böhmeria (Urtica) nivea* <sup>1)</sup> begonnen, deren man sich wegen ihrer besonderen Dauerhaftigkeit zu amtlichen Schriftstücken, und als es 715 vervollkommen wurde, zur Ausfertigung kaiserlicher Befehle bediente«.

Ich führe in Bezug auf die Rohmaterialien chinesischen Papiers noch eine Stelle aus einem Briefe an, den mir Herr Prof. Hoernle am 10. April 1900 aus Oxford schrieb:

»Prof. Giles (Professor des Chinesischen) in Cambridge schreibt mir wie folgt:

The earliest paper (in China) was made from tow old linnen, fishing nets etc. Modern paper is made from Bamboo fibre, the bark of the *Broussonetia papyrifera* and rice straw. I can find no record of different papers at different periods. It is expressly stated, that in Such'uan hemp was used for making paper, in Fukhien bamboo, in the north mulberrybark, in Kiangsu rattan, on the sea-coast lichen, in Chahkiang husk of grain, in Central China silk, and in Hupeh *Broussonetia papyrifera*. Vide the Pen tsoa kang mu or Materia media«.

Einige dieser Rohstoffe (Bambusrohr, *Broussonetia*-Bast, Reisstroh, Maulbeerrinde) werden erwiesenermaßen derzeit in China zur Papierbereitung benützt <sup>2)</sup>. Es blieben also für meine Untersuchung als Rohstoffe chinesischen Papiers zu erwägen: hemp, rattan, lichen und husk of grain.

Das Wort hemp, Hanf, ist vieldeutig und muss nicht gerade Hanf in gewöhnlichem Sinne, nämlich die Bastfaser von *Cannabis sativa* bedeuten. Es ist nicht erwiesen, dass der echte Hanf in China gebaut wird, in Indien hat er als Faserpflanze nur eine sehr geringe Bedeutung. Wahrscheinlich ist bei Giles unter Hanf oder chinesischem Hanf das Chinagrass gemeint. Bei der Untersuchung der ostturkestanischen Papiere ist indess auf etwaiges Vorhandensein von Hanf Rücksicht genommen worden.

Was das Wort rattan oder ratan anlangt, so kann darunter wohl nur der Rottang oder das spanische Rohr, nämlich die bekannten festen und elastischen Stengel von *Calamus Rotang* oder einer verwandten Art zu verstehen sein, deren nördlichster ostasiatischer Standort im südlichen China liegt. Zerrissen kann das bekannte spanische oder Stuhlrohr als sehr grobe Faser zu Matten u. dgl. verarbeitet werden, es ist aber augenscheinlich, dass es mechanisch, oder durch schwache chemische Mittel, wie solche zur Gewinnung von Bastfasern, namentlich dicotyler Gewächse, an vielen Orten seit alter Zeit in Verwendung sind, nicht wohl zur Erzeugung einer Papierfaser benützt werden kann. Die in der heutigen Industrie benützten Mittel zur Erzeugung der »Cellulose« würden es wahrscheinlich ermöglichen, auch aus dem Stuhlrohr »Cellulose« zu erzeugen. Es ist hier natürlich nicht von dem chemischen Individuum Cellulose, sondern von jenem durch Maceration mit Natronlauge unter hohem Drucke oder durch oxydierende Mittel erzeugten Stoffe die Rede, welcher als Natron- oder Sulfitcellulose in der Papierfabrication verwendet und aus Holz (Holzcellulose), Stroh (Strohcellulose) etc. bereitet wird. An eine solche Zubereitung des spanischen Rohres ist aber, wenn es sich um alte Papiere handelt, nicht gut zu denken. Es ist deshalb »rattan« als Rohstoff zur Erzeugung alter Papiere kaum anzunehmen. Immerhin wurde die Faser von *Calamus Rotang* bei Prüfung der ostturkestanischen Papiere im Auge behalten. Denn unmöglich ist es nicht, dass die erfinderischen Chinesen, welche ja zuerst die Isolierung der Pflanzenfaser durch Maceration zuwege brachten, auch das Stuhlrohr in eine Fasermasse umzuwandeln verstanden haben mochten.

Unter »lichen« ist Flechte zu verstehen. Von vornherein ist es im höchsten Grade unwahrscheinlich, dass irgend eine Baum- oder Stein- oder überhaupt eine Flechte geeignet sein sollte, zur Papierbereitung zu dienen. Ist ja, wie man heute weiß, der faserige Antheil der Flechte ein Pilzgewebe, welches durch mechanische Bearbeitung wohl nicht in eine zur Papiererzeugung geeignete Fasermasse zu verwandeln sein dürfte. Noch weniger möchte es gelingen, den faserigen Antheil der Flechten, welcher zu starker Gelatinierung neigt, durch chemische Mittel, zum Beispiel durch Kochen im Wasser, durch Behandeln mit Aschenlauge u. dgl. in den gewünschten Zustand zu bringen. Ich werde indess weiter unten Gelegen-

<sup>1)</sup> Hierunter ist die soeben (Anmerkung 4) genannte Bastfaser von *Böhmeria (Urtica) nivea* Hook et Arn. zu verstehen.

<sup>2)</sup> Wiesner, Rohstoffe, Bd. II (1902).

heit haben, zu zeigen, dass ostturkestanische Papiere existieren, zu deren Herstellung Flechten tatsächlich Verwendung gefunden haben.

Was man unter »husk of grain« zu verstehen habe, ist nicht ohneweiters klar. Am nabeliegendsten ist es, darunter die Hülsen oder Schalen eines Samens zu begreifen. Wahrscheinlich sind darunter die Hülsen oder Spelze einer Getreideart zu verstehen. Wenn man bedenkt, dass der rohe Reis (Paddy), um als Genusmittel verwendet werden zu können, geschält werden muss, und hiebei ein Product gewonnen wird, welches in stark reisbauenden Ländern, z. B. China, in ungemein großen Quantitäten abfällt, so wird man wohl geneigt sein, unter »husk of grain« die Spelzen des Reises zu verstehen. Fasrige Bestandtheile enthalten die Spelzen allerdings, allein es ist nicht recht wahrscheinlich, dass man durch primitive Mittel aus denselben eine Papierfaser herstellen könne. Immerhin betrachtete ich diese zuletzt genannte Angabe als einen Wink, der bei Auffindung des Papierfasermaterials nicht unbeachtet bleiben darf.

Bei Untersuchung der ostturkestanischen Papiere habe ich auf folgende Papierrohmaterialien mein Hauptaugenmerk gelenkt:

1. Auf Fasern, die vorher schon als Gewebe oder in Form von Seilen, Netzen u. dgl. Verwendung gefunden haben. Dabei wurde geachtet auf Leinen-, Hanf-, Baumwollfasern und mit Rücksicht auf chinesische Papiere auch auf die Ramie- oder eine verwandte ostasiatische Nesselfaser. Mit Rücksicht auf indische Papiere wurde das Augenmerk auch auf die gemeinsten indischen Spinnfasern: Jute (Bastfaser von *Corchorus capsularis* und *C. olitorius*), Sunn (Bastfaser von *Crotalaria juncea*) und Gambohanf (Bastfaser von *Hibiscus cannabinus*) und verwandte Malvaceenfasern gelenkt.

2. Auf Rohfasern, welche zum Zwecke der Papiererzeugung aus den Pflanzentheilen besonders abgeschieden werden:

- a) Fasern von Monocotylen: Bambusrohr, Schilf (*Phragmites communis*), Wüstengräser, welche zu Flechtarbeiten verwendet werden, insbesondere auf *Sipa splendens*, endlich auf die Stroh-, namentlich Reisstrohfaser;
- b) Fasern dicotyler Pflanzen: Es wurde Rücksicht genommen auf die Bastfaser von Flachs, Hanf, Ramie, Jute, Sunn, Gambohanf, auf die Bastfaser des Papiermaulbeerbaumes (*Broussonetia papyrifera* Vent.), des gewöhnlichen Maulbeerbaumes (*Morus alba* L. und *M. nigra* L.) und auf die Bastfaser der in Südchina einheimischen Moracee: *Streblus asper*, deren Zweige sehr bastreich sind.

Wie oben schon erwähnt, habe ich bei meinen Untersuchungen nicht verabsäumt, auch auf die möglicherweise im Papier auftretende Faser vom spanischen Rohre (*Calamus Rotang* und Verwandte) auf Flechten und auf »husk of grain« zu achten. Auch die seit langer Zeit zur Papierbereitung in Indien und Japan stark verwendete *Edgeworthia*-Faser und auf die in Indien zu gleichem Zwecke dienende Faser von *Daphne cannabina* (Nepal paper plant) und andere Thymelaeaceenfasern wurden im Auge behalten.

Was die Kennzeichen der rohen und im Gewebe bereits ausgenützten Leinen-, Hanf- und Baumwollfasern anlangt, so habe ich diesen Gegenstand in Bezug auf die Untersuchung alter Papiere bereits früher eingehend erörtert, weshalb es hier genügen dürfte, auf meine diesbezügliche Veröffentlichung zu verweisen<sup>1</sup>.

Die charakteristischen Kennzeichen einiger der oben genannten, rohen Fasern sind bereits allgemein bekannt. So die Ramie, Jute, Gambohanf, die Espartofaser, die Faser des Papiermaulbeerbaumes und das Getreidestroh<sup>2</sup>.

Über einige in Betracht zu ziehende Fasern, namentlich über die Bambusrohrfaser und über die *Edgeworthia*-Faser, über welche bis dahin keine oder nur ungenügende mikroskopische Charakteristica veröffentlicht wurden, habe ich in neuester Zeit genaue Untersuchungen angestellt, welche ich aber bereits bekanntgegeben habe<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Die Fajûmer und Uchmüneiner Papiere, I. c.

<sup>2</sup> Siehe hierüber Wiesner, Rohstoffe, Bd. II (1902).

<sup>3</sup> Rohstoffe, Bd. II.

Es erübrigt deshalb hier bloß die mikroskopischen Kennzeichen der Schilfrohr- und der *Stipa*-Faser (im Vergleiche zur Bambusrohrfaser), ferner der Faser von *Calamus Rotang* und von *Daphne cannabina* (= *D. papyracea* Wall.) vorzuführen, da dieselben bis jetzt noch nicht oder nicht genau beschrieben worden sind.

Die mikroskopischen Charaktere der Flechten sind so bekannt, dass auf dieselben hier nicht weiter einzugehen ist. Die Anatomie der Reisspelze habe ich mir durch eigene Anschauung klar gemacht; allein da meine Untersuchungen der ostturkestanischen Papiere ergeben haben, dass dieses Rohmateriale darin absolut nicht anzunehmen ist, letzteres auch sonst für derartige Untersuchungen kaum je in Betracht kommen wird, so verzichte ich darauf, meine diesbezüglichen Beobachtungen hier zu fixieren.

Noch möchte ich erwähnen, dass nach brieflichen Mittheilungen, welche Herrn Prof. Hoernle zugegangen sind, in Ostturkestan die Rinde von Weiden zur Papierbereitung benützt werden soll, während Dr. Stein angibt, dass Maulbeerrinde dort zu diesem Zwecke dient. Die letztere Angabe ist gewiss richtig. Ich bezweifle aber die Richtigkeit der ersteren. Unter den zahlreichen von dort stammenden Papieren, welche mir Herr Prof. Hoernle zur Verfügung stellte, ist kein einziges aus den Bastfasern von Weiden (*Salix*-Arten) bereitet. Schon von vornherein ließ sich annehmen, dass Weidenrinde nicht zur Papiererzeugung gebraucht wird, da dieselbe im Vergleiche zu anderen Gewächsen arm an Bastfasern ist. Die Bastfaser der Weiden wäre aber leicht zu erkennen, da sie von Krystallkammerfasern begleitet ist, welche sich gewiss nicht von den Bastfasern trennen lassen. Diese Krystallkammerfasern, im Vereine mit der Verholzung der Bastfasern hätten leicht auf die Gegenwart von Weidenbastfasern geführt. Unter allen von mir untersuchten alten und modernen asiatischen Papieren habe ich kein einziges gefunden, dessen mikroskopische Eigenschaften auf das Vorhandensein von Weidenbastfasern hingedeutet hätte. Die Rindenfaser der Weiden kommt also als Papierfaser im Nachfolgenden nicht weiter in Betracht. Aber unter Weide (willow) ist vielleicht nicht das botanische Genus *Salix* zu verstehen, sondern andere Sträucher oder überhaupt Holzgewächse, und ich bin geneigt anzunehmen, dass darunter strauchige Thymelaeaceen sind, welche zu den hervorragenden Florenelementen der asiatischen Wüsten und Steppen gehören<sup>1</sup>, und wie ich unten zeigen werde, für die centralasiatische und auch indische Papierbereitung sehr stark in Betracht kommen.

So hatte ich also eine bestimmte Zahl von Typen stets im Auge, als ich die mikroskopische Untersuchung der Papiere vornahm. Was an mikroskopischen Charakteren außerhalb dieser Typen gelegen war, musste einen Fingerzeig geben, neue Fahrten zur Eruierung der Fasern, aus denen diese räthselhaften Papiere bestehen, aufzusuchen.

---

## Erster Abschnitt.

### Histologische Vorstudien.

1. Unterscheidung von Bambusrohr, Schilfrohr und dem Halme der *Stipa splendens*. Von Grashalmen, welche möglicherweise zur Bereitung der zu untersuchenden Papiere dienten, kommen diese drei in erster Linie in Betracht, selbstverständlich, wenn von Reisstroh und anderen Getreidestroharten, welche leicht im Papiere zu erkennen sind, abgesehen wird<sup>2</sup>.

Die Kennzeichen des Bambusrohres habe ich schon früher eingehend abgehandelt<sup>3</sup>. Es wurde hauptsächlich Rücksicht genommen auf die Bastfasern, ferner auch auf die Oberhaut, auf die Gefäße und auf

---

<sup>1</sup> Gilg, Thymelaeaceen in Engler-Prantl, Pflanzenfamilien III, 6. a p. 221.

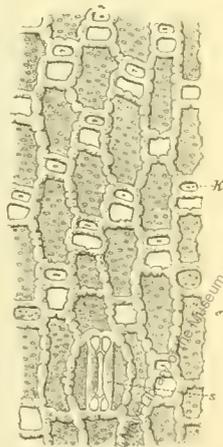
<sup>2</sup> Siehe hierüber Wiesner, Techn. Mikroskopie, Wien 1867 und Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, 2. Aufl., Bd. II, 1902, p. 433 ff.

<sup>3</sup> Rohstoffe, Bd. II, p. 441.

charakteristische Grundgewebelemente des Stammes von Bambus etc. Natürlich muss bei der Erzeugung von Papier das Bestreben vorhanden sein, die Bastfaser möglichst von den anderen Bestandtheilen des Bambushalmes zu befreien; es vollständig zu thun, ist aber ein Ding der Unmöglichkeit. Immer bleiben in der Papiermasse als Nebenbestandtheile andere Gewebelemente zurück, zum höchsten Vortheile der Untersuchung, denn gerade diese die eigentliche Faser begleitenden Gewebetheile — ich will solche Gebilde in der Folge als »leitende Nebenbestandtheile« bezeichnen — erleichtern nicht nur die Untersuchung, sondern sind in einzelnen Fällen für die Unterscheidung von ausschlaggebender Bedeutung, so zum Beispiel bei Prüfung der aus Stroh erzeugten Papierfaser. Die Bastzellen unserer Strohartn stimmen so sehr miteinander überein, dass sich eine Unterscheidung dieser Faserzellen absolut nicht durchführen ließe. Nun führt aber jede Strohfasern, wie sie als Halb- oder Ganzzeug oder im fertigen Papier vorliegt, stets reichlich Oberhautfragmente des Grashalmes, und nun ist es ein leichtes, aus der Form und Größe der Oberhautzelle, überhaupt aus dem Baue der Oberhaut abzuleiten, ob die betreffende »Strohfasern« von Weizen, Gerste, Roggen, Hafer, Mais oder Reis herrührt<sup>1</sup>. Oberhaut bietet rücksichtlich der Unterscheidung der Halme der Gramineen die Oberhaut stets die verlässlichsten Unterschiedsmerkmale dar.

Ich habe deshalb bei meiner Studie über die Bambuspapiere die Oberhaut des Bambusrohres (*Bambusa arundinacea* Willd.<sup>2</sup>) eingehend studiert, beschrieben und abgebildet<sup>3</sup>. Des Vergleiches mit dem *Stipa*- und *Phragmites*- (Schilfrohr-) Halmes halber muss ich die wichtigsten diesbezüglichen Daten wiederholen. Die Oberhautzellen sind rechteckig, zumeist 0·025 — 0·055 mm lang und etwa 0·020 mm breit. Die Oberhautzellen des Bambusrohres sind seicht wellenförmig contouriert und erscheinen in unverletztem Zustande ziemlich dickwandig. Die Wanddicke zweier benachbarter Zellen zusammengenommen beträgt im Mittel 0·0038 mm. Behandelt man die Oberhaut mit Chromsäure, so lösen sich die inneren

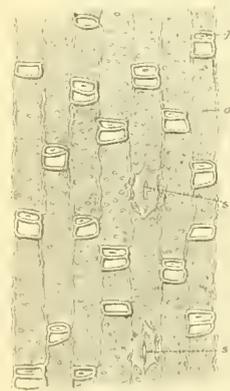
Fig. 1.



Vergr. 430. Oberhaut vom Bambusrohr (*Bambusa arundinacea*).

o Oberhautzellen. k Kiesel- (Zwerg-) Zellen.  
s Spaltöffnung.

Fig. 2.



Vergr. 450. Oberhaut vom Bambusrohr. Nach Behandlung mit Chromsäure.

o Oberhautzellen. k Kieselzellen.  
s Spaltöffnungen.

Verdickungsschichten auf und es erscheint die Zelle dünnwandig und der wellenförmige Contour tritt deutlicher hervor. An den Außenwänden der Oberhautzellen treten — aber nicht allzu zahlreich —

<sup>1</sup> Techn. Mikroskopie, p. 224 ff., Rohstoffe, Bd. II, p. 435 ff.

<sup>2</sup> Wahrscheinlich wurden und werden auch jetzt noch andere Arten der alten Gattung *Bambusa* zur Papierbereitung benützt. Es ist aber kaum zu bezweifeln, dass die mikroskopischen Charaktere der aus anderen *Bambusa*-Arten erzeugten Papiere nicht wesentlich von den oben beschriebenen abweichen werden. Zum mindesten dürften die für *B. arundinacea* angegebenen Charaktere ausreichen, um Bambuspapiere von anderen Papieren unterscheiden zu können.

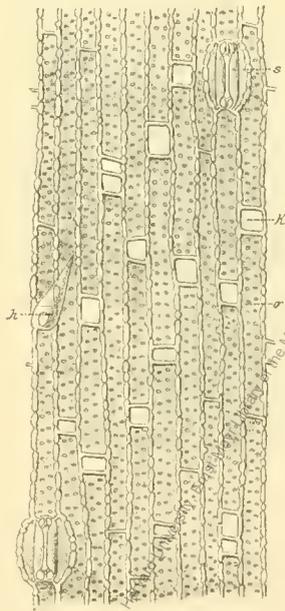
<sup>3</sup> Rohstoffe II, Fig. 138—140.

kleine rundliche Poren auf. Mit den Oberhautzellen wechseln Zwerg- oder Kieselzellen ab, welche in der Regel paarweise gestellt sind, indes auch einzeln und in Gruppen zu je 3—4 auftreten. Sind die Zwergzellen in Paaren angeordnet, so ist gewöhnlich die eine leer, d. h. ohne Inhaltskörper, die andere von einem Kieselkörper erfüllt, der entweder solid ist oder einen punkt- oder spaltenförmigen Hohlraum aufweist. Diese Zwergzellen schließen sich an die kürzere Seite der Oberhautzelle an, sind aber gewöhnlich nicht so breit wie die Oberhautzelle und in der Richtung der Längsachse der Oberhautzellen mehr oder weniger abgeplattet. Spaltöffnungen treten in der Oberhaut von *Bambusa arundinacea* nur vereinzelt auf, sie sind aber doch stets leicht nachzuweisen. (Fig. 1 und 2.)

Eine große Anzahl von chinesischen Bambuspapieren der verschiedensten Provenienz, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, verschaffte mir die Überzeugung, dass in einzelnen die Oberhautstücke völlig fehlen, während sie in anderen mehr oder minder reichlich auftreten. Da sich an dünnen Halmen (Stroh, *Stipa*, *Phragmites*) die Oberhäute von den Fasern (bei der Papierbereitung) nicht trennen lassen, bei dicken Bambushalmen die Entfernung der oberflächlichen Schichten und damit der ganzen Oberhaut aber ein Leichtes ist, so glaube ich, dass alle jene Bambuspapiere, welche Oberhautstücke enthalten, aus jungen Schößlingen von Bambusen, hingegen diejenigen Bambuspapiere, welche frei von Oberhautstücken sind, aus herangewachsenem Bambusrohre erzeugt worden sind.

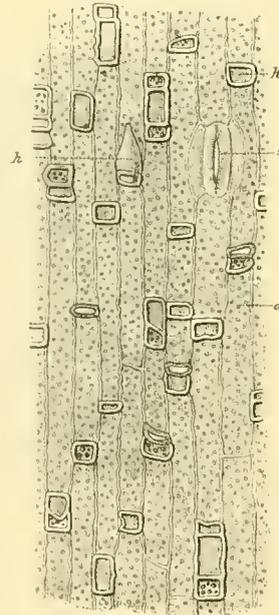
Die Oberhaut vom Halme der *Stipa splendens* ist von der des Bambusrohres sehr leicht und sicher zu unterscheiden. Die Oberhautzellen sind allerdings in beiden Fällen gleich geformt, aber die *Stipa*-Oberhautzellen sind beträchtlich länger. Gewöhnlich beträgt die Länge dieser Zellen  $0.037-0.148\text{ mm}$ , die Breite etwa  $0.0175\text{ mm}$ . Sie sind meist geradlinig, seltener schwach wellenförmig contourniert, in ver-

Fig. 3.



Vergr. 430. Oberhaut vom Halme der *Stipa splendens*.  
o Oberhautzellen. k Kieselzellen. s Spaltöffnungen.  
h Haar.

Fig. 4.



Vergr. 430. Oberhaut vom Halme der *Stipa splendens*  
Nach Behandlung mit Chromsäure.  
o Oberhautzellen. k Kieselzellen. s Spaltöffnungen.  
h Haar.

schiedenem Grade verdickt. Die Außenwand der Zelle ist reichlich mit Poren versehen. Zwischen den Oberhautzellen treten Zwergzellen auf, meist vereinzelt, seltener zu zweien und dreien. Kieselkörper kommen in den Zwergzellen entweder gar nicht vor oder in verschiedenen Gestalten, meist mehrere Körner bildend, nie das Lumen der Zelle ganz erfüllend. Wird die Oberhaut

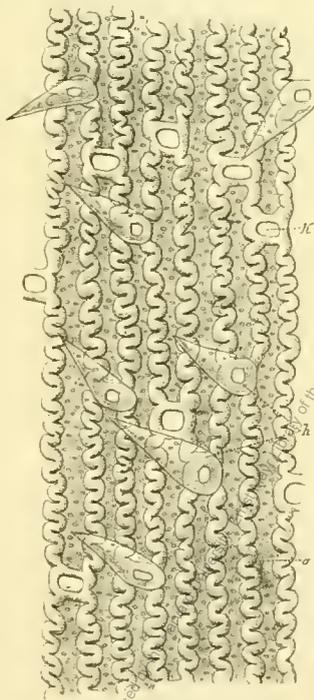
vom *Stipa*-Halm mit Chromsäure behandelt, so werden die Oberhautzellen samt ihren Wänden fast ganz aufgelöst. Die Zwergzellen bleiben zurück, denn ihre Wände sind verkieselt, sie sind eben Kieselzellen, und führen, wie schon erwähnt, im Inhalte Kieselkörper. Die beinahe vollständige Auflösung der Oberhautzellen in Chromsäure beruht darauf, dass diese Oberhautzellen fast vollkommen frei von Kieselsäure sind.

Spaltöffnungen treten in der Oberhaut von *Stipa splendens* nur vereinzelt und sparsam auf, sind aber stets leicht nachweislich. Sehr sparsam treten zwischen den Oberhautzellen einzellige Haare auf. Sie sind schwer aufzufinden; leichter findet man die in der Oberhaut zurückgebliebenen Narben abgebrochener Haare. Bei dem Versuche, die Faser des *Stipa*-Halmes zu gewinnen, überzeugt man sich, dass es nicht möglich ist, die Oberhaut von den faserigen Elementen zu trennen. Es lässt sich vorhersehen, dass gleich allen Strohpapieren auch im aus den Halmen von *Stipa splendens* erzeugten Papiere stets Oberhautfragmente enthalten sind. (Fig. 3 und 4.)

Ein gleiches gilt für die aus Schilfrohr erzeugten Papiere. Die Oberhaut des Schilfrohres lässt sich nun ebenso leicht als sicher, sowohl von jener des Bambusrohres als der des *Stipa*-Halmes unterscheiden. In den Dimensionen stimmen allerdings die Oberhautzellen von *Phragmites* mit jenen von *Stipa* überein, allein sie sind stets tief wellenförmig contouriert und dickwandig. Spaltöffnungen sind selten, hingegen treten überaus häufig einzellige kegelförmige Haare zwischen den Oberhautzellen auf, ferner Kieselzellen, welche zum Theile auch Kieselkörper führen. (Fig. 5.)

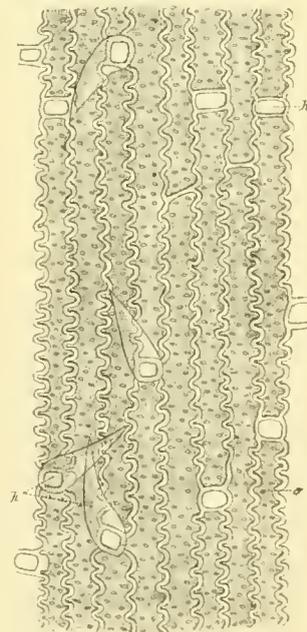
Wird die Oberhaut mit Chromsäure behandelt, so bleiben noch deutliche Reste der Zellmembranen der Oberhautzelle zurück. Zwischen diesen erscheinen in fast unverändertem Zustande die Haare und die Kieselzellen. (Fig. 6.)

Fig. 5.



Vergr. 430. Oberhaut vom Schilfrohr.  
o Oberhautzelle. k Kieselzelle. h Haare.

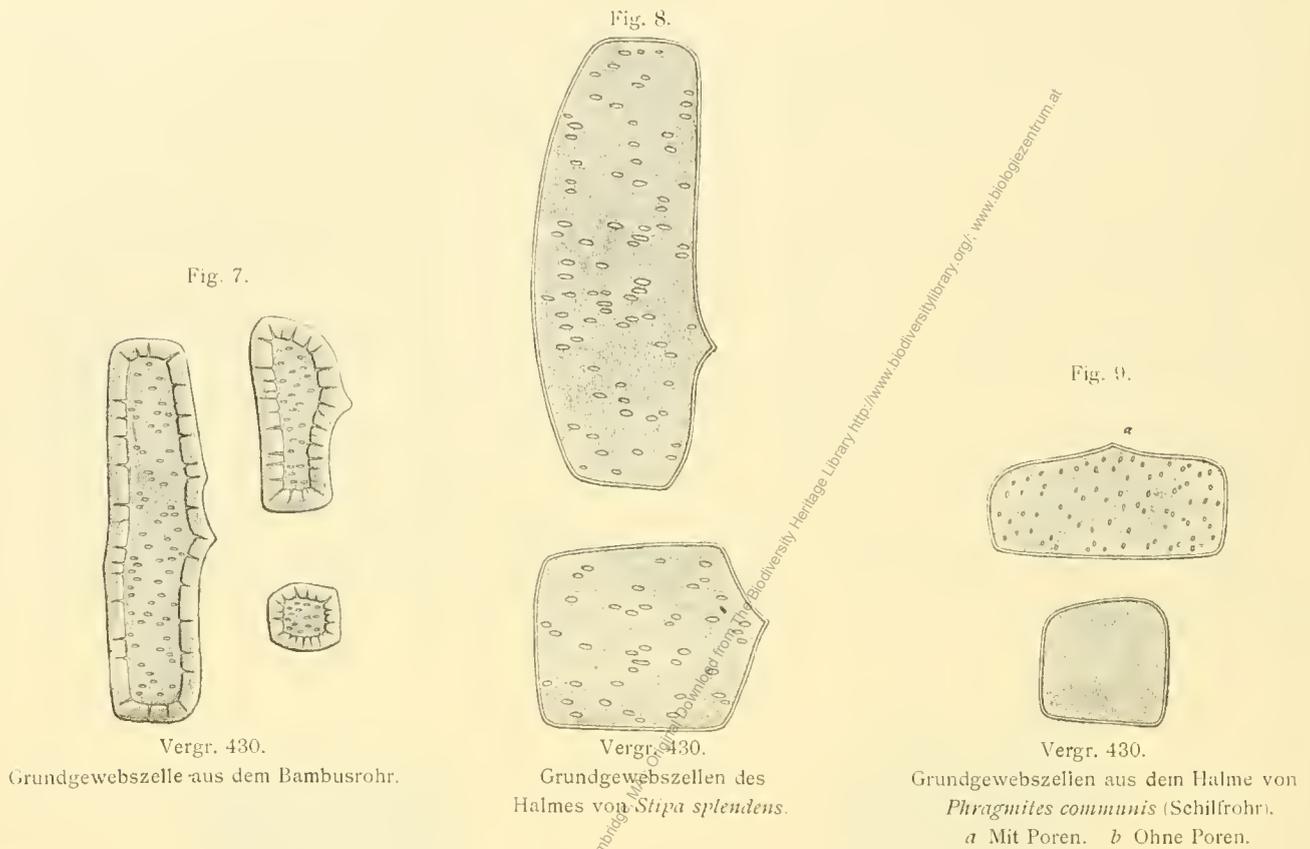
Fig. 6.



Vergr. 430. Oberhaut vom Schilfrohr.  
Nach Behandlung mit Chromsäure.  
o Oberhautzelle. k Kieselzelle. h Haare

Auch die Grundgewebszellen bieten gute Anhaltspunkte, um zu entscheiden, ob ein Papier aus dem Halme des Bambusrohres oder aus Schilf oder der genannten *Stipa* bereitet wurde. Bei den aus Bambusrohr erzeugten Papieren kommen sklerenchymatische Grundgewebszellen vor, welche dem

Halme von *Stipa* und *Phragmites* fehlen. In den Halmen dieser Gräser sind die Grundgewebszellen durchaus parenchymatisch; bei der ersteren treten infolge stärkerer Verdickung der Membranen die Poren viel deutlicher als bei der letzteren hervor. Ein Theil der Parenchymzellen des Schilfrohres erscheint porenlos. (Fig. 6—8.)



In Bezug auf die Gefäße bemerke ich, dass Fragmente derselben in allen Papieren zu finden sind, welche aus einem dieser drei Materialien bereitet wurden, wie man dieselben auch in allen Strohpapieren beobachtet. Denn es ist unmöglich, bei Abscheidung der »Faser« (Bastfaser) die Gefäße vollständig zu beseitigen. Aber so sicher sich die Gefäße in den aus Bambus, Schilf und *Stipa splendens* bereiteten Papieren werden nachweisen lassen, so wenig gelingt es, aus der Art der Gefäße mit ausreichender Sicherheit abzuleiten, welche Art von Faser vorliegt. In den Halmen dieser drei Gräser kommen sowohl Netz- als Ringgefäße vor. Es ergeben sich allerdings bei diesen drei Halmarten kleine Verschiedenheiten in Form und Dimension der Gefäße. Diese Verschiedenheiten sind aber doch zu gering, um als scharfe Differentialcharaktere herangezogen werden zu dürfen.

Die Ringgefäße des Halmes zeichnen sich bei allen diesen drei Grasarten durch enorme Dicke der Ringe aus, und auch die Weite dieser Gefäße ist eine sehr beträchtliche. Wenn weite Ringgefäße (Querdurchmesser zumeist  $0\cdot029$ — $0\cdot037$  mm), und dicke Ringe in einem Papiere auftreten, so ist die Strohfasern stets auszuschließen, und es kann schon hieraus mit großer Wahrscheinlichkeit auf eine Papierfaser geschlossen werden, welche aus den Halmen der drei genannten Gräser bereitet wurde. Durch Berücksichtigung anderer Kennzeichen, insbesondere der anderen leitenden Nebenbestandtheile wird eine genaue Bestimmung der Faserqualität erreicht werden. Noch möchte ich in Betreff der Ringe bemerken, dass sie bei allen drei Halmarten ähnlich geformt, nämlich parallel zur Gefäßwand abgeplattet sind. Der Durchmesser des Ringes entspricht selbstverständlich approximativ dem Durchmesser des Ringgefäßes, welcher schon angegeben wurde. Die Höhe der Ringe beträgt bei *Phragmites* und *Stipa splendens* etwa  $0\cdot007$  mm, bei *Bambusa arundinacea* etwa  $0\cdot009$  mm, die Dicke der Ringe bei den beiden ersteren beiläufig  $0\cdot003$  mm, bei letzterer circa  $0\cdot005$  mm.

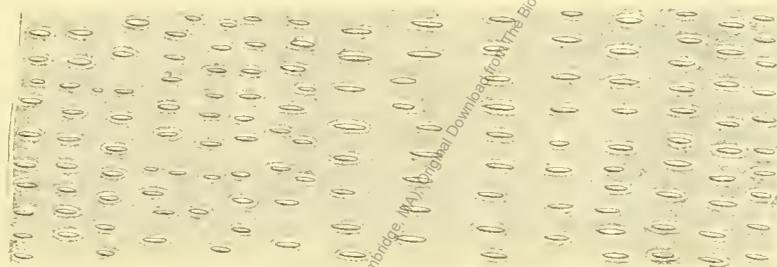
In Betreff der Bastfaser der genannten drei Grashalme ergeben sich mancherlei Unterschiede, welche zur Charakteristik der aus diesem Rohmaterialie erzeugten Papiere herangezogen werden können. Im Halme der *Bambusa* kommen zweierlei Bastzellen vor: porenlose und poröse. Die Poren sind sehr fein und erscheinen je nach der Lage zum Beschauer als feine Punkte oder zarte Striche. Diese Zellen sind verholzt, und es lässt sich die Verholzung häufig noch im Papiere nachweisen. Der maximale Durchmesser der Bastzellen schwankt zwischen 0·010 und 0·019 mm. Mit Schulz'scher Macerationsflüssigkeit behandelt, quellen die Verdickungsschichten auf und es erscheint die Innenhaut als ein gewundener Schlauch.

Im Halme von *Phragmites communis* kommen nur einerlei Bastzellen vor, welche keine Poren in der Zellwand erkennen lassen. Die meisten der Bastzellen sind stark verdickt, ihr maximaler Durchmesser beträgt 0·007—0·011 mm. Diese Zellen sind verholzt. Neben den Bastzellen treten lange, häufig quer abgestutzte poröse Prosenchymzellen auf. Mit Schulz'schem Gemisch behandelt, quellen die Verdickungsschichten auf, ohne dass es zu irgend einer augenfälligen Differenzierung der Innenhaut käme.

Die im Halme von *Stipa splendens* auftretenden Bastzellen zeigen ein ähnliches Verhalten. Ihr Durchmesser beträgt 0·009—0·014 mm. Die Verdickung ihrer Wände ist wechselvoll, sie sind zumeist nur schwach oder mäßig, selten stark verdickt. Auch sie sind verholzt und quellen in Schulz'schem Gemisch, ohne dass die Innenhaut sich auffällig bemerkbar machen würde.

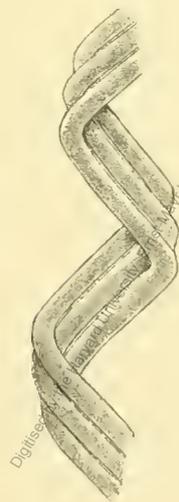
2. **Calamus Rotang.** Wird der Stamm von *Calamus Rotang* durch Maceration in seine Elementarbestandtheile zerlegt, so fallen in der Fasermasse vor allem Tüpfel- und Schraubengefäße auf. (Fig. 10 u. 11.)

Fig. 10.



Vergl. 430. Ein Bruchstück eines getüpfelten Gefäßes aus dem Stamme von *Calamus Rotang*.

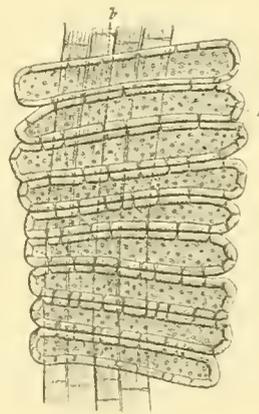
Fig. 11.



Vergl. 430. Schraubebänder

aus Gefäßen des Stammes von *Calamus Rotang*.

Fig. 12.



Vergl. 430. b Bastzellen.

m Querliegende sklerenchymatische Grundgewebszellen.

Die Tüpfelgefäße weisen außerordentliche Dimensionen auf. Ihre Querdurchmesser erreichen eine Länge bis zu 0·5 mm. Die Schraubengefäße sind schmaler, aber doch noch sehr ansehnlich. Die Schrauben sind

abrollbar«. In der faserigen Masse erscheinen die losgelösten schraubigen Verdickungsmassen als einfache oder doppelte bis dreifache Bänder. Die Dicke des einzelnen Schraubenbandes beträgt 0·005 bis 0·007 *mm*. Die Bastzellen sind mäßig bis stark verdickt, mit feinen Poren versehen und besitzen einen maximalen Durchmesser von 0·007—0·017 *mm*. Die Bastzellen sind von charakteristischen Sklerenchymzellen begleitet, welche, reihenweise angeordnet, ihre Querachsen senkrecht auf die Richtung der Bastzellen stellen. (Fig. 12.) Sie sind in verschiedenem Grade radial gestreckt; viele haben bei einem radialen Durchmesser von 0·1 *mm* eine Höhe von bloß 0·018 *mm*. Mit sehr deutlichen Poren versehene Prosenchymzellen begleiten die Gefäßbündel. Das Grundgewebe ist vorwiegend sklerenchymatisch. Die Elemente des Grund- und Stranggewebes sind verholzt.

Das mikroskopische Bild der *Calamus*-Faser ist höchst charakteristisch, insbesondere fallen die riesigen Gefäße und die von den quer aufliegenden Sklerenchymzellen begleiteten Bastzellen auf, so dass es leicht gelingt, diese Faser von allen übrigen in den Vergleich gezogenen Fasern zu unterscheiden.

In Betreff der Oberhaut von *Calamus Rotang* seien hier einige Bemerkungen eingefügt. Gewöhnlich ist die Oberhaut jenes Gewebes, welches bei der Bestimmung von aus Pflanzenorganen dargestellten Fasern sehr wichtige Anhaltspunkte zur Erkennung gibt. Sie hat eben unter allen Geweben eines Blattes oder Stengels das deutlichste Gepräge, während das Grund- und Stranggewebe häufig nicht so charakteristisch ausgebildet ist. Es wurden ja oben mehrere ausgezeichnete diesbezügliche Beispiele angeführt. Die Unterscheidung der Strohhalme der verschiedenen Getreidearten, des Halmes von Schilf, *Stipa* und *Bambus* erfolgt am leichtesten und sichersten durch die Oberhaut.

Nun lehrt das spanische Rohr, wie es im Handel erscheint, dass dieses Stengelgebilde sehr leicht seine Oberhaut einbüßt. An dem käuflichen Rohre erkennt man nur hier und dort einzelne Oberhautfragmente, der größte Theil der Oberhaut hat sich abgeschält. Die Oberhaut des Stengels von *Calamus Rotang* gleicht aber wenig der gewöhnlichen Oberhaut. Sie enthält fast nur ganz gleichartige Elemente (Oberhautzellen). Haare (klein, einzellig, stark verkieselt) kommen nur außerordentlich sparsam vor, Spaltöffnungen sind nur in kleiner Menge vorhanden. Die Epidermiszellen erscheinen in der Oberflächenansicht rundlich, polyedrisch abgeplattet, fast isodiametrisch und haben zumeist einen Durchmesser von 0·019 *mm*. Im Längsschnitt erscheinen sie rechteckig, nach außen etwas gewölbt. Die hohe Kante (senkrecht zur Stammoberfläche gestellt) hat eine Länge von etwa 0·038 *mm*. Das Lumen verschmälert sich nach oben fast linienförmig. Indem man den Verlauf des an sich schon schmalen, nach oben sich noch weiter verengenden Lumens betrachtet und den Verlauf der Verdickungsschichten in der Längensicht verfolgt, wird die Flächenansicht der Zellen verständlich, deren Membranen bis ins Innere hinein concentriert geschichtet erscheinen. Die Wände der Oberhautzellen sind stark verkieselt. Was den dicker gewordenen Stamm von *Calamus Rotang*, wie er im käuflichen Stuhlrohre vorliegt, bedeckt, ist ein sklerenchymatisches Hypoderma, dessen Zellen in der Gestalt wenig von den Oberhautzellen abzuweichen scheinen. Ihr radialer Durchmesser beträgt gleichfalls etwa 0·018 *mm*. Sie unterscheiden sich aber durch die scharf ausgeprägten, die Zellhaut durchsetzenden Porencanäle auffallend von den Oberhautzellen.

3. Die Faser des Papiermaulbeerbaumes ist von mir früher schon ausführlich beschrieben worden<sup>1</sup>. Ihr nahe verwandt sind die Fasern von *Morus* und *Streblus*<sup>2</sup>. Gemeinschaftlich sind allen dreien und, wie es scheint, allen Gewächsen aus der Familie der Moreen, dass die äußersten Verdickungsschichten der Bastzellen von den inneren auf das auffälligste verschieden sind. Es ist so, als wenn die Faser von einer besonderen Hülle umschlossen wäre. Man sieht dies allerdings am schönsten am Quer-

<sup>1</sup> Rohstoffe, 1. Aufl. (1873), 2. Aufl. Bd. II (1902).

<sup>2</sup> *Streblus asper* Lour. kommt im südlichen China vor, weshalb diese Moracee auch in mein Vergleichsmateriale einbezogen wurde. Diese Moracee tritt indes auch im indisch-malayischen Gebiete auf.

schnitte; allein es ist auch in der Längsansicht der Faser zu sehen und an dem feinerfaserten Papiere erkennbar, wo nicht selten diese »Hülle« infolge Zusammenschiebung ein schraubiges Aussehen zeigt<sup>1</sup>.

Hingegen ist es einigermaßen mit Schwierigkeit verbunden, die Bastzellen dieser drei Gattungen: *Broussonetia*, *Morus* und *Streblus* auseinander zu halten. Doch werden häufig folgende Anhaltspunkte bei Papieruntersuchungen zur Unterscheidung herangezogen werden können: Das Lumen der Bastzellen von *Broussonetia* ist höchst wechselvoll. Hingegen sind die Bastzellen von *Morus* fast stets dickwandig und besitzen ein spaltförmiges Lumen, welches im Querschnitte nur als kurzer Strich, im Längsschnitte als Linie erscheint. Die Rinde von *Morus* ist reich an Sklerenchymzellen, welche der *Broussonetia* fehlen, in *Streblus* wohl auch vorkommen, aber zumeist nur in den äußeren Rindenschichten von Bast entfernt auftreten, so dass kaum anzunehmen ist, dass sie in die Papiermasse eintreten. *Streblus* hat wie *Morus* fast nur dickwandige Bastzellen.

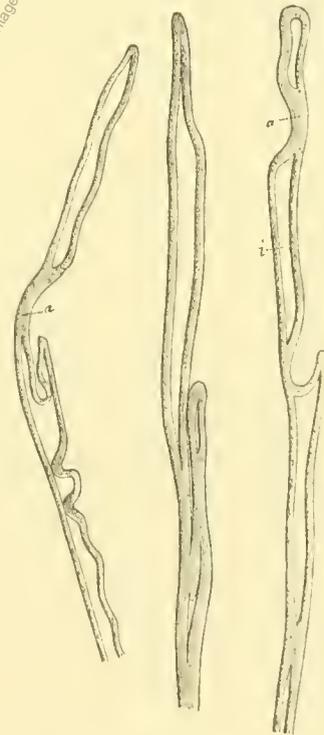
4. Bastfaser von *Daphne cannabina* Lour. (= *D. papyracea* Wall.). In der Bereitung der indischen Papiere spielt die Faser dieser Pflanze (»Nepal paper plant) eine große Rolle. Bisher ist dieselbe nur sehr unvollkommen beschrieben und noch niemals abgebildet worden. Eine kurze Beschreibung dieser Faser gab Vetillard<sup>2</sup>. Ich kann dieselbe aber nicht als ausreichend bezeichnen, ja sie leidet in einem Hauptpunkte an einer Unrichtigkeit. Vetillard sagte geradezu, dass die Faser ziemlich regelmäßig im Durchmesser und gleichmäßig in der Gestalt sei, aber sie ist thatsächlich höchst unregelmäßig gebaut wie alle Bastfasern der Thymelaeaceen und dazu höchst ungleichmäßig ausgebildet, wie ich weiter unten zeigen werde. Dass diese Faser, wie Vetillard sagt, eine Tendenz zur Bifurcation zeigt, ist insofern richtig, als die merkwürdigen Gestalten und Auszweigungen der Faserenden in einzelnen Fällen thatsächlich die Form einer Bifurcation annehmen. Auf meine Veranlassung hat Herr Dr. Jenčić die Bastfasern der Thymelaeaceen einer eingehenden Untersuchung unterzogen und auch *Daphne cannabina* vorgenommen<sup>3</sup>, wobei sich herausstellte, dass die Bastfaser dieser Pflanze vollkommen dem Typus der Thymelaeaceen-Bastzelle entspricht und als solche sich leicht erkennen lässt.

Ich gebe nach eigenen Beobachtungen eine Beschreibung dieser Faser, deren Eigenthümlichkeiten durch die Fig. 13 veranschaulicht werden.

Vor allem fällt die ungleichmäßige Verdickung der Zellhaut auf. Die (maximale) Faserdicke sinkt bis auf 0·006 mm, sie steigt aber bis nahezu auf das dreifache (0·017 mm). Auch die einzelne Faser schwankt im Längsverlaufe sehr nach der Dicke, so dass man selbst an einer und derselben Faser die genannten Extreme ausgeprägt finden kann, und zwar in einzelnen Fällen in starkem Wechsel.

Die Zellhaut ist manchmal sehr dünn, häufig aber so stark verdickt wie eine normale Leinenbastzelle. Stellenweise tritt ein vollständiges Schwinden des Hohlräumcs auf. Dr. Jenčić hat an zahlreichen

Fig. 13.



Vergr. 430. Bastzellenenden aus der Stammrinde von *Daphne cannabina*. i Lumen. a Vollständig verdickte lumenlose Partien der Zellen.

<sup>1</sup> Ich beschreibe unten bei Besprechung einiger gefälschten Manuskripte das merkwürdige und charakteristische Aussehen, welche die Moraceenfaser annimmt, wenn sie auf eine Temperatur von 180—190° gebracht wird. Die »Hülle« tritt dann mit besonderer Schärfe hervor.

<sup>2</sup> Etudes sur les fibres végétales textiles, Paris 1876, p. 171.

<sup>3</sup> Österr. botan. Zeitschrift 1902.

Denkschriften der mathem.-naturw. Cl. Bd. LXXII.

Bastzellen von Thymelaeaceen ein stellenweises Fehlen des Lumen constatirt. Sehr häufig kommt es vor, dass das Lumen ausgesprochen excentrisch gelegen ist.

Die Fasern zeigen häufig mehr minder stark ausgeprägte Verzweigungen und nicht selten höchst charakteristische Formen: einerseits oder beiderseits wellenförmig, knorrig, am Rande stellenweise eingeknickt u. dgl. m.

Die Enden der Zellen sind zumeist kolbenförmig oder abgestutzt, selten allmählich sich verschmälernd mit etwas abgerundetem oder geradezu spitzem Ende.

Von Structureigenthümlichkeit ist nichts wahrzunehmen, insbesondere fehlen Poren oder sonstige charakteristische Verdickungsformen vollständig.

Die Faser ist nach Ausweis der Phloroglucinprobe unverholzt und zeigt die gewöhnlichen Cellulose-reactionen.

Langgestreckte dünnwandige Parenchymzellen begleiten die Faser.

Zu obigen Beobachtungen diente ein durchaus zuverlässliches Materiale, nämlich Stengelfragmente der Stammpflanze, die ich zum Theile dem Wiener k. k. botanischen Hofmuseum, zum Theile Herrn Geheimrath Prof. Engler in Berlin verdanke, welcher die Güte hatte, mir ein dem Berliner botanischen Museum entstammendes Materiale zu überlassen. Erst nachdem ich durch den Vergleich mit diesem authentischen Materiale Papier von modernen indischen Papier, welches von *Daphne cannabina* abstammte, gefunden hatte, konnte ich die obige Charakteristik der vom Baste dieser Pflanze herrührenden Papiere aufstellen.

## Zweiter Abschnitt.

### Das Untersuchungsmateriale.

Am 19. Februar 1900 richtete Herr Prof. Hoernle an mich das Ersuchen, die materielle Untersuchung der im Besitze der englischen Regierung befindlichen alten ostturkestanischen Papieren zu übernehmen. Ich folgte gerne dieser mich sehr ehrenrenden Aufforderung und alsbald gelangte ich in Besitz der betreffenden Papierproben. Einzelne Stücke, Duplicate von schon früher von mir untersuchten Papieren und andere auf meine Studien bezugnehmenden folgten später, zuletzt noch in diesem Jahre.

Es waren zumeist kleine Fragmente, welche gewöhnlich nur eine Fläche von ein paar Quadratcentimeter oder auch noch weniger hatten. Die meisten waren unbeschrieben, einzelne auch mit einigen Schriftzeichen versehen, welche es mir ermöglichten, die Art der Tinte, mit welcher diese Charaktere geschrieben wurden, festzustellen.

All' diese alten Papiere weisen begreiflicherweise noch einen primitiven Charakter auf und sind nicht ganz homogen; doch würden wohl im großen Ganzen die kleinen mir zur Prüfung vorgelegenen Fragmente dasselbe lehren wie die ganzen Blätter der Manuscripte. Indessen wäre es vielleicht, wenn mir die ganzen Manuscripte vorgelegen hätten, möglich gewesen, manchen der dunklen Punkte, welche meinen Forschungsergebnissen anhaften, aufzuklären. Ich muss diese Vermuthung näher beleuchten. Gerade die »Fehler«, welche die Papiere zu erkennen geben, bieten nicht selten die Möglichkeit, die Faser einer Papiermasse genauer zu bestimmen, als dies an der Hand des normalen Papiers ausführbar ist, weil diese

»Fehler« oft ganz durch »leitende Nebenbestandtheile« zustande kommen. Ich will dies durch ein Beispiel erläutern. In rohen Lein- oder Hanfgespinnsten finden sich kleine Fragmente der Oberhaut oder des Holzes der Lein- oder Hanfstengeln. Diese Gewebstücke gestatten viel sicherer die Gegenwart von Lein- oder Hanffaser zu constatieren als wenn die Bastfaser allein zugegen ist. Insbesondere dann, wenn die Bastfaser sehr stark angegriffen ist, sind diese »leitenden Nebenbestandtheile« von hoher Wichtigkeit für

die Bestimmung der Faser. Es gilt dies schon bezüglich der Untersuchung von gewebten Stoffen, umso mehr aber bezüglich der Papiere, falls dieselben aus schon gebrauchten Geweben bereitet wurden. Tatsächlich gehen solche »leitende Nebenbestandtheile« auch in das Papier über und treten dann nicht selten als »Fehler« auf. Ich habe schon bei der Untersuchung alter arabischer Papiere aus diesen »Fehlern«, soferne dieselben auf der Anwesenheit von »leitenden Nebenbestandtheilen« beruhen, großen Nutzen gezogen<sup>1</sup>. So wird es begreiflich erscheinen, dass die oft nur minutiösen, mir zu Gebote gestandenen Proben mich in meinen Studien sehr beschränkten, und dass es für einen gedeihlichen Fortgang derselben besser gewesen wäre, wenn mir die ganzen Manuscripte, beziehungsweise Drucke vorgelegen hätten. In der That suchte ich, wie die nachfolgenden Specialuntersuchungen lehren werden, zumeist vergebens nach »leitenden Nebenbestandtheilen« der Fasern, was manche Unsicherheit in der Deutung der zur Papierbereitung verwendeten Fasern erklären wird.

Die Zahl der mir vom Herrn Prof. Hoernle zugeschickten Papierproben umfasst 84 Nummern<sup>2</sup>. Davon erhielt ich 78 Nummern schon mit der ersten Sendung (März 1900). Nr. 79—84 wurden mir erst in diesem Jahre zugestellt. Inzwischen trafen auch manche Duplicate ein, welche eine willkommene Ergänzung des Untersuchungsmateriales bildeten.

Jede Papierprobe, welche mir zugeschickt wurde, befand sich in einem aus glattem Papiere hergestellten Täschchen, so dass eine Verunreinigung mit von dem Täschchen herrührenden Papierfasern ausgeschlossen war. Jedes Papiertäschchen war mit einer Nummer versehen und auf der Außenseite fanden sich Daten über Schrift, Sprache, Alter und Herkunft der betreffenden Manuscripte, beziehungsweise Drucke und rücksichtlich der bereits veröffentlichten Beschreibungen dieser Schriftstücke ein Hinweis auf die Publication.

Ich habe bei der Darlegung der Resultate meiner materiellen Untersuchungen der einzelnen Papiere die Nummer angeführt, unter welcher ich sie vom Herrn Prof. Hoernle erhielt, und jedes einzelne Papier auf Grund der mir mitgetheilten Daten genau charakterisirt, so dass niemals ein Zweifel darüber obwalten kann, um welches Papier es sich handelt.

Die Reihenfolge der Nummern ist zum großen Theile eine zufällige, was aber meine Darstellung nicht sonderlich störte. Nur war es nothwendig, die Resultate der einzelnen Untersuchungen am Schlusse der Abhandlung übersichtlich, vor allem chronologisch geordnet, zusammenzufassen.

Die Sicherheit meiner Studienergebnisse beruht, so weit es sich um die Zeitfolge der Erfindungsgeschichte des Papieres handelte, auf den von den Paläographen, speciell vom Herrn Prof. Hoernle mir an die Hand gegebenen Daten über das Alter der betreffenden Manuscripte. Wenn ich zu den Angaben des genannten hochverdienten Forschers das größte Zutrauen habe, so steht mir doch kein Urtheil über die Genauigkeit der Altersbestimmung dieser Schriftwerke zu; ich nehme sie aus vertrauenswürdiger Hand entgegen, ohne für ihre Richtigkeit einstehen zu können. Das ist ebenso selbstverständlich wie die Stellung der Paläographen zu den Ergebnissen meiner Forschungen: auch sie werden die Verantwortung für die Richtigkeit der von mir gewonnenen Resultate mir überlassen.

Bezüglich der Genauigkeit der Datierung jener Manuscripte, deren Papier ich untersuchte, wird in den unten citirten Schriften Hoernle's nachzusehen sein. Allein ich glaube, dass es am Platze ist, wenn ich eine Stelle aus einem Briefe des Herrn Prof. Hoernle hier wörtlich anführe, in welcher er sich über die Datierungen der von mir untersuchten alten ostturkestanischen Papiere ausspricht. In einem Briefe vom 9. April l. J. heißt es: »Sie werden aus meinem (weiter unten citirten) Report ersehen, dass in den meisten Fällen die Manuscripte (deren Papiere ich untersuchte) nicht datirt sind und das ihre relative »Datierung« vorläufig nur auf paläographischer Forschung und Vergleichung basiert ist. Der Ausgangs-

<sup>1</sup> Die Faijûmer und Uchmünciner Papiere. Sep. Abdruck p. 30 ff.

<sup>2</sup> Abgesehen von den Birkenrindenmanuscripten, über welche ich, wenn ich zu paläographisch interessanten Resultaten kommen sollte, später berichten werde.

punkt ist das Bower-Manuscript (s. oben S. 1 [583]), dessen Datum, etwa 450 A. D., so gut wie sicher ist. Der Endpunkt ist durch Dr. Stein's Ausgrabungen in Ostturkestan auch jetzt so gut wie sicher; es ist das Ende des achten Jahrhunderts. Also müssen die bis jetzt gefundenen ostturkestanischen Manuscripte ungefähr zwischen 400 und 800 A. D. eingereiht werden.«

Ich lasse hier noch eine Stelle desselben Briefes folgen, welche sich auf die Fundorte der ostturkestanischen Manuscripte bezieht: »Was die Fundorte betrifft, so sind Kuchâr (oder Küche) und Khotân zwei der Hauptstädte Ostturkestans. Dandan Uiliq liegt etwa 75 englische Meilen nordöstlich von Khotân mitten in der Sandwüste. Es ist eine uralte, jetzt sandbedeckte Niederlassung, welche von Dr. Stein ausgegraben worden ist. Sie muss gegen Ende des achten Jahrhunderts verlassen und im Sande begraben worden sein.«

### Dritter Abschnitt.

#### Spezielle Untersuchung der Papiere.

Der speciellen Betrachtung der einzelnen von mir untersuchten alten Papiere stelle ich einige allgemeine Bemerkungen über deren mikroskopischen Charakter voran.

Ich habe in diesen alten Papieren nur zweierlei Fasermaterialie gefunden: nämlich Bastzellen dicotylar Gewächse und Hadern vegetabilischer Gewebe verschiedener Art.

Dass gerade dicotyle Bastfasern so häufig in diesen alten Papieren auftreten, hat die Untersuchung so außerordentlich erschwert. Erstlich weil gerade die Bastzellen so wenig Anhaltspunkte zur Feststellung der botanischen Provenienz bieten, und zweitens, weil sie entweder nach den älteren Methoden hergestellt, mechanisch so angegriffen sind, dass die Feststellung ihrer natürlichen Beschaffenheit schwierig, wenn nicht unmöglich ist, oder, nach späteren vervollkommenen Methoden isoliert, so sehr befreit sind von den leitenden Nebenbestandtheilen, dass man nicht selten diesen fast einförmigen Gebilden gegenüber ganz rathlos ist.

So kam es, dass einzelne der Papierfasern nur als dicotyle Bastzellen erkannt werden konnten, andere nur als einer bestimmten Classe angehörig, sich darstellen ließen. Diese anlangend, wurde entweder constatirt, dass die Pflanze, welche die betreffende Faser lieferte, einer bestimmten Familie, zum Beispiel der Familie der Moraceen (Maulbeerbäume) oder der Thymelaeaceen (*Daphne* und Verwandte), oder einer bestimmten Gattung, zum Beispiel der Gattung *Boehmeria*, angehört.

In Betreff der *Boehmeria*-Fasern, welche ich in den alten Papieren auffand, ist es wohl wahrscheinlich, dass sie identisch mit dem sogenannten Chinagrass (jetzt gewöhnlich, insbesondere in der continentalen Industrie als Ramie bezeichnet) ist; allein in Ostasien, von der gemäßigten Zone südwärts, werden auch andere *Boehmeria*-Arten und nahe verwandte *Urtica*-Species seit uralten Zeit als Faserpflanzen verwendet, deren Bastzellen denen der Ramie so ähnlich sind, dass sie zumal in dem Zustande, in welchem sie im Papiere auftreten, von der letzten meist nicht zu unterscheiden sind. Wenn ich im nachfolgenden von Ramie oder Chinagrass spreche, so ist darunter die Faser der oben genannten *Boehmeria nivea* gemeint; wenn ich mich des Ausdruckes *Boehmeria*-Faser bediene, so kann darunter auch die Bastzelle irgend einer anderen dieser Gattung angehörigen Species verstanden werden.

In Betreff der Entscheidung der Frage, ob eines der Papiere aus rohen Pflanzenfasern oder aus bereits textil ausgenützten Fasern bestehe, will ich folgende Bemerkungen den Detailbeschreibungen der einzelnen Papiere voranstellen.

Am sichersten wird man einen Beschreibstoff als Hadernpapier bezeichnen können, wenn sich darin noch unaufgelöste Garnfäden vorfinden. Dies konnte aber bei den ostturkestanischen Papierfunden

nur selten constatirt werden. Hin und wieder waren deutliche Spuren von Garnfäden nachweisbar, aber auch diese fanden sich im Vergleiche zu den altarabischen und den alten europäischen Papieren nur selten vor. Der Unterschied erklärt sich in folgender Weise. Alle alten Hadern- oder aus Hadern und Rohfasern gemischten, aus Ostturkestan stammenden Papiere enthalten die Hadernmasse in einem Zustande viel weitgehenderer mechanischer Zerstörung als die anderen genannten alten Hadernpapiere. Ich werde dies weiter unten durch nähere Beschreibung und Abbildung deutlich machen. Dies ist auch der Grund, weshalb sich die Hadernfasern der alten ostturkestanischen Papiere vielfach nicht mit der wünschenswerten Sicherheit identificiren ließen.

Es sind also die alten in Ostturkestan aufgefundenen Papiere aus einer ungewein stark zertrümmerten und zerfaserten Fasermasse bereitet worden. Daneben finden sich nicht selten in denselben Papieren intacte Fasern. Es schien mir erlaubt, in jenen Fällen, in welchen ich sehr stark zertrümmerte Fasern neben sehr wohl erhaltenen Zellen zusammengesetzt fand, die ersten für Hadernfasern, die letzten für Rohfasern, wenigstens in dem Falle zu erklären, wenn die ersten factisch als Textilfasern Verwendung fanden und von letzteren eine solche Verwendung nicht bekannt oder nicht möglich ist. Wenn ich also eine zerstampfte Ramiefaser neben einer unveränderten Faser von *Broussonetia papyrifera* in einem und demselben Papiere auffand, so betrachtete ich die erstere als Hadern-, letztere als Rohfaser. Oder wenn ich neben einer zerstampften Faser eine andere wohl erhalten fand, welche wegen ihres Gehaltes an Steinzellenmasse zur Verspinnung nicht geeignet ist, so hielt ich erstere für eine Hadernfaser, letztere für eine Rohfaser.

Wohl hat es eine Zeit gegeben, wo man in China, vielleicht auch in Indien die Baste mechanisch zertrümmerte, um aus denselben Papiermasse zu gewinnen. Wenn auf diese Weise gewonnene Rohfasern mit auf dieselbe Weise dargestellten Hadernfasern gemengt in einem Papiere vorliegen würden, so wäre die Unterscheidung des Rohfaserantheiles von dem Hadernantheile fast ein Ding der Unmöglichkeit. Wenn hingegen eine wohlerhaltene Rohfaser vorliegt, so muß man annehmen, dass ein rationelles, auf chemischer Procedur beruhendes Verfahren zur Gewinnung der Rohfasern führte. Dass man, im Besitze der Mittel, eine aus unverletzten Fasern bestehende Papiermasse aus Pflanzentheilen herzustellen, gleichzeitig durch bloße Zerstampfung oder Vermahlung von Basten Papiermasse dargestellt und diese beiden auf verschiedene Weise bereiteten Stoffe miteinander zum Zwecke der Papierbereitung gemengt haben sollte, ist wohl höchst unwahrscheinlich.

Auf diese Weise konnte indes nur mit Wahrscheinlichkeit auf die Gegenwart von Hadernmasse im Papiere geschlossen werden. Viel größere Sicherheit gewährt die Anwesenheit von gefärbten Fasern (von gefärbten Lumpen herrührend) und insbesondere das Auftreten von »Stärkespuren«, worüber ich mich in meiner Abhandlung über die alten arabischen Papiere bereits ausführlich ausgesprochen habe<sup>1</sup>. Ich will hier nur ganz kurz bemerken, dass wenn in einem Papiere entweder keine Leimungsmasse vorhanden ist oder eine Leimungsmasse, welche nicht aus Stärkekleister besteht, die Anwesenheit von Inkrustierung der Fasern mit eingetrocknetem Stärkekleister für mich ein Beweis ist, dass diese Faser einmal im Gewebe ausgenützt wurde und einst einem Gewebe angehörte, welches mit Stärkekleister versehen war wie unsere Leibwäsche. Aber es gibt ja noch zahlreiche andere Gewebestoffe, welche mit Stärke »appretirt« sind. Selbstverständlich erhält sich nicht die ganze Stärkemenge eines solchen Gewebes in den daraus hervorgegangenen Hadern und noch viel weniger wird man diese ganze Stärkemenge in den aus diesen Hadern erzeugten Papieren erwarten dürfen. Im Gegentheile: es finden sich nur stellenweise und in sehr kleiner Menge diese Stärkekleisterincrustationen vor, weshalb ich für dieselbe den Ausdruck »Stärkespuren« wählte

<sup>1</sup> l. c. Separatabdruck p. 63.

## Nr. 1.

Manuscript, beschrieben von Hoernle im Journ. of the Asiat. Soc. Bengal., Vol. LXVI, 1897, p. 213. »Fragment« Nr. IX, Plate VII. Schrift und Sprache: Sanscrit. Alter: 5.—7. Jahrhundert. Fundort: Kuchâr.

Zur Untersuchung dieser Papiersorte lagen drei Fragmente vor, welche etwa eine Fläche von 1—5  $cm^2$  besaßen und eine isabellgelbe Farbe aufwiesen. Dieses Papier «fließt», wie man sich gewöhnlich auszudrücken pflegt, ist also nicht geleimt, oder es ist die Leimungssubstanz im Laufe der Zeit verschwunden. Durch Jodlösung ließ sich nicht einmal bei mikroskopischer Untersuchung Stärkekleister als Leimungsstoff nachweisen, auch nicht nach Vorbehandlung mit Salzsäure<sup>1</sup>.

Dieses Papier ist beschrieben. Da die Tinte der Einwirkung der Chromsäure widersteht, so liegt eine Tuschtinte vor, also eine zum Beschreiben benützte Substanz, deren färbender Bestandtheil Kohle — höchstwahrscheinlich Rußkohle — ist<sup>2</sup>.

Diese Papiersorte ist im Risse feinfaserig, doch lassen sich immerhin auch einzelne Fasern aus der Masse herauspräparieren, welche eine Länge von 5  $mm$  und sogar darüber aufweisen.

Die mikroskopische Untersuchung ergibt sofort die auffällige Thatsache, dass dieses Papier von verschiedenen Pflanzenfasern herrührt. Abgesehen von zufälligen Nebenbestandtheilen, Staubtheilchen u. dgl., besteht dieses Papier nur aus Bastzellen. Aber wenn man die Querschnitte der Bastzellen beachtet, so erkennt man sofort, dass hier sehr dünne und sehr dicke Fasern vorliegen. Zahlreiche dieser Fasern haben bloß einen (maximalen) Durchmesser von 0·010—0·016  $mm$ , während andere beinahe dreimal so dick sind, nämlich 0·030—0·040  $mm$  im Durchmesser haben. Von den dünnen zu den dicken gibt es keinen Übergang.

Die genaue Determinierung der vorliegenden Faserarten ist mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden, erstlich deshalb, weil die Mehrzahl der Fasern in einem Zustande sehr weitgehender Zerstörung sich befinden und sodann deshalb, weil gar keine «leitenden Nebenbestandtheile» vorliegen (s. oben S. 11 [593]).

Das ausschließliche Auftreten von Bastzellen als Papierfaser deutet schon darauf hin, dass die Bastzellen aus dem Stengel oder Stamme dicotyler Pflanzen stammen. Zur Eruierung der Fasersorte müssen solche Bastzellen gewählt werden, welche noch unverletzt sind oder doch noch in einem Zustande, welcher ihre natürlichen Dimensionen und die spezifische Structureigenthümlichkeit erkennen lässt.

Mit Sicherheit konnte ich auf Grund zahlreicher genauer Prüfungen dieser Papiersorte die Bastfaser einer Maulbeerart darin nachweisen, höchstwahrscheinlich den Bastzellen der Rinde des Papiermaulbeerbaumes angehörig. Sehr wahrscheinlich sind die dicken Zellen die Bastfaser einer *Böhmeria*, vielleicht der *Böhmeria nivea*.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass noch andere Pflanzenfasern in diesem Papiere enthalten sind, denn es ist nur ein kleiner Bruchtheil der Fasern wegen zu weit gehender Zerstörung einer Bestimmung zugänglich. Selbstverständlich habe ich nach Baumwolle-, Flachs- und Hanffasern gefahndet. Diese drei Fasern fehlen aber gewiss in der vorliegenden Papierprobe.

Die *Broussonetia*-Faser wird nicht versponnen, wohl aber die *Böhmeria*-Faser. Es ist mir aber nicht gelungen, irgend welchen Anhaltspunkt zu finden, welcher auf die Anwesenheit einer versponnen gewesenen Faser schließen ließe. Die mechanischen Verletzungen betreffen sowohl die Moraceen- als die *Böhmeria*-Faser.

Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass hier ein bloß aus Rohfasern bestehendes Papier vorliegt, dessen Masse sehr roh mechanisch ohne Hilfe chemischer Macerationsmittel aus Rinden bereitet wurde. Zum mindesten kommen zwei verschiedene Rohfasern in diesem Papiere vor.

<sup>1</sup> S. hierüber Wiesner, Die Fajjümer und Uschmünciner Papiere, Separatabdruck, p. 47.

<sup>2</sup> Über den mikroskopischen Nachweis der Tinten antiker Manuscripte siehe meine Abhandlung über die Fajjümer und Uschmünciner Papiere, Separatabdruck, p. 61.

## Nr. 2.

Journ. Asiat. Soc. Bengal., Vol. LXVI (1897), p. 213. «Fragment» Nr. XII, Plate VII. Schrift und Sprache: Sanscrit. Alter: 5.—7. Jahrhundert. Fundort: Kuchâr.

Es lagen zwei Fragmente vor, von denen das eine etwa 2, das andere beiläufig 10 *cm*<sup>2</sup> groß war. Es ist ein weiches, wolliges langfaseriges Papier von weißlich-gelber Farbe. Zahlreiche Fasern haben eine Länge von 5—10 *mm*, die Mehrzahl ist kürzer, einzelne auch noch länger.

Dieses Papier ist beschrieben, und zwar wieder mit Rußtinte (Tusch). Aber, was sehr merkwürdig ist, die Schriftzeichen befinden sich auf einer weißen Grundierung, welche mechanisch leicht zerstörbar ist, nämlich aus einer zusammenhängenden pulverigen Masse besteht, welche leicht zerreiblich ist, so dass die Schrift sehr gefährdet erscheint. Diese pulverige Masse liegt sicher unterhalb der Schrift, bildet also einen Schreibgrund. Denn wenn man vorsichtig mit dem Skalpell die Schriftzüge entfernt, so bleibt die weiße Masse zurück. Dieser Schreibgrund ist unverbrennlich, besteht mithin aus anorganischer Substanz. Sie ist im Wasser unlöslich und besteht aus feinen, doppellichtbrechenden Kryställchen und Krystallfragmenten. In Betreff der Natur dieses Schreibgrundes bildete ich mir die Meinung, dass er entweder aus kohlensaurem Kalke (Kreide oder eine andere Calcitform) oder aus schwefelsaurem Kalke (Gips) oder aus Kaolin bestehe. Da die Substanz in verdünnter Salzsäure sich nicht löst, dabei nicht aufbraust, so ist kohlensaurer Kalk ausgeschlossen. Da sie in hochprocentiger Salzsäure sich löst, so war auch Kaolin ausgeschlossen, und ich hielt es für sehr wahrscheinlich, dass diese Substanz Gips sei. Um bezüglich der Natur dieses Schreibgrundes völlig ins Klare zu kommen, ersuchte ich meinen verehrten Collegen, Herrn Becke, Professor der Mineralogie an unserer Universität, mich über den fraglichen Körper von seinem fachlichen Standpunkte aufzuklären. Herr Professor Becke bestätigte meine Vermuthung und führt folgende Argumente zur Begründung der Thatsache, dass hier Gips vorliege, an. Die Substanz löst sich vollständig in hochprocentiger Salzsäure. Wird die Lösung eingedampft, der trockene Rückstand mit Wasser und einer Spur Schwefelsäure behandelt, so krystallisiert beim Eintrocknen der Gips in der charakteristischen Nadelform heraus. Wird die Substanz reduciert, so gelingt die Heparreaction, zum Beweise, dass der fragliche Körper Schwefelsäure enthielt. Die Schwefelsäure wurde in der Lösung des Pulvers auch durch Chlorbaryum nachgewiesen. Wird die saure Lösung des Körpers neutralisiert und oxalsaurtes Ammoniak zugefügt, so erhält man einen Niederschlag von Kalkoxalat, zum Beweise, dass Kalk in der fraglichen Substanz enthalten ist. Endlich wurde noch der Brechungsexponent des Körpers ermittelt und gleich 1.52 gefunden, welcher Wert mit dem Brechungsexponenten des Gipses übereinstimmt. Es unterliegt somit keinem Zweifel, dass der Schreibgrund des Papieres Nr. 2 Gips ist.

Dieses Papier fließt sehr stark; von Leimung ist an demselben nichts nachweisbar und wahrscheinlich ist dieses Papier auch niemals geleimt gewesen. Dies vorausgesetzt, wird der Schreibgrund verständlich, durch welchen dieses weiche filzige Papier erst in den Zustand der Beschreibfähigkeit gebracht worden ist.

Auch in diesem Papiere treten verschiedene Pflanzenfasern auf. Die genaue Untersuchung hat gelehrt, dass dieselben durchwegs Bastzellen zweifellos dicotyler Pflanzen sind.

Die Hauptmenge der Papiermasse besteht aus der Länge nach sehr wohl erhaltenen Faserzellen, welche, zum Theile auf die Rinde von Maulbeergewächsen, zum Theile auf den Bast von Thymelaeaceen zurückzuführen sind. Hier liegt also eine Rohfaser vor, die durch einen geschickt geführten Process aus dem natürlichen Gewebeverbande gelöst wurde, wie man wohl annehmen muss, durch ein Röstverfahren oder durch einen künstlich eingeleiteten chemischen Process. Doch ist die Rohfaser nicht völlig intact, sondern doch schon etwas mechanisch angegriffen, so dass es wahrscheinlich ist, dass der nicht vollständigen chemischen Isolierung später noch eine mechanische Trennung der Fasern folgte. Jedenfalls ist die Rohfaser in Nr. 2 schon vollkommener als die in Nr. 1 auftretende abgeschlossen worden.

Neben dieser Rohfaser findet sich aber eine außerordentlich stark demolierte Fasermasse, die ich sofort als einen Hadernzusatz anzusehen geneigt war. Wie kommen diese zerrissenen, zerfaserten und zerquetschten, aus kleinen Fragmenten bestehenden Bastzellen zwischen die der Länge nach wohl erhaltenen Rohfasern? Es ist ja nicht anzunehmen, dass man aus Maulbeerrinden durch ein roheres Verfahren eine schlechte Fasermasse erzeugte, nachdem man es ja in der Hand hatte, aus demselben Rohmaterial ein sehr gutes Papierzeug zu erzeugen. Es ist ja auch sehr unwahrscheinlich, dass man aus der Rinde einer anderen Pflanze durch eine rohe Methode eine schlechte Fasermasse hergestellt haben sollte, um dieselbe der übrigen Papiermasse zuzusetzen. Viel wahrscheinlicher kommt es mir vor, dass man damals die ganz wertlosen Hadern durch Zerstampfung in ein Papierzeug verwandelte, welches man der wertvollen Rohfasermenge zumischte.

Nun, wie dem auch sei, es handelt sich darum, weiter zu prüfen, ob die arg demolierte Fasermasse von Hadern herrühre. Ich suchte zuerst »Stärkespuren«, nachdem ich makroskopisch erkennbare Garnfäden nicht ausfindig machen konnte. Nach vieler Mühe gelang es mir bei schwacher Mikroskop-

Fig. 14.



Vergr. 430. A Partie (Hadernmasse) aus dem Papier Nr. 2.

B Rohfasern: Die Bastzellen einer Moracee, wahrscheinlich von *Broussonetia papyrifera*, mit in Falten sich lösende Hüllschicht.

vergrößerung zwei strangartig aussehende Körper aus der Papiermasse herauspräparieren. Der eine erwies sich als ein noch gut erkennbarer Garnfaden, dessen Faser aber infolge zahlreicher Längs- und Querbrüche und sonstiger Beschädigungen nicht mehr zu bestimmen war. Lehrreicher war der zweite Körper. Es war ein gespaltenen Holzsplitter, an dem und zwischen dessen klaffenden Theilen ein deutlich gedrehter Garnfadenrest wahrnehmbar war. Die Fasern, welche in dem Holzsplitter eingeklemt waren, waren von Leinenfasern nicht zu unterscheiden, da aber keine Nebenbestandtheile nachweislich waren, welche auf diese Faser mit voller Sicherheit hätte schließen lassen, so kann nur mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass hier ein Flachsgarnfragment vorliegt. Aber eines ist sicher, und das ist schon von großer Wichtigkeit, dass dieses Papier Fasern enthält, welche schon zu textilen Zwecken dienten, mit anderen Worten: dieses Papier ist eine Art Hadern- oder Lumpenpapier. Die Richtigkeit der Datierung des betreffenden Manuscriptes vorausgesetzt, wäre dieses Lumpenpapier älter als die ältesten arabischen Papiere dieser Art, es wäre also das älteste bis jetzt bekannte Hadernpapier.

Es ist aber gewiss kein bloß aus Leinenlumpen bereitetes Papier, denn es kommen neben den schon genannten Rohfasern darin auch Fasern vor, welche gewiss keine Leinfasern sind. Nach vielen mühevollen Untersuchungen gelang es mir, Fasern zu finden, welche mit den Bastzellen der *Böhmeria*-Arten übereinstimmen. Es wurde schon erwähnt, dass die Bastfaser der *Böhmeria nivea* in Ostasien seit alter Zeit versponnen und verwebt wird, desgleichen andere Arten von *Böhmeria*. Es ist also nicht ausgeschlossen, dass dieses Papier aus Hadern verschiedener Art bereitet wurde. Indes muss ich bemerken, dass es mir nicht gelungen ist, Garnfäden von Ramie im Papiere nachzuweisen. Es ist mithin wahrscheinlicher, dass diese Faser im rohen Zustande zur Papierbereitung diente.

Dieses Papier ist also kein reines Hadernpapier, sondern ein gemischtes, aus Lumpen und rohen Pflanzenfasern bereitetes, vergleichbar jenen modernen Papieren, in welchen Stroh- oder Holzfaser mit Hadernmasse gemengt ist. Es scheint also, dass man in der ersten Periode der Papiererzeugung sehr heterogene Faserstoffe einer und derselben Papiermasse einverleibte, und mir erscheint die Aufstellung nicht paradox, dass damals die Lumpen das Surrogat und die aus der

Pflanze kunstvoll dargestellte Bastfaser die eigentliche Papierfaser bildete, während sich in der Neuzeit dieses Verhältnis umgekehrt hat. Man muss sich eben vergegenwärtigen, dass die Lumpen, bevor man in ihnen das beste Materiale zur Papiererzeugung erkannte, einen völlig nutzlosen und deshalb ganz wertlosen Stoff bildeten, den man nur aufzulesen und zu sammeln brauchte, während ziemlich umständliche Manipulationen erforderlich waren, um aus den Pflanzentheilen reine Fasern abzuscheiden. Und die Abscheidung war eine sehr sorgsame, wie dem Umstande zu entnehmen ist, dass in manchem dieser Papiere gar keine, in anderem fast gar keine »Nebenbestandtheile« vorkommen, so ungemein sorgsam wusste man die Fasern von den Nachbargeweben zu scheiden.

Das Resultat der Untersuchung gerade dieses Papiere hat mich auf den Gedanken geführt, dass die Erfindung des Hadernpapiere sich erst ganz allmählich ausgebildet hat, dass man nämlich erst spät begriff, welches unschätzbare Rohmaterial zur Papiererzeugung die Hadern repräsentieren und dass aus diesem anfänglichen Surrogate erst später der auch heute noch als wertvollste Rohmaterial angesehene Papierstoff wurde.

### Nr. 3.

Manuscript, beschrieben von Hoernle in Journal of the Asiatic Society of Bengal. Part. I (History etc.) Extranummer 1 (1901) unter dem Titel A Report on the British Collection of Antiquities from Central Asia<sup>1</sup>, p. 16, First Set. Nr. 2 Pothe (Plate II, Fig. 2).

S. ferner Hoernle, Journ. of the Asiat. Soc. of Bengal LXVI (1897), p. 237, 241, Plates IX und X.

Schrift: schräg, Guptacharaktere. Sprache: »mixed Sanscrit prose«. Fundort: Wurde in demselben Stupa nächst Kuchar gefunden, in welchem die Bower-Manuscripte entdeckt wurden. Alter 5. Jahrhundert A. D.

Einen ganz anderen Charakter als die beiden vorher besprochenen hat dieses Papier. Es ist weich, ungemein langfaserig und erscheint ziemlich homogen. Es ist mit einem weißen Schreibgrund versehen, welcher sich substantziell so wie der der vorher beschriebenen Papiersorte verhält und zweifellos denselben Zweck zu erfüllen hatte.

Die Fasern sind sehr lang, man kann einzelne Fasern aus der Masse herauspräparieren, welche eine Länge von 20 mm aufweisen. Das ganze Papier besteht nur aus Bastzellen, von Nebenbestandtheilen ist keine Spur aufzufinden. Trotz ihrer Länge sind die Fasern nicht gut erhalten. Die fast durchaus langfaserige Papiermasse macht den Eindruck großer Homogenität und es ist angesichts dieser Thatsachen von vorneherein höchst wahrscheinlich, dass dieses Papier aus ein und derselben Faser bereitet wurde, welche wohl zweifellos eine rohe Pflanzenfaser ist, denn es ließ sich keines jener Kennzeichen auffinden, welches auf Hadern als Rohmaterial hindeuten würde. Nun aber spricht die mikroskopische Untersuchung doch nicht für ein homogenes Rohmaterial. Man findet in dem Papier — abgesehen von zufällig anhaftenden Körpern (Staub<sup>2</sup>) — nichts als Bastzellen. Wie schon bemerkt, befindet sich dieselbe nicht in intactem Zustande und man musste immer lange herumsuchen, bis sich Fasern fanden, die noch den ursprünglichen morphologischen Charakter an sich trugen. Unter diesen Fasern befinden sich zweifellos Moraceenfasern, wahrscheinlich von *Broussonetia papyrifera*; aber es treten daneben auch Bastzellen auf, welche nicht von Moraceen abstammen, die vielmehr auf die Rinde einer Thymelaeacee zurückzuführen sind. Diese letzteren Fasern konnten aber mit keiner der bis jetzt mikroskopisch charakterisierten Thyme-

<sup>1</sup> Dieser Report war zur Zeit der Niederschrift der vorliegenden Abhandlung noch nicht veröffentlicht und ich verlanke die Einsichtnahme in diesen wichtigen Bericht der besonderen Gefälligkeit des Herrn Prof. Hoernle. Auf den folgenden Blättern wird diese Abhandlung unter dem Schlagworte Hoernle, Report, citiert werden.

<sup>2</sup> Sehr auffällig sind in diesem Papiere kleine Pilzsporen. Sie fehlten in keinem der von mir ausgeführten mikroskopischen Präparate.

laaceen-Bastzelle identifiziert werden, nicht mit den Bastzellen von *Edgeworthia* oder *Wickstroemia*, auch nicht mit denen von *Lasiosiphon* oder *Daphne cannabina*.<sup>1</sup> Aber den allgemeinen Charakter der Bastzellen der Thymelaeaceen tragen sie an sich.<sup>2</sup>

Ich kann nicht daran zweifeln, dass in Nr. 3 ein durchwegs aus Rohfasern bestehendes Papier vorliegt.

#### Nr. 4.

Hoernle, Report, p. 15, first sect., Nr. 1, Pothi (Plate II, fig. I). Auch beschrieben und abgebildet in Hoernle, Journ. of the Asiat. Soc. of Bengal LXVI (1897), p. 244, Plate X. Sprache: (mixed) Sanscrit. Schrift: aufrechte Gupta-Charaktere. Alter: IV.—V. Jahrhundert. Fundplatz: Wurde in demselben Stupa bei Kuchâr gefunden, in welchem die Bower-Manuscripte entdeckt wurden.

Dieses Papier, von dem einige ganz kleine, im Zerfalle begriffene Fragmente vorlagen, ist bräunlich gefärbt und beschrieben. Die Tinte stimmt mit der von Nr. 2 überein. Wie das vorhergehende ist auch dieses Papier filzig, aber lange nicht so langfaserig. Fasern von 2–3 mm Länge sind häufig. Die längsten Fasern, welche ich beobachtete, hatten eine Länge von 10 mm.

Die Fasern sind in so hohem Grade zerstört, dass eine genaue Bestimmung der Papiermasse unmöglich ist. Sicher ist, dass auch dieses Papier nur aus Bastzellen besteht und alle die Bestimmung erleichternden Nebenbestandtheile fehlen. Anzeichen, dass hier ein Hadernpapier vorliegt, sind nicht nachweisbar. Nach einigen noch ziemlich unverletzt erscheinenden Bruchstücken zu urtheilen, dürfte in dem Papier *Broussonetia* oder eine verwandte Maulbeerfaser anzunehmen sein, desgleichen fand ich Bruchstücke (auch Zellenden), welche auf Bastzellen von Thymelaeaceen hinweisen. Ich halte Nr. 4 für ein aus Rohfasern verschiedener Rinden (dicotyler Pflanzen) bereitetes Papier. Die Bereitung dieses Papiers war eine noch sehr unvollkommene. Wahrscheinlich erfolgte die Fasergewinnung aus den Rinden durch ein rohes mechanisches Verfahren (Zerstampfen).

Von Leimung ist nichts nachweisbar; namentlich betone ich, dass auch hier, wie in den drei vorhergegangenen Nummern keine Stärkeleimung nachweislich war.

#### Nr. 5—11.

Die Manuscripte, welchen diese sieben Papierproben entnommen waren, haben sich nach den von Dr. Stein<sup>3</sup> in Ostturkestan persönlich vorgenommenen Untersuchungen als Fälschungen herausgestellt. Herr Prof. Hoernle hat mich schon in einem vom 12. Juli 1901 datierten Briefe auf diesen Umstand aufmerksam gemacht, bevor ich noch eingehendere Untersuchungen mit diesem Materiale anstellte. Begreiflicherweise habe ich mich in Studien über dies Papier nicht vertieft, und zwar umsoweniger, als sie mir auch keine neuen Anhaltspunkte zur Faserbestimmung älterer Papiere gaben. Doch möchte ich einige interessantere diese Objecte betreffende Beobachtungen nicht unerwähnt lassen.

Ich unterwarf diese Papiere zunächst der Jodprobe, um aus später genau darzulegenden Gründen die etwaige Anwesenheit von Stärke zu constatieren. Es gelang dies bei den Nummern 6, 7, 8, 10 und 11, nicht aber bei 5 und 9. Nach meinen Untersuchungen sind von den Arabern schon im VIII. Jahrhundert Papiere mit Stärke geleimt worden.<sup>4</sup> Anderweitige Leimungen alter Papiere sind bisher nicht mit Sicherheit

<sup>1</sup> Siehe hierüber Wiesner, Rohstoffe II (1902), Bd. II, Fasern.

<sup>2</sup> Über den gemeinschaftlichen Charakter der Bastzellen der Thymelaeaceen siehe Jenčić, österr. bot. Zeitschrift 1902.

<sup>3</sup> Herr Dr. Stein gehört dem Indian Educational Service an und ist derzeit Inspector of Schools in Panjab.

<sup>4</sup> Die Faijûmer und Uschmûneiner Papiere. Separatabdruck S. 46.

nachgewiesen worden. Ich ließ alle diese sieben Papierproben von einem meiner Assistenten, Herrn Dr. A. Jenčić, welcher sich unter meiner Anleitung viel mit mikroskopischen Papieruntersuchungen beschäftigt hat, auf Leimung mit thierischem Leim nach der von mir für mikroskopische Zwecke in Anwendung gebrachten Methode<sup>1</sup> prüfen. Er fand, dass gerade die Nummern 5 und 9 mit thierischem Leim geleimt waren. Diese Leimungsmethode kam erst im XIV. Jahrhundert auf<sup>2</sup> und wurde bis jetzt beibehalten. Seit Einführung der Maschinenpapierfabrication (Mitte des XIX. Jahrhunderts) wird aber diese Leimung immer mehr durch Stärke- und Harzleimung verdrängt. Die Auffindung, dass diese zwei Papiere mit thierischem Leim geleimt wurden, spricht wohl sehr dafür, dass hier moderne Papiere vorliegen. Ich bemerke, dass ich unter allen mir als echt bezeichneten alten, zur Untersuchung von Herrn Prof. Hoernle vorgelegten Papieren kein einziges gefunden habe, welches mit thierischem Leim geleimt gewesen ist.

Eingehender habe ich Nr. 9 untersucht, da dasselbe nach den von Herrn Balfour in Oxford angestellten Untersuchungen (Prof. Hoernle, briefliche Mittheilungen an mich aus Oxford vom 10. April 1900) aus Seide bereitet sein soll. Ich konnte aber in diesem Papier keine Spur von Seide auffinden.<sup>3</sup>

Alle diese Papiere sind thatsächlich moderne Papiere, einige wurden aus Maulbeerbastfasern (wahrscheinlich von *Broussonetia papyrifera*) bereitet, in anderen konnten Thymelaeaceenfasern nachgewiesen werden. Es war für mich, wie schon bemerkt, kein Grund vorhanden, diese sieben Papiersorten eingehender zu studieren.

Einige Beobachtungen, welche auf die Prozeduren hinweisen, durch die diesen modernen Papieren das Aussehen von altem Papiere gegeben wurde, folgen weiter unten.

#### Nr. 12.

Hoernle, Report. p. 39, Second Set. (Brahmi Documents) Nr. 13 (Plate II, Fig. 6). Beschrieben mit Sanscritschrift aber in einer unbekanntem Sprache. Achtes Jahrhundert. Fundort: Dandan Uiliq.

Unter dieser Nummer sind drei Fragmente vereinigt, von denen eines 20, ein zweites 9, ein drittes 4  $cm^2$  Fläche aufwies. Alle drei Fragmente sind weißlich gelb, das erste nicht, die beiden anderen mit Tuschtinte beschrieben. Im Risse ist dieses Papier langfaserig; es können Fasern bis zu einer Länge von 15  $mm$  nachgewiesen werden.

Aus dem größten Stücke ließen sich einige Garnfäden herauspräparieren. Auch sonst sind Anzeichen vorhanden, dass ein Hadernpapier vorliegt, nämlich vereinzelte (künstlich) gelb gefärbte Pflanzenfasern, ferner «Stärkespuren», endlich thierische Fasern (Schafwolle). Letztere sind in sehr kleiner Menge vorhanden, gehören aber sicher der Papiermasse an und sind nicht etwa mit anderen Staubtheilchen angefliegen. Wahrscheinlich rühren diese thierischen Fasern daher, dass in die zur Papierbereitung verwendeten Hadern zufällig auch Reste von aus thierischer Wolle gewebten Bekleidungsstoffen hinein gerathen sind.

<sup>1</sup> Ebenda S. 47.

<sup>2</sup> Ebenda S. 68.

<sup>3</sup> In Hadernpapieren, selbst alten, sind hin und wieder auch Seidenfasern, aber als eine Beimengung, nachgewiesen worden, welche von einer unvollkommenen Sortierung der Hadern herrührt, indem zwischen die baumwollenen, beziehungsweise leinenen Hadern auch Abfälle von Seidengeweben gerathen sind. So fand ich Spuren von Seidenfäden in der bekannten Schwandner'schen Urkunde von Kaiser Friedrich II. vom Jahre 1228. Wiesner, Die Faijümer und Uשמüneiner Papiere etc. p. 66.

Die überwiegende Masse der Fasern besteht aus Bastzellen, wieder ohne »leitende Nebenbestandtheile«, so dass die genaue Bestimmung mit Schwierigkeiten verbunden ist. Die Bastzellen dieses Papiers sind so wie die der vorangegangenen unverholzt, aber auch stark demoliert, so dass auch aus diesem Grunde hier eine sichere Bestimmung schwer ausführbar ist. Wenn man die noch relativ wohl erhaltenen Bastzellen, beziehungsweise die noch in ursprünglichem morphologischen Zustande befindlichen Partien dieser Zellen auf ihre Eigenthümlichkeiten prüft, so kommt man zu dem Wahrscheinlichkeitsresultate, dass hier ein Hadernpapier vorliegt, das aus versponnener Lein- oder Hanffaser oder aus einem Gemenge beider bereitet wurde. Es kommt auch noch Ramie- oder eine verwandte Faser vor, von der es unentschieden bleiben muss, ob sie als Rohfaser oder als versponnene Faser zur Papierbereitung verwendet wurde.

Es ist noch zu erwähnen, dass in diesem Papiere auch ganze Baststreifen vorhanden sind, deren botanische Determinierung nicht gelungen ist. Es konnte nur constatirt werden, dass diese Baststreifen weder von Hanf oder Flachs noch von Ramie oder einer verwandten Pflanze herrühren. Diese Baststreifen sind fast gänzlich unverholzt, so dass auch nicht an Jute oder an eine ähnliche Pflanzefaser zu denken ist. Auch Thymelaeaceen- und Apocynceenfasern sind auszuschließen.

Leimung konnte nicht nachgewiesen werden. Stärkekleister als Leimungsmateriale ist gewiss nicht vorhanden; gerade deshalb können die stellenweise und selten auftretenden Stärkekleisterincrustierungen nur als »Stärkespuren« aufgefasst werden.

Als sicher lässt sich aus dem ganzen Untersuchungsergebnisse ableiten, dass hier ein primitiv dargestelltes Papier vorliegt, in welchem Hadernmasse und die Rohfaser des Bastes einer dicotylen Pflanze enthalten sind.

### Nr. 13.

Hoernle, Report p. 26 und 28. Second Class. First Set. (Uigur Documents) Plate V. Schrift: Persische und uigurische Schriftzeichen und Sprache. Nicht datiert; stammt wahrscheinlich aus dem XI. Jahrhundert. Fundort unbekannt.

Unter dieser Nummer waren zahlreiche kleine, anscheinend zusammengehörige Papierfragmente von höchst charakteristischem Aussehen vereinigt. Dieses Papier ist dickfilzig, weißlich, stellenweise violett gefärbt, fließt stark und zeigt weder eine Spur von Leimung noch einen Schreibgrund. Auf diesem Papiere kann nur mit einer sehr stark verdickten Tinte in großen breiten Zügen geschrieben werden. In der That sind die Schriftzeichen auffallend groß. Ich bemerke gleich, dass auch hier wieder Tuschtinte vorliegt.

Was die violetten Flecke anlangt, so haben dieselben mit dem Papiere selbst nichts zu thun, sondern sind Folge des Lagerns. An allen violett gefärbten Stellen finden sich große Pilzsporen und Reste von Mycelien vor. Sporen und Mycelien sind todt. Es hat zu einer Zeit der Lagerung des Papiers eine Pilzvegetation sich an einzelnen Stellen des Papiers gebildet, welche, wie kaum zu bezweifeln ist, die Färbung verursachte.

Hier liegt gewiss wieder ein Hadernpapier vor, da sich bei vorsichtiger Behandlung noch ganz deutlich gedrehte Garmfädenreste aus der Masse herauspräparieren ließen. Auch in diesem Papiere habe ich, wieder sehr vereinzelt, Wolle (thierische Haare) gefunden, nämlich mitten aus der Papiermasse herauspräpariert. Dies spricht wohl auch dafür, dass hier ein Hadernpapier vorliegt.

Die Bestimmung ist auch hier wieder schwierig, da keine »leitenden Nebenbestandtheile« vorhanden sind und die Faser in einer weitgehenden Weise zerstört ist, nämlich in ganz kurzen Abschnitten mit fast durchlaufenden Querbrüchen durchsetzt ist.

Die Garnfäden bestehen sicher nur aus Bastzellen dicotyler Pflanzen und sind völlig unverholzt. Ich kann auch hier wieder nur mit Wahrscheinlichkeit Hanf- oder Leinenfasern oder beide als jene Bastzellen bezeichnen, aus welchen die Garnfäden und ein Theil der Papiermasse besteht. Ein großer Theil der Fasern (Bastzellen) ist nicht mehr zu bestimmen.

Neben dieser Hadernmasse kommt aber noch eine andere Faser vor, welche in meiner oben S. 9 [591] angegebenen Liste nicht enthalten ist, die ich nicht zu bestimmen vermag, von der es aber ganz sicher ist, dass sie nicht verspinnbar ist, sondern gewiss als Rohfaser dem Papiere einverleibt wurde. Wieder sind es Bastzellen einer dicotylen Pflanze. Diese Bastzellen werden von dicken, braunen, etwa 0.022 bis 0.038 *mm* im Durchmesser haltenden, polyedrischen, etwa isodiametrischen Sklerenchymzellen (Steinzellen) begleitet. Sie liegen zum Theile den hin- und hergewundenen dickwandigen, stellenweise knorrig aussehenden Bastzellen an, zum Theile liegen sie in ganzen Nestern frei in der Papiermasse. Diese mit anhaftenden Sklerenchymzellen versehenen Zellen sind zur Verspinnung ungeeignet, und deshalb schließe ich, dass dieselben Rohfasern sind. Die Wandverdickung der Bastzellen ist eine sehr starke, dabei aber doch ungleichmäßige. Stellenweise erscheint die Wand wie knotig verdickt; es sind dies aber Stellen, wo sie gefaltet ist und wie geknickt erscheint.

Hier liegt also wieder ein aus Hadernmasse und aus rohen Pflanzenfasern zusammengesetztes Papier vor.

#### Nr. 14.

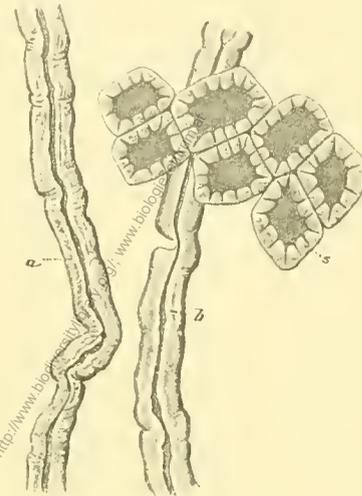
Hoernle, Report, p. 19, Second Set. Nr. 3 Pothi. Schrift: Sanscrit. Sprache: unbekannt. Alter: VII. Jahrhundert. Im Report ist angegeben: »Findplace, unknown«. Aber Prof. Hoernle schreibt mir unter dem 9. April 1902, dass das betreffende Manuscript in Takla Maqan, und zwar wahrscheinlich zu Dandan Uiliq gefunden wurde.

Zur Untersuchung dienten mir in der Consistenz, nicht aber in der Farbe ganz mit einander übereinstimmende Stücke. Das eine hat eine Oberfläche von circa 8 *cm*<sup>2</sup> und hält in der Farbe zwischen ei- und isabellgelb die Mitte, das andere hat eine beiläufige Fläche von 1.5 *cm*<sup>2</sup> und ist dunkel isabellgelb, also fast bräunlich. Beide Fragmente sind beschrieben, und zwar, wie die Chromsäureprobe lehrt, mit Tuschtinte.

Beide Fragmente sind dünn aber steif wie Kartenblätter. Im Risse ist dieses Papier sehr kurzfasrig, wenn man es aber im Wasser aufweicht, so lassen sich aus der Papiermasse Fasern präparieren, die eine Länge von 10—15 *mm* haben, einzelne sind noch länger. Da diese langen Fasern selbst nur Fragmente von Bastzellen sind, so folgt, dass ein sehr langfaseriges Rohmaterial zur Verfertigung dieses Papiers gedient haben musste.

Die Fasermasse besteht nur aus Bastzellen. «Leitende Nebenbestandtheile» fehlen. Die Bastzellen rühren von einer dicotylen Pflanze her und sind völlig unverholzt. Der Zustand der Faser und der Mangel an Nebenbestandtheilen erschweren die Bestimmung. Doch ist sicher, dass zum mindesten zwei verschiedene Bastfasern vorliegen, von denen ich eine für Lein-, die andere für eine Boehmeriafaser halte. Wenn die Nebenbestandtheile fehlen und sonst keine Anhaltspunkte für die Bestimmung gegeben sind, so haftet der Bestimmung doch eine gewisse Unsicherheit an, namentlich, wenn die Faser weitgehende Zerstörungserscheinungen zeigt. Es fehlen dann sogar jene Kriterien, welche aus den Dimensionen der Länge und

Fig. 15



Vergr. 430.

a, b Bastzellen mit anhaftenden Sklerenchymelementen einer nicht bestimmaren dicotylen Pflanze. Aus dem Papier Nr. 13.

Dicke zu entnehmen sind. Da aber Spuren von Garnfäden in dem Papiere nachweislich sind und diese Garnfäden aus Bastzellen bestehen, welche nach ihrem ganzen Verhalten als Leinenfasern anzusprechen sind, so wird hiedurch die Wahrscheinlichkeit vermehrt, dass in diesem Papier Leinenfaser enthalten ist. Die von mir nach dem ganzen Verhalten als *Boehmeria*-Faser diagnostizierte Faser sah ich in meinen Proben niemals in der Form eines Garnfadens. Es liegt auch hier ein Papier vor, welches entweder gänzlich oder, was mir wahrscheinlicher vorkommt, zum Theile aus Hadern bereitet wurde.

Über die Natur der Farbe, mit welcher dieses Papier tingiert ist, ließ sich mikrochemisch nichts ermitteln. So viel ist aber sicher, dass dieselbe als eine Art Anstrich zur Färbung des Papiers in Verwendung kam, da die Fasern, zumal die aus der inneren Papiermasse genommenen, völlig farblos sind.

Höchst interessant ist aber die Leimung. Dieses Papier ist nämlich mit Stärkekleister, und zwar stark, geleimt. Es ist das erste der bisher beschriebenen alten Papiere, welches mit Stärkekleister geleimt ist. Durch Jodlösung wird die Papiermasse blau gefärbt, besonders stark nach dem Aufkochen derselben und Vorbehandlung mit Salzsäure. Die Stärke wurde selbstverständlich behufs Leimung in die Form des Kleisters gebracht. Dicke eingetrocknete Kleistermassen liegen zwischen den Fasern, und es ist zweifellos, dass der reichliche Zusatz von Stärkekleister zu dem Papiere nicht nur den Zweck hatte, das Papier zu «leimen», sondern demselben auch einen hohen Grad von Steifheit zu geben. Die Anwesenheit von Stärke ergab sich auch aus anderen Reactionen, auf welche ich bei Besprechung der nächsten Papiersorte (Nr. 15) noch zu sprechen komme. Ich will nur hier bemerken, dass höchstwahrscheinlich Reisstärke zur Leimung dieses Papiers diente. In der vollkommen verkleisterten Masse lassen sich die Stärkekörnchen nicht mehr nachweisen, welche bei den verschiedenen Stärkesorten bekanntlich ihrer Form und Größe nach so verschieden sind, dass man hierauf die Unterscheidung der Stärkearten gegründet hat. Nun fand ich ganz vereinzelt einige eingetrocknete Kleisterklumpen zwischen den Papierfasern vor, bei welchen die Verkleistung nicht vollständig durchgeführt wurde. Und in diesen Klumpen fand ich kleine polyedrische Körperchen, welche sehr wohl mit den Stärkekörnchen des Reis übereinstimmen, aber offenbar infolge schwacher Quellung etwas größer und auch nicht so scharfkantig als unveränderte Reisstärkekörner waren.

Man hat früher angenommen, dass die «Leimung» des alten Papiers durch thierischen Leim erfolgte; auch Traganth wurde als Leimsubstanz angeführt, was sich aber als unrichtig herausgestellt hat. Ich habe zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass die alten arabischen Papiere mit Stärkekleister geleimt worden sind<sup>1</sup>. Es wurde dies von mir in zahlreichen Fällen mit aller Bestimmtheit constatirt und ich war rücksichtlich einzelner Papiere auch in der Lage, zu zeigen, dass nicht nur Weizenstärke zur Leimung, sondern auch in unveränderter Form zur »Füllung« des Papiers verwendet wurde, um dem Beschreibstoffe eine größere Consistenz zu geben. Es hat dann auch Karabacek<sup>2</sup> in den arabischen Quellen die Bestätigung für den Gebrauch der Weizenstärke zur Papierbereitung erbracht.

Die mit Stärkekleister geleimten arabischen Papiere stammen aus dem IX. Jahrhundert und aus späteren Zeiten und, da die ältesten arabischen Papiere aus der zweiten Hälfte des VIII. Jahrhunderts stammen, so ist es unter der Voraussetzung, dass das in Rede stehende Papier aus dem VII. Jahrhundert stammt, fraglich, ob die Araber die Erfindung der Stärkeleimung gemacht haben. Da unser Papier (Nr. 14) chinesischen Ursprunges ist, so muss unter der gemachten Voraussetzung die Erfindung der Stärkeleimung des Papiers den Chinesen zugesprochen werden. Ich werde bei Vorführung anderer ostturkestanischer Papiere noch Gelegenheit haben, auf die Leimungsfrage zurückzukommen und will hier nur bemerken, dass die Chinesen ihr Papier beschreibbar machen mussten, da es ja sonst seiner Hauptaufgabe nicht entsprochen hätte, und dass sie, wie wir weiter unten sehen werden, die verschiedensten Mittel zu diesem Zwecke ausfindig machten.

<sup>1</sup> Die Faijümer und Uschmünciner Papiere. Separatabdruck S. 46 ff.

<sup>2</sup> Das arabische Papier. Separatabdruck S. 52.

Noch möchte ich in Betreff der Stärkeleimung von Nr. 14 folgendes bemerken. Reagiert man auf die Kleistermasse mit wässriger Jodlösung, so erhält man allerdings eine Blaufärbung; aber bei aufmerksamer Betrachtung ergeben sich alle Übergänge in der Färbung von blau bis violett und von violett bis roth und braun. Es muss dies auf den Gedanken führen, dass hier ein partieller Umsatz von Stärke in Dextrin stattgefunden habe. Man wird da sofort zu der Annahme geleitet, dass das Papier einer erhöhten Temperatur ausgesetzt gewesen sein mochte, da ja hiebei der genannte Umsatz sich einstellt. Es muss aber doch eine andere Ursache dieses Umsatzes angenommen werden, da bei jener Temperatur (180 bis 190° C.), bei welcher Stärke in Dextrin übergeht, die Cellulose bereits stark gebräunt wird. Die Bastfasern dieses Papiers zeigen aber diese Färbung durchaus nicht. Nun gibt es aber zahlreiche andere Verhältnisse, unter denen Stärke in Dextrin übergeht. Wahrscheinlich waren Fermentorganismen hierbei im Spiele, die während der Lagerung dieser Papiere auf den Stärkekleister einwirkten.

### Nr. 15.

Hoernle, Report, p. 19. Second Set. Nr. 2 Pothi. Plate II, Fig. 4. Schrift: Aufrechte Gupta-Charaktere. Sprache: Nicht identificiert, indes untermischt mit religiösen Sanscritausdrücken. Fundplatz unbekannt. Nach brieflichen Mittheilungen des Herrn Prof. Hoernle wahrscheinlich Dandan Uiliq. Alter: wahrscheinlich VII. Jahrhundert.

Nr. 15 ist das merkwürdigste und insbesondere rücksichtlich der Leimung interessanteste der mir zur Untersuchung übermittelten alten Papiere; es erfordert eine eingehende Besprechung.

Das mir unter Nr. 15 übersendete Papiermuster besteht aus neun kleinen Fragmenten. Die einzelnen Stücke schwanken in ihrer Flächengröße zwischen 0.5 und 2  $cm^2$ . Von diesen neun Fragmenten gehören acht allem Anscheine nach einem und demselben Manuscripte an oder repräsentieren wenigstens die gleiche Papiersorte, da sie nicht nur im Aussehen, sondern auch im mikroskopischen Verhalten mit einander übereinstimmen, während das neunte Stück, makroskopisch betrachtet, einen total anderen Charakter an sich trägt. Mikroskopisch untersucht ist indes der Unterschied geringer als man nach dem Aussehen anzunehmen geneigt wäre.

Ich bezeichne die acht untereinander übereinstimmenden Fragmente mit Nr. 15 A und das neunte mit Nr. 15 B.

Alle neun Fragmente sind beschrieben, und zwar, wie ich gleich bemerken will, mit einer Ruß- oder Kohlentinte (Tusch), wie das Verhalten gegen Chromsäure lehrt, welche diese Tinte nicht angreift.

Nr. 15 A bildet eine weiche, weißlich gelbe, stellenweise etwas ins Braune geneigte Filzmasse, aus welcher sich bis 25  $mm$  lange Fasern herauspräparieren lassen. Diese Fasern sind Bastzellen, oder richtiger gesagt, Bastzellenfragmente, da gewöhnlich alle beide Enden oder ein Ende künstlich durch Zerreißen entstanden sind. Diese Bastzellen haben also gewiss eine sehr beträchtliche Länge.

Hingegen bildet Nr. 15 B eine harte steife, im ganzen licht bräunliche Masse. Ein Theil dieses Papierstückes ist dick, opak, der übrige dünn, durchscheinend. Sowohl in der dicken als in der dünnen Partie befinden sich eingestreut größere — ein paar Quadratmillimeter messende — ziemlich deutlich abgegrenzte Papiermassen von dunklerer Farbe. Diese dunklen Massen enthalten nur verhältnismäßig wenige Fasern und bestehen vorwiegend aus einer homogenen, von Körnchen untermischten leimartigen Masse von dunkler Farbe. Im Wasser quillt diese Masse nur wenig auf, etwas stärker in kochendem Wasser. Durch Salzsäure wird sie heller gefärbt, durch Kalilauge desgleichen und transparenter, von Alkohol wird sie nicht gelöst. Offenbar ist in diesen dunkleren Flecken des Papiers die Leimungsmasse in überreicher Menge angesammelt; diese dunklen Partien sind somit als Fehler im Papiere anzusehen. Durch Jodlösung wird diese Leimungsmasse nicht gebläut. Auch die normal geleimten Partien werden durch Jodlösung nicht gebläut. Dadurch aber unterscheidet sich Nr. 15 A auffallend von Nr. 15 B. Ersteres wird nämlich durch Jodlösung mehr oder minder stark blau oder violett gefärbt. Auf die Natur dieser Leimungsmasse komme ich weiter unten zurück. Hier wollte ich nur hervorheben,

dass Nr. 15 A von 15 B sich nicht nur äußerlich durch die Consistenz, sondern auch durch eine in der Leimung begründete Reaction unterscheidet.

Die Prüfung der Papierfragmente Nr. 15 A auf die Faser ergab, dass die Fasermasse — abgesehen von offenbar nur zufälligen Bestandtheilen, welche auf Staub zurückzuführen sind — ausschließlich aus Bastzellen besteht. Die Faser ist stark angegriffen, zum Theile sogar in lange, riemenförmige Stücke aufgelöst. Infolge dieses starken mechanischen Angriffes ist es schwer, die Faser genau zu bestimmen. Man muss sich zunächst an die noch wohl erhaltenen Fasern, beziehungsweise an einzelne Partien der Fasern halten, welche noch ziemlich intact erscheinen. Die ganz außerordentliche Länge der Bastzellen, auf welche die an sich schon sehr langen Fragmente der Fasern schließen lassen, führten mich auf den Gedanken, in ihnen die Bastfaser der Ramie (*Boehmeria nivea*) oder einer verwandten *Boehmeria* zu vermuthen. Ich bin da wirklich auf die richtige Fährte gekommen, denn alle anderen Merkmale, welche ich an den unverletzten Partien der Faser auffand, sprachen für Ramie oder doch für eine nahe verwandte Faser, vor allem die Dimension des Querschnittes und andere morphologische Eigenthümlichkeiten, durch welche die *Böhméria*-Faser ausgezeichnet ist<sup>1</sup>. Besonderes Gewicht lege ich auf eine Eigenthümlichkeit, welche ich bis jetzt noch an keiner anderen zu textilen Zwecken benützten Bastfaser auffand. Es ist dies das Auftreten von kleinen Stärkekörnchen, und zwar in den Bastzellen selbst. Die Stärkekörnchen kommen manchmal in der Ramiefaser so reichlich vor, dass diese durch Jodlösung eine schwach bläuliche oder violette Farbe annimmt. Nun wird, wie ich schon oben erwähnte, das Papier Nr. 15 A durch Jodlösung bläulich oder violett, aber diese Färbung hat mit der in der Faser auftretenden Stärke nichts zu thun und ist nur eine Reaction auf die Leimung; die sogenannten Leimsubstanzen liegen außerhalb der Faser. Es ist mir aber gelungen, die innerhalb der Bastzellen auftretenden Stärkekörnchen durch Jodlösung nachzuweisen. Die Menge der im Inneren der Bastzellen auftretenden Stärke ist wohl eine außerordentlich geringe, was nicht Wunder nehmen kann, da an und für sich die Menge der Stärke in der ganz unveränderten Bastzelle von *Boehmeria tenacissima* gewöhnlich keine große ist und die Procedures bei der Erzeugung des Papiers und die Schicksale des Papiers während des Jahrhunderte langen Lagerns wohl dazu beigetragen haben, einen Theil der im Inhalte der *Boehmeria*-Faser auftretenden Stärkekörner zu zerstören.

Unter allen ostasiatischen Nesseln hat keine als Textilpflanze eine so große Bedeutung als die Ramiefaser oder das Chinagrass und keine so große Culturausdehnung der Stammpflanze, denn diese wird in China sowohl als in Indien, und zwar seit alter Zeit gezogen. Es ist deshalb die größte Wahrscheinlichkeit vorhanden, dass in dem vorliegenden Falle die Ramiefaser als Papierfaser auftritt. Da aber auch zahlreiche andere ostasiatische *Boehmeria*-Arten in den Heimatsländern seit alter Zeit als Fasergewächse gebraucht werden, deren Fasern der Ramie sehr ähnlich sind, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass hier nicht die Bastfaser der *Boehmeria nivea*, sondern einer nahe verwandten Art vorliegt. Es dürfte aber kaum möglich sein, an der Hand des vorhandenen Materiales die Frage endgiltig zu lösen.

Für die Anwesenheit der Ramiefaser im vorliegenden Papiere spricht die schon oben erwähnte Angabe, dass in China diese Faser zur Papierfabrication Verwendung fand, insbesondere zur Herstellung der besten Beschreibstoffe, nämlich für besonders wichtige Documente<sup>2</sup>.

Da die *Boehmeria*-Faser als solche zu textilen Zwecken und auch zu Tauen, Netzen u. dgl. Verwendung fand, so entsteht die Frage, ob diese Faser als solche oder, nachdem sie vorher als Textilobject oder in anderer Weise zubereitet Dienste geleistet hat, zur Papierbereitung benützt wurde.

Der Literatur ist in dieser Beziehung, so viel mir bekannt geworden ist, nur zu entnehmen, dass die Bastfasern der *Boehmeria* in China nicht nur zur Darstellung von Webproducten und durch Seilerarbeit gewonnenen Objecten, sondern auch zur Papierbereitung diente und auch jetzt noch dient. Nirgends finde ich bemerkt, dass die als Textil- oder sonstwie (als Tau, Netz etc.) zuerst benützte Faser später zur Papierbereitung

<sup>1</sup> Die Ramiefaser ist sehr eingehend beschrieben in Wiesner, Rohstoffe, 2. Aufl. (Leipzig) Bd. II (1902), S. 318 ff.

<sup>2</sup> Karabacek, l. c., p. 29.

verwendet wurde. Doch sind wohl die diesbezüglichen Literaturangaben unvollständig. Die materielle Untersuchung der unter Nr. 15 A vereinigten Objecte hat keinen Anhaltspunkt ergeben, welcher auf der Papierbereitung vorangegangene Benützung der Faser schließen ließe. Wohl aber ergaben Versuche, welche mit der unveränderten *Boehmeria*-Faser angestellt wurden, dass die *Boehmeria*-Faser durch einen Stampfprocess in jenen Zustand gebracht wurde, in welchem sie im Papier erscheint.

Es ist also so ziemlich als gewiss anzunehmen, dass die Faser der Papiere Nr. 15 A aus Ramiefaser bereitet wurde, und wohl wahrscheinlich, dass es die rohe Faser war, welche durch einen Stampfprocess in jene Form gebracht wurde, in welcher sie im Papier erscheint.

Neben der mechanisch sehr angegriffenen *Boehmeria*-Faser findet sich in demselben Papier eine sehr charakteristische und verhältnismäßig besser erhaltene Faser vor, die ich für die Bastfaser aus der Rinde einer Thymelaeacee halte.

Die Faser von Nr. 15 B scheint mit der von Nr. 15 A übereinzustimmen, doch ließ sich die Gegenwart der Ramie- oder einer sehr nahe verwandten Faser hier nicht mit gleicher Sicherheit wie dort erkennen. Namentlich ist es mir nicht gelungen, die für die *Boehmeria*-Faser so charakteristischen Stärkekörnchen im Zellinhalte nachzuweisen. Dieselben sind, wenn hier gleichfalls Ramie vorliegen sollte, zerstört worden.

Ich komme nun zur Leimung der unter Nr. 15 A vereinigten Papierproben. Alle diese Proben gaben mit Jodwasser eine mehr oder minder starke Blaufärbung, welche bei schwachem Auftreten auf Zusatz von Salzsäure deutlicher wurde. Der ungleiche Grad der Blaufärbung dieser Papiere durch Jodlösung hält mich aber nicht ab, sie für gleich zu erklären. Es kommt ja bei alten Papieren häufig vor, dass die Leimungsmasse selbst eines und desselben Papierblattes ungleich erhalten ist.

Die sonstige Übereinstimmung, namentlich in Bezug auf die Faser zwingt gerade zu der Annahme, dass diese acht Fragmente doch derselben Papiersorte angehören, dass aber an denselben die Leimung in verschiedenem Grade erhalten geblieben ist. Dies konnte umso eher angenommen werden, als selbst die einzelnen Fragmente an verschiedenen Stellen in verschiedenem Grade durch Jod gebläut werden. Stellenweise tritt gar keine Bläuung auf; es lässt sich aber dann auch nachweisen, dass an diesen Stellen überhaupt keine Leimung mehr vorhanden ist.

Ich will hier daran erinnern, dass Nr. 15 B durch Jod nicht gebläut wird, selbst nicht auf Zusatz von Salzsäure, man also geneigt sein könnte, zu vermuthen, es sei dieses Papier doch mit Nr. 15 A identisch, indem hier die jodbläuende Leimungssubstanz gänzlich durch die Schicksale der langen Lagerung verschwunden sei. Diese Annahme ist aber nicht gerechtfertigt, da dieses Papier noch sehr stark geleimt ist. Wie die Consistenz und Steifheit des Papiers und in noch höherem Maße die mikroskopische Untersuchung lehrt, ist Nr. 15 B weitaus stärker als Nr. 15 A geleimt. Es ist aber dieses Papier Nr. 15 B mit einer anderen Substanz geleimt als die acht Fragmente der Nr. 15 A.

Ich hätte nun nach meinen bisherigen Erfahrungen nicht daran gezweifelt, dass die durch Jod sich bläuende Leimungssubstanz Stärke ist, wenn ich nicht in allen acht Fragmenten bei aufmerksamer mikroskopischer Untersuchung Bildungen aufgefunden hätte, welche sehr bestimmt darauf hindeuten, dass die hier vorhandene Leimungssubstanz etwas ganz anderes als Stärke oder ein stärkehaltiger Körper ist.

Ich fand nämlich in diesem Papiere (in allen acht Fragmenten!) zahlreiche Zellen, welche ihrer Form nach den Flechtgonidien entsprechen. Diese Zellen sind kugelig, auch manchmal etwas elliptisch mit derber doppelt contourirter Zellhaut versehen, kernlos, mit manchmal noch grünlich erscheinendem Zellinhalte. Auf Jodzusatz wird der Inhalt bräunlich, während die Zellhaut farblos bleibt. Anhaftend treten zarte Hyphen auf.

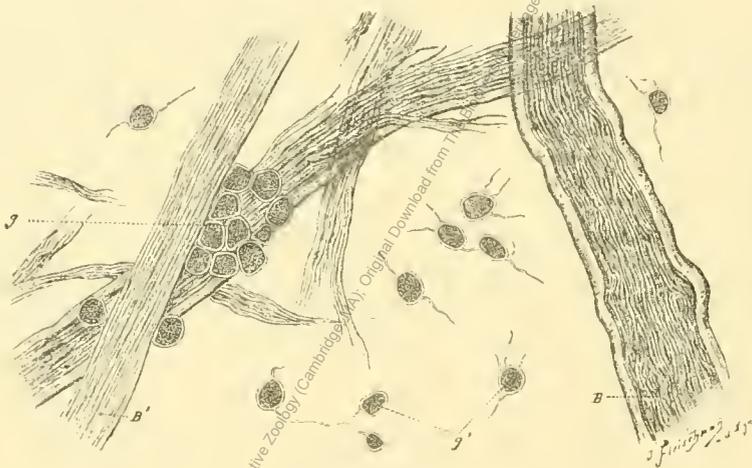
Der Durchmesser dieser Gonidien betrug  $0\cdot007$ — $0\cdot010$  mm. Bei den elliptischen stieg der längere Durchmesser bis auf  $0\cdot012$  mm. Die Dicke der Membran betrug  $0\cdot0012$  mm. Diese Dimensionen stimmen mit den von mir zum Vergleiche herangezogenen Gonidien von *Cetraria islandica* und *Lecanora esculenta* nahezu überein.

Um das Beobachtungsergebnis möglichst sicherzustellen, habe ich mich an einen hervorragenden Spezialisten auf dem Gebiete der Flechtenkunde, Herrn Dr. Zahlbruckner, Leiter des Wiener k. und k. botanischen Hofmuseums, gewendet. Er hat meine Papierpräparate gesehen und gelangte nach sorgfältiger Prüfung zu einem meine Beobachtungen bestätigenden Resultate. Auch er fand, dass die betreffenden Bildungen Flechtengonidien mit anhaftenden Flechtenhyphen seien, und bezeichnet sie näher als *Protococcen*-Gonidien.

Allerdings leben die Flechtengonidien auch als Algen frei (Protococcaceen, Pleurococcaceen etc.), einige auch auf feuchten Mauern, feuchten Rinden; es ist aber nicht recht zu verstehen, wie diese Algen in die Papiermasse hineingerathen sein sollten. Es ist nicht ausgeschlossen, dass das Wasser, welches zur Bereitung des Papiers diente, eine Protococcacee oder Pleurococcacee enthielt, oder dass beim Liegen der Manuscripte im Boden eine an mehr trockene Lebensweise angepasste, dieser Familie angehörige Alge in der Papiermasse sich entwickelt habe. Es ist dies aber im hohen Grade unwahrscheinlich.

Es muss nämlich weiter beachtet werden, dass den Gonidien kleine Mengen von Flechtenhyphen anhaften. Es ist mir dies aufgefallen. Auch Herr Dr. Zahlbruckner hat seine Aufmerksamkeit auf diese

Fig. 16.



Vergr. 430.

Eine Partie aus dem Papier Nr. 15 A.

B, B' Fragmente von Bastzellen einer *Bochemeria* (wahrscheinlich *B. nivea*). g g' Flechtengonidien. g' mit anhängenden Hyphen.

Bildungen gelenkt und findet es ganz ausgeschlossen, dass die fraglichen Gebilde etwas anderes als Flechtengonidien sind.

Welche Flechtenarten hier in Frage kommen, dies zu entscheiden ist schon an und für sich eine schwere Sache. Mit dem minutiösen mir zu Gebote gestandenen Untersuchungsmateriale dieser Frage näherzutreten, ist ganz aussichtslos.

Die Flechten enthalten nun eine gelatinierende Substanz, welche durch Jod blau oder violett wird, sich also ähnlich wie Stärke und Stärkekleister verhält. Diese gelatinöse Masse bindet beim Eintrocknen. Was als Leimungsmateriale in Nr. 15 A auftritt, ist, wie ich weiter unten noch näher darlegen werde, eine aus Flechten irgendwie dargestellte Gelatine. Ich kann hieran nach meinen mikroskopischen Befunden nicht zweifeln. Wohl finden sich stellenweise die Gonidien frei zwischen den Fasern des Papiers. Aber nicht selten sind sie in eine homogene von Flechtenhyphen durchzogene Masse eingebettet. Wird diese Masse mit wässriger Jodlösung behandelt, so wird sie blau, während der Inhalt der Gonidien eine goldgelbe Farbe annimmt.

Eine genaue mikroskopische Untersuchung, bei welcher das Augenmerk sowohl auf die Flechtenhyphen als auf die eigentliche Pflanzenfaser gelenkt wurde, führte zu dem Resultate, dass erstere in nach-

weislicher Menge in dem Papiere auftreten, und zwar nicht nur, wie schon erwähnt, in Verbindung mit den Gonidien, sondern auch ganz frei. Doch ist die Menge dieser Hyphen im Vergleiche zur eigentlichen Faser des Papiere eine so geringe, dass man nicht annehmen kann, es wäre bei der Erzeugung des Papiere eine Vermehrung der Fasermasse durch Zusatz von Flechten beabsichtigt.

Das Auftreten von Flechtengonidien nebst Flechtenhyphen lässt wohl kaum eine andere Deutung zu als die, dass dieselben Reste einer Flechtenmasse darstellen, welche bei der Erzeugung einer zur Leimung des Papiere dargestellten Gelatine unverändert oder wenig verändert zurückgeblieben sind. Vielleicht sind zerfaserte oder sonstwie zerkleinerte Flechten der Papiermasse zugesetzt worden, in der Absicht, dieselben erst innerhalb der Papiermasse zum Gelatinieren zu bringen. Ich finde nicht den Weg, um aus dem fertigen Producte, wie es heute vorliegt, abzuleiten, wie die Flechte zur Papiererzeugung herangezogen wurden. Es ist aber immerhin eine wichtige Thatsache, dass man Papier erzeugt hat, welches einen Zusatz von Flechten erhielt. Nunmehr wird die oben (S. 8) [590] mitgetheilte Angabe, dass man in einigen chinesischen Gebieten Papier aus Flechten erzeugt habe, nicht ganz aus der Luft gegriffen erscheinen. Aber nach dem, was das Papier Nr. 15 A gelehrt hat, wird diese Angabe dahin einzuschränken sein, dass man Flechten als Zusatz bei der Papierbereitung benützt hat, um das Papier zu leimen.

Nachdem die Stärke dieselbe Jodreaction gibt wie die jodbläuernde Substanz der Flechten (Isolichenin), so wird die Frage angeregt, ob nicht neben der Flechtengelatine auch noch Stärkekleister zur Leimung des Papiere Nr. 15 A verwendet worden sei.

Es ist dies von vornherein sehr unwahrscheinlich. Denn welchen Zweck soll es haben, beide Substanzen in Anwendung zu bringen, nachdem im wesentlichen jede der Substanzen die gleiche Aufgabe erfüllt, nämlich das Papier steifer, consistent und beschreibbar zu machen. Dass Stärke in der Leimungsmasse nicht vorhanden ist, schließe ich aus folgender Thatsache: Stärke löst sich leicht im Kupferoxydammoniak, das Isolichenin aber nicht. Werden nun die in zusammenhängenden Massen auftretenden Leimungssubstanzen mit Kupferoxydammoniak behandelt, so tritt keine bemerkliche Veränderung, vor allem keine Lösung ein.

Ich komme nun zu einer schwierigen Frage: Womit ist das Papier Nr. 15 B geleimt? Wie schon bemerkt, wird die hier reichlich vorhandene Leimungsmasse durch Jod nicht gebläut. Ich dachte nun, dass hier Leim oder, was bezüglich alter Papiere häufig angegeben wird, Traganth<sup>1</sup> zur Leimung verwendet wurde. Aber die Millon'sche Reaction<sup>2</sup> blieb hier ebenso aus wie die Orcin-Salzsäurereaction<sup>3</sup>. Ich dachte an die Anwendung einer harzigen Substanz, aber das Verhalten gegen Kali und Alkohol entschied auch hier in negativem Sinne.

Nachdem alle diese Versuche fehlschlagen, nahm ich eine neuerliche mikroskopische Prüfung vor. Nach langem Herumsuchen stieß ich zu meiner Überraschung auf Flechtengonidien, die aber nur sehr spärlich und in einer Form auftraten, welche von der natürlichen abwich. Die Zellen waren mehr minder stark deformiert, nur wenige in fast unverändertem Zustande. Übergänge von diesen zu den stark deformierten ergaben den sicheren Nachweis, dass auch in dem Papier Nr. 15 B Flechtengonidien auftreten. In den großen Leimungsmassen und zwischen der Faser fanden sich dann auch noch Flechtenhyphen. Es ist also auch zu diesem Papiere ein Flechtenzusatz behufs Leimung gemacht worden.

Warum wird aber dieses Papier durch Jodlösung nicht gebläut? Auch diese Frage konnte in befriedigender Weise gelöst werden. Die Membranen der Flechtenhyphen und anderer Zellen des Flechtengewebes (Asci, Ascosporen, Paraphysen etc.) bestehen aus verschiedenen isomeren Substanzen, insbesondere Lichenin und Isolichenin, welche sich der Jodlösung gegenüber verschieden verhalten. Das Lichenin wird durch Jodlösung nicht gebläut, wohl aber das Isolichenin. Die Menge des Lichenins und des Isolichenins ist in den Membranen der Flechten eine verschiedene. Das Isolichenin kann auch gänzlich

<sup>1</sup> Die Fajjûmer und Uchmûneiner Papiere, S. 47.

<sup>2</sup> Ebenda.

<sup>3</sup> Ebenda.

fehlen. Wenn ich die bekannte isländische Flechte (*Cetraria islandica*) aufquellen lasse und mit wässriger Jodlösung behandle, so nimmt sie eine tief indigoblaue Farbe an. Wende ich diese Reaction auf die bekannte Bartflechte (*Usnea barbata*) an, so färbt sie sich etwas grünlich-blau und erst mikroskopisch finde ich, dass die Hyphen durch Jod blau werden. Wenn ich eine unfruchtbare Lungenflechte (*Sticta pulmonaria*) nach dem Kochen im Wasser mit wässriger Jodlösung behandle, so tritt keine Blaufärbung der Masse ein und auch unter Mikroskop erscheinen die Hyphen unverändert. Das gleiche Verhalten zeigt die gemeine Wandflechte (*Parmelia parietina*); aber die Asci und Paraphysen dieser Flechte werden durch Jodlösung intensiv blau gefärbt. Offenbar hat man zur Papierbereitung Flechten gewählt, welche unfruchtbar waren (wie zum Beispiel die überwiegende Masse der *Cetraria islandica*; in den käuflichen isländischen Flechten sucht man vergebens nach Apothecien), denn im Papier ist keine Spur von Ascis zu entdecken.

Es gibt also Flechten, deren ganzes Lager durch Jod gebläut wird, und andere, welche diesem Reagens gegenüber sich indifferent verhalten, weil sie kein Isolichenin enthalten.

Alles in allem genommen, kann man sagen: Sowohl das Papier Nr. 15 A als Nr. 15 B ist unter Zusatz von Flechten bereitet worden; aber zu Nr. 15 A wurde eine Flechte benützt, welche reich an Isolichenin ist, also durch Jodlösung eine intensiv blaue Farbe annimmt, während zur Bereitung von Nr. 15 B eine Flechte verwendet wurde, die kein Isolichenin enthält, also durch Anwendung von Jodlösung nicht gebläut wird.

Der Flechtenzusatz hatte den Zweck, das Papier zu leimen und dadurch beschreibbar und bei größerem Zusatze consistent und steif zu machen. Dieser Zweck konnte nur dadurch erreicht werden, dass die Flechten in eine Gelatine umgewandelt wurde. Erst die eingetrocknete Gelatine »bindet« und, erst in diesem Zustande dem Papiere einverleibt, ist dieses »geleimt«. Es ist schon erwähnt worden, dass aus dem fertigen Papier nicht abgeleitet werden kann, in welcher Weise die Flechten zur Leimung des Papieres herangezogen wurden, ob nämlich die Gelatinierung innerhalb der Papiermasse vollzogen wurde oder ob, wie etwa bei der Stärkeleimung, dem bereits geschöpftem Papiere die Flechtengelatine zugefügt wurde.

Nr. 15 ist wohl zweifellos ein Rohfaserpapier, welches aus Ramie oder der Bastfaser einer verwandten *Böhméria*, ferner aus der Bastfaser einer Thymelaeacee besteht und durch einen Flechtenzusatz in irgend einer Weise geleimt wurde.

#### Nr. 16—54.

Unter diesen Papieren fand sich kein einziges antikes. Sie waren aber doch insoferne immerhin der Untersuchung wert, als sie Anhaltspunkte zur Bestimmung des Papieres der als echt anerkannten alten Manuscripte zu geben geeignet waren, da sie in neuerer oder neuester Zeit in jenem Gebiete erzeugt wurden, aus welchem wahrscheinlich viele der alten Manuscripte stammen, nämlich aus Indien, Central- und Ostasien. Die meisten boten kein weiteres Interesse dar, da sie aus den jetzt üblichen Materialien bereitet wurden.

Größere Aufmerksamkeit verdienen nur die Nummern 22 und 54.

Nach brieflichen Mittheilungen des Herrn Prof. Hoernle (Oxford, 10. April 1900) hat Balfour in Oxford das mit Nr. 22 bezeichnete Papier als ein aus Seide erzeugtes erklärt. Aber meine Untersuchungen konnten diese Angabe nicht bestätigen. Es besteht durchaus aus vegetabilischen Fasern, und zwar aus der Bastfaser von *Daphne cannabina* oder einer nahe verwandten Thymelaeacee. Hadernmasse konnte darin nicht nachgewiesen werden.

Das Papier Nr. 54 wurde nach brieflicher Mittheilung des Herrn Prof. Hoernle an mich vom 10. April 1900 im Museum zu Kew untersucht. Sehr richtig wurde diese Faser als die einer Monocotylen bezeichnet. Aber der Angabe, dass die Fasern dieses Papieres am genauesten mit den von *Stipa splendens* oder von *Phragmites communis* übereinstimmen, kann ich nicht beipflichten. Ich habe oben eine genaue Charak-

teristik dieser beiden Fasern gegeben und kann mit aller Bestimmtheit diese beiden Fasern ausschließen. Hingegen konnte ich constatieren, dass dieses Papier ganz und gar aus Bambusrohrfasern besteht. Auch dieses Papier ist mit Stärkekleister geleimt. Aus diesen Befunden kann mit Wahrscheinlichkeit abgeleitet werden, dass Nr. 22 indischen und Nr. 54 chinesischen Ursprunges sei.

#### Nr. 55—62.

Nach brieflicher Mittheilung des Herrn Prof. Hoernle sind alle diese Papiere indische Producte und die betreffenden Manuscripte stammen aus dem XVII. und XVIII. Jahrhundert. Schrift und Sprache dieser Manuscripte gehören durchaus dem Sanscrit an.

Nr. 55 stammt aus Nordindien und ist datiert 1614. Nr. 56 kommt gleichfalls aus Nordindien, ist aber viel jünger, nämlich datiert vom Jahre 1759. Die Nr. 57—61 sind gleichfalls nordindischen Ursprunges und rühren aus dem XVII. oder XVIII. Jahrhundert her. Nr. 62 ist das älteste dieser Papiere. Das betreffende Manuscript wurde im Jahre 1604 geschrieben und stammt aus Nepal.

Diese Papiere sondern sich in zwei Gruppen *A* und *B*. Die Papiere der Gruppe *A* sind kurzfaserig, werden durch Jod deutlich bis stark gebläut, führen nämlich eingetrockneten Stärkekleister, und bei mikroskopischer Untersuchung erkennt man, dass die Fasern außerordentlich stark mechanisch angegriffen sind. Offenbar wurde die Fasermasse durch starkes Zerstampfen hergestellt.

Die Papiere der Gruppe *B* bestehen hingegen aus sehr wohl erhaltenen Fasern, und es lässt sich durch Jod, selbst nach Vorbehandlung mit Salzsäure die Gegenwart stärkehaltiger Substanz nicht nachweisen. Die hier auftretende Faser hat früher keine textile oder anderweitige Verwendung gefunden, was man aus ihrem fast unveränderten Zustande schließen muss. Es bleibt somit keine andere Annahme übrig als die, dass hier eine Rohfaser vorliegt. Wie kommt es aber, dass dieselbe in so intactem Zustande dem Papiere angehört? Entweder ist sie in dem Zustande, in welchem sie gewonnen wurde, schon von Natur aus so feinfaserig gewesen, dass ganz schwache mechanische Angriffe genügt, um sie gänzlich in freie Fasern zu zerlegen, oder es ist irgend ein Macerationsverfahren in Anwendung gebracht worden, durch welches der zusammenhängende Bast in seine faserförmigen Zellen zerlegt wurde.

Dass am Stamme einer lebenden Pflanze ein vollkommen macerierter Bast vorkommen sollte, ist ganz undenkbar, es wäre denn, dass die über dem toten Bast liegenden lebenden Gewebe von Natur aus zerrissen wurden, auf diese Weise der Bast frei zu liegen gekommen wäre und so dem macerierenden Einflusse der Atmosphären preisgegeben gewesen wäre. Eine Bloßlegung toten Bastes kommt nun allerdings an manchen Holzgewächsen vor, sie tritt aber doch immer nur so beschränkt auf, dass es kaum lohnend erscheint, einen solchen natürlich macerierten Bast zu sammeln. Es ist viel wahrscheinlicher, dass die Rinde von dem betreffenden Baume oder Strauche als Ganzes abgenommen und dieselbe einer künstlichen Maceration unterworfen wurde. Ob dies durch eine Art von Rösten oder durch chemische Mittel geschah, wie man heute etwa die Holzcellulose oder die Strohcellulose oder die Espartofaser darstellt, wird sich wohl kaum ermitteln lassen.

Nach dem mikroskopischen Befunde ist absolut nicht zu zweifeln, dass hier Bastfasern, und zwar unverholzte Bastfasern einer dicotylen Pflanze vorliegen. Es ist aber weiter als höchst wahrscheinlich anzunehmen, dass diese Faser aus der Rinde durch ein Röst- oder ein sonstiges Macerationsverfahren gewonnen wurde.

In die Gruppe *A* gehören die Nr. 55, 56, 57, 58, 60 und 61.

In die Gruppe *B* gehören die Nr. 59 und 62.

Die Papiere der ersten Gruppe stimmen auch äußerlich untereinander überein, sie haben die Farbe der vergilbten Papiere zum Theile in sehr lichten Tönen und sind wie alle stark geleimten Papiere dicht im Gefüge und »fließen« nicht oder wenig.

Hingegen haben die Papiere der zweiten Gruppe eine dunkle, braune Farbe, sind weich, faserig, am Rande fast wollartig und »fließen« stark.

Nach meinen obigen Auseinandersetzungen über Hadern- und gemischte Papiere, d. i. solche, welche theils aus Hadern, theils aus Rohfasern dargestellt wurden, sollte man annehmen, dass die Papiere der Gruppe *A* Hadernpapiere oder gemischte Papiere seien, wofür ja auch der Umstand spricht, dass alle diese Papiere mit Stärke, und zwar auffallend stark geleimt sind, was ja gerade bei alten Hadernpapieren von mir häufig constatirt wurde. Sind ja alle alten, bisher untersuchten arabischen Papiere durchaus aus Hadern erzeugt und mit Stärke geleimt.

Nun spricht aber gegen diese Annahme zweierlei. Vor allem: Es ist mir trotz großer Mühe nicht gelungen, Spuren von Garnfäden in diesen Papieren aufzufinden oder sonst eines jener Merkmale zu constatieren, welches auf Hadernfasern hinweisen würde. Sodann: An jenen zermalmten Fasern, an denen einzelne halbwegs intacte Stellen vorkommen, welche zur Bestimmung der Faserart herangezogen werden können, ließ sich kein Kennzeichen finden, welches auf eine bekanntere Textilfaser Indiens (Baumwolle, Jute oder eine juteartige Faser, Garn etc.) hinwies. Wohl aber stimmen diese intacten Stellen mit jenen halbwegs unveränderten Fasern, welche zwischen der arg zerstampften Hauptmasse liegen. Deshalb darf man nicht annehmen, dass hier ein aus Hadern und Rohfasern gemischtes Papier vorliegt, sondern eine einheitliche Fasermasse, und zwar meine ich, dass man hier nur eine Rohfaser annehmen kann, welche mehr oder weniger stark zerstampft ist.

Nach meinem Dafürhalten sind alle diese indischen Papiere aus Rohfasern bereitet, aber auf zweierlei Art: die der Gruppe *A* angehörigen durch heftiges Stampfen, die der Gruppe *B* durch irgend ein Macerationsverfahren.

Der starke mechanische Angriff der Fasern der ersten Gruppe erschwert die Bestimmung der Faserart ebenso wie die gut durchgeführte Maceration der Fasern zweiter Gruppe, weil alle »leitenden Nebentheile« verloren gegangen sind. Deshalb kann ich mich nur mit Vorsicht über die Faserqualität dieser Papiere äußern. Ich halte dafür, dass hier durchaus Thymelaeaceenfasern vorliegen. Aber *Edgeworthia* und *Wickstroemia*, desgleichen *Lasiosiphon* sind gewiss auszuschließen; eher ist eine *Daphne*-Art anzunehmen.

### Nr. 63.

Bezüglich dieses Papieres theilte mir Herr Prof. Hoernle folgendes mit. Fundort: Bengalen. Alter: XVII. oder XVIII. Jahrhundert. Schrift und Sprache: Sanscrit.

Es gehört nach den Mittheilungen des Übersenders in dieselbe Reihe wie die Papiere Nr. 55—62. Äußerlich stimmt es mit den Papieren der Gruppe *A* (Nr. 55—58, 60 und 61) überein. Doch ergaben meine Untersuchungen so weitgehende Abweichungen von den Papieren Nr. 55—62, dass ich es abgesondert zu behandeln für nöthig fand.

Während alle Papiere der Gruppe *A* direct durch wässrige Jodlösung gebläut wurden, zeigte Nr. 63 selbst nach Vorbehandlung mit Salzsäure — makroskopisch — keine Bläuung. Nur durch mikroskopische Untersuchung fand ich ganz vereinzelt den Fasern anhaftende eingetrocknete Kleisterspuren, auf die ich weiter unten noch zu sprechen komme.

Im Risse ist dieses Papier nicht kurzfasernig wie die Papiere der Gruppe *A*, sondern zeigt hiebei Fasern, die eine Länge bis 10 *mm* aufweisen. Durch Aufweichen und Freilegen mit der Nadel kann man auch noch längere Fasern aus der Papiermasse herauspräparieren.

Mit Phloroglucin und Salzsäure behandelt, erkennt man auf dem Papiere vereinzelt sich röthlich färbende Fasern. Es kommen also neben der Hauptmasse gänzlich unverholzter Fasern auch solche vor, welche — wenn auch nur schwach — verholzt sind. Es deutet also schon diese Reaction auf mindestens zweierlei Faserarten hin.

Die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass ein Theil der Fasern in sehr hohem Grade zertrümmert und zerrissen ist. An verhältnismäßig wenig zertrümmerten Partien fand ich hier und dort die schon

genannten eingetrockneten Kleisterspuren. Unter den wenig oder gar nicht angegriffenen Fasern sah ich, in natürlichen Gruppen vereint, die früher genannten verholzten Stränge.

Die mikroskopische Untersuchung der mechanisch stark angegriffenen Fasern hat rücksichtlich ihrer botanischen Provenienz kein positives Resultat ergeben. Die unverletzten oder nur wenig verletzten Fasern stammen durchwegs vom Baste dicotyler Gewächse her, sind aber verschiedener Art. Ich fand darunter Thymelaeaceenfasern, ferner die Faser des Papiermaulbeerbaumes, endlich die schwach verholzten Bastfasern, die sich jedoch nicht bestimmen ließen.

Ich stehe hier vor einem Räthsel. Ich weiß nicht zu entscheiden, ob die mechanisch stark angegriffenen Fasern von Hadern herrühren. Die Stärkespuren sprechen für diese Vermuthung; aber die Ähnlichkeit der zertrümmerten Fasermasse mit der analogen Masse der Papiere der Gruppe A lässt sich mit der Annahme, dass hier Hadernpapier vorliegt, nicht gut in Einklang bringen. Sollte man im XVII. oder gar noch im XVIII. Jahrhundert in Indien Hadern und zum mindesten drei Arten von Rohfasern gemengt haben, um daraus ein Papier zu erzeugen? Das wäre ja ein Rückschlag in das älteste Verfahren der Erzeugung gefilterter Papiere gewesen.

Es kommt mir plausibler vor, anzunehmen, dass in Nr. 63 ein Papier vorliegt, welches aus schon gebraucht gewesenen Papieren verschiedener Art dadurch dargestellt wurde, dass man die ganze Masse neuerlich durch Einstampfen u. dgl. in Papier umwandelte<sup>1</sup>. Doch ist vielleicht diese ganze Aufstellung unrichtig; sie wurde nur gemacht, um das Auftreten höchst verschiedener Fasern in einem und demselben Papier in einigermaßen annehmbarer Form verständlich zu machen. Weist man aber diese Aufstellung zurück, so muss angenommen werden, dass man selbst im XVII. und XVIII. Jahrhundert in Indien — vielleicht nur local — die urälteste Methode der Papiererzeugung, bei welcher man höchst verschiedene Rohfasern und auch Hadernmasse zu einer und derselben Papiermasse vereinigt, praktizierte.

#### Nr. 64—68.

Es sind dies unbeschriebene moderne Papiere aus Nordindien und Turkestan, welche mir Herr Prof. Hoernle übersendete, um etwaige Anhaltspunkte zur Bestimmung alter Papiere der gleichen geographischen Provenienz zu gewinnen. Diese Papiere lehrten aber nichts neues; es waren aus Rohfasern (von Thymelaeaceen und Moraceen) erzeugte, zumeist stark mit Stärke geleimte Papiere, welche kein weiteres Interesse darboten, weshalb ich auf dieselben hier nicht weiter eingehe.

#### Nr. 69.

Hoernle, Report, p. 25. First Set. (Chinese Documents) Nr. 6 Document und Nr. 10 Document. Schrift und Sprache: Chinesisch. Fundort: Wahrscheinlich Dandan Uiliq. Bezüglich Document Nr. 10, s. auch Hoernle, Journal of the Asiatic Society of Bengal. Vol. LXVI (1897) p. 230, Plate VIII, Nr. 17. Alter: Zweite Hälfte des VIII. Jahrhunderts.

Zur Untersuchung lagen zwei Proben, *a* (7 cm lang, 3.5 cm breit) und *b* (5 cm lang, 1.5 cm breit) vor; *a* ist fein, weich, überaus dünn, mit langen, linienförmigen, verlaufenden Falten versehen, grau gelblich, sehr stark »fließend«. *b* ist dick, weich, fast wollig. Durch Jod lässt sich makroskopisch weder in *a*

<sup>1</sup> Ich finde nachträglich in Rein, Japan Bd. II (Leipzig 1886) S. 467, eine Stelle, wo nach Grosier, La Chine VII, p. 120, angegeben wird, dass in China aus altem Papier wieder frisches erzeugt werde und dass die Bewohner eines ganzen Dorfes in der Umgebung Pekings von dem Einsammeln von Papierabfällen leben. Rein l. c. p. 473 führt an, dass auch in Japan eine Umarbeitung von schon gebrauchtem Papiere in neues minderwertiges in großem Maßstabe vorgenommen wird. Von dem Ausgangsgebiete der Papiererfindung — China — hat sich die Kunst, echtes (gefilztes) Papier zu erzeugen, nicht nur nach Japan und den Ländern des Islams, sondern, wie weiter unten angegeben werden wird, auch nach Indien verbreitet. Es ist deshalb nicht unwahrscheinlich, dass man in Indien dem Beispiele Chinas folgte und altes Papier durch Einstampfen u. dgl. in neues umwandelte, eine Proedur, die jetzt überall dort, wo man die Papierfabrication in großem Maßstabe betreibt, vorgenommen wird.

noch in *b* Stärke nachweisen, selbst nicht nach Vorbehandlung mit Salzsäure. Beide Papierarten sind im Risse langfaserig und es lassen sich aus jeder Faser in der Länge bis 10 *mm* und sogar darüber (eine Faser aus *a* war circa 15 *mm* lang) herauspräparieren.

So wie *a* von *b* makroskopisch unterschieden ist, so zeigt auch die mikroskopische Untersuchung zwischen beiden höchst auffällige Unterschiede. Gemeinschaftlich ist beiden die Zusammensetzung aus dicotylen Bastzellen.

*a* besteht aus zum großen Theile mechanisch sehr stark angegriffenen Fasern; die Zerstörung geht hin und wieder bis zur feinsten Zerfaserung der einzelnen Bastzellen. Wo die Fasern noch so weit erhalten sind, dass sie als Bastzellen sich zu erkennen geben, sind hier und dort Inkrustationen von Stärkekleister nachweisbar, woraus abzuleiten ist, dass hier nicht Rohfasern, sondern versponnen oder verwebt gewesene Fasern vorliegen, welche mit Stärke appretiert gewesen sind.

Bei dem Umstande, dass die Fasern in sehr weitgehender Weise zerstört sind, ist eine genaue Bestimmung der Fasersorte ausgeschlossen. Die einigermaßen wohl erhaltenen Bastzellenpartien lassen die Aufstellung zu, dass Ramie- oder eine verwandte *Boehmeria*-Faser zur Herstellung jener Gewebe diente, welche als Hadern zur Papiererzeugung genommen wurden.

Auch die Fasern von *b* sind in hohem Grade mechanisch angegriffen, aber man sieht durch den Vergleich, dass in *b* eine beträchtlich widerstandsfähige Faser vorliegt. Auch hier wurde an relativ wenig verletzten Partien der Bastzellen eine Stärkeinkrustation beobachtet.

Diese Faserpartien weisen in ihrem morphologischen Charakter auf Lein- oder Hanffaser hin. Von leitenden Nebenbestandtheilen ist keine Spur nachzuweisen gewesen. Die nach Vornahme des Kupferoxydammoniak-Reaction sich ergebende Differentialdiagnose zwischen Lein und Hanf entschied für die erstere Faser.

#### Nr. 70.

Hoernle, Report p. 23. First Set (Chinese Documents) Nr. 1 Document, Plate III. Schrift und Sprache: Chinesisch. Fundort: Wahrscheinlich Dandan Uiliq. Alter: 768 A. D. <sup>1</sup>

Zwei kleine Papierfragmente *a* und *b*. Jedes etwa 2·5 *cm* lang und 1 *cm* breit. *a* vergilbt, am Rande etwas bräunlich, *b* durchaus bräunlich. Beide Fragmente stimmen sonst makroskopisch vollkommen mit einander überein. An beiden ist durch wässrige Jodlösung Stärke schon makroskopisch nachweisbar, stellenweise stärker, an anderen Stellen weniger oder auch nicht; letzteres gilt namentlich von den stark nachgedunkelten Partien, wo die anfangs gewiss starke Stärkeleimung gänzlich oder zum großen Theile geschwunden ist.

Beide Proben sind im Risse langfaserig, und es lassen sich neben 3—4 *mm* langen auch bis 10 *mm* lange Fasern freipräparieren.

*a* besteht theilweise aus ungemein stark mechanisch angegriffenen Fasern (Hadernfasern) und aus Fasern, welche relativ sehr gut erhalten sind (Rohfasern). Die Hadernfaser ist wegen zu starken Angriffs unbestimmbar; nur so viel lässt sich sagen, dass sie ihrer Provenienz nach mit der Rohfaser nicht übereinstimmt. Letztere konnte als die Bastfaser von *Broussonetia papyrifera* bestimmt werden.

Auch *b* besteht aus Hadern- und Rohfaser. Merkwürdigerweise ist erstere relativ wohl erhalten, nämlich allerdings auch zerfetzt und zerrissen aber dennoch finden sich einzelne Partien, welche eine Bestimmung zulassen. Ich fand darunter Fragmente, welche ich von *Boehmeria*-Fasern und andere, welche ich von Leinenfasern nicht zu unterscheiden vermochte. Einzelne dieser Fasern weisen noch Spuren von Stärkeappretur nach. Ebenso merkwürdig ist, dass die Rohfaser von *b* weniger gut erhalten ist als von *a*. Es liegt eine Moraceenfaser vor, ob von *Broussonetia*, *Morus* oder *Streblus* herrührend, konnte aber nicht

<sup>1</sup> Hoernle, Report l. c. p. 23 heißt es: The document is dated «the 23 rd day of the 3 rd year of the Tali period», equivalent to A. D. 768.

entschieden werden. Sehr vereinzelt fanden sich in dieser Papierprobe noch Netzgefäße und poröse Parenchymzellen vor, welche ich nicht weiter zu deuten vermag. Vielleicht rühren sie von einer Verunreinigung her; möglicherweise deuten sie aber auf eine Rohfaser hin, welche neben der schon genannten zur Bereitung dieses Papiers diente.

Da die zur Untersuchung vorgelegten Papierstreifen sehr klein waren, so ist es mit Rücksicht auf den Umstand, dass diese primitiven Papiere wohl nicht als vollständig homogen anzunehmen sind, gar nicht ausgeschlossen, dass dieselben einem und demselben Papierblatte angehörten.

#### Nr. 71—84.

Nachdem ich alle wichtigeren Papiere von Nr. 1 an bis Nr. 70 möglichst eingehend geschildert habe kann ich rücksichtlich der noch übrig bleibenden mich kürzer fassen. Unter diesen 14 Nummern finden sich zum Theile Papiere, welche von Dr. Stein als Fälschungen nachgewiesen wurden, ferner Proben von Papieren, welche schon früher abgehandelt wurden, aber auch einige Papiere chinesischer, indischer und persischer Manuscripte, die sich zumeist aber doch nur als Wiederholungen von schon abgehandelten Objecten darstellen, so dass ich mich auf einige Bemerkungen beschränken kann.

Die Papiere der als gefälscht nachgewiesenen Manuscripte (Nr. 71—74) waren durchaus aus Moraceenbastfasern bereitet. Mehrere hatten wie die schon früher erwähnten Papiere gefälschter Manuscripte das gebräunte Aussehen alter Papiere. Gerade bei einigen dieser Papiere fiel mir eine auf Fälschung hinweisende Eigenthümlichkeit auf, welche ich früher nicht beachtet habe, nämlich das Auftreten von Erythroextrin, d. i. jene Form des Dextrins, welche durch Jod roth gefärbt wird. Es zeigte sich unter Mikroskop die Leimungsmasse sehr inconstant in der Färbung, welche Jodlösung hervorrief: blau, violett bis roth. Diese Farbenverschiedenheit der Leimungsmasse führte mich auf den Gedanken, dass hier eine Umwandlung von Stärke in Dextrin vorliege. Das braune Aussehen der Papiere lenkte auf die Annahme, dass diese Bräunung durch erhöhte Temperatur hervorgerufen wurde, bei welcher nicht nur die Stärke in Dextrin umgewandelt, sondern auch die Cellulose der Fasern gebräunt wird. Die Umwandlung der Stärke in Dextrin erfolgt bei Temperaturen von 180—200° C. Mehr oder minder lange Zeit hindurch musste diese Temperatur geherrscht haben, sonst wäre die Umsetzung der Stärke in Dextrin unterblieben. Allein diese Umsetzung war ja nicht beabsichtigt, die Fälscher hatten keine Ahnung von diesem Umwandlungsprocesse, ihnen lag ja nur daran, das Papier durch Hitze zu bräunen, und hiebei erfolgte der genannte Umsatz, wie ja das Verhalten gegen Jod lehrt. Ein Theil der Stärke ist, wenigstens in einzelnen Partien des Papieres, noch vollständig unverändert geblieben, während ein anderer mehr oder weniger vollständig in Dextrin übergieng.

Dass diese Umwandlung nicht etwa durch Säuren oder diastatische Fermente erfolgte, geht, wie schon bemerkt, daraus mit Sicherheit hervor, dass gleichzeitig die Fasern gebräunt werden. Ich überzeugte mich, dass bei der Temperatur, bei welcher Stärke (in trockenem Zustande) in Dextrin übergeht, die Zellwände unverholzter Zellen sich bräunen. Dabei ergab sich eine merkwürdige Veränderung der Moraceenfasern. Die charakteristischen Hüllen der Bastzellen dieser Pflanzen (s. oben S. 16 [598]) bleiben bei der Erhitzung auf 180—200° farblos, während der Hauptkörper der Zellhaut gebräunt wird. Diese beim Erhitzen der Moraceenfasern (zum Beispiel der Faser von *Broussonetia papyrifera*) auftretende höchst charakteristische Veränderung kann zur leichteren Erkennung dieser Fasern mit Vortheil herangezogen werden.

Auch an anderen als gefälscht bezeichneten Papieren (zum Beispiel Nr. 19) habe ich dieselben Erscheinungen wahrgenommen: Umsatz von Stärke in Dextrin und die Bräunung der Zellhäute. Bei Nr. 19 trat die farblos gebliebene Hülle der Membran und der braun gewordene Kern derselben mit größter Schärfe hervor<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Nach den Angaben von Dr. Stein (Preliminary Report 19, 22) wurde dem Papiere der gefälschten Manuscripte durch folgendes Verfahren das Aussehen alter Papiere gegeben: »Sheets of modern Khotan paper were first dyed yellow or light brown by  
Denkschriften der mathem.-naturw. Cl. Bd. LXXII.

Nr. 79 (Hoernle, Report p. 27, Nr. 1, mit persischer Schrift in persischer Sprache beschrieben, stammt aus dem Jahre 1010, ist aber unbekannter Herkunft). Ich nahm an, dass hier ein persisches Papier vorliege, welches nach der Geschichte der arabischen Papiere ein Leinen- oder Hanfhadernpapier hätte sein müssen. Allein diese meine Annahme war irrig. Die sehr kleinen Fragmente, welche mir zur Untersuchung vorlagen, hatten trotz ihres hohen Alters eine sehr licht gelblichweiße Farbe, waren weich, filzig, langfaserig. Jodlösung gab weder makroskopisch die Stärkereaction, noch konnte ich eine Stärkekleisterincrustation finden. Es stellte sich heraus, dass dieses Papier aus der Rohfaser einer Moracee besteht.

In mehrfacher Beziehung merkwürdig war Nr. 84 a (Hoernle, Report, p. 24, Nr. 4. Schrift und Sprache chinesisch, in Dandan Uiliq gefunden, stammt aus dem VIII. Jahrhundert). Von diesem Papier lagen mir nur sehr kleine Fragmente (1.5 cm lang, 0.5 cm breit) vor. Es bestand theils aus ungemein stark zerrissenen Fasern, welche ich für Hadernabkömmlinge halte, und wohl erhaltenen Rohfasern. Dazwischen fand ich nicht unbedeutliche Mengen von unveränderter Stärke (Weizen- oder Gerstenstärke) und Kleienbestandtheile (Kleberschichte) von einer dieser Getreidearten. Liegen hier zufällige Bestandtheile vor oder wurde absichtlich Mehl gewissermaßen als eine Art Füllung<sup>1</sup> dem Papiere beigegeben? Das Material, welches meinen Studien diente, reichte zur Beantwortung dieser Frage nicht aus. Ich halte dieses Papier für ein gemischtes Hadernpapier, welchem eine Rohfaser (Moraceenbastfaser) beigemischt ist.

Die Zerstörung der Hadernfaser ging so weit, dass eine Bestimmung nicht mehr ausführbar war.

## Vierter Abschnitt.

### Zusammenfassung der Resultate und Schlussbetrachtungen.

Ich beginne diese Zusammenfassung mit einer chronologisch geordneten Übersicht der Beobachtungsergebnisse.

Die Papiere aus dem IV. bis V. Jahrhundert (Nr. 3 und 4) bestehen nur aus Rohfasern. Diese Rohfasern sind mechanisch stark angegriffen (insbesondere die Fasern von Nr. 4). Die Fasern wurden offen-

means of Toghruha, a resinous product of the Toghruk tree, dissolved in water; when the dyed sheets had been written or printed upon, they were hung up in smoke so, as to receive the proper hue of antiquity. Afterwards they were bound up in »Books«. Those again were treated to a liberal admixture between the pages of the fine sand of the desert. . . .

Ich möchte hiezu zunächst bemerken, dass die Toghruha kein harzartiger Körper sein kann, wenn er durch Wasser in Lösung überzuführen ist. Meine oben mitgetheilten Wahrnehmungen sprechen dafür, dass die betrügerische Umwandlung moderner Papiere in einen Beschreibstoff von altem Aussehen auch auf andere Weise vorgenommen worden sein konnte.

Meine Beobachtungen über die Umwandlung der Stärke in den gefälschten Papieren in Dextrin und die gleichzeitige Bräunung der Fasern, ferner die Beobachtung, dass solche Papiere im Risse fast gar nicht faserig sind, während nach dem Aufquellen des Papieres im Wasser mit Vorsicht doch noch mehrere Millimeter lange Fasern aus der Masse herauspräpariert wurden, haben mich auf einige Versuche geführt, welche darauf hinweisen, wie diese Papiere zur Herstellung der gefälschten Manuscripte behandelt worden sein mochten. Werden unveränderte stark mit Stärke geleimte, aus Broussonetiafaser hergestellte Papiere mit Wasser benetzt, so dass die Kleistermasse aufquillt, und hierauf erhitzt, so nehmen sie viel rascher eine braune Farbe an als trockene, ebenso hoch erhitzte Stärke. Hält man diese Papiere längere Zeit feucht, wobei der Kleister »sauer« wird (infolge thatsächlicher Bildung organischer Säuren), so wird die Papiermasse durch die Erhitzung bis zur Bräunung in einen Zustand übergeführt, in welchem sie im Risse nicht mehr faserig ist, aber doch noch gestattet, dass man aus ihr längere Fasern herauspräparieren kann. Das Papier hat durch diese Procedur jene Eigenschaften angenommen, welche bei solchen Fälschungen häufig, wenn auch nicht immer zu finden sind (so bei Nr. 16): die braune Färbung, die Umwandlung der Stärke in Dextrin, die Bräunung der Faser unter Farblosbleiben der Hülle. Bezüglich jener Papiere, welche alle diese Eigenschaften zeigen, hege ich die Meinung, dass sie zur Fälschung so behandelt wurden, wie in meinen hier kurz beschriebenen Versuchen.

<sup>1</sup> Wie in manchem arabischen Papiere. Siehe: Die Fajjümer und Uschmünciner Papiere. Separatabdruck, S. 49.

bar durch einen rein mechanischen Process gewonnen, höchstwahrscheinlich durch ein sehr primitives Stampfverfahren.

Beide Papiere bestehen aus gemischten Rohfasern, nämlich aus rohen Moraceen- und rohen Thymelaeaceenfasern.

Eine Leimung war in diesen ältesten der Papiere noch nicht nachweisbar. Aber Nr. 2 und 3 sind dadurch in ein beschreibbares Papier umgewandelt worden, dass sie mit einem aus Gips bestehenden Schreibgrunde versehen wurden. Von den aus dem V. bis VII. Jahrhundert stammenden Papieren besteht das eine (Nr. 1) nur aus Rohfasern, das andere (Nr. 2) ist ein aus Rohfasern und Hadernmasse zusammengesetztes Gemenge. Nr. 1 besteht aus Moraceen- und *Boehmeria*-Fasern und wurde ohne Maceration durch ein rohes mechanisches Verfahren (Stampfen) erzeugt. Nr. 2 besteht aus relativ noch sehr gut erhaltenen Rohfasern (Moraceen- und Thymelaeaceenfasern), welche wohl durch ein chemisches Verfahren (Rösten oder Maceration) oder durch ein gemischtes Verfahren (Rösten oder Maceration und hierauf folgendem mechanischen Process, welcher die Fasern nicht oder nur wenig angriff) gewonnen wurden und aus stark zerstampfter Hadernmasse (Lein, Ramie). Es ist wie Nr. 3 mit einem aus Gips bestehenden Schreibgrunde versehen.

Das aus dem VII. Jahrhundert stammende Papier Nr. 14 ist das älteste aus den von mir untersuchten Objecten, welches mit Stärke geleimt ist. Es enthielt Hadernmasse (Lein) und *Boehmeria*-Fasern, bezüglich welcher nicht entschieden werden konnte, ob sie als Rohfaser oder als Hadernmasse an der Zusammensetzung des Papieres Antheil nimmt.

Das gleichfalls aus dem VII. Jahrhundert stammende Papier Nr. 15 ist ein aus roh gestampfter *Boehmeria*- und Thymelaeaceenfaser bestehendes, mit Flechten geleimtes Papier.

Aus dem VIII. Jahrhundert stammen die Nr. 12, 69, 70 und 84. Nr. 12 besteht aus Hadern- und Rohfasernmasse; erstere rührt von Lein- oder Hanf- und *Boehmeria*-Faser her; die letztere konnte rücksichtlich ihrer botanischen Provenienz nicht bestimmt werden. Beide Fasern sind, wenn von den noch in ganzen Strängen vorhandenen Rohfasern abgesehen wird, mechanisch stark angegriffen. Ist nicht mit Stärke geleimt.

Nr. 69, 70 und 84 sind chinesische Documente, von denen Nr. 70 genau datiert ist, nämlich aus dem Jahre 768 stammt. Nr. 69 ist ein stark zerstampftes Hadernpapier, in welchem bei einer Papierprobe Lein-, bei einer anderen *Boehmeria*-Faser gefunden wurde. Keine Stärkeleimung. Nr. 70 ist ein gemischtes Papier, welches aus gut erhaltenen Rohfasern und mechanisch stark angegriffenen Hadernfasern (Lein- und *Boehmeria*-Faser) besteht. Das gleiche gilt für Nr. 84. Beide sind mit Stärke geleimt. In Nr. 84 fand sich auch unveränderte Stärke vor. Die Stärke der Leimungsmasse konnte leicht und sicher nachgewiesen werden. Die unveränderte Stärke rührte von einer Getreideart (Weizen oder Gerste) her. Ob diese Stärke als »Füllung« benützt wurde, ließ sich nicht genau feststellen. Wäre dies ganz sicher der Fall, so spräche dies nicht zu Gunsten chinesischer Provenienz. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass die Stärke (Mehl!) nur zufällig in die zur Untersuchung vorgelegte Probe gelangt ist. Die Rohfaser beider Papiere ist eine Moraceenbastfaser.

Aus dem XI. Jahrhundert rühren die Nr. 13 und 79 her. Nr. 13 persisch und uigurisch beschrieben, ist völlig ungeleimt, Nr. 79 nicht mit Stärke geleimt, rührt von einem persischen Manuscripte her. Nr. 13 ist ein gemischtes Papier, welches aus zerstampfter Hadernmasse und einer wohl erhaltenen Rohfaser besteht, welche botanisch nicht bestimmt werden konnte. Nr. 79 besteht bloß aus gut erhaltenen Moraceenfasern.

Indische Papiere aus dem XVII. und XVIII. Jahrhundert. Sie scheiden sich in zwei Kategorien. Nr. 55, 56, 57, 58, 60 und 61 sind stark mit Stärke geleimt und bestehen bloß aus mechanisch sehr stark angegriffenen kurzen Faserfragmenten einer Rohfaser, welche sich wahrscheinlich bloß aus Bastzellen von Thymelaeaceen zusammensetzt. Nr. 59 und 62 sind gänzlich ungeleimt und bestehen aus wohl erhaltenen Rohfasern einer Thymelaeacee. Die Fasern der ersten Kategorie wurden durch ein rohes mechanisches Verfahren, die der zweiten Kategorie durch ein viel vollkommeneres Verfahren

dargestellt, entweder bloß durch chemische Prozeduren oder durch Combination einer Maceration (oder Röste) und hierauf folgender mechanischer Behandlung.

Die etwa gleichalterige Nr. 63 ist ein höchst compliciert zusammengesetztes Papier, welches entweder aus mindestens drei Rohfasern (Bastzellen einer Moracee, einer oder mehreren Thymelaeaceen und einer nicht zu eruiierenden dicotylen Pflanze) und einer bezüglich der botanischen Provenienz nicht mehr bestimmbar Hadernfaser (dicotyle Bastzelle) oder aus mehreren Papiersorten durch neuerliche Einstampfung erhalten wurde.

Was gleich im Beginne meiner mikroskopischen Untersuchungen der alten ostturkestanischen und anderweitigen alten asiatischen Papiere mir auffiel, war die Zusammensetzung jedes dieser Papiere aus verschiedenen Pflanzenfasern. Und diese Thatsache begleitete mich bis ans Ende meiner Untersuchungen.

Diese Thatsache ist schon deshalb von großer Wichtigkeit, weil sie uns einen Unterschied zwischen den alten arabischen einerseits und den alten central- und ostasiatischen Papieren anderseits offenbart, der als ein durchgreifender anzusehen ist. Allerdings kommen in den späteren arabischen und den ihnen gefolgt nach arabischer Art gemachten europäischen (mittelalterlichen) Papieren welche vor, welche nicht nur aus Leinenhadern, sondern auch noch aus Hanfhadern und sogar Baumwollenhadern bestehen; aber alle sind doch Hadernpapiere und über diese Verschiedenheit gehen diese Papiere — wenn von dem seltenen und mehr zufälligen Vorkommen thierischer Fasern (Seide und Wolle) abgesehen wird — nicht hinaus.

In den alten ost- und centralasiatischen Papieren finden sich aber neben Hadernfasern noch rohe Pflanzenfasern und, wenn das Papier nur aus Rohfasern zusammengesetzt ist, so kommen in der Regel mehrere derselben vor. Die Hadernfasern stammen häufig von *Boehmeria*- oder Gespinnstfasern her, welche sich von Lein oder Hanf nicht unterscheiden lassen. In einem und demselben Papier finden wir Moraceenfasern neben Thymelaeaceenfasern, es kommen auch die Bastzellen mehrerer Arten von Thymelaeaceen nebeneinander in einem und demselben Papier vor. Von dem Papier Nr. 69 lagen zwei Fragmente vor, von denen in einem bloß Lein-, in dem anderen nur *Boehmeria*-Faser nachgewiesen werden konnte. Es ist indes gar nicht ausgeschlossen, dass die beiden Proben doch einem und demselben Papiere angehören, und nur der Zufall es wollte, dass in dem einen nur der Nachweis der Leinen-, im anderen nur der der *Boehmeria*-Faser gelang. Erst in Papieren aus dem XI. Jahrhundert finden wir eine einheitliche Rohfaser (Moraceenbastzellen) vor. Aber noch in den aus dem XVII. und XVIII. Jahrhundert stammenden indischen Papieren treten nebeneinander verschiedene Rohfasern auf.

Der mikroskopisch nachweisbare Charakter der alten arabischen Papiere ist also von dem der central- und ostasiatischen verschieden. Dies ist insofern von höchster Wichtigkeit, weil bei dem Verkehre, der zwischen den Arabern und Persern einerseits und den centralasiatischen Ländern anderseits in der kritischen Periode zeitweise herrschte, es von vornherein nicht ausgeschlossen erscheint, dass beispielsweise die in Ostturkestan ausgegrabenen Manuscripte auf Papieren geschrieben sind, welche der islamitischen Papierfabrication angehörten. Diejenigen, welche die Hadernpapierbereitung den Arabern zuschreiben und der Ansicht huldigen, dass die Chinesen ein solches Papier erst im X. Jahrhundert zu erzeugen begannen (s. oben S. 7 [589]), nachdem die arabische und persische Hadernpapiererzeugung bereits in hoher Blüte stand, werden wohl voraussichtlich in den ostturkestanischen Hadernpapieren ein arabisches oder persisches Product erblicken wollen. Nun aber lehrt der mikroskopische Befund, dass die alten arabischen Papiere von den in Ostturkestan gefundenen auffallend verschieden sind. Ich komme weiter unten noch auf andere Unterschiede zwischen diesen beiden Papierkategorien zurück.

Das Auftreten verschiedener Rohfasern in einem und demselben Papier hat mein Interesse in hohem Grade in Anspruch genommen, und ich habe getrachtet, historische Anhaltspunkte hiefür zu finden. Allein es ist mir dies, während meine Untersuchungen noch im Laufe waren, nicht gelungen, und dieser Umstand

spornete mich fortwährend an, meine Beobachtungsergebnisse möglichst sicherzustellen. Erst nach Beendigung meiner Untersuchungen stieß ich auf einige hierher gehörige Angaben in einem Werke von George Watt<sup>1</sup>. Hier heißt es p. 22: »The writer had the pleasure recently to receive from Dr. Gimlette, Residency Surgeon, Nepál, some interesting facts regarding Nepál economic products and industries. The following passage, as supplementing the facts derived from the earlier writers may be here taken from Dr. Gimlette's account of paper-making: This paper, justly celebrated for its toughness and durability, is manufactured from two or three forms of Daphne and also from *Edgeworthia papyracea* . . . The barks of the different species are generally mixed together. . . . Dr. Gimlett's Daten stammen aus den dreißiger Jahren des abgelaufenen Jahrhunderts und beziehen sich wohl auf moderne Papiere. Die Fabrication des Nepalpapieres ist aber eine alte, und ich glaube mich deshalb berechtigt, aus diesen Daten den Schluss abzuleiten, dass man in Indien schon in alter Zeit Fasern verschiedener Pflanzen zur Bereitung einer und derselben Sorte von Papier verwendet hat, was umsomehr mit meinen mikroskopischen Befunden im Einklang stehen wird, als, wie ich weiter unten noch zeigen werde, die indische Papierbereitung auf die chinesische zurückzuführen ist.

Die Gewinnung der vegetabilischen Rohfasern aus den Basten der betreffenden Pflanzen zum Zwecke der Herstellung von Papierzeug erfolgte, wie die mikroskopische Untersuchung lehrte, nicht stets auf gleiche Weise. Entweder wurde, offenbar unter Zusatz von Wasser, die Rinde grob mechanisch, höchstwahrscheinlich durch ein primitives Stampfverfahren, bearbeitet, bis die Masse feinfaserig wurde, oder es wurde ein rationelleres Verfahren in Anwendung gebracht, bei welchem das Bastgewebe in seine elementaren Bestandtheile unter Mitwirkung chemischer Mittel zerlegt wurde. Es kann dieses Verfahren auch ein gemischtes gewesen sein, nämlich eine chemische Vorbereitung der Rinde, um sie in einen Zustand zu bringen, welcher die spätere mechanische Zerlegung in feine Fasern erleichterte.

Die Rohfasern der Papiere finden sich entweder in einem Zustande weitgehender mechanischer Zerstörung, indem sie oft bis zur Unkenntlichkeit zerquetscht oder in feine riemenförmige Fäserchen zerlegt erscheinen. In diesem Falle sind die Fasern durch mechanische Zerkleinerung aus den Basten dargestellt worden. Oder sie finden sich in mehr oder minder vollkommen intactem Zustande vor. In diesem Falle sind sie durch irgend ein Macerationsverfahren erhalten worden. Ein Zwischenstadium deutet auf ein gemischtes Verfahren.

Das rohe Stampfverfahren ist das ältere (Nr. 3 und 4 aus dem IV. bis V. Jahrhundert). Aber schon manche Papiere aus dem VII. Jahrhundert (Nr. 2) deuten auf eine chemische Gewinnung oder auf ein gemischtes chemisch-mechanisches Verfahren hin. Aber noch im XVII. und XVIII. Jahrhundert gehen in Indien beide Verfahren nebeneinander einher. Nr. 55—58 sind durch heftiges Stampfen, Nr. 59 und 62 durch Maceration erzeugt. Es ist interessant, dass die ersteren, um die kurzen zerrissenen Fasern zu einer Masse zu binden, stark mit Stärkekleister geleimt wurden, die letzteren aber ohne Leimung sind. In diesem Zustande sind sie nur mit einer dicken zähflüssigen Tinte beschreibbar.

Welcher Art die mechanische und die chemische Methode zur Gewinnung der Fasermasse war, lässt sich auf Grund der vorliegenden Papierproben nicht mehr feststellen. Nur historische Daten könnten uns in den Stand setzen, eine Vorstellung über die vorgenommenen Procedures in uns zu erwecken.

Bei Hirth<sup>2</sup> finden wir unter Berufung auf chinesische Quellen angegeben, dass die ältesten chinesischen Papiere durch Zerstampfen von Seidenabfällen und gebrauchten Seidenstoffen hergestellt wurden und dass der Erfinder der Pflanzenfasernpapiere Ts'ai Lun sich eines Steinmörser's bediente, um die Rohmaterialien (Baumrinde, Hadern, Fischernetze etc.) in Papiermasse umzuwandeln.

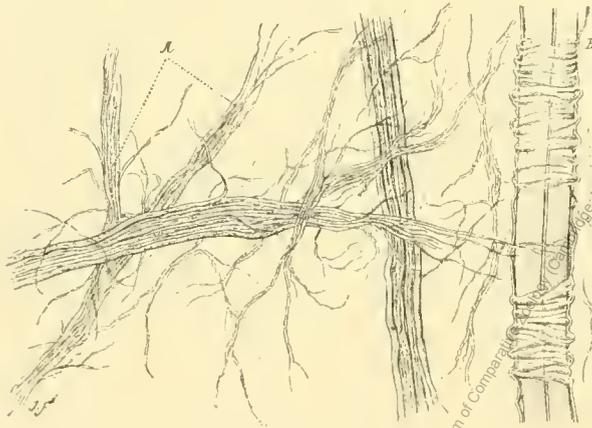
<sup>1</sup> A Dictionary of the Economic Products of India. London and Calcutta, 1890, Bd. III.

<sup>2</sup> Chinesische Studien, S. 261.

Über das Verfahren, welches ich oben als ein gemischtes bezeichnet habe, finde ich folgende Daten in der Literatur. Das Nepal-paper ist wohl erst im ersten Drittel des vorigen Jahrhunderts in England bekannt geworden<sup>1</sup>, die Eingeborenen erzeugen es bereits seit Jahrhunderten. Die Erfindung dieses Papiers gebürt nicht den Indern, sondern den Chinesen<sup>2</sup>. Die Methode der Gewinnung ist alt, und es wird die Erzeugung dieses Papiers auch jetzt noch in folgender Weise betrieben. Es wird die Rinde von den betreffenden Pflanzen (*Daphne*-Arten) abgenommen und im Wasser unter Zusatz einer alkalischen Substanz gekocht. Es wird angegeben, dass diese alkalische Substanz die Asche von Eichenholz sei; wahrscheinlich ist es, dass zu der Asche ein Zusatz von gebranntem Kalk gemacht wird, weil sonst die Alkalität zu gering sein würde. Die gekochte Masse wird in einem Steinmörser mit einem aus hartem Holz verfertigten Schlägel (mallet) oder Stößel (pestle) so lange bearbeitet, bis ein gleichmäßiger feinfaseriger Brei entstanden ist<sup>3</sup>.

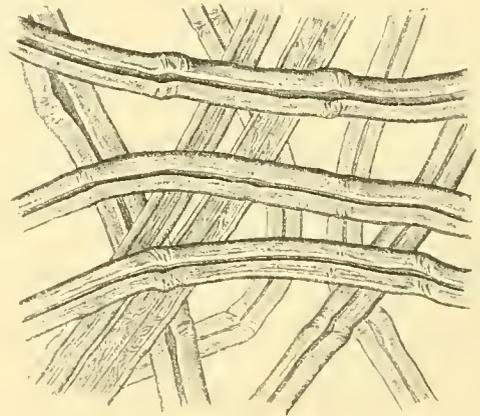
Die älteste Angabe über die Erzeugung des Papiers aus der Rinde des Papiermaulbeerbaumes (*Broussonetia papyrifera*) findet sich bei Kämpfer<sup>4</sup>. Diese Angabe ist später oft reproducirt worden, u. A. von Royle<sup>5</sup>, welcher eine so vollkommene Übereinstimmung zwischen der chinesischen und japanischen Erzeugung des Papiers aus der Rinde des Papiermaulbeerbaumes mit jener des Nepalpapiers aus der Rinde von *Daphne*-Arten erblickt, dass er nicht ansteht, die letztere auf eine Erfindung der Chinesen zurückzuführen. *Broussonetia papyrifera* ist ein in China einheimischer Baum, der bekanntlich seit alter Zeit in Japan cultivirt wird, wo aus dessen Rinde anfänglich ganz nach chinesischem Muster

Fig. 17.



Vergr. 430. A Partie (Hadermasse) aus dem Papier Nr. 2. B Rohfasern: Die Bastzellen einer Moracee, wahrscheinlich von *Broussonetia papyrifera*, mit faltig sich lösender Hüllschicht.

Fig. 18.



Vergr. 430.

Fasern aus einem nach arabischer Art erzeugten Leinenhaderpapier.

Zur Herstellung dieses Präparates diente die paläographisch oft erörterte »Salzburger Chronik« cca. v. Jahre 1300.

das japanische Papier erzeugt wurde, welches nunmehr in der ganzen Welt bekannt ist. Die Anpflanzung des Papiermaulbeerbaumes in Indien zum Zwecke der Papiererzeugung ist erst in neuerer Zeit angeregt worden (Watt l. c.).

<sup>1</sup> Watt. l. c. p. 20 ff.

<sup>2</sup> Campbell, Agric.-Hortic. Soc. India. Transact. T. V., p. 222.

<sup>3</sup> Hodgson, Journ. Asiat. Soc. Bengal, T. I. p. 8, und Atkinson, Agric. Hortic. Soc. India. Transact. V, p. 228. Derselbe, Himalayan Districts, p. 795.

<sup>4</sup> Amoenit. exotica. Lemgoviae 1712. Derselbe, History of Japan and Siam. London 1727. Es ist dies ein von Scheuchzer bearbeitetes Werk, welches sich auf den handschriftlichen Nachlass Kämpfer's stützt.

<sup>5</sup> The fibrous plants of India. London, Bombay 1855.

Die Hadernpapiere, welche in Ostturkestan ausgegraben wurden, unterscheiden sich, wie schon erwähnt, nicht nur durch ihre eigenthümliche Mischung von den arabischen, sondern auch durch den Zustand, in welchem sich die Fasern in der Papiermasse befinden. Die in den chinesischen Hadernpapieren auftretenden vegetabilischen Fasern sind, wie ich schon bei den Einzelbeschreibungen der Papiere angeführt habe, in einem Zustand außerordentlicher Zerstörung, zerquetscht, in feine linienförmige Stücke zerrissen und sonst noch manigfaltig beschädigt, und dadurch unterscheiden sie sich schon sehr auffällig von den Rohfasern in gemischten Papieren, d. i. von solchen, in denen neben der Hadernfaser auch Rohfasern auftreten. Nie habe ich in einem der zahlreichen alten arabischen Papiere Rohfasern gefunden. Da nun die Hadernfaser der arabischen Papiere nie so stark mechanisch angegriffen ist wie die der ostturkestanischen Papiere, so hat man ein doppeltes Mittel an der Hand, um diese beiden Arten alter Papiere von einander unterscheiden zu können. (S. Fig. 17 und 18.)

Die ungemein weitgehende mechanische Zerstörung der Hadernfasern in den chinesischen Papieren legt den Gedanken nahe, dass mit der Erfindung eines solchen Papiers die Erfindung der Leimung, speciell der Stärkeleimung, Hand in Hand gegangen sein mochte. Denn diese feinfaserige Masse musste gebunden werden, da sie sich beim Schöpfen des Papiers nicht von selbst so bindet, wie dies bei langfaserigen, aus Rinden dargestellten Papieren der Fall ist. Es liegt auf der Hand, dass Papiere, deren Fasern sich beim Schöpfen von selbst binden, durch die Leimung verbessert und veredelt werden, indem solche Papiere auch mit leichtflüssigen Tinten beschrieben werden können und einen höheren Grad von Dichtigkeit und Consistenz erlangen.

Zwischen der chinesischen und arabischen Hadernpapierbereitung besteht somit ein großer Unterschied. Die Chinesen erfanden die Fabrication des Rohfaserpapiers. Die aus den Rinden durch chemische Mittel isolierte Pflanzenfaser repräsentiert ein edleres Papiermaterial als jene Masse, welche die Chinesen durch starke Zerstampfung aus Hadern bereiteten. Nach meinem Dafürhalten benützten die Chinesen die Hadernmasse nur als billiges Surrogat, welches der wertvollen Rohfaser zugesetzt wurde, um die Papiermasse zu vermehren. Als die Hadern von den Chinesen zur Papierbereitung herangezogen wurden, waren dieselben Abfälle ohne sonstige Verwendbarkeit, also ein so gut wie wertloser Gegenstand. In fein zerstampften Zustande der Rohfasermasse zugesetzt, bildete sie ein bloßes Surrogat. Die Sache mochte sich damals umgekehrt verhalten haben wie jetzt bei der Erzeugung der Holzschliffpapiere, wo man der edleren Hadernmasse das geschliffene Holz als Surrogat zusetzt. Da man bei dem Principe blieb, die Hadernmasse in roher Weise zu zerstampfen, konnte die Hadernpapierfabrication in China nicht vervollkommen werden, und es erscheint nunmehr einleuchtend, dass dies der Grund war, dass man in China diesen Zweig der Papierbereitung bald fallen ließ und bloß die Fabrication der Rohfaserpapiere betrieb.

Aus Hadern ein vollkommenes Schreibpapier herzustellen, ist das große Verdienst der Araber. Als sie von den Chinesen die Kunst Papier zu erzeugen, erlernten, fehlte es auf dem neuen Boden an dem in China gebräuchlichen Rohstoffe. Damals waren aber — so meine ich — bei den chinesischen Papiermachern die Hadern als Papiermaterial noch nicht in Vergessenheit gerathen. Es mochten damals auf dem neuen Boden der Papierbereitung (Persien, s. oben) die verschiedensten Versuche gemacht worden sein, die *Boehmeria*- und *Broussonetia*-Faser durch andere Fasern zu ersetzen. Wahrscheinlich griff man damals zur Rinde anderer Maulbeerbäume (Moraceen), zum Beispiel des schwarzen Maulbeerbaumes (*Morus nigra*), dessen Heimat Persien ist. Denn dieser Baum ist dem Papiermaulbeerbaume nahe verwandt. Es dürften in China übrigens auch andere Moraceen (zum Beispiel *Morus alba*, deren Heimat China ist, oder *Streblus asper*, welches Holzgewächs im südlichen China zu Hause ist) zur Papierbereitung verwendet worden sein. Unter den Materialien, welche man auf persischem Boden zur Papierbereitung heranzog, befanden sich aber — daran ist wohl nicht zu zweifeln — unbrauchbar gewordene Kleider- und sonstige Stoffabfälle, also Hadern (Lumpen), gebrauchte Taue, Netze u. dgl. Und nun hat sich der arabische Erfin-

ungsgeist bewährt, indem die Araber diese Stoffe nicht nur besser als die Chinesen zur Papierbereitung zu verwenden wussten, sondern alsbald ein Papier erzeugten, welches den besten chinesischen Papieren gleichstand und dasselbe auch in mancherlei Eigenschaften überragte. Dies gelang ihnen in zweierlei Weise: erstlich dadurch, dass sie durch ein rationelles Stampfverfahren eine Hadernmasse herstellten, welche aus festen Fasern bestand, die ihre natürlichen Eigenschaften fast ungeschmälert beibehalten hatten (s. Fig. 18 und vgl. damit Fig. 17); sodann dadurch, dass sie sofort die Stärkeleimung des Papiers in Anwendung brachten, ohne dass es für die Bindung der langfaserigen Papiermasse nothwendig gewesen wäre, aber sie erzielten dadurch eine Veredlung des Papiers.

So sind allerdings die Chinesen als die Erfinder des Hadernpapiers anzusehen, aber sie vermochten aus Hadern kein Papier von hervorragender Eigenschaft zu bereiten; dies bewerkstelligt zu haben, ist das unvergängliche Verdienst der Araber, welche rasch die Papierbereitung auf jene Höhe brachten, auf welcher sie im Mittelalter von den europäischen Gewerben übernommen wurde. Dass die europäische Papiererzeugung auf die arabische Erfindung zurückgeht, ist heute allgemein anerkannt, und die bis ins XIV. Jahrhundert reichende Stärkeleimung der mittelalterlichen europäischen Papiere ist Zeuge dieser Herkunft. Es war kein Fortschritt, dass man später in den europäischen Culturländern die Stärke als Leimungsmittel durch thierischen Leim ersetzte. Erst die neue Art der Papierbereitung, die Maschinenpapierfabrication in der Mitte des XIX. Jahrhunderts kehrte unbewusst wieder zur Stärkeleimung zurück, die aber, wie wir gesehen haben, keine arabische, sondern eine chinesische Erfindung ist.

Die Chinesen haben aber nicht nur das Verdienst, das (gefilzte) Papier und dessen Leimung mit Stärke erfunden zu haben; sie sind nach meinem Dafürhalten die Vorläufer der modernsten Art, Papier zu erzeugen, da ihre Erfindung, Papierfasern aus Pflanzengewebe durch chemische Mittel (Maceration) darzustellen, im Principe übereinkommt mit der Erzeugung der »Cellulose«, welche nunmehr als Holz-, Stroh-, Espartocellulose für die Papierfabrication von höchster Bedeutung geworden ist und quantitativ die Hadern als Papierrohstoff weit überflügelt hat.

Unter den von mir untersuchten alten chinesischen Papieren fehlen diejenigen Rohfasern, welche nunmehr in großem Maßstabe in China zu Papier verarbeitet werden: Bambusrohr- und Reisstrohfaser. Chinesische Bambus- und Reisstrohpapier kannten wir aber bereits in Europa, als unsere Stroh- und Espartopapierfabrication noch in den Anfängen sich befand<sup>1</sup>. Wann die Chinesen aus Bambusrohr und Reisstrohpapier zu erzeugen begannen, vermochte ich nicht zu eruieren. Da ich diese Fasern wohl unter den modernen Papieren (u. a. auch unter jenen, welche zu Fälschungen von alten Manuscripten dienen) fand, nicht aber unter den entschieden alten, so ist wohl anzunehmen, dass die Erfindung des chinesischen Bambus- und Reisstrohpapiers in eine viel spätere Zeit fällt.

Noch einmal möchte ich hier auf die großen Schwierigkeiten hinweisen, welche sich aus oben dargelegten Gründen der genauen botanischen Determinierung der die untersuchten Papiere zusammensetzenden Pflanzenfasern entgegenstellten. Diese Schwierigkeiten waren zum Theile unbesieglich. Wohl konnte nachgewiesen werden, dass alle diese Papiere aus den Bastzellen der Rinde dicotyler Gewächse erzeugt wurden; allein in einzelnen Fällen konnte ich über diese Bestimmung nicht hinauskommen. In anderen Fällen konnte nur die Gattung oder nur die Familie der Pflanze angegeben werden, deren Bastzellen im Papiere zu finden sind, und auch diese Herleitung wird vom Standpunkte strengster anatomisch-systematischer Kritik — da sie sich beinahe nur auf die Bastzelle stützen konnte, weil die »leitenden Nebenbestandtheile« fast durchaus fehlten — einstweilen nur als ein Wahrscheinlichkeitsresultat angesehen werden. Wenn ich in obiger Zusammenstellung Lein, Hanf etc. als Fasern der Hadern angeführt habe, so gilt diese Angabe nur innerhalb jener Grenzen der Sicherheit, welche ich im Einzelfalle genau angegeben habe.

<sup>1</sup> Wiesner, Technische Mikroskopie (1867).

## Zusammenfassung der Hauptergebnisse.

Unter Berücksichtigung der Datierung, beziehungsweise unter Zugrundelegung der von den Paläographen vorgenommenen Altersbestimmung der zur Untersuchung vorgelegten Manuscripte ergeben sich aus der materiellen Prüfung der betreffenden Papiere folgende Hauptergebnisse:

1. Die ältesten der ostturkestanischen Papiere (aus dem IV. bis V. Jahrhundert neuer Zeitrechnung) sind ein Gemenge von rohen Bastfasern aus der Rinde verschiedener dicotyler Pflanzen. Diese Bastfasern wurden auf rohmechanische Art in die Papiermasse umgewandelt.

2. Auch aus dem V. bis VII. Jahrhundert liegen solche gemischte Rohfasernpapiere vor, aber in diesem Zeitraume erscheinen auch schon Papiere, welche aus roh zerstampften Hadern und einer gut (durch Maceration) abgeschiedenen Rohfaser bestehen.

3. In diesem Zeitraume treten bereits Papiere auf, welche nach besonderer Methode beschreibbar gemacht wurden: durch Anwendung von Gips als Schreibgrund, durch Leimung mittelst einer aus Flechten dargestellten Gelatine, endlich durch Stärkekleister.

4. Im VII. und VIII. Jahrhundert wechseln Rohfasernpapiere, zumeist aus den Basten verschiedener Pflanzen dargestellt, mit gemischten Papieren, die theils aus Hadernmasse, theils aus Rohfasern bestehen. Es gibt in diesem Zeitraume allerdings noch aus sehr roh gestampften Rohfasern bestehende Papiere, allein es vervollkommt sich das Macerationsverfahren. Hingegen bleibt die in diesen Papieren auftretende Hadernmasse ein roh zerstampftes Product, welches sich durch seine zerschlissenen, zerquetschten und gebrochenen Fasern zumeist sofort deutlich von der begleitenden Rohfaser unterscheidet.

5. Die alten ostturkestanischen (chinesischen) Hadernpapiere unterscheiden sich nicht nur durch die neben der Hadernmasse auftretenden Rohfasern, sondern auch durch die starke mechanische Zerstörung der Hadernfasern von den alten arabischen Papieren.

6. Durch die Untersuchungen von Karabacek und dem Verfasser wurde (1887) nachgewiesen, dass die Erfindung des Hadernpapiers nicht wie man bis dahin allgemein glaubte, an der Wende des XIV. Jahrhunderts auf europäischem Boden von Deutschen oder Italienern gemacht wurde, sondern dass die Araber bereits am Ende des VIII. Jahrhunderts Hadernpapier erzeugten.

Durch die vorliegende Untersuchung wird aber gezeigt, dass die Anfänge der Hadernpapierbereitung bei den Chinesen zu finden sind, und ins V. oder IV. Jahrhundert und wahrscheinlich noch weiter zurückreichen.

Die chinesische Hadernpapierbereitung ist über ihre anfängliche niedere Stufe nicht hinausgekommen; erst die Araber haben, von den Chinesen in die Papiermacherskunst eingeweiht, die Erzeugung des Hadernpapiers gefördert und auf jene Höhe gebracht, auf welcher diese wichtige Erfindung im Mittelalter von den europäischen Culturnationen übernommen wurde.

7. Der Verfasser hat die Stärkeleimung des Papiers bis auf das Ende des VIII. Jahrhunderts zurückgeführt, in welcher Zeit die Araber diese Procedur zur Vervollkommnung und Veredlung ihres Papiers vornahmen. Im XIV. Jahrhundert ging in Europa diese Kunst verloren und wurde die Stärke durch thierischen Leim ersetzt, bis in der Mitte des XIX. Jahrhunderts mit der Maschinenpapierfabrication die Stärkeleimung wieder aufkam. Diese ist aber eine Erfindung der Chinesen. Das älteste mit Stärke geleimte ostturkestanische Papier stammt aus dem VIII. Jahrhundert.

8. Die Chinesen sind nicht nur die Erfinder des (gefilzten) Papiers und haben die Anregung zur Hadernpapiererzeugung gegeben, wobei sie allerdings die Hadernmasse nur als Surrogat der rein dar-

gestellten Pflanzenfasern benützten, sie sind auch als die Begründer der jetzt zur Herrschaft gelangten «Cellulosepapierfabrication» zu betrachten; denn das seit altersher von ihnen geübte Verfahren, durch Maceration von Rinden und anderen Pflanzentheilen Fasern zu gewinnen, beruht auf demselben Principe wie die Verfahren zur Erzeugung von «Cellulose», nämlich darauf, die Faserzellen aus dem Verbande der Pflanzengewebe durch chemische Mittel zu lösen.

9. Die genaue Ermittlung der botanischen Provenienz des Fasermateriales war mit großen Schwierigkeiten verbunden, da alle Fasern der alten Papiere vom Baste dicotyler Pflanzen herrühren und zumeist die zur Bestimmung erforderlichen »leitenden Nebenbestandtheile« fehlen. Mit der in solchen Fällen erreichbaren Sicherheit wurden in der Hadermasse: *Boehmeria*-, Lein- und Hanffasern, unter den Rohfasern die Bastzellen von *Boehmeria*, Moraccen und Thymelaeaceen nachgewiesen. Einzelne Bastfaserarten waren unbestimmbar.



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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl. Frueher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt: Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.](#)

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [72](#)

Autor(en)/Author(s): Wiesner Julius Ritter

Artikel/Article: [Mikroskopische Untersuchung alter ostturkestanischer und anderer asiatischer Papiere. \(Nebst histologischen Beiträgen zur mikroskopischen Papieruntersuchung.\) \(Mit 18 Textfiguren\). 583-632](#)