A. Wallert - B.M. Moelino - J.D. Kruijer

Mikroskopische Untersuchung von Papyrus und Plinius, Historia Naturalis XIII, 74-83

aus: Zeitschrift für Papyrologie und Epigraphik 76 (1989) 39–44

© Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn

Mikroskopische Untersuchung von Papyrus und Plinius, Historia Naturalis XIII, 74-83.

Eine anatomisch-morphologische Studie.

Dieser Artikel behandelt die technischen Aspekte der Herstellung von Papyrus im Altertum und deren Beschreibung durch Plinius. Es wird in ihm zum ersten Mal der Prozeß der Papyrusherstellung in Zusammenhang mit pflanzenanatomischen Kriterien behandelt. In der naturwissenschaftlichen Literatur zu archäologischen Fragen hat die Beschaffenheit des antiken Beschreibmaterials Papyrus nicht die Aufmerksamkeit erhalten, die sie verdient. In dem Artikel von Sturman bleibt die Rekonstruktion der Papyrusproduktion, wie sie neuerdings von Hendriks dargestellt worden ist, sogar ganz außer Betracht.[1] Die Konfrontation der Passagen von Plinius mit den Resultaten mikroskopischer Untersuchungen kann unsere Beurteilung der zwei bisher vorgeschlagenen Rekonstruktionen des ursprünglichen Produktionsverfahrens erleichtern. Die Erforschung der Eigenschaften und der antiken Herstellungsweise von Papyrus als Schriftträger scheint nahezu ausschließlich in Kreisen von Altertumswissenschaftlern und besonders Papyrologen Aufmerksamkeit gefunden zu haben. Doch ist die Beschaffenheit des historischen Papyrusmaterials und die richtige Deutung des sie betreffenden Textes von Plinius im Grunde ein technisches Problem. Die beiden bisher vorgeschlagenen Rekonstruktionen der Herstellung von Papyrus unterscheiden sich durch die Annahme einer verschiedenartigen Behandlung des Materials. Die in ihnen angenommenen Unterschiede bei der mechanischen Bearbeitung des frischen Papyrusmarkes, nämlich durch Schneiden oder Abschälen, geben Anlaß zu der Erwartung, daß auch an dem bearbeiteten Gewebe morphologisch-anatomische Unterschiede festgestellt werden können, die als kennzeichnende Merkmale für die Beurteilung eines gegebenen Papyrus zu verwenden sind. Die Sichtbarmachung derartiger Spuren kann einen wesentlichen Beitrag zu unserer Kenntnis des historischen Produktionsprozesses liefern. Eine Vertiefung dieses Gesichtspunkts könnte neue Untersuchungsgebiete eröffnen und auch die philologische Diskussion bereichern.[2] Die beiden vorgeschlagenen Rekonstruktionen hatten Plinius' Beschreibung zum Ausgangspunkt. Es schien uns darum richtig, auch bei der mikroskopischen Bewertung der beiden Rekonstruktionen den betreffenden Text von Plinius als Leitfaden zu benutzen.

Material und Methode.

Nach der Methode, die momentan noch immer ziemlich allgemein als die historische Arbeitsweise akzeptiert ist, wird der ungefähr zweieinhalb Meter lange, dreieckige Stengel gerade über der Wasserlinie abgeschnitten. Er wird daraufhin in Stücke von der gewünschten Größe geschnitten, und es wird die dünne grüne Rinde entfernt. Aus diesen Stücken werden dann dünne, aber möglichst breite Streifen geschnitten: "*.. in praetenues sed quam latissimas philyras*." Damit die Streifen nach der Vorschrift von Plinius so breit wie möglich werden, werden sie parallel zu

---

[1] S.Sturman, 'Investigations into the Manufacture and Identification of Papyrus', Recent Advances in the Conservation and Analysis of Artifacts, University of London, Institute of Archaeology Jubilee Conservation Conference, London (1987), p.263-5.

[2] E.G.Turner, Greek Manuscripts of the Ancient World, second revised and enlarged edition by P.J.Parsons, London 1987, p.132.

einer der Seiten des dreieckigen Stengels geschnitten. Die beste Qualität Papyrus kommt von den Streifen, die aus dem mittleren Teil des Stengels geschnitten werden. Die Streifen, die danach geschnitten werden, kommen näher an die Spitze des Dreiecks, sind also schmaler und enthalten dadurch im Verhältnis zu der totalen Oberfläche des Streifens eine größere Menge holzartige Sklerenchymzellen. Diese Streifen sind dann auch von geringerer Qualität: "*.. principatus medio, atque inde scissurae ordine*." Die aus dem Mark geschnittenen Streifen wurden danach in Nilwasser gelegt, damit die Luftkanäle im Papyrusgewebe mit Wasser aufgefüllt und von Luftblasen befreit wurden. Durch diesen Eingriff wird der Streifen geschmeidiger. Außerdem sollte das trübe Nilwasser dem Papyrusstreifen eine gewisse Klebekraft geben: "*Texitur omnis madente tabula Nili aqua: turbidum liquoris glutinum praebet*." Die Streifen werden dann, einander etwas überlappend und wenn möglich in der Längsrichtung, auf ein flaches Holzbrett gelegt: "*.. in rectum primo supina tabulae schida adlinitur longitudine papyri, quae potuit esse*." Wenn dann so eine kontinuierliche Reihe von Streifen das beabsichtigte Papyrusformat erreicht hat, wird hierüber auf die gleiche Weise, überlappend aneinandergeschlossen, eine zweite Schicht senkrecht auf die erste gelegt: "*.. traversa postea crates peragit*." Danach werden die zwei Schichten aneinandergefügter Streifen unter die Presse gelegt und zu einem Papyrusbogen zusammengepreßt. Der in der Sonne getrocknete Bogen kann nachher mit anderen Papyrusbögen zu einer Buchrolle aneinandergeklebt werden: "*.. premitur ergo praelis, et siccantur sole plagulae atque inter se iunguntur*." Der Papyrus muß, ehe er beschrieben werden kann, erst noch einigen Bearbeitungsvorgängen unterzogen werden: Er kann mit einer Muschelschale oder mit dem Zahn eines Tieres glänzend poliert werden: "*Scabritia levigatur dente conchave*.." Oder er kann mit einem Hammer plattgeklopft werden, und die dann noch übriggebliebenen Unebenheiten werden mit Mehlkleister zugeschmiert: "*Glutinum vulgare e pollinis flore temperatur fervente aqua,.. posteo malleo tenuatur et glutino percurritur, iterumque constricta erugatur atque extenditur malleo*." Das Resultat ist ein glattes, geschmeidiges und doch starkes Material zum Beschreiben und Bemalen, das eine große Dauerhaftigkeit besitzt.

Diese Methode der Papyrusproduktion ist im Jahre 1980 von Ragab in seiner Doktorarbeit beschrieben worden, und auf diese Weise hergestellter Papyrus wird seit den sechziger Jahren in Kairo auf kommerzieller Grundlage hergestellt.[3] Auf ähnliche Weise verfertigter Papyrus wird in einem Papyrusinstitut in Syrakus hergestellt.[4] Die Produktionsmethode in diesen beiden Papyrusinstituten wird fast unbestritten als eine getreue Nachahmung der historischen Arbeitsweise betrachtet. Diese Ansicht wurde in einem Aufsatz in der Zeitschrift für Papyrologie und Epigraphik aus dem Jahr 1980 angefochten. In diesem Aufsatz ist von Dr. Hendriks eine neue Rekonstruktion vorgestellt worden.[5] Seine Rekonstruktion beruhte ebenso wie die von Dr. Ragab auf einer Neuinterpretation der Beschreibung des Plinius.

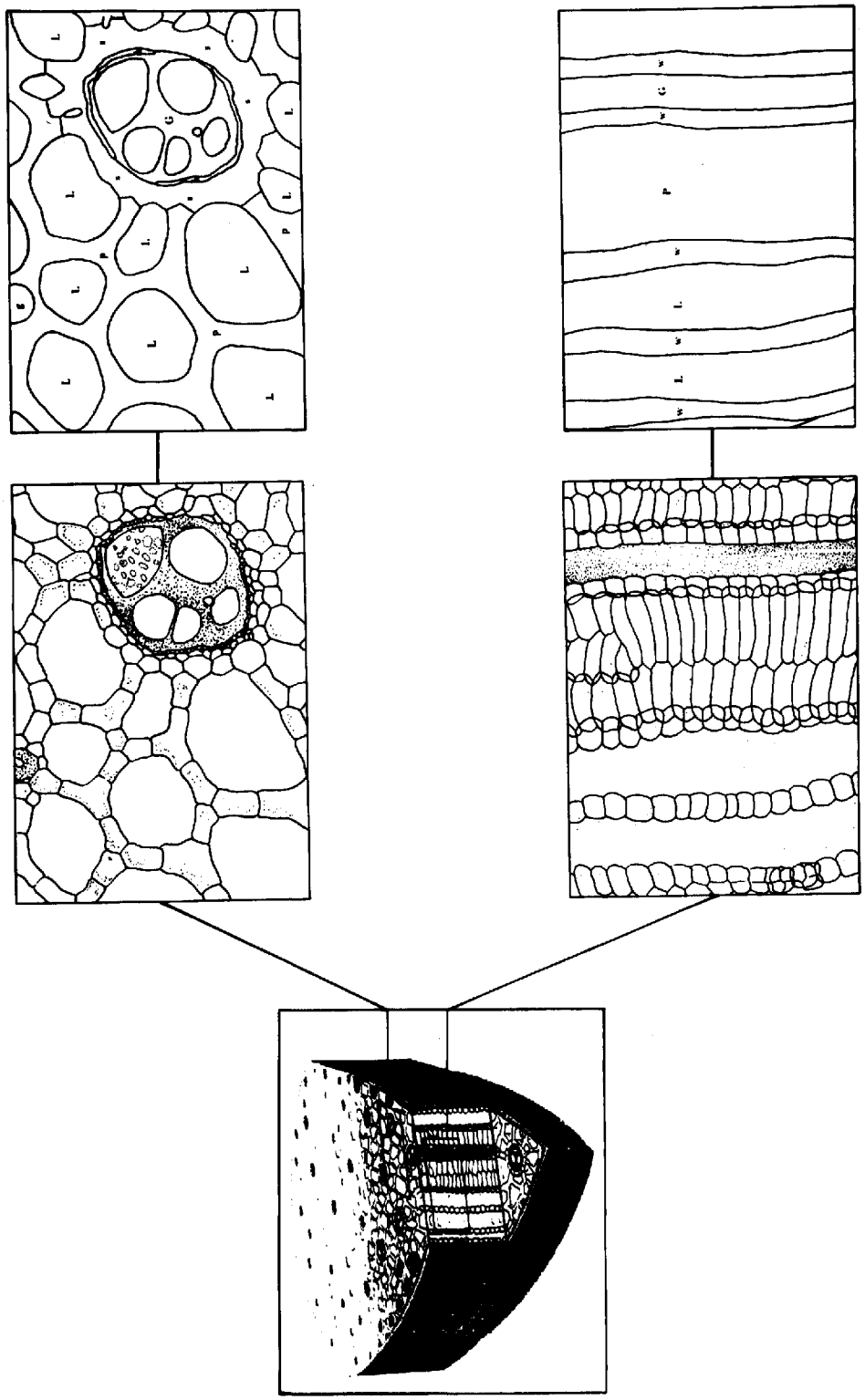
Die Argumentation von Hendriks basiert großenteils auf einer anderen Deutung des Paragraphen 74 des dreizehnten Buchs der Historia Naturalis: "*Praeparatur ex eo charta diviso acu in praetenues sed quam latissimas philyras*." In diesem Satz wird ganz explizit ausgesagt, daß die Streifen nicht, wie nach der traditionellen Interpretation, mit einem Messer geschnitten, sondern

---

[3] H.Ragab, Le papyrus, contribution à l'étude du papyrus et sa transformation en support de l'écriture. Cairo 1980.

[4] L.Mallerba, Storia della pianta del papyro in Sicilia e la produzione della carta in Syracuse, Bologna 1968.

[5] I.H.M.Hendriks, Pliny, Historia Naturalis XIII,74-82 and the manufacture of papyrus, ZPE 37 (1980), p.121-136.



Schematische Darstellung der Papyrusanatomie
L = Luftkanal, W = Wand, P = Parenchymgewebe, G = Gefäßbündel, g = kleines Gefäßbündelchen, h = holzartiges Sklerenchymgewebe, S = Stärkescheide

mit einer Nadel abgelöst werden. Dabei ergab sich die Frage, wie die Streifen so breit wie möglich (*sed quam latissimas*) gemacht werden können, wenn doch die Breite schon durch die Dicke des Stengels bestimmt ist. Die einzige Möglichkeit, der Beschreibung von Plinius gerecht zu werden, liegt darin, daß man das Mark des Stengels mit einer Nadel in einem ununterbrochenen Streifen von außen nach innen abschält. Das wird gemacht, indem man ein Stück des Stengels entrindet und eine Nadel an einer der drei Ecken in das Mark steckt. Mit dieser Nadel wird das Mark parallel zu einer der Dreieckseiten eingeritzt. Die Nadel wird so von oben nach unten durch das Mark gezogen, und ein Streifen wird damit gelöst, bis die nächste Ecke des Stengels erreicht ist. Beim Erreichen dieser Ecke wird der Stengel einfach um etwa 60 Grad um seine Achse gedreht, und das Lösen des Streifens kann ohne Unterbrechung fortgesetzt werden. Auf diese Weise kann ein Stengel kontinuierlich abgeschält werden, so daß der Streifen sich wie ein einziger Bogen entfaltet. Dieser Bogen wird weiter auf die gewöhnliche Weise verarbeitet, indem man ihn ins Nilwasser legt und ihn dann querüber auf einen ähnlichen Papyrusbogen preßt. Die beiden Rekonstruktionen unterscheiden sich also hauptsächlich in der Weise, in der die Papyrusstreifen oder Bogen von dem Stengel gelöst werden. Es hat sich gezeigt, daß die morphologischen Charakteristiken des Materials, die aus den beiden Methoden resultieren (das heißt, die Spuren des Gebrauchs von Messer oder Nadel), sowohl auf mikroskopischem, wie auf makroskopischem Niveau sichtbar zu machen sind.

Resultate

Ehe man auf die feststellbaren, für Schneiden oder Abschälen charakteristischen Merkmale eingehen kann, sollte zuerst eine kurze Beschreibung des Baus und der Zellelemente des Papyrusstengels gegeben werden.[6]

Die äußere Schicht, die harte und grüne Rinde, gibt dem dreieckigen Stengel Festigkeit und sorgt für Schutz des weichen Gewebes im Stengel und für Assimilation von Kohlehydraten. Eine große Menge, durch Festigkeitsgewebe mit der Epidermis verwachsener Gefäßbündel kann auch zur Rinde gerechnet werden. Die Gefäßbündel sorgen für den Transport von Wasser und Nahrung und laufen durch eine Scheide aus holzartigem Gewebe (Sklerenchym). Die Gefäßbündel sind von einer Scheide umgeben, die zur Aufbewahrung von Stärke dient: die Stärkescheide. Sie sind regelmäßig über den ganzen Stengel verteilt, d.h. die Entfernung zwischen den jeweiligen Gefäßbündeln ist ungefähr von gleicher Größe. Nur die Distanz zwischen den Gefäßbündeln, die zur Rinde gehören, ist kleiner als bei den Gefäßbündeln, die in der Mitte durch das Mark laufen. Unter der Rinde ist das Füllgewebe (Parenchym), das man, obwohl anatomisch nicht ganz richtig, als Mark bezeichnen kann. Das weiche, weiße und gut schneidfähige Mark des Papyrusstengels ist um die senkrechten Gefäßbündel aus einer großen Anzahl paralell dazu verlaufender Luftkanäle aufgebaut (Abb. S. 41). Die Luftkanäle transportieren Sauerstoff zu den Wurzeln, die ja unter dem Wasser in einer schlick- und schlammreichen und damit sauerstoffarmen Umgebung wachsen. Diese Luftkanäle werden von kreisförmig gruppierten, großen, dünnwandigen Parenchymzellen gebildet. Diese Parenchymzellen erscheinen im Längsschnitt wie in einem wabenartigen Netzwerk

---

6 Verschiedene Stengel von *Cyperus papyrus L.* sind vom Botanischen Garten der Staatlichen Universität Groningen erworben worden. Sodann ist Papyrus, der nach der "Streifen-Methode" vom Pyramids Papyrus Institute von Mohamed el Kattan hergestellt war, ein entsprechendes Muster von Dr. Ragab und verschiedene Muster, die nach der Methode von Dr. Hendriks angefertigt worden sind, untersucht worden. In die Untersuchung sind gleichfalls einige von uns selbst nach beiden Methoden angefertigte Papyrusfragmente einbezogen worden. Falls notwendig ist das Material mit einer Hypochloritlösung gebleicht worden. Antikes Papyrusmaterial wurde ständig zum Vergleich herangezogen.

aufeinander gestapelt; sie machen einen Teil der Wand des Luftkanals aus (Abb. S. 41 und Taf. VIa). Die Parenchymzellen beziehen ihre Nahrung und das Wasser aus den Stärkescheiden. Manchmal sind die Gefäßbündel durch kleine schiefe Faserbündelchen miteinander verbunden. Bei der Bearbeitung des Papyrusmarks werden die Gefäßbündel nur ausnahmsweise beschädigt oder angeschnitten. Sie sind zu dauerhaft und werden eher in das weiche Füllgewebe aus Luftkanälen und Parenchymzellen gedrückt. Papyrusbeispiele, die nach den beiden beschriebenen Methoden verfertigt sind, zeigen spezielle Charakteristika, die durch ihre spezifische Struktur bestimmt sind.

Wenn in der Längsrichtung ein Messer durch das Mark gezogen wird, werden an der Oberfläche die offenen Luftkanäle mit den emporstehenden Rändern der Parenchymzellen sichtbar. Diese Ränder bildeten ehemals die Wände der nun längs durchschnittenen Luftkanäle. Durch den seitwärts gerichteten Druck des Messers sind diese emporstehenden Ränder meistens nach einer Richtung umgebogen. Durch die Elastizität des Parenchymgewebes und seinen weitgehend alternierenden Aufbau hat diese umgebogene Zellenwand manchmal einen welligen Rand. Die Anwesenheit derartiger Wellenränder kann als ein spezifisches Merkmal für geschnittenen Papyrus aufgefaßt werden. Dieses Wellenmodell kam sowohl in den beiden nach der 'Stripmethode' angefertigten Papyrusbeispielen wie auch in Längsschnitten frischen Pflanzenmaterials vor. Der mit der Nadel losgeritzte Papyrus zeigte ein derartiges Muster nicht.

Dabei ergab sich, daß die Oberfläche des geschnittenen Materials viel regelmäßiger als die von geschältem Papyrus war. Beim Abschälen wird das Füllgewebe statt eingeschnitten eher in einer seitwärtigen Richtung eingerissen. Die Luftkanäle können über eine viel kürzere Strecke berührt und offengelegt werden als beim Schneiden. Dadurch und durch das wiederholte Ausführen derselben ritzenden Bewegung wird im Gegensatz zu dem geschnittenen Papyrus beim geschälten Papyrus eine viel unregelmäßigere Oberfläche erzielt.

Luftkanäle wurden mit der Nadel oft nicht über die ganze Länge durchschnitten, sondern nur örtlich aufgeritzt. Infolgedessen ist der mit der Nadel gelöste Papyrus nicht nur viel ungleichmäßiger in der Dicke, sondern die Luftkanäle haben oft charakteristische ovale Löcher (Taf. VIb und VIIa). Zwischen zwei, im selben Luftkanal nebeneinander liegenden Nadellöchern kann der Rest der Luftkanalwand sich etwas zusammenziehen. Durch dieses Zusammenziehen entstehen oft sehr typische "Brücken"-formen. Derartige Löcher kommen übrigens nicht nur in den Luftkanälen vor (Taf. VIIIa-b). In manchen Fällen stach die Nadel bei ihrer Bewegung während des Ablösens des Papyrus vom Stengel durch den ganzen Bogen hindurch und erzeugte dann derartige Löcher. Löcher dieses Typus kamen weder in frischen Papyrusschnitten vor, noch in Papyrus, der nach der Methode Ragab gemacht war. Die Anwesenheit derartiger Löcher, sowohl in den Luftkanälen, wie im Blatt selbst, kann als ein ziemlich zuverlässiger Nachweis für den Gebrauch der Methode Hendriks aufgefaßt werden.

Wenn der Papyrus mit der Nadel abgelöst wird, wird er in einer großen Anzahl kurzer Bewegungen vom Stengel getrennt. Diese Bewegungen haben niemals dieselbe Richtung, so daß auch das resultierende Blatt über die ganze Oberfläche hin von ungleicher Dicke ist. Dazu stehen im Gegensatz die Streifen des geschnittenen Papyrus, die über die ganze Breite des Streifens von gleichmäßiger Dicke sind. Diese Unterschiede in der Dicke sind jedoch im antiken Papyrus schwer nachzuweisen, weil man sich im Altertum viel Mühe gab, gerade diese Unebenheiten zu entfernen. Dazu wurde das fertige Papyrusblatt gehämmert, gepreßt und poliert. Der geplättete und ausgetrocknete antike Papyrus kann aber durch das Aufnehmen von Flüssigkeit wieder anschwellen und kann gewissermaßen etwas von der früheren Form zurückbekommen. Die Unterschiede in der Dicke sind im Querschnitt manchmal gut sichtbar zu machen.

Bei geschnittenen Streifen gibt es auf beiden Seiten des Streifens eine gleiche Anzahl von Gefäßbündeln. Beim Abschälen aber ist es möglich, mit der Nadel an einer Seite der Gefäßbündel

entlangzufahren, damit eine Seite fast keine Gefäßbündel, sondern nur Parenchymgewebe enthält. Beim Anfertigen des Papyrus konnten dann diejenigen Seiten, die reich an Gefäßbündeln sind, aufeinander geklebt werden. Die glatteren, gefäßbündelarmen Seiten sind leichter zu beschriften und wurden daher für die Außenseiten reserviert. Mit der Zeit können jedoch so viele Faktoren auf den Papyrus Einfluß ausgeübt haben, daß derartige Unterschiede nicht oder nur mit großer Zurückhaltung für die Argumentation gebraucht werden können.

Wenn die Rinde des Marks entfernt wird, kann beim Abschälen, wenn zu dünn geschält wird, leicht ein kleines Stückchen der Rinde auf dem Mark zurückbleiben. Wenn die Rinde abgeschnitten wird, passiert das nicht so leicht. Die Anwesenheit derartiger Reste der Rinde auf einem Papyrusstück macht im wesentlichen nur eine Aussage über die Weise, auf die die Rinde entfernt worden ist. Es ist jedoch auch für die Produktionsweise des Papyrus selbst ein ziemlich zuverlässiger Hinweis.

Ein zuverlässigeres und sehr charakteristisches Merkmal, das ebenfalls auf makroskopischem Niveau zu erkennen ist, ist ein Phänomen, das wir mit dem Namen "Dehnspalte" bezeichnet haben. Wenn der abgeschälte Papyrusbogen ins Wasser gelegt wird, zeigt er die Tendenz, in seinen ursprünglichen, gerollten Zustand zurückzukehren. Wenn der abgeschälte Papyrus nachher auf dem Holzbrett ausgebreitet wird, wird das Gewebe an der Innenseite des Bogens gespannt. An der Außenseite wird es eher zusammengepreßt. Diese Dehnung des Materials führt zu einer ungleichmäßigen Spannung im Gewebe, was in manchen Fällen zu Rißbildung im Bogen führt. Der Bogen spaltet sich in Längsrichtung, also parallel zu den Luftkanälen (Taf. VIIb). Wenn man beim Abschälen zu dünn schält oder zu unvorsichtig ist, kann der Bogen sogar in mehrere, streifenartige Teile auseinanderfallen. Ein derartiges Phänomen gibt es bei durch Schneiden erzeugtem Papyrus naturgemäß nicht.

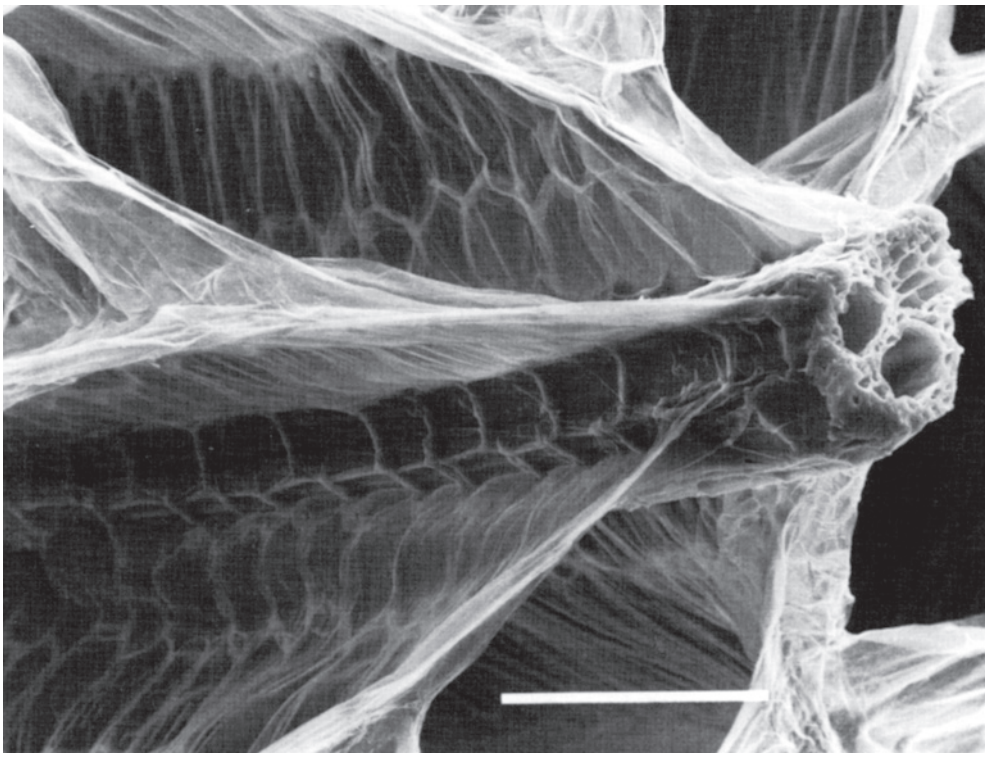
Die Anwendung aller auf der ganzen Serie charakteristischer Merkmale beruhenden Beurteilungskriterien auf ein antikes Papyrusfragment erwies sich als sehr informativ. Sowohl das Fehlen des für geschnittenen Papyrus charakteristischen Wellenmusters, sowie das Vorhandensein der für das Nadelverfahren spezifischen Nadellöcher und "Brücken" im Parenchymgewebe und der über den ganzen Bogen verteilten Löcher (Taf. VIIIa-b) sowie ungleiche Dicke im Querschnitt, die Anwesenheit von "Dehnspalten", und ganz allgemein die unebene Struktur der Oberfläche können als zuverlässige Hinweise für das Vorliegen von geschältem Papyrus aufgefaßt werden.

Die mikroskopische Technik erwies sich als ein brauchbares Instrument für die Lösung der Frage nach dem Unterschied von Papyri, die nach den verschiedenen Verfahren angefertigt sind. Vertiefung der Kenntnisse in diesem Sinne und Vermehrung der Beurteilungskriterien, also weitere Forschung, bleiben jedoch notwendig.[7]

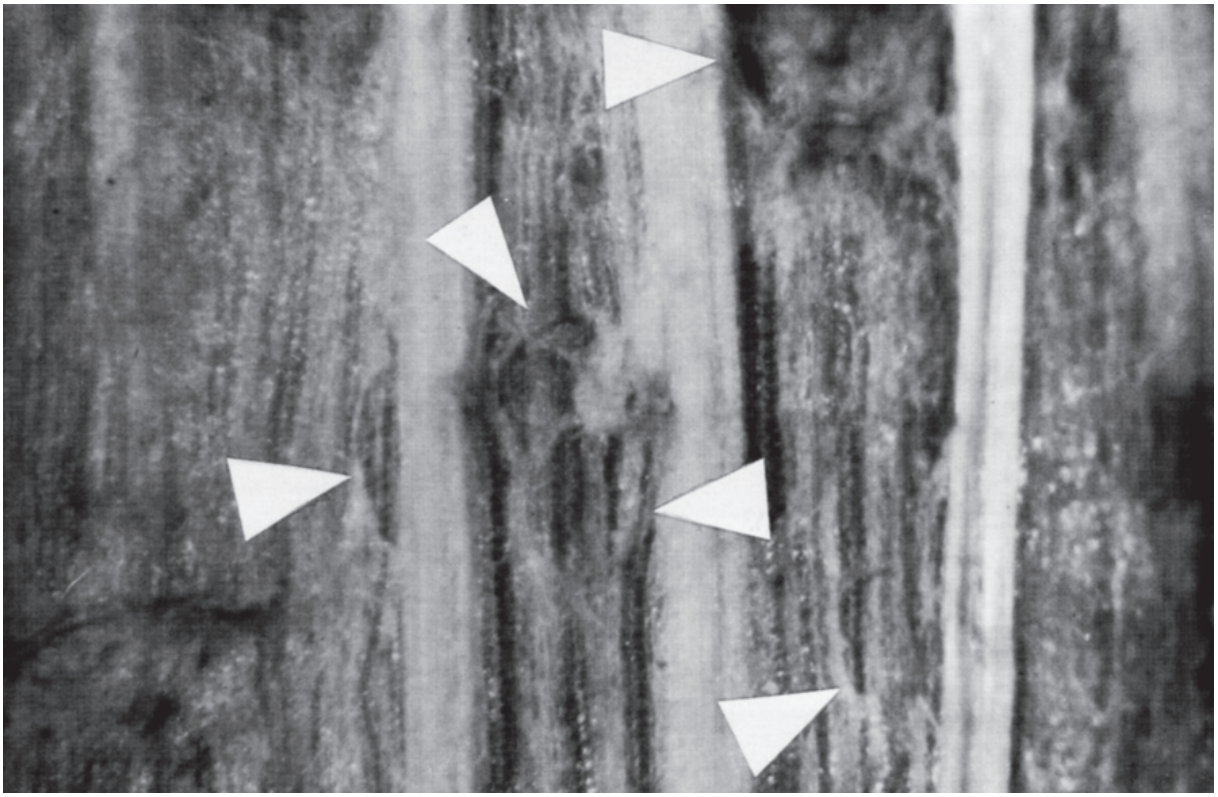
Groningen A. Wallert - B.M. Moelino - J.D. Kruijer

---

[7] Verschiedene Personen sind uns bei der Forschung behilflich gewesen. Wir verdanken Herrn Dr. I.H.M. Hendriks mehre Papyrusbeispiele und nützliche Hinweise. Der Botanische Garten der Staatliche Universität Groningen hat uns frisches Material zur Verfügung gestellt. Frau E. ten Hoven-van Zanten ist uns bei der Übersetzung behilflich gewesen. Herr Porphyrio Glotz hat die Zeichnungen besorgt. Dr. W. Jongebloed von der Interfakultären Arbeitsgruppe für Elektronenmikroskopie der Staatlichen Universität Groningen hat die Anwendung eines Rasterelektronenmikroskops (JEOL SEM 35C) ermöglicht.

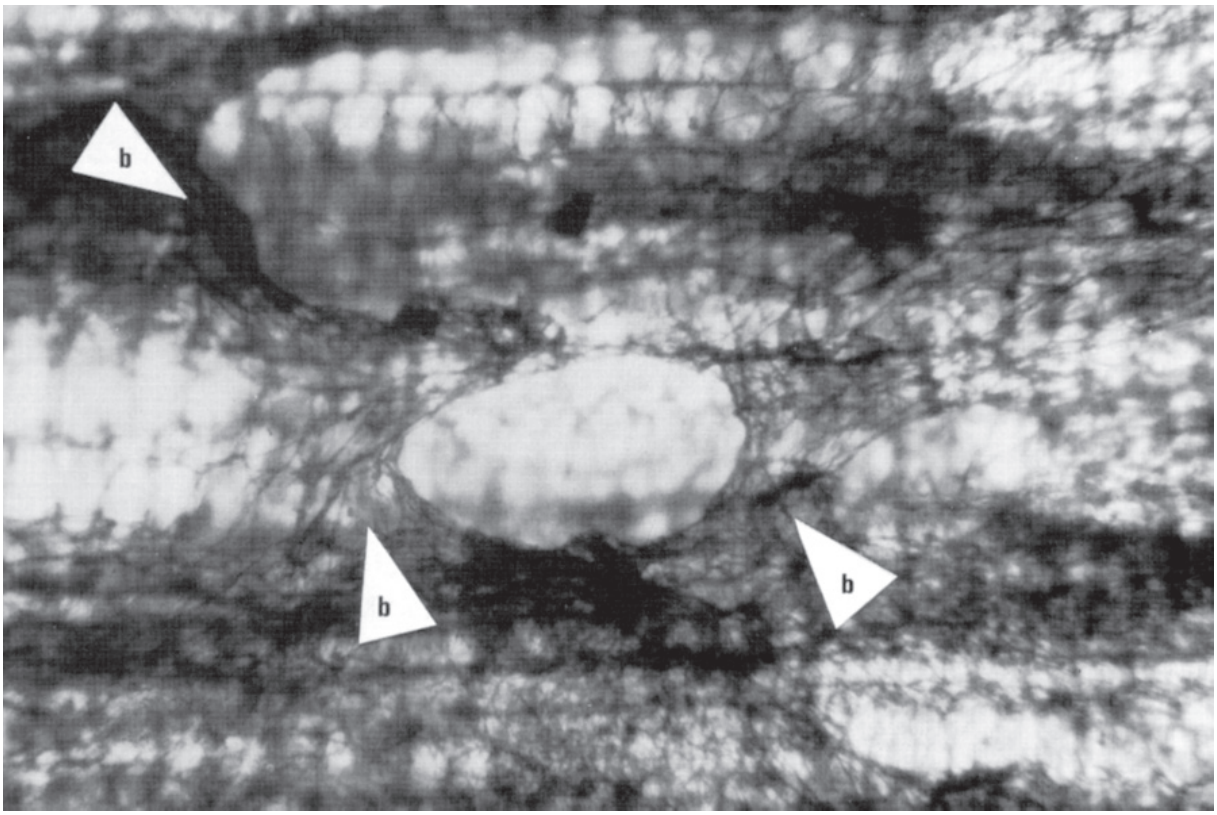


a)



b)

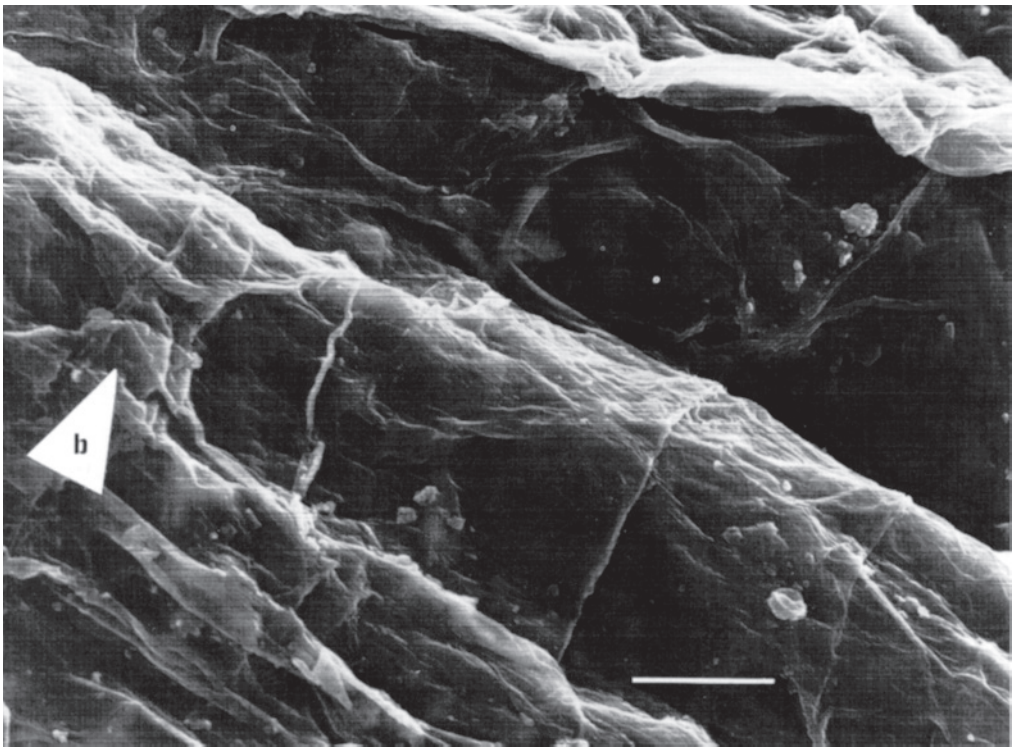
Aufnahmen mit Rasterelektronenmikroskop (JEOL 35C)
a) Gefässbündel mit Luftkanälen
b) Ovale Löcher im geschälten Papyrus. Löcher markiert



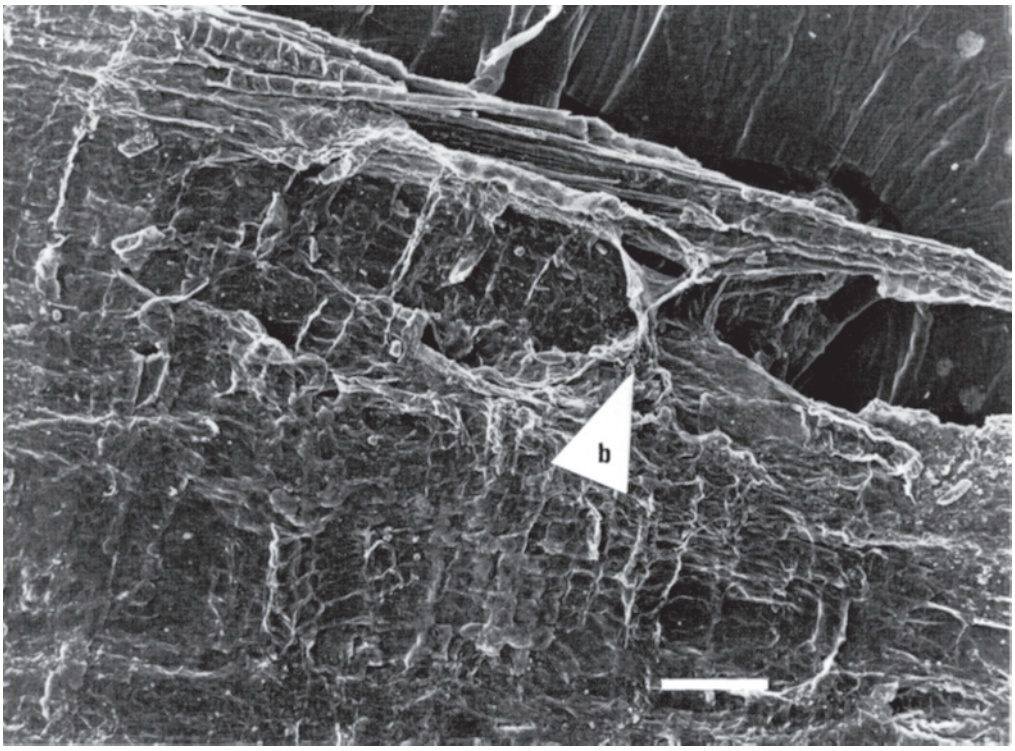
a)

b)

a) Chatakteristische ovale Löcher im frischen Gewebe, Brückenbildung mit b markiert
b) Dehnspalten in einem geschälten Papyrusbogen



a)



b)

Aufnahmen mit Rasterelektronenmikroskop
a) Örtlich geöffnetes Parenchymgewebe in antikem Papyrus
b) Nadellöcher und Brückenbildung. Brücke mit b markiert. Antiker Papyrus. --= 1000µ