

Anthrakologische Untersuchungen zur
Vegetationsgeschichte des Kaokolandes,
Nordwest-Namibia

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Barbara Eichhorn
aus Wiesbaden

Köln, 2004

Berichterstatter: Prof. Dr. Norbert Jürgens
Prof. Dr. Michael Melkonian
Priv.-Doz. Dr. Katharina Neumann

Tag der mündlichen Prüfung: 27.06.2002

Danksagung

Ich danke der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die durch die finanzielle Förderung des Sonderforschungsbereiches 389 „ACACIA“ die Erstellung dieser Arbeit ermöglichte.

Für die Überlassung des Themas und die gute Betreuung der Arbeit möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Norbert Jürgens bedanken.

Für die freundliche Bereitschaft, als Gutachter zu fungieren, bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Michael Melkonian und Frau Priv.-Doz. Dr. Katharina Neumann, Frankfurt am Main.

Herrn Dr. Rudolf Kuper möchte ich besonders dafür danken, dass er stets die Bedeutung der umweltgeschichtlichen Fragen und damit der Archäobotanik und Vegetationsgeschichte für die archäologischen Projekte im Sonderforschungsbereich herausgestellt hat.

Den namibischen Behörden und dem National Botanical Research Institute in Windhoek danke ich für die freundliche Kooperation und die Erteilung der notwendigen Forschungsgenehmigung. Besonderer Dank gilt hierbei Frau Patricia Craven, Omaruru, die ihr Wissen über die Namibische Flora teilte und Frau Dr. Gillian Maggs-Kölling, der Leiterin des NBRI, die meine Arbeit stets freundlich unterstützte, sowie Frau Renate Kubirske, Frau Silke Bartsch und Herrn Ben Strohbach.

Allen jetzigen und ehemaligen Kolleginnen und Kollegen im Sonderforschungsbereich danke ich für die gute Zusammenarbeit und besonders für geteilten Spaß, Mühen und Kummer bei den Geländeaufenthalten.

Mein besonderer Dank gilt dabei Herrn Dr. Ralf Vogelsang, der mir für diese Arbeit teilweise unveröffentlichte Abbildungen zur Verfügung stellte.

Herrn Prof. Dr. Ernst Brunotte und Herrn Dr. Heinz Sander danke ich für ein stets offenes Ohr für Fragen und inhaltliche Diskussionen.

Frau Stefanie Kahlheber, Frau Gulla Schenck, Herrn Dr. Uli Salzmann und Frau Alexa Höhn aus Frankfurt danke ich für ihre Hilfe und inhaltliche Diskussionen.

Herrn Uhangatenua Kapi aus Opuwo danke ich für die Übersetzung der Interviews und tatkräftige Unterstützung im Gelände.

Danken möchte ich auch dem Geschäftsführer des Sonderforschungsbereiches, Herrn Dr. Werner Schuck, für seine stets unbürokratische Hilfe. Ihm, Herrn Dr. Kuper und meiner Kollegin Frau Stefanie Nussbaum möchte ich für die Akzeptanz der Tatsache danken, dass ich aufgrund meiner familiären Situation häufig zuhause arbeitete und dabei auch Geräte in Anspruch nahm.

Der größte Dank gilt aber meinem Mann für seine Liebe und die Bereitschaft, Erziehungsurlaub zu nehmen und mich stets zu entlasten und aufzumuntern. Meinen Kindern danke ich für ihre Liebe und dafür, dass sie immer wieder mit einer in die Arbeit vertieften Mutter zurecht kamen.

Meinen Eltern danke ich dafür, dass sie mein Interesse an wissenschaftlichen Fragestellungen geweckt haben und ihnen und meinen Schwiegereltern gilt mein besonderer Dank für die Bereitschaft, immer wieder die Betreuung meiner Kinder zu übernehmen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Zielsetzung der Arbeit	1
2	Das Arbeitsgebiet	4
2.1	Lage und topographische Gliederung	4
2.2	Aktuelles Klima	4
2.3	Geologie und Böden	7
2.4	Flora	8
2.5	Vegetation	9
2.6	Besiedlungsgeschichte	13
3	Forschungsstand	15
3.1	Generelle Kenntnisse zur Vegetationsgeschichte des südlichen Afrika seit dem letzten Hochglazial	15
3.2	Spätpleistozäne und holozäne Vegetationsgeschichte Namibias und ihre paläoklimatische Interpretation	15
3.2.1	Holzkohlenanalyse	15
3.2.2	Pollenanalyse	17
3.3	Sedimentologische Daten und weitere paläoökologische Quellen	19
3.3.1	Sedimentologische und pedologische Klimazeiger im engeren Untersuchungsgebiet und Nordwest-Namibia (ohne Namib)	19
3.3.2	Jungquartäre Klimaschwankungen in der Namib	21
3.3.3	Jungquartäre Klimaschwankungen in der Kalahariregion	22
4	Methoden	24
4.1	Erstellen der Vergleichssammlung	24
4.2	Archäobotanische Probengewinnung	26
4.3	Archäobotanische Untersuchungsmethoden	28
4.4	Ähnlichkeitsvergleich der Taphozönosen mit Ergebnissen aktueller Vegetationsaufnahmen	29
4.5	Vergleich der anthrakologischen Ergebnisse der verschiedenen Fundstellen	30
4.6	Ethnobotanische Hintergrundinformation: Interviews zur aktuellen Brennholznutzung im Kaokoland	30
4.7	Holzanatomischer Merkmalskatalog und Schlüssel	32
5	Holzanatomischer Schlüssel für das Kaokoland (mit Berücksichtigung charakteristischer Gehölzarten angrenzender Vegetationseinheiten)	34
6	Holzanatomischer Merkmalskatalog	47
6.1	Verzeichnis der im Merkmalskatalog aufgeführten Arten	47
6.2	Merkmalskatalog	52

7	Die vegetationsgeschichtlichen Untersuchungen	288
7.1	Der Fundplatz Oruwanje N 95/1	288
7.2	Die Fundplätze Ovizorombuku N 96/1 und Epupa N 98/6	292
7.3	Der Fundplatz Omungunda N 99/1	297
7.4	Der Fundplatz Marienflusstal N 97/22	304
7.5	Der Fundplatz N 2000/1	306
7.6	Gemeinsame chronologische Interpretation der anthrakologischen Ergebnisse	308
7.6.1	Endpleistozän	308
7.6.2	Frühholozän	311
7.6.3	Mittleres Holozän	312
7.6.4	Spätholozän	312
8	Ethnobotanische Zusatzinformation – Befragungen zur aktuellen Brennholznutzung	316
9	Beurteilung der Bedeutung der Holzkohlenanalyse als Mittel der Rekonstruktion der Vegetations- und Klimageschichte des Kaokolandes	331
10	Zusammenfassung	335
11	Literaturverzeichnis	338
12	Anhang	362
13	Kurzzusammenfassung	369
14	Abstract	370
15	Lebenslauf	371
16	Erklärung	372

1 Einführung und Zielsetzung der Arbeit

Seit ersten eher archäologisch orientierten Arbeiten in der Mitte des neunzehnten und Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts (u.a. HEER 1866, PREJAWA 1896, FLICHE 1907, MÜLLER-STOLL 1926) hat die Holz- und Holzkohleanalyse mit fortschreitender Entwicklung der Methodik einen wichtigen Stellenwert bei der vegetationsgeschichtlichen Forschung gewonnen. Die Analyse von Holzkohleflora aus archäologischen Fundstellen wird durchgeführt, um Einblicke in frühere Ökosysteme zu gewinnen, zeitliche Veränderungen der Vegetation sowie den Einfluss des Menschen auf die Vegetation erfassen zu können (zusammenfassend in NEUMANN 1992, 1999a, VERNET 1997, FIGUEIRAL & MOOSBRUGGER 2000). Die Methode der Landschaftsrekonstruktion mit Hilfe der Holzkohleanalyse (Anthrakologie) macht sich dabei die Tatsache zu Nutze, dass anatomische Merkmale von Hölzern in verkohltem Zustand weitestgehend erhalten bleiben. Durch den Vergleich dieser anatomischen Merkmale und ihrer Kombination mit denen einer rezenten Holzsammlung lassen sich die Taxa bestimmen, deren Holz in prähistorischen Feuerstellen genutzt wurde (u.a. SCHWEINGRUBER 1978, SMART & HOFFMAN 1988, JACOMET & KREUZ 1999). Es wird dabei im allgemeinen davon ausgegangen, dass als Brennholz für diese Feuerstellen überwiegend Totholz in der näheren Umgebung gesammelt wurde, so dass zumindest die in der damaligen Vegetation häufigeren Gehölzarten in der Holzkohle nachzuweisen sein sollten (HEIZER 1963, SMART & HOFFMAN 1988, SCHOCH 1990, kritische Diskussion in SHACKLETON & PRINS 1992). Meist wird die lokal bis regional aussagekräftige Holzkohleanalyse dabei als komplementäre Methode zur eher überregional aussagekräftigen Pollenanalyse angesehen (NEUMANN 1991, 1999a, LEROI-GOURHAN 1992). In den letzten Jahrzehnten hat die Holzkohleanalyse auch entscheidend zur Kenntnis der Vegetationsgeschichte außereuropäischer Regionen beigetragen (u.a. NEUMANN 1989, ROLANDO & ROSET 1991, ENGEL 1992, ROLANDO 1992, WILLCOX 1992, 1999, NEUMANN et al. 1998, TENGBERG 1998, SCHEEL-YBERT 2000, FRANK et al. 2001). Auch der aktuelle Wissensstand zur Vegetationsgeschichte des südlichen Afrika beruht zu einem nicht unerheblichen Anteil auf Ergebnissen anthrakologischer Untersuchungen (SCOTT et al. 1997, Kapitel 3.2.1). Seit 1995 beschäftigt sich der Sonderforschungsbereich 389 „Kultur und Landschaftswandel im Ariden Afrika“ (ACACIA) mit der holozänen Umwelt- und Besiedlungsgeschichte der Trockengebiete Nordost- und Südwestafrikas. Langfristiges Ziel der interdisziplinären Arbeiten in dem durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft geförderten Projekt ist die Ausarbeitung gemeinsamer und divergierender Entwicklungen in den beiden Hemisphären. Regionaler Forschungsschwerpunkt im südwestlichen Afrika ist das Kaokoland im Nordwesten Namibias. Das Kaokoland ist eine Region im ariden Grenzbereich zwischen Namibwüste und Savanne, die aufgrund klimatischer, floristischer, zoologischer und wirtschaftlicher Merkmale als Teil des südhemisphärischen ökoklimatischen Pendantes zur Sahelzone aufgefasst werden kann (BECKER 2001:70f.). Andererseits existieren zwischen beiden Regionen große Unterschiede im menschlichen Nutzungseinfluss während des Holozäns (u.a. SCHULZ &

POMEL 1992, KEMPF 1994:44f., NEUMANN et al. 1998, KAHLHEBER 1999, NEUMANN 1999b, ALBRECHT et al. 2001, KEDING & VOGELSANG 2001, SCHULTE 2002a:52 ff.).

Der Wissensstand zur spätquartären Umweltgeschichte Nordwest-Namibias ist trotz der in den letzten Jahren zunehmenden Zahl an Forschungsvorhaben in der Region noch immer fragmentarisch (vgl. Kapitel 3: Forschungsstand). Hierfür ist zu einem großen Teil die Unzugänglichkeit der Region verantwortlich (vgl. BECKER & JÜRGENS 2000, KEDING & VOGELSANG 2001), die in der Vergangenheit durch die Isolationspolitik seitens der deutschen Kolonialmacht und später der südafrikanischen Regierung noch verschärft wurde (ABEL 1954:10ff., BOLLIG 1998, SCHULTE 2002a:54). Aufgrund des überwiegend gebirgigen Charakters der Region und der eingeschränkten Infrastruktur sind z. B. zum Auffinden archäologischer Fundplätze nach wie vor extensive Surveys zu Fuß (VOGELSANG 1998) notwendig.

Zum anderen sind potentielle „Zeugen“ der spätquartären Vegetations- und Klimageschichte in der Region selten. So ist die Erhaltung von Pollen unter dem vorherrschenden ariden Klima generell schlecht und auch archäologische Freilandfundplätze weisen eine unzureichende Erhaltung organischer Reste auf. In Abris (Felsschutzdächern) ist die Erhaltung botanischer Makroreste besser, diese Fundplätze sind in der Region aber selten und schwer zu finden. So existieren, abgesehen von den Arbeiten im Rahmen des Sonderforschungsbereiches, nur wenige archäologische Veröffentlichungen aus der Region (KINAHAN 1981, SMITH 1988, JACOBSON 1988, 1995, SMITH & JACOBSON 1995). Auch Sedimente, die potentiell als Klimazeugen dienen könnten, sind selten und spiegeln häufig nicht die autochthonen Bedingungen. Hinzu kommen massive geochronologische Probleme (HEINE 1998 a, b, GEYH 1995, vgl. Kapitel 3).

Untersuchungen zur spätquartären Vegetationsgeschichte der engeren Region liegen außer den im Rahmen dieser Arbeit erstellten nicht vor. Informationen können bisher allenfalls aus marinen sowie terrestrischen Pollenanalysen aus anderen Vegetationszonen Namibias extrapoliert werden (vgl. Kapitel 3.2.2).

Die Zielsetzung dieser Arbeit ist es daher, durch die Analyse von Holzkohleflora aus archäologischen Fundplätzen in unterschiedlichen Klimazonen des Kaokolandes zur Aufklärung der spätquartären, insbesondere der holozänen, Vegetations- und Klimageschichte Nordwest-Namibias beizutragen. Durch die Arbeiten zur aktuellen Vegetationsökologie und -dynamik, die bereits im Rahmen des Sonderforschungsbereiches erstellt wurden (SANDER et al 1998, BECKER 2001, BECKER & JÜRGENS 2000, 2002, SCHULTE 2002a, b) sowie die vegetationskundliche Arbeit von VILJOEN (1980) besteht mittlerweile die notwendige Interpretationsbasis für die archäobotanischen Ergebnisse.

Im Vordergrund der anthrakologischen Untersuchungen stehen die folgenden Fragen:

- Lassen sich im Untersuchungszeitraum Belege für Veränderungen der Gehölzvegetation finden?
- Ergeben sich aus den möglichen Änderungen im archäobotanischen Fundbild Hinweise auf klimatische Schwankungen im Untersuchungszeitraum?
- Lässt sich eine anthropogen bedingte Veränderung der Vegetation nachweisen?

Hierbei soll kritisch die Aussagekraft der Methode in einem Raum mit einem starken Niederschlagsgradienten und einer dennoch, zumindest bei oberflächlicher Betrachtung, in weiten Gebieten relativ homogenen Gehölzvegetation getestet werden. Gleichzeitig soll die Erstellung eines auf einer breiten Vergleichsbasis fußenden holzanatomischen Schlüssels sowie der dazugehörigen anatomischen Beschreibungen zukünftig weitere holzkohleanalytische Untersuchungen in der Region ermöglichen. Dabei sollen klar die anatomischen Grenzen der anthrakologischen Bestimmungsarbeit herausgestellt werden. Im Rahmen der interdisziplinären Forschungen des Sonderforschungsbereiches 389 „ACACIA“ sollen die Untersuchungsergebnisse weiterhin als wichtige Hintergrundinformation zur Besiedlungsgeschichte der Region dienen, die durch die jeweiligen Umweltbedingungen mitbeeinflusst wurde und gleichzeitig auf die Vegetation rückwirkte. Dies gilt im besonderen Maße für die Phase des Jungholozäns seit etwa 3000 BP, in der sich wichtige kulturelle Innovationen wie die Keramikherstellung, Viehhaltung und – vermutlich in den letzten Jahrhunderten – ein spezialisierter Pastoralnomadismus etablierten.

2 Das Arbeitsgebiet

2.1 Lage und topographische Gliederung

Das Kaokoland im äußersten Nordwesten Namibias umfasst eine Fläche von etwa 50.000 km² (BECKER & JÜRGENS 2000). Im Süden grenzt die Region an das Damaraland, im Nordosten an das Ovamboland und im Südosten an den Etoscha-Nationalpark. Im Norden wird das Kaokoland durch den Kunene, den einzigen perennierenden (Fremdlings-)Fluss der Region, begrenzt (MALAN & OWEN-SMITH 1974). HILTON-TAYLOR (1994) sieht die Nordgrenze des Naturraumes dagegen im südwestlichen Angola. Die westliche Begrenzung des Kaokolandes bildet der Atlantische Ozean. Topographisch läßt sich das Kaokoland nach HILTON-TAYLOR (1994) in drei Hauptregionen unterteilen:

1. das Hochland im Landesinneren mit einer maximalen Höhe von etwa 2000m NN
2. die westlich der Großen Randstufe liegenden Ebenen der Pronamib mit von Westen her allmählich ansteigenden Höhen von 100 bis 700 m NN
3. die Ebenen der Nördlichen Namib

BECKER (2001: 40 ff.) gibt auf der Grundlage der Auswertung von Landsat5TM-Szenen eine feinere Gliederung der Naturräume des zentralen und westlichen Kaokolandes: Das östliche Randschwellen-Bergland gehört demnach nicht mehr zum Binnenhochland, sondern ist in die geotektonische Dynamik der Großen Randstufe einbezogen. Es besitzt Mittelgebirgscharakter mit Höhen zwischen 1000m und 1500m ü. M. Wenige Gebirgszüge erheben sich über dieses Niveau. In dieser Mittelgebirgslandschaft haben sich großräumig Beckenlandschaften herausgebildet. Westlich vermittelt die Escarpment-Zone zwischen dem Randschwellen-Bergland und der Küstenabdachung. Diese Region ist durch einen stellenweise dramatischen Abfall in der Geländehöhe und einen damit verbundenen Wechsel der Standortbedingungen im Hinblick auf Relief, Böden und Niederschlagsverhältnisse charakterisiert. Westlich erstreckt sich die mit Ausnahme der Tafelbergkomplexe generell schwach reliefierte Vornamib. Grob mit der Grenze des Skeleton Coast Nationalparks korrespondiert im Westen die Grenze der Nördlichen Namib, die durch weite Dünenfelder und in Küstennähe durch Salzpfannen geprägt ist.

2.2 Aktuelles Klima

Nach der Köppenschen Klimaklassifikation (KÖPPEN 1931, VAN DER MERWE 1983: Karte 23) weist das gesamte Untersuchungsgebiet trockenes Klima auf. Im Westen handelt es sich in Küstennähe um kühles Wüstenklima mit hoher Nebelwahrscheinlichkeit (BWk). Im zentralen Kaokoland herrscht heißes Wüstenklima mit Sommerregen und mittleren Jahrestemperaturen über 18°C (BWhw). Auch im östlichen Kaokoland liegt das Temperaturmaximum im Sommer (BWhwg). Östlich von Opuwo geht das Klima in ein Halbwüstenklima mit Sommerregen und sommerlichen Temperaturspitzen über. Die

Klimaregionen verlaufen dabei in etwa nordost-südwestwärts gerichtet (VAN DER MERWE 1983:Karte 23).

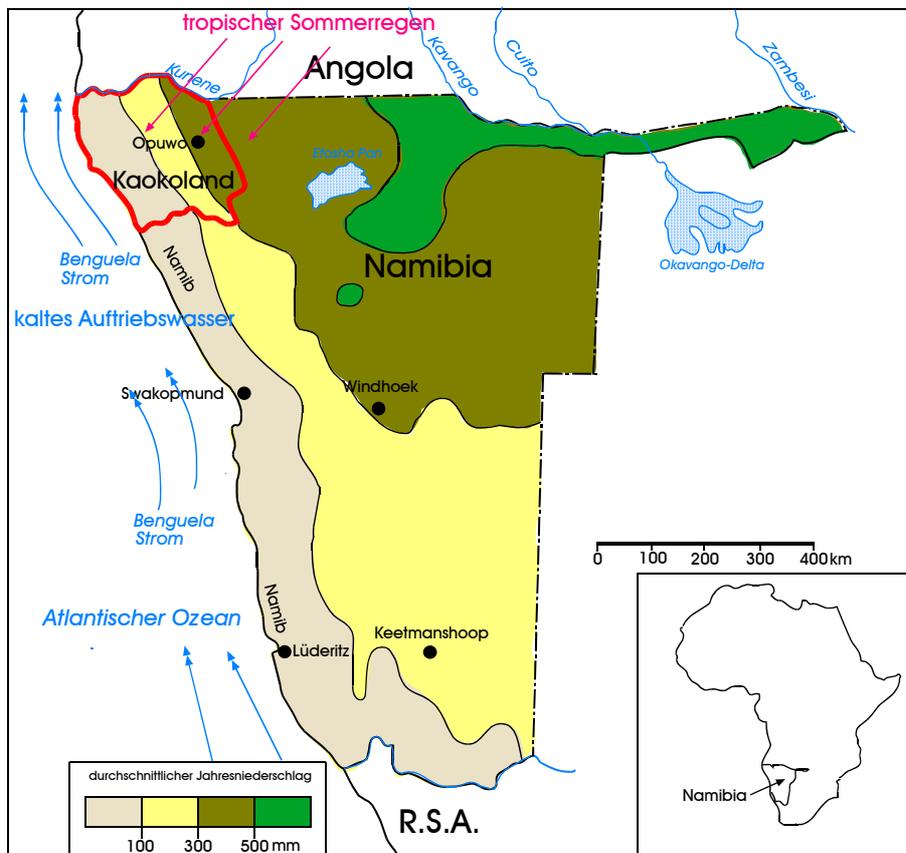


Abb. 1: Karte von Namibia mit der Lage des Arbeitsgebietes und den wichtigsten klimabestimmenden Faktoren (nach VAN DER MERWE 1983 und EITEL & BLÜMEL 1997), verändert

Die klimatischen Gegebenheiten des Kaokolandes werden im wesentlichen durch seine Lage zwischen etwa 17° und $19,5^{\circ}$ südlicher Breite bestimmt. Es liegt damit im Übergangsbereich zweier großer klimatischer Systeme: der subtropischen Hochdruckzone und der Südlichen Innertropischen Konvergenzzone SITCZ (HUTCHINSON 1995:17ff., ENGERT & JURY 1997:287). Das Arbeitsgebiet weist infolge dieser Lage ein ausgeprägtes Jahreszeitenklima mit einer Regenzeit im Südsommer und einer relativ kühlen Trockenzeit im Südwinter auf.

Im Winter liegt über der Kalahari ein stabiles Hochdruckgebiet (Botswana-Antizyklone), was Regenereignisse so gut wie ausschließt. In den Sommermonaten dringt die SITCZ dem Sonnenhochstand folgend südwärts vor und bringt konvektive Niederschläge in die Region (Abb. 1). Zu Beginn der Regenzeit in Namibia verlaufen die Zonen, die Niederschläge erhalten, eher meridional als longitudinal (HUTCHINSON 1995: Abb. 2.2). Auch im Sommer erhält der Nordosten Namibias mehr Regen als der Norden und Zentralnamibia, da die südliche Grenze des Vordringens der ITCZ über Nordnamibia nordwest-südostgerichtet verläuft (HUTCHINSON 1995: Abb.2.1). Die hyperaride Namib erhält nur sehr sporadisch Sommerregen der ITCZ. Die nordöstlichen Luftmassen haben ihre Niederschläge beim Eintreffen in der Region zum einen bereits weitestgehend verloren, zum anderen erwärmt sich die Luft beim Absteigen vom Escarpment zur Namib

und die relative Luftfeuchte der Luftmassen sinkt weiter (HUTCHINSON 1995:20). Zur Aridität des küstennahen Raumes trägt wesentlich auch der vor der Küste Namibias nordwärts verlaufende Benguela-Strom bei (LESER 1982:87). Dieser führt kaltes Wasser von Süden heran. Daneben existiert eine küstennahe Auftriebswasserzone, die kaltes Tiefenwasser an die Oberfläche bringt (DEACON & LANCASTER 1988:48, SHANNON & NELSON 1996, SHI & DUPONT 1997, SHI et al. 1998, 2000: Abb. 1). Beide Faktoren bedingen die niedrigen Oberflächentemperaturen vor der Küste, die wiederum die Verdunstung senken und Konvektion verhindern (SHI & DUPONT 1997, SHI et al. 1998, 2000, BLÜMEL et al. 2000). Im kühlen küstennahen Bereich der Namib kommt es bei Eintreffen feuchter ozeanischer Luftmassen und Unterschreiten des Taupunktes häufig zu Nebelniederschlag (OLIVIER 1995, JÜRGENS et al. 1997, HACHFELD & JÜRGENS 2000). Mit zunehmender Küstenentfernung sinkt im Inland aufgrund steigender Temperaturen die relative Luftfeuchte, so dass Niederschlag ausbleibt.

Die Niederschlagsverhältnisse des gesamten Untersuchungsgebietes sind somit räumlich und zeitlich hochvariabel. Dabei nimmt der durchschnittliche Jahresniederschlag im Kaokoland in Nordost-Südwest-Richtung von ca. 300- 400 mm auf unter 50 mm ab. Die Dauer der Regenzeit sinkt dabei in gleicher Richtung von zwei bis vier Monaten auf weniger als einen Monat pro Jahr. Dabei nimmt die Häufigkeit der Niederschläge ab und ihre Variabilität nimmt zu (VAN DER MERWE 1983). Besonders in den niederschlagsarmen Gebieten im Westen und Südwesten weisen die Niederschläge oft fleckenhaften Charakter auf (SANDER & BECKER 2002). Im Kaokoland und angrenzenden Regionen existieren fünf Wettermessstationen, deren Daten dem Weather Bureau in Windhoek zur Verfügung stehen. Die Datenreihen sind aber fragmentarisch und die Messperioden asynchron. Ihre Auswertung zeigt unter anderem, dass die höchsten Regenmengen in den Monaten Januar bis März fallen; Beginn und Ende der Regenzeit variieren dabei in verschiedenen Jahren (SANDER & BECKER 2002). Häufig treten Starkregenereignisse auf, die starke Bodenerosion hervorrufen können (SANDER et al. 1998, BRUNOTTE & SANDER 2000a, 2000b, SANDER & BECKER 2002). Zyklische trockene und feuchte Phasen lassen sich im südlichen Afrika seit Beginn von Niederschlagsmessungen Mitte des 19.Jhdts nachweisen (TYSON 1986, PRESTON-WHYTE & TYSON 1988:260 ff., NICHOLSON 1996). Für Namibia ist dabei ein 10- bis 12-jähriger Zyklus erkennbar, in dem Dürreperioden auftreten (OLSZEWSKI & MOORSOM 1995). Während der gravierenden Dürre von 1980-1982 wurde fast der gesamte Viehbestand des Kaokolandes vernichtet (BOLLIG 1997, 1999). In den letzten 25 Jahren tritt im nordwestlichen Namibia ein Rückgang der Niederschläge auf, der für alle Klimastationen nachweisbar ist (BOLLIG & SCHULTE 1999, SCHULTE 2002a). Dieser kurze Zeitraum lässt allerdings noch keine Schlüsse auf einen langfristigen Trend zu.

Aufgrund der großen Entfernung der Region zum Äquator weisen auch Insolation und Temperatur einen starken Jahresgang auf. Die Amplitude der Temperaturmonatsmittel in Opuwo beträgt dabei $8,2^{\circ}$ (SANDER & BECKER 2002). In der Trockenzeit treten in Namibia außer im Bereich der Küste regelmäßig Nachtfröste auf (LESER 1982), die im Kaokoland bis -4°C erreichen können (SANDER & BECKER 2002). Im Bereich der

Küste (Möwe Bay) liegen aufgrund der Nähe zum Benguela-Strom die Monatsmittel der Temperatur unter denen im Landesinneren, gleichzeitig sind Tages- und Jahresamplitude geringer ausgebildet (SANDER & BECKER 2002).

2.3 Geologie und Böden

Nach LESER (1982:79) lassen sich in Namibia nur an wenigen Stellen Bezüge zwischen den meist sehr alten geologischen Gebirgssystemen und den heutigen Oberflächenformen erkennen. Der geologische Untergrund ist in weiten Teilen Namibias von jüngeren tertiären bis quartären Sedimenten bedeckt. Für das Kaokoland hat dies besonders

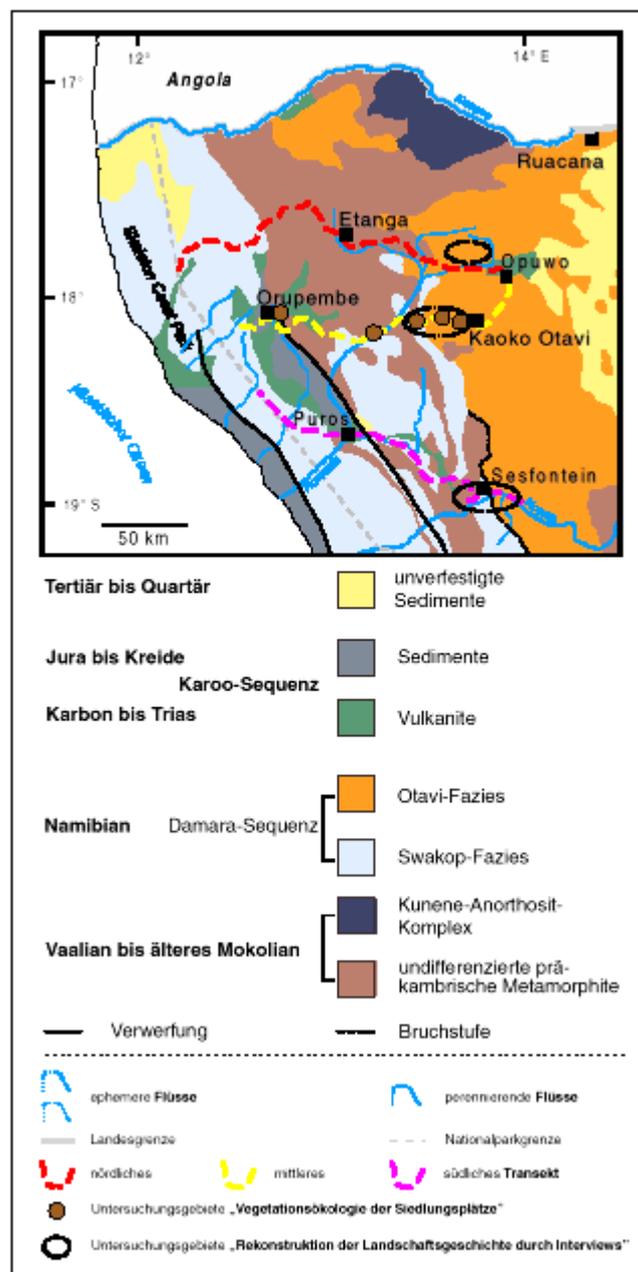


Abb. 2: Karte der Geologie des Arbeitsgebietes mit Lage der durch BECKER (2001) bearbeiteten Transekte und Untersuchungsgebiete (Abbildung aus BECKER (2001:64))

Gültigkeit im östlichsten Bereich, wo die alte Landoberfläche unter die Kalaharisande abtaucht, für den westlichen Bereich, der mit den Küstensanden der Namib bedeckt ist, aber auch für die mit Sedimenten verfüllten Becken und Ebenen (BRUNOTTE & SANDER 2000a, 2000b). Ansonsten nimmt im Kaokoland das geologisch heterogene Randstufenbergland den größten Teil der Landesfläche ein (LESER 1982:75).

Die Geologie der Region ist bisher nur in grobem Maßstab kartiert (Abb. 2, VAN DER MERWE 1983:Karte 8). Nur von Teilgebieten der Region liegen Detailkarten vor (vgl. BRUNOTTE & SPÖNEMANN 1997).

In großen Teilen des westlichen, südlichen und östlichen Kaokolandes stehen Gesteine der jüngeren präkambrischen Damara-Sequenz an (Swakop-Schiefer, Otavi-Dolomit und Nosibquarzit). Für das zentrale und nördliche Kaokoland sind undifferenzierte Metamorphite und Quarzite sowie im Bereich der Zebraberge der Kunene-Anorthosit ausgewiesen. Diese Gesteine gehören sämtlich zur älteren präkambrischen Sinclair-Sequenz. Im südlichen Teil der Escarpmentzone und Teilen der Namib stehen Basalte und Sandsteine der Karroo-Sequenz (Karbon bis Jura) an (Abb. 2).

Die Bodenkarte Namibias weist ebenfalls einen groben Maßstab auf (VAN DER MERWE 1983:Karte 9). Neuere Darstellungen sind eher noch vereinfacht (BARNARD 1998: Karte 1.6). Im östlichen und zentralen Kaokoland treten großräumig Lithosole auf. Im nordöstlichen Teil des Kaokolandes überwiegen dabei saure Lithosole auf Granit, im Südosten Lithosole auf Kalkstein, Quarzit und Dolomit. Einen kleineren Raum nehmen hier Arenosole in Binnenlandsanden sowie flachgründige, kalkhaltige Sand- und Lehm Böden ein. Im westlichen Kaokoland treten Arenosole in Küstensanden, flachgründige kalkhaltige Tonböden und Salzböden (Solontschake) auf (VAN DER MERWE 1983, BECKER 2001:65). Nach BECKER (2001:63) werden die Kartendarstellungen den tatsächlichen pedologischen Bedingungen nicht gerecht und spiegeln die z.T. sehr heterogenen Bodenbedingungen nur unzureichend wider. Die tatsächlichen bodenchemischen und bodenphysikalischen Eigenschaften weisen in Abhängigkeit von wechselnden geologischen Voraussetzungen und der Geländesituation häufig kleinräumige Muster auf (BECKER & JÜRGENS 2002).

2.4 Flora

Phytogeographisch gehört das Kaokoland überwiegend zum paläotropischen Florenreich. Davon ausgenommen ist nach JÜRGENS (1997) ein schmaler Küstenstreifen im Südwesten des Kaokolandes, der einen Nordausläufer der zur Größeren Kapflora gehörenden Sukkulenterkaroo darstellt.

Der äußerste Osten des Untersuchungsgebietes ist Teil der Sambesischen Domäne der Sudano-Sambesischen Florenregion. Der Rest des paläotropischen Teils des Kaokolandes gehört zur Nama-Karroo-Region mit der Damaraland-Kaokoland-Domäne im Osten und der Namaland-Domäne im Westen (JÜRGENS 1991, 1997).

Naturgemäß gibt es hierbei Übergänge, in denen Taxa beider Florenregionen vorkommen. So hebt JÜRGENS (1991) die hohe Individualität der Damaraland-Kaokoland-Domäne hervor, in der viele Arten der Sudano-Sambesischen Florenregion auftreten. Dies betrifft in

besonderem Maße auch die im Rahmen dieser Arbeit relevanten Phanerophyten. So gilt *Colophospermum mopane* als Leitpflanze der Sambesischen Domäne der Sudano-Sambesischen Florenregion (u.a. LESER 1982), die Art kommt jedoch als Nanophanerophyt bis weit in den Westen (GIESS 1971, 1998, WERGER & COETZEE 1978) und damit im Gebiet der Nama-Karoo vor. In einer durch CRAVEN (1998) zusammengestellten, vorläufigen Florenliste für das Kaokoland sind zahlreiche Sudano-Sambesische Gehölzarten aufgeführt, die nur an extrazonalen Gunststandorten wie Rivieren oder niederschlagsbegünstigten Gebirgszügen in die Region vordringen oder dort möglicherweise Refugien gefunden haben. So wachsen nach eigenen Beobachtungen vereinzelte Individuen von *Kigelia africana* in den nördlichen Joubertbergen (südlich von Kaoko Otavi), die nach SANDER & BECKER (2002) einen besonderen Niederschlagsgunstbereich darstellen. Dies ist von besonderer Bedeutung bei der Auswertung anthrakologischer Ergebnisse. Der Nachweis extrazonal verbreiteter Taxa in Holzkohlefloren kann bei Unkenntnis ihrer aktuellen Verbreitung zu ökologischen Fehlinterpretationen, wie der Annahme niederschlagsreicherer Bedingungen zur Zeit der Ablagerung, führen. Die heute gängigen Verbreitungskarten für Baumarten des südlichen Afrika¹ (COATES PALGRAVE 1983, 2002, VON BREYTENBACH 1995, VAN WYK & VAN WYK 1997) sind zu ungenau, um die Verbreitung im Kaokoland zu erfassen. Dies wird sich allerdings zukünftig durch den durch das National Botanical Research Institute (NBRI) in Windhoek zusammengestellten „Tree Atlas of Namibia“ ändern.

Das Kaokoland besitzt eine sehr artenreiche Flora (geschätzt auf etwa 950 Arten) mit einem hohen Endemismusgrad (GIBBS-RUSSEL 1987, HILTON-TAYLOR 1994, COWLING & HILTON-TAYLOR 1997, BARNARD et al. 1998, MAGGS et al. 1998, CRAVEN 1998). Zahlreiche Taxa des Kaokolandes weisen eine disjunkte Verbreitung in den ariden Gebieten auf beiden Seiten des Äquators auf (DE WINTER 1971, WHITE 1990, JÜRGENS 1997, MAGGS et al. 1998).

2.5 Vegetation

GIESS (1971, 1998) ordnet die gesamte Vegetation Nordwest-Namibias – mit Ausnahme der Nördlichen Namib – der Mopane-Savanne zu. Mopane-Savannen finden sich im südlichen Afrika auf ariden, nährstoffreichen Standorten. Sie gehören somit funktionell zur Gruppe der für diese Lebensräume typischen sogenannten „fine-leaved savannas“ (Savannen, die vor allem durch fiederblättrige Fabaceae-Mimosoideae charakterisiert sind), obwohl die namensgebende Art *Colophospermum mopane* (Fabaceae-Caesalpinioideae) breitblättrig ist (SCHOLES 1997). Zur Ökologie der Mopane-Savannen liegen zahlreiche Untersuchungen vor (TIMBERLAKE 1995). Die auf das südliche Afrika

¹ Im folgenden wird unter dem Begriff „südliches Afrika“, wie in der Fachliteratur der Region üblich (vgl. z. B. COATES PALGRAVE 1983, 2002, SCOTT et al. 1997, VAN WYK & VAN WYK 1997), die afrikanische Landmasse südlich der Ost-West-Linie Kunene/Okavango/Caprivizipfel/Sambesi verstanden. Diese umfasst die heutigen Staaten Namibia, Republik Südafrika, Swasiland, Lesotho, Botswana, Zimbabwe sowie den Süden des Staates Moçambique.

beschränkte Verbreitung der Mopane-Savannen wurde zuletzt durch MAPAURE (1994) kartiert.

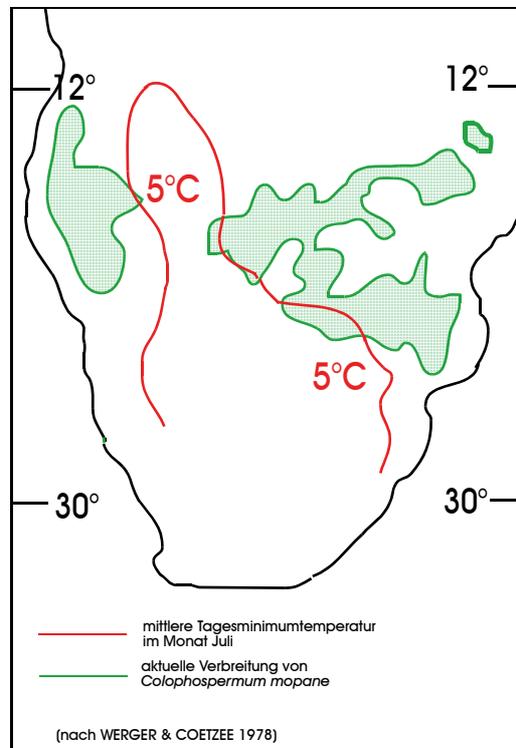


Abb. 3: Aktuelle Verbreitung von *Colophospermum mopane* in Relation zur 5°C-Isotherme der mittleren Tagesminimumtemperatur im Juli (nach WERGER & COETZEE 1978, verändert)

Die südliche Verbreitungsgrenze der namensgebenden Art *Colophospermum mopane* wird nach WERGER & COETZEE (1978) durch die Minimumtemperatur bestimmt und deckt sich in etwa mit der 5°C-Isotherme des mittleren Tagesminimums des kältesten Monats Juli (Abb. 3).

GIESS betont selbst den vorläufigen Charakter seiner Vegetationsklassifikation Nordwest-Namibias. BARNARD et al. (1998) weisen darauf hin, dass der Escarpmentbereich Nordnamibias durch die Zuordnung zur Mopane-Savanne fehlklassifiziert wird.

Eine detaillierte Vegetationsbeschreibung des Kaokolandes, die auch in eine Vegetationskarte mündete, legte VILJOEN (1980) vor. Eine zentrale Rolle bei seiner Ausgliederung von Vegetationseinheiten spielen hierbei die Phanerophyten, was die Arbeit besonders bedeutsam für die Interpretation anthrakologischer Daten macht. VILJOEN beschreibt 14 Hauptvegetationseinheiten, die er in zahlreiche Untereinheiten gliedert (Abb. 4). Die Hauptvegetationseinheiten des östlichen Kaokolandes stellen dabei verschiedene überwiegend durch *Colophospermum mopane* dominierte Savannen dar, im Escarpmentbereich dominieren durch die Gattung *Commiphora* geprägte Strauchsavannen. Westlich des Escarpments tritt durch *Stipagrostis hirtigluma* bestimmtes, ephemeres Grasland in den Vordergrund. Im Bereich der nördlichen Namib wird dieses von einer

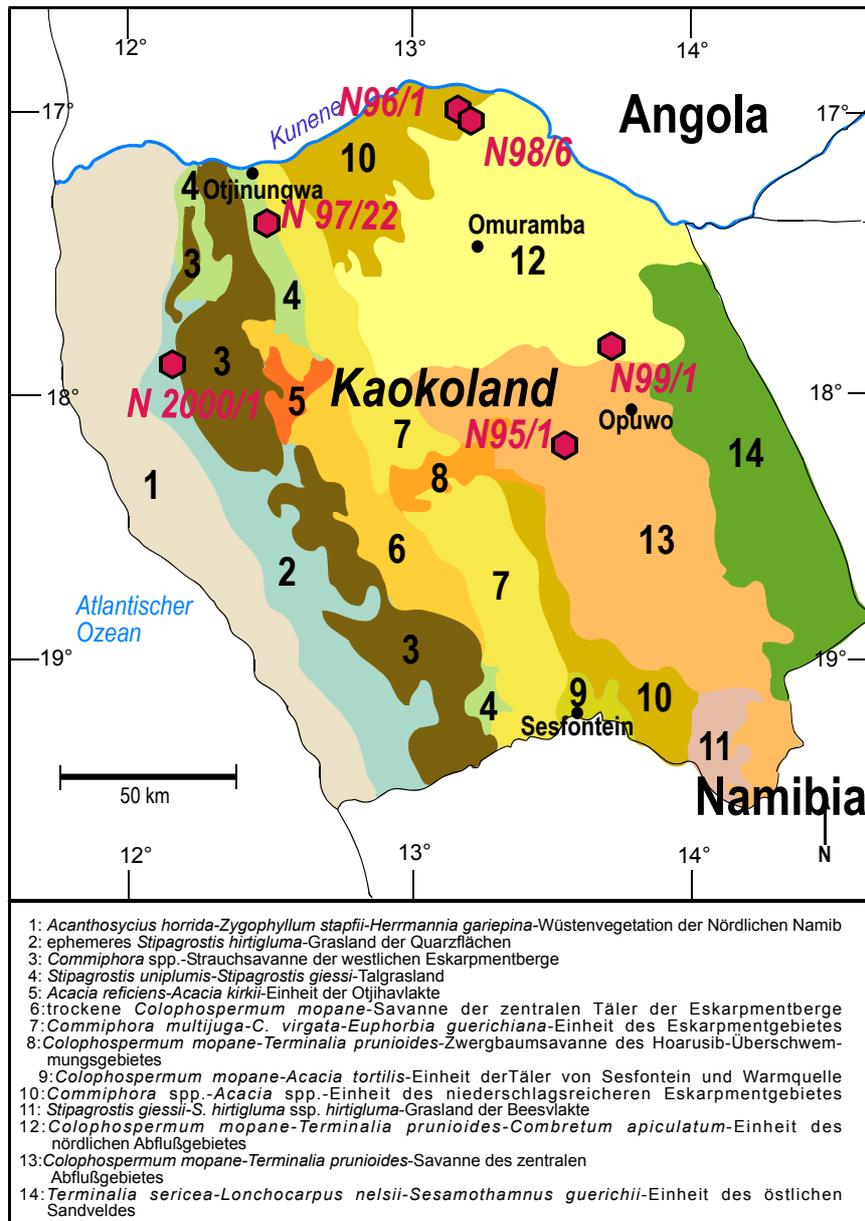


Abb. 4: Lage der Fundstellen in Relation zu den Vegetationseinheiten nach Viljoen (1980)

(Karte nach Viljoen 1980, verändert)

Vegetationseinheit abgelöst, die durch den !nara-Strauch *Acanthosycios horridus* und Zwergsträucher charakterisiert ist. Daneben beschreibt VILJOEN die azonale und extrazonale Vegetation der Riviere und Berghänge des Kaokolandes.

Die Vegetationsökologie dreier durch das nördliche, zentrale und südliche Kaokoland verlaufender Ost-West-Transekte (Abb. 2) beschreiben BECKER (2001), BECKER & JÜRGENS (2000) sowie BECKER & JÜRGENS (2002). Generell ähnelt die Einteilung von Hauptvegetationseinheiten der bei VILJOEN. Als Hauptfaktor für die Verteilung der Vegetationseinheiten, der Lebensformenspektren und die Kenngrößen Artenzahl, Gesamtdeckung und Evenness der Vegetationseinheiten wird der nordost-südwest-

verlaufende Klimagradient erkannt. Geringeren Einfluss haben bodenphysikalische und bodenchemische Standorteigenschaften. So prägt die „*Colophospermum mopane*-Savanne“ mit den drei wichtigsten Untereinheiten „*Colophospermum mopane*-Savanne“, „*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides*-Savanne“ und „*Colophospermum mopane-Terminalia prunioides-Combretum apiculatum*-Savanne“ in unterschiedlicher Verteilung die östlichen und mittleren, niederschlagsreicheren Transektabschnitte, wobei kleinräumige Wechsel dieser Savanntypen auftreten können. Die niederschlagsärmeren und durch hohe Niederschlagsvariabilität gekennzeichneten Transektabschnitte im Bereich der Pronamib werden regelmäßig von Gemeinschaften des „Ephemeren Graslandes“ geprägt. Nur kleinräumig treten im Bereich des südlichen Transektes die Vegetationseinheiten „*Acacia* spp.-Savanne“ und „*Commiphora* spp.-Savanne“ auf.

Neben den natürlichen klimatischen und pedologischen Faktoren wirkt sich die rezente und aktuelle menschliche Nutzung in Teilen des Kaokolandes stark auf die Vegetation aus.

Eine Sonderstellung nehmen demnach nach BECKER (2001:255ff.) die Pflanzengemeinschaften der Siedlungsplätze ein. In ihrem Nahbereich führen kleinräumig anthropogene Nutzungseinflüsse wie Trittbelastung, Verbiss und hohe Nährstoffkonzentration durch Eintrag von Viehdung zu einer Entkopplung von der jeweiligen Matrixvegetation mit einer hohen Dominanz annueller Arten. In sehr dicht besiedelten Räumen, wie zum Beispiel in den Siedlungsunsträumen der großen Beckenlagen, kommt es entlang der vegetationsökologisch bearbeiteten Transekte stellenweise zu einer tiefgreifenden Vegetationsdegradation, für die ursächlich die zunehmende Aufgabe der traditionellen, auf mobile Viehhaltung ausgerichteten Wirtschaftsweise angesehen wird.

Für das seit etwa 25 Jahren aufgrund von Zwangsansiedlungen durch die südafrikanische Regierung eng besiedelte Omuhonga (BOLLIG 1997) im nördlichen Kaokoland beschreiben SANDER et al. (1998) die wichtigsten Faktoren anthropogener Beeinflussung der Vegetation:

1. die Degradation der Baumschicht aufgrund von Verbiss durch Vieh und der Entnahme großer Holzmengen, besonders von *Colophospermum mopane*, für den Bau von Hütten und Zäunen (als geschätzter Wert werden 350 Bäume pro Haushalt angegeben, die Gebäude werden in etwa zehnjährigem Turnus erneuert)
2. die Degradation der Krautschicht, die in Folge von annuellen Arten dominiert wird und geringe Deckungsgrade aufweist
3. die Bodenerosion, bei der Kalkkonkretionslagen und Schotterschichten freigelegt sowie ein Mikrorelief mit Erosionsrinnen gebildet wird

SCHULTE (2002a:172ff.) entwickelt für die Vegetation des nordöstlichen Kaokolandes ein dreistufiges, konzeptionelles Degradationsmodell. Demnach sind Dynamiken in der primären, ungenutzten Savanne, einer Naturlandschaft, ausschließlich vom Niederschlag abhängig. Mit Einsetzen der pastoralnomadischen Nutzung bildet sich eine sekundäre Savanne aus, die eine langfristig nutzbare, resiliente Kulturlandschaft darstellt. Auch hier sind die Dynamiken überwiegend niederschlagsabhängig, eine schleichende Degradation ist dabei aber nicht ausgeschlossen. Mit Nutzungsintensivierung kann es zum

Zusammenbrechen des Systems mit irreversiblen Veränderungen kommen. Hierzu zählen der Verlust von Bodensubstrat und eine massive Schädigung der Baum- und Grasschicht. Der genaue Auslöser für die rasche Veränderung ist nicht bekannt; wahrscheinlich führt das Überschreiten der Belastbarkeit der sekundären Savanne während einer mehrjährigen Dürre zum Zusammenbruch (SANDER et al. 1998).

2.6 Besiedlungsgeschichte

Wie Faustkeilfunde belegen, war das Kaokoland bereits im Early Stone Age Siedlungsraum des Menschen (VOGELSANG 1998, SFB 389 2001:231). Artefakte aus dem Middle Stone Age sind an zahlreichen Freilandfundplätzen nachweisbar.

Über die holozäne Besiedlungsgeschichte der Region war aus archäologischer Sicht vor den Arbeiten des Sonderforschungsbereiches 389 wenig bekannt. Lediglich zwei kleine Testgrabungen (KINAHAN 1981, SMITH 1988) waren publiziert, während sich JACOBSON (1988, 1995) in einer ethnoarchäologischen Annäherung mit in historischer Zeit aufgelassenen Siedlungsplätzen beschäftigte.

Mittlerweile konnten durch die Arbeiten im Sonderforschungsbereich fast 100 archäologische Fundplätze unterschiedlicher Zeitstellung lokalisiert werden (KEDING & VOGELSANG 2001). In das Holozän datierende Freilandfundplätze sind dabei selten und die Erhaltung organischen Materials ist dort generell schlecht. In Abris (Felschuttdächern) sind botanische und zoologische Makroreste weit besser erhalten. Die umfassendsten Erkenntnisse zur holozänen Besiedlungsgeschichte entstammen bisher dem westlich von Kaoko Otavi gelegenen Abri von Oruwanje (ALBRECHT et al 2001). Vor der Einführung von Haustieren war das Kaokoland von Jäger-Sammler-Gruppen besiedelt. Erste Funde von Haustierknochen (Schaf und Ziege) sowie Keramik deuten darauf hin, dass es vor etwa 2000 Jahren erste Kontakte zwischen Wildbeutern und Viehhaltern gab. Dies deckt sich zeitlich mit Funden aus dem Abri von Geduld in der Nähe von Outjo/Namibia (SMITH & JACOBSON 1995) und weiteren Angaben zum Rest des südlichen Afrika (SADR 1998:102 ff.). Leider schlugen aber Versuche, die Knochen von Oruwanje direkt datieren zu lassen, wegen schlechter Kollagenerhaltung fehl, so dass keine letzte Sicherheit über ihr Alter besteht. Allem Anschein nach behielt im Anschluss an die Einführung von Kleinvieh zumindest ein Teil der Jäger und Sammler ihre Wirtschaftsweise bis in historische Zeit bei (VOGELSANG 2002, KEDING & VOGELSANG 2001). Dafür spricht, dass die Zusammensetzung des Steingeräteinventars auch nach dem Auftreten von Kleinviehknochen und Keramik unverändert bleibt und Wildtierknochen weiterhin dominieren. Anscheinend gab es keinen äußeren Druck, wie tiefgreifende klimatische Änderungen oder Konkurrenz um Ressourcen, der einen ökonomischen Wandel in der Region befördert hätte (VOGELSANG 2002). Vielmehr wurden bestimmte Elemente der fremden Kultur, wie etwa die Keramik, in die materielle Kultur übernommen. KEDING & VOGELSANG (2001) beschreiben die Jäger-Sammler-Gruppen in Namibia als durch hohe Mobilität, kleine Gruppen und nicht spezialisierte Ressourcennutzung mit egalitärer Gruppenstruktur gekennzeichnet. Ein Herdenmanagement hätte ihrem „immediate return system“ (WOODBURN 1980,

VOGTS 1992 zitiert in KEDING & VOGELSANG 2001), in dem auf die Gegenwart bezogene Aktivitäten im Vordergrund stehen, widersprochen. Für eine Phase von 1000 Jahren nach dem ersten Auftreten sind im Kaokoland bisher keine weiteren Kleinviehknochen nachweisbar. Dies mag mit der nach wie vor spärlichen Datenlage zusammenhängen, möglicherweise war die Frühphase der Viehhaltung im Kaokoland aber auch nur eine kurze Episode in der Besiedlungsgeschichte der Region.

Wann im Kaokoland die Haltung von Rindern begann, ist nach wie vor offen. Bisher gibt es keinen archäologischen Beleg für eine Rinderhaltung, bevor die Herero (als Vorfahren der heute im Kaokoland lebenden Himba) vermutlich im 18. Jahrhundert aus dem Süden Angolas in die Region einwanderten und die Wirtschaftsweise des spezialisierten Rindernomadismus mitbrachten (MALAN 1995:88 gibt hierfür bereits die Mitte des 16. Jahrhunderts an; dies ist nach BOLLIG 1999:78 zitiert in SCHULTE 2002a wohl nicht haltbar). Mitte bis Ende des neunzehnten Jahrhunderts flohen viele Himba/Herero nach Raubzügen der Topnar und Swartbois zurück nach Angola (BOLLIG 1998). Eine erneute Rückwanderung setzte um 1900 ein. Viehhaltung ist die wichtigste Subsistenzgrundlage der Himba (BOLLIG 1997). Sie besitzen gemischte Rinder- und Kleinviehherden, die während der Trockenzeit in Weidegebieten fern der Hauptsiedlungsplätze gehalten werden. In der Regenzeit werden diese Gebiete geschont. Neben den tierischen Produkten Milch und Fleisch stellt in den Gebieten, in denen die Niederschlagsverhältnisse es zulassen, der Anbau von Feldfrüchten wie Mais, Hirse und Kürbisgewächsen eine weitere wichtige Subsistenzgrundlage dar.

3 Forschungsstand

3.1 Generelle Kenntnisse zur Vegetationsgeschichte des südlichen Afrika seit dem letzten Hochglazial

Der generelle Forschungsstand zur spätquartären Vegetationsgeschichte des südafrikanischen Subkontinents wurde durch SCOTT et al. (1997: 70) zusammengefasst. Während des letzten Glazialmaximums um 18.000 BP lagen demnach die Durchschnittstemperaturen um etwa 5°C unter den heutigen. Dies hatte zur Folge, dass die Vegetationshöhenzonen um etwa 1000m absanken. Ebenso waren die Südgrenzen der Savannengesellschaften weit nach Norden verschoben (SCOTT et al. 1997: 76). Zur gleichen Zeit war das Niederschlagsniveau, aber - aufgrund der niedrigen Temperaturen - auch die Verdunstungsrate niedriger als heute. Ab etwa 14.000 BP folgte ein allmählicher Temperatur- und Niederschlagsanstieg. Im Frühholozän sank die Niederschlagsintensität erneut ab. Seit etwa 7000 BP ähneln die Biome generell den heutigen. Diese Darstellung ist allerdings stark generalisiert. Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen der letzten Jahre belegen, dass Klima- und Vegetationswandel im Winterregengebiet des südlichen Afrika einen anderen Verlauf genommen haben als im Rest der Region. Demnach herrschten dort im letzten Hochglazial feuchtere Bedingungen (CARTWRIGHT & PARKINGTON 1997, COWLING et al. 1999, PARKINGTON et al. 2000).

3.2 Spätpleistozäne und holozäne Vegetationsgeschichte Namibias und ihre paläoklimatische Interpretation

3.2.1 Holzkohleanalyse

In weiten Teilen des südlichen Afrika hat seit den frühen achtziger Jahren die Holzkohleanalyse aus archäologischen Fundplätzen (Abrisse und Höhlen) wichtige Beiträge zur Erforschung der jeweiligen regionalen Vegetations- und Klimageschichte geliefert (u.a. DEACON et al. 1983: Südwestkap, PRIOR & PRICE-WILLIAMS 1985: Swasiland, TUSENIUS 1989: Nordostkap, DOWSON 1988: Transvaal, WADLEY et al. 1992: Oranje-Freistaat, ESTERHUYSEN & MITCHELL 1996: Lesotho, CARTWRIGHT & PARKINGTON 1997, COWLING et al. 1999, PARKINGTON et al. 2000: Südwestkap). Tabelle 1 zeigt eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse für die im Zusammenhang mit dieser Arbeit relevante Periode seit dem Übergang vom Pleistozän zum Holozän. Die Gesamtbedeutung anthrakologischer Studien für die Aufklärung der Vegetationsgeschichte des südlichen Afrika kontrastiert damit stark zum Mangel an entsprechenden Untersuchungen in Namibia: Für das gesamte Namibia existiert neben den eigenen Arbeiten nur eine Veröffentlichung, die neben archäologischen auch holzanalytische Untersuchungen an Material aus einer Fundstelle in der zentralen Namib behandelt (SANDELOWSKY 1977). Es handelt sich hierbei um eine vorläufige, überwiegend methodologische Studie ohne weitreichende paläoökologische Aussagemöglichkeit. Aus dem gesamten nordwestlichen Namibia liegen außer den eigenen Vorarbeiten bis dato keine anthrakologischen Publikationen vor.

Autoren	CARTWRIGHT & PARKINGTON 1997, COWLING et al. 1999	DEACON et al. 1983	TUSENIUS 1989	DOWSON 1988	WADLEY et al. 1992	PRIOR & PRICE-WILLIAMS 1985	ESTERHUYSEN & MITCHELL 1996
anthrakologisch bearbeitete Region	Südwestkap	Südkap	Nordostkap	Transvaal	Oranje-Freistaat	Swaziland	Lesotho
Rezentes Niederschlagsregime	Winterregen	Sommer- und Winterregen	Sommerregen				
Spätpleistozän (vor ca. 12000 BP)	relativ feucht und vermutlich kühl	aride und kalte Verhältnisse, ab ca. 14.000 BP allmählicher Niederschlags- und Temperaturanstieg	relativ feucht und kühl	relativ kühl (Fehlen der heute typischen Bushveldarten, Dominanz von Graslandarten)	kühler und trockener	keine Daten	keine Daten
Früh- und Mittelholozän (ab ca. 12000 BP)	keine Daten	keine Daten	trocken und vermutlich wärmer	Rückkehr der Bushveldarten spätestens um 8500 BP, nach vermutlich allmählichem Temperatur- und Niederschlagsanstieg	ähnlich heute, vermutlich etwas wärmer	relativ feucht (ähnlich heute) um 7000 BP, trocken zwischen 6000 und 4000 BP	relativ feucht um 8700 BP, trockener von 8400-6900 BP, relativ feucht von 6900-5000 BP
Spätholozän (ab ca. 4000 BP)	ähnlich wie heute seit ca. 4500 BP	keine Daten	relativ feucht und kühl ab 3000 BP	keine Daten	ähnlich heute	relativ feucht	keine Daten

Tab.1: Holzkohleanalytische Arbeiten aus dem südlichen Afrika und daraus abgeleitete vegetations- und klimageschichtliche Erkenntnisse

3.2.2 Pollenanalyse

Auch vegetations- und klimageschichtliche Informationen aus terrestrischen pollenanalytischen Untersuchungen fehlen für den Nordwesten Namibias völlig. Dies gilt sowohl für die Savannenregion als auch für die Nördliche Namib. Eine Hauptursache hierfür ist sicherlich nach wie vor in dem unter semiariden und ariden Klimabedingungen herrschenden Mangel an Sedimenten mit ausreichender Pollenerhaltung zu sehen (vgl. VAN ZINDEREN BAKKER 1995, SCOTT 1996, BROOK et al. 1998). Allerdings hat die Analyse von Pollen aus biogenen Ablagerungen mit aufgrund von Sauerstoffausschluss guter Pollenerhaltung (Dassie- und *Procavia*-Urinstellen) im ariden südlichen Afrika generell an Bedeutung als vegetationsgeschichtliche Quelle gewonnen (u.a. VAN ZINDEREN BAKKER & MÜLLER 1987, SCOTT & BOUSMAN 1990, SCOTT 1994, 1996).

Die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen terrestrischen Pollenprofile aus der Savannenregion Namibias stammen aus Windhoek im zentralnamibischen Hochland und vom nordostnamibischen Lake Otjikoto (SCOTT et al. 1991). Die Ergebnisse liefern jeweils Anhaltspunkte für lokale bis regionale holozäne Vegetationsveränderungen. Die Pollenprofile aus Windhoek deuten nach Ansicht der Autoren auf eine feuchte früh- bis mittelholozäne Phase zwischen 7000 und 5600 BP hin, in der Gräserpollen an Bedeutung gewannen. Das nordostnamibische Pollenprofil weist auf eine im Vergleich zu heute geringfügig trockenere spätholozäne Phase um 1000 BP hin. Terrestrische pollenanalytische Daten, die zur Klärung der Vegetations- und Klimageschichte der Namib beitragen könnten, sind spärlich. Pollenuntersuchungen an Pfannensedimenten aus dem Sossus Vlei (VAN ZINDEREN BAKKER 1984b) wurden vom Autor vorläufig als Beleg für die Stabilität arider Verhältnisse in der Namib-Sandsee seit mindestens 18.000 BP mit einer der heutigen stark ähnelnden Vegetation gewertet. Aufgrund unzureichender Pollenerhaltung und Datierungsproblemen ergaben sich aber letztlich keine gesicherten Erkenntnisse (VAN ZINDEREN BAKKER & MÜLLER 1987, SCOTT et al. 1997). Die Analyse von Pollen aus Urinablagerungen von *Procavia capensis* im Bereich des Kuiseb-Riviers (SCOTT 1996) deckt die letzten 2000 Jahre ab und erbrachte Hinweise auf regelmäßige Klimaoszillationen geringer Amplitude, die nicht die Artenzusammensetzung der Vegetation, sondern nur die Abundanz der verschiedenen Taxa beeinflussten. Marine Pollenanalysen an Bohrkernen, die westlich der Kuiseb-Mündung bzw. der Nördlichen Namib entnommen wurden, liefern zwar Langzeitspektren, sind aber entweder nicht genau datiert oder fallen mit pliozänem/pleistozänem Alter nicht in den Untersuchungszeitraum, der im Rahmen dieser Arbeit von Interesse ist (CARATINI & TISSOT 1982, SANCETTA et al. 1992, VAN ZINDEREN BAKKER 1984a, VAN ZINDEREN BAKKER & MÜLLER 1987).

Erkenntnisse zur überregionalen Vegetationsgeschichte des südwestlichen Afrika liefern marine Pollenanalysen an zwei Bohrkernen, die nordwestlich bzw. westlich der Kunene-Mündung geborgen wurden (SHI & DUPONT 1997, SHI et al. 1998, 2000). Die Ergebnisse werden im folgenden detaillierter dargestellt, da sie den im Rahmen dieser Arbeit interessanten Untersuchungszeitraum vollständig abdecken und somit eine wichtige Vergleichsbasis für die anthrakologischen Ergebnisse darstellen. Die Autoren

nehmen in beiden Fällen weite Polleneinzugsgebiete an, die im einen Fall Regenwald, Miombo, Mangrove, Trockenwald, afromontanen Wald, Wüste und Halbwüste (SHI & DUPONT 1997) bzw. im anderen Fall die Nördliche Namib, die Vegetation des namibischen und angolanischen Hochlandes – einschließlich afromontanem Wald – sowie insbesondere die nordwestliche Kalahari (SHI et al. 1998, 2000) umspannen. Damit sind detaillierte regionale oder gar lokale Vegetationsveränderungen aus diesen Spektren nicht ableitbar, wohl aber die großräumige Verschiebung von Vegetationseinheiten im südwestlichen Afrika und eine darauf beruhende paläoklimatische Interpretation. Für das Endpleistozän weisen beide Pollenspektren einen hohen Anteil an Pollen von Taxa auf, die für kalt-trockene Klimaverhältnisse typisch sind. SHI et al. (1998, 2000) postulieren dabei für das Glazialmaximum eine dramatische Nordwärtsverschiebung von Vegetationseinheiten, die das Vordringen typischer Winterregentaxa der Kap-Flora wie Ericaceae und Restionaceae bis nördlich von 21°S beinhaltet. Hinweise auf anschließende feuchtere und wärmere Verhältnisse ergeben sich ebenfalls aus beiden Untersuchungen. Die zeitliche Einordnung ist dabei jedoch nicht kongruent, wofür zum Teil die bei SHI & DUPONT (1997) erwähnten Unsicherheiten in der Datierung der letzten beiden Pollenzonen ursächlich sein können. Nach SHI & DUPONT kommt es im frühen Holozän ab etwa 10 ka zu einem kontinuierlichen Anstieg des prozentualen Anteils von Artengruppen, die typisch für warme und feuchte Verhältnisse sind. Das Maximum liegt dabei um 6,3 ka. Bis 4,3 ka schließen sich dann kühlere, ebenfalls feuchte Verhältnisse an. Im Spätholozän steigt der Anteil an Taxa arider und semiarider Gebiete erneut an. SHI et al. (1998, 2000) nehmen bereits ab etwa 17,5 ka cal. BP eine deutliche Niederschlags- und Temperaturerhöhung an. Die Niederschläge bleiben dabei jedoch nach Meinung der Autoren im Bereich der nördlichen Kalahari bis 14,4 ka cal. BP 100-150 mm niedriger als heute und auch die Temperaturen erreichen nicht die heutigen Werte. Zwischen 14,4 und 12,5 ka cal. BP sowie 10,9 und 9,3 ka cal. BP treten zwei deutliche Trockenphasen auf. Sie sind gekennzeichnet durch sehr hohe Anteile von Artengruppen, die typisch für Wüste und Halbwüste sind. Die erste dieser Trockenphasen ist zeitgleich mit niedrigeren antarktischen und Meeresoberflächentemperaturen. Im Gegensatz zu TYSON (1999) und TYSON et al. (2001), sehen SHI et al. (2000) die Temperaturregression im südlichen Afrika aber nicht parallel zur Jüngeren Dryas-Zeit. Während der zweiten Trockenphase sind die Meeresoberflächentemperaturen hingegen höher als die aktuellen. Auf eine kontinuierliche Klimaverbesserung ab 9,3 ka cal. BP folgt ein mittelhologänes Klimaoptimum zwischen 6,3 und 4,8 ka cal. BP. Im mittleren bis späten Holozän zeichnet sich eine erneute Feuchtperiode zwischen 3,3 und 2 ka cal. BP ab, während im darauf folgenden Zeitraum der anthropogene Einfluss auf die Vegetation zunimmt. Die regionale bis lokale Vegetationsgeschichte des Kaokolandes sowie Details lokaler Vegetationsveränderungen sind aus allen vorab erwähnten Pollenspektren nicht herzuleiten.

3.3 Sedimentologische Daten und weitere paläoökologische Quellen

Der noch immer fragmentarische Kenntnisstand über die Vegetationsgeschichte Namibias erhöht die Bedeutung anderer paläoökologischer Quellen als Vergleichsbasis für die Interpretation der anthrakologischen Ergebnisse. Mit der Entwicklung verschiedener Datierungsmethoden haben vor allem sedimentologische Untersuchungen in Namibia und den unmittelbar anschließenden Gebieten wie der Kalahariregion in den letzten Jahrzehnten zugenommen. Allerdings haben insbesondere geochronologische Probleme, wie z.B. stark divergierende Radiokarbon-, Thermolumineszenz- und Uran/Thorium-Daten (vgl. GEYH 1995, HEINE 1998a, 1998b), aber auch unterschiedliche Interpretationsansätze zu teilweise völlig widersprüchlichen paläoklimatischen Aussagen geführt.

Insgesamt gilt die folgende Feststellung, die TYSON (1999) über den Kenntnisstand zur spätquartären Paläoklimatologie des gesamten südlichen Afrika machte, besonders auch für Namibia: „...The data from the southern African region tend to be of low resolution, poor continuity, and of sufficient scarcity to make testing of regional climate models difficult.“

3.3.1 Sedimentologische und pedologische Klimazeiger im engeren Untersuchungsgebiet und Nordwest-Namibia (ohne Namib)

Wie sedimentologische Untersuchungen im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 389 zeigten, wurden im zentralen Kaokoland im ausgehenden Pleistozän bis ins frühe Holozän massiv lössartige, äolische Sedimente abgelagert (BRUNOTTE & SANDER 2000b). Dies deutet auf relativ aride Bedingungen mit hohen Windgeschwindigkeiten und lockerer Vegetationsbedeckung hin. OSL-Datierungen an dem lössartigen Material aus dem Becken von Omungunda ergaben Alter, die alle um das letzte Hochglazial liegen (die Namensgleichheit mit dem Fundplatz N 99/1 Omungunda ist zufällig und bezeichnet nicht dieselbe Lokalität). Datierungen an Material aus der Nähe von Opuwo ergaben mit etwa 16.000 BP ein Datum aus der Endphase des Hochglazials und mit 10.000 BP sowie 8000 BP zwei frühholozäne Daten (BRUNOTTE & SANDER 2000b, SANDER mündliche Mitteilung 2002). Sowohl im Becken von Omungunda als auch bei Opuwo folgt über dem Lösspaket ein verbraunter Bodenhorizont, der auf relativ feuchte Bedingungen – im Rahmen eines semiariden Klimas – zur Zeit seiner Bildung schließen lässt. Darüber folgt jeweils ein zweites, geringmächtigeres Lösspaket. Die oberen Lösspakete datieren nach dem momentanen Kenntnisstand in die letzten 2000 - 3000 (Omungunda) bzw. maximal 4000 Jahre (Opuwo) und korrespondieren zeitlich mit schluffartigen Sedimenten im Abri von Oruwanje (BRUNOTTE & SANDER 2000b, SANDER & BRUNOTTE 2001). Diese Daten bilden damit einen *terminus ante quem* für die Entstehungszeit der verbräunten Bodenhorizonte.

Ob die in den Fundstellen Ovizorombuku N 96/1 und insbesondere Omungunda N 99/1 festgestellten Versturzschatthorizonte (SFB 389 2001:225 ff.) mit der Entstehung der erwähnten Bodenhorizonte zu korrelieren sind, kann momentan noch nicht mit Sicherheit

gesagt werden, da noch keine Sedimentanalysen aus diesen Abris vorliegen. RICHTER (1991:164 ff.) wertet Schutthorizonte in Fundstellen Zentralnamibias als Zeichen für ein feuchteres Klima, da, nach seiner Ansicht, unter den bei den heutigen ariden Klimabedingungen vorherrschenden Verwitterungsformen Desquamation und Exfoliation entsprechende Versturzhorizonte nicht gebildet werden können. Mit nur wenigen Rahmendaten stellt RICHTER die Phase der Versturzhorizontbildung vorsichtig in das Früh- bis Mittelholozän. Für das Abri von Omungunda liegen *termini a. q.* von etwa 2000 BP und *termini p. q.* von mindestens 12.000, mit hoher Wahrscheinlichkeit aber 7700 BP vor. Ein mittelholozänes Datum um 5500 BP wurde an Holzkohle aus dem Versturzhorizont gewonnen.

Tonmineralische Untersuchungen an marinen Sedimenten, die westlich der Kunene-Mündung geborgen wurden, wurden durch GINGELE (1996) durchgeführt. Hohe Anteile an charakteristischen aus dem Kunene stammenden Tonmineralen im Verhältnis zu äolisch eingetragenen Material aus Namib und Kalahari spiegeln demnach eine relativ niederschlagsreiche frühholozäne Periode wider. Seit 4000 Jahren besteht ein Gleichgewicht zwischen fluvialen und äolischem Eintrag, was signifikante Klimaschwankungen im Einzugsbereich des Kunene ausschließt.

Die Bedeutung teilweise mächtiger, feinkörniger alluvialer Sedimente als Indikatoren spätpleistozänen und holozänen Klimawandels wird in der paläoklimatischen Forschung Nordwest- und Westnamibias intensiv und kontrovers diskutiert (u.a. HEINE 1987, 1998a, 1998b, RUST 1989, SMITH et al. 1993, VOGEL & RUST 1987, 1990). Es handelt sich unter anderem um die vermutlich über 40.000 Jahre alten Clay Castle-Silts (Hoarusib-Rivier, Kaokoland), die etwa 20.000 Jahre alten Homeb-Silts (Kuisseb-Rivier) und die sehr jungen, zwischen dem siebzehnten und 19. Jahrhundert datierenden Amspoort-Silts (Hoanib-Rivier, Kaokoland). Die Annahme, es handele sich um Indikatoren größerer Flutereignisse und damit feuchterer Phasen in der Namib selbst, hat generell wenig Akzeptanz gefunden, da die Flutereignisse überwiegend auf Niederschlägen im östlich liegenden Einzugsgebiet der Riviere beruhen. Demnach beruhen sowohl die Sedimentation als auch ihre mögliche spätere Zerschneidung auf den Niederschlagsverhältnissen im Hinterland. Nur ausnahmsweise lässt sich eine bescheidene autochthone Talbildung (RUST 1987, VOGEL & RUST 1987) nachweisen, die tatsächlich klimatische Fluktuationen in der näheren Umgebung widerspiegelt.

Der These, dass die alluvialen Ablagerungen überhaupt feuchtere Phasen belegen, steht darüber hinaus die Ansicht entgegen, dass sie sedimentiert wurden, als sich der Lauf der Flüsse in Phasen geringerer Niederschläge und Flutintensitäten verkürzte. Demnach handelt es sich bei den feinen Sedimentablagerungen um Flutauslaufsedimente mit wechselndem Anteil äolischer Komponente, die eher aride oder sogar hyperaride Phasen mit einer Ausbreitung der Namib Richtung Osten anzeigen (EITEL & ZÖLLER 1995, 1996, HÜSER et al. 1998, BLÜMEL et al. 2000). Im Becken von Dieprivier und Uitskot im nordwestlichen Damaraland findet heute die Erosion von alluvialen Beckensedimenten mit äolischer Teilkomponente statt, die unter trockeneren Bedingungen, als das Abri von Huab-Rivier nur bis in dieses Becken abkam, abgelagert wurden (EITEL & ZÖLLER 1995, 1996). Der Sedimentaufbau fand in vier Phasen zwischen 30.000 und 8000 BP statt

und korrespondiert zeitlich damit zumindest teilweise mit der älteren Phase äolischer Sedimentation im Kaokoland.

Die rezente Erosion der Sedimente korreliert nach Ansicht der Autoren mit einer relativ feuchten Periode. Allerdings mehren sich die sedimentologischen und pedologischen Belege, dass in der allerjüngsten Geschichte Namibias Erosionsphänomene einschließlich aktueller Einschneidung und Neubildung von Gerinnebetten nicht ausschließlich klimatisch bedingt sind. Vielmehr beruhen sie mit hoher Wahrscheinlichkeit auch auf verstärktem Abfluss aufgrund von Überweidung und daraus resultierender fehlender Grasbedeckung (u.a. KEMPF 1994:27f., SANDER et al. 1998, BRUNOTTE & SANDER 2000a, EITEL et al. 2002).

3.3.2 Jungquartäre Klimaschwankungen in der Namib

Nur geringe jungquartäre klimatische Fluktuationen für den Bereich der Namibwüste postuliert HEINE (1998a, 1998b) in der Gesamtschau der Forschungsergebnisse der letzten Jahrzehnte. Diese beruhen dabei nach wie vor weitgehend auf Untersuchungen in der zentralen Namib, während die wenigen bereits oben erwähnten Untersuchungen an alluvialen Sedimenten in der Kaokoland-Namib überwiegend nicht autochthone Klimaschwankungen in der Namib selbst, sondern allenfalls im östlichen Hinterland belegen.

Sinterkegel in Höhlen in der Zentralen Namib, wie z. B. in der Rössing-Höhle, belegen zwar nach HEINE (1992, 1998a, 1998b) deutlich feuchtere Bedingungen zur Zeit ihrer Entstehung, Datierungen ergaben aber ausschließlich Radiokarbon-Alter über 25.000 BP. Nach Datierungen mit der U/Th-Methode und der TL-Methode liegen die Alter noch um ein Vielfaches darüber. Im Spätpleistozän und Holozän fand mit Sicherheit kein nennenswertes Wachstum der Tropfsteine mehr statt, was HEINE als Indiz dafür wertet, dass die zentrale Namib in diesem Zeitraum keinen signifikant humideren Phasen mehr unterworfen war. Dafür spricht auch die weite Verbreitung von Gips-Krusten, die sich mit einer Größenordnung von wenigen Millimetern pro zehntausend Jahren sehr langsam entwickeln. Deutlich feuchtere Phasen hätten nach Ansicht von HEINE zur Zerstörung dieser Krusten führen müssen. Lakustrine Sedimente in der Namib entstanden in verschiedenen quartären Phasen. Die jüngste bekannte Entstehungsphase liegt nach ¹⁴C-Daten zwischen 26.000 und 20.000 BP (VOGEL & VISSER 1981 zit. in Heine 1998a, TELLER & LANCASTER 1986, TELLER et al. 1990). Auch diese Daten sind nicht in Übereinstimmung mit Datierungen nach der U/Th-Methode und spiegeln nicht sicher feuchtere Perioden in der Namib selbst wider (HEINE 1991, 1998a, TELLER 1998). Aus holozänen Abrisedimenten der Fundstellen Charé und Mirabib in der Zentralen Namib schließt SANDELOWSKY (1977, 1983) auf klimatische Fluktuationen. Schichten mit hohem Anteil an organischem Material und Holzkohle, die in das frühe Holozän zwischen 8500 und 7000 BP sowie in das mittlere Holozän datieren, wertet sie als Signal für relativ feuchte Klimaphasen. Dabei ist allerdings zu bedenken, dass Holzkohle und organisches Material im Sediment zwar auf Phasen menschlicher Besiedlung und günstige Erhaltungsbedingungen hinweisen, aber nicht unbedingt auf wesentlich feuchtere Klimabedingungen. Tatsächlich weist die – allerdings mit geringer Probengröße

durchgeführte – Holzanalyse aus Mirabib (SANDELOWSKY 1977) auf eine der aktuellen im wesentlichen entsprechende Gehölzvegetation. Als Signal für eine – bisher nicht genau datierte – humidere Phase werten JÜRGENS (1992) und JÜRGENS et al. (1997, vgl. auch BLÜMEL et al. 2000) die Tatsache, dass in der Namib überwiegend sehr alte Exemplare von *Welwitschia mirabilis* vorkommen, während nur Populationen in den westlichen Savannen des Kaokolandes, des Damaralandes und Südwestangolas eine normale demographische Struktur aufweisen. Dies deutet darauf hin, dass die Etablierung der heute überalterten Namib-Population in einer damals savannenähnlichen Umgebung stattgefunden haben muss.

3.3.3 Jungquartäre Klimaschwankungen in der Kalahariregion

Eine aktuelle Zusammenschau der Forschungsergebnisse bezüglich jungquartärer Klimaschwankungen in der Kalahari während der letzten 50.000 Jahre geben BROOK et al. (1999) sowie ROBBINS et al. (2000). Ein Histogramm, in dem Datierungen an Dünen und heute untergetauchten Höhlensinterkegeln als Indiz für relativ trockene sowie an Höhlensinterkegeln und Kalktuff als Indiz für relativ feuchte Klimabedingungen gegeneinander abgetragen sind (ROBBINS et al. 2000), zeigt, dass auch hier nicht ohne weiteres ein eindeutiges Bild entsteht.

Für den im Rahmen dieser Arbeit interessanten Zeitraum seit etwa 15.000 BP belegen Daten an lakustrinen Sedimenten die Existenz eines flachen Sees in den Tsodilo Hills (nordwestliche Kalahari) zwischen 19.000 und 11.000 BP (BROOK et al. 1992, ROBBINS et al. 1994). Das Becken dieses Sees ist heute ausgetrocknet. Für das Vorhandensein eines permanenten Gewässers in der Umgebung sprechen auch die zahlreichen Fischknochen, die bei archäologischen Ausgrabungen im White Paintings Rock Shelter in den Tsodilo Hills gefunden wurden (BROOK et al. 1992, ROBBINS et al. 2000). Allerdings weist das Abri eine komplizierte Stratigraphie auf, die eine genaue Datierung und somit eine genaue zeitliche Zuordnung der entsprechen Schichten problematisch macht. Ebenso gibt es Belege für die etwa zeitgleiche Existenz von Seen im Makgadikgadi Becken im östlichen Botswana (SHAW & COOKE 1986), für hohe Seestände im ehemaligen Ngami-See und im Nbabe Becken sowie für die Existenz eines Sees (Lake Caprivi) in der Nähe des Chobe-Sambesi-Zusammenflusses (SHAW & THOMAS 1988). HEINE (1982) postuliert für denselben Zeitraum verstärkte Abflussereignisse im Bereich des Molopo-Flusses in Südbotswana. Stromatolithen belegen lakustrine Bedingungen in der Urwi-Pfanne in Südwestbotswana zwischen 16.300 und 15.600 BP (LANCASTER 1979). Weitere Belege für relativ feuchte Bedingungen im selben Zeitraum finden BUTZER et al. (1978) in Kalktuff-Ablagerungen entlang des Gaap-Escarpments, BUTZER (1984) in Pfannen-Sedimenten nahe Gobabis und BROOK et al. (1990) und HOLMGREN et al. (1994) in der Sinterkegelbildung in Höhlen in Botswana. Etliche Befunde sprechen somit für eine spätglaziale Feuchtphase im südafrikanischen Inland und zeitweise wurde für diesen Zeitraum eine „Pluvialphase“ mit bis zu zwei- (BUTZER et al. 1973, LANCASTER 1979) und sogar bis zu dreimal (GREY & COOKE 1977, EBERT & HITCHCOCK 1978) höheren Niederschläge angenommen. Andererseits gibt es für den Großraum aber eindeutige Belege für gleichzeitige Phasen deutlicher äolischer Aktivität mit Dünenbildung

(HEINE 1982, DEACON & LANCASTER 1988:60 ff., EITEL & BLÜMEL 1997, BLÜMEL et al. 1998, STOKES et al. 1998, THOMAS et al. 1998, O'CONNOR & THOMAS 1999). Dies deutet zumindest auf Perioden mit spärlicher Vegetationsbedeckung und relativ hohen Windgeschwindigkeiten, mit hoher Wahrscheinlichkeit auch deutlich reduzierten Niederschlägen (DEACON & LANCASTER 1988:84). Heute sind diese Dünen durch akaziendominierte Savannen („fine-leaved savannas“) stabilisiert (PARTRIDGE 1997, SCHOLES 1997). In Dünensand am Westrand der Etoscha-Pfanne lässt sich für diesen Zeitraum eine nur schwache Bodenbildung nachweisen, die nach Ansicht der Autoren keine Abweichung von den heute vorherrschenden semiariden Bedingungen erwarten lässt (BUCH et al. 1992, BUCH 1996). Einiges spricht somit dafür, dass trotz der Belege für Feuchtperioden im ausgehenden Pleistozän die Niederschläge in der Kalahari nicht oder nicht stark erhöht waren. Generell war sicherlich die Effektivität der Niederschläge durch verringerte Evaporationsraten aufgrund des kühleren spätglazialen Klimas erhöht (vgl. BROOK et al. 1992, SCOTT et al. 1997). Zur Zeit des letzten Glazialmaximums lagen die Jahresdurchschnittstemperaturen auf dem Teil des südafrikanischen Kontinents etwa 5°C unter den heutigen (HEATON et al. 1986, TALMA & VOGEL 1992), eine entsprechende Größenordnung bestimmten STUTE & TALMA (1998) für Namibia. Dies könnte besonders in der Frühphase der endpleistozänen Seenhochstände eine Rolle gespielt haben. TYSON (1999) und TYSON et al. (2001) nehmen für den gesamten südafrikanischen Kontinent noch deutlich geringere Niederschläge als heute an. Auch die oben erwähnten pollenanalytischen Untersuchungen durch SHI et al. (1998, 2000) weisen darauf hin, dass es zwar zu einem Anstieg von Temperatur und Niederschlag in der nördlichen Kalahari ab etwa 17.500 cal. BP (≈15.000 BP) kommt, beide Parameter dabei jedoch bis 14.400 cal. BP (≈12.800 BP) unter den heutigen bleiben. Im Anschluss sehen sie sogar eine deutliche klimatische Regression. HEINE (1992) weist darüber hinaus kritisch darauf hin, dass fast alle Radiokarbondatierungen, die den angenommenen Zeitrahmen für die diskutierte Feuchtphase bilden, an anorganischem Calciumkarbonat durchgeführt wurden. Durch Kontamination mit Karbonat aus Kalkkrusten in der Umgebung können solche Daten stark verfälscht sein. Umstritten bleibt auch der paläoökologische „Zeigerwert“ der Seenhochstände in den an das Okavangosystem bzw. an Chobe-Sambesi angeschlossenen Becken. Zum einen reichen die Einzugsgebiete bis in das wesentlich humidere Hochland von Angola bzw. Sambia, so dass hohe Seespiegelstände im Okavangodelta, dem Makgadikgadi-Becken und Lake Caprivi nicht autochthone Feuchtphasen spiegeln müssen. Zum anderen ist die Front des Okavango-Deltas tektonisch aktiv und dadurch ausgelöste geringe Höhenveränderungen können bereits zu dramatisch veränderten Abflussverhältnissen führen (GROVE 1969, zit. in DEACON & LANCASTER 1988, COOKE 1980, zit. in DEACON & LANCASTER 1988).

Eine frühholozäne Trockenphase lässt sich aufgrund erneuter Dünenbildung im Kalahari-Großraum (BLÜMEL et al. 1998, EITEL & BLÜMEL 1997, O'CONNOR & THOMAS 1999, STOKES et al. 1998, THOMAS et al. 1998) annehmen. Heute untergetauchte Sinterkegel aus Höhlen in Nordostnamibia, die in das Intervall 9600-6400 BP datieren (BROOK et al. 1999), lassen auf einen niedrigen frühholozänen Grundwasserstand

schließen. Eine mittel- bis spätholozäne (6900-2600 BP) Feuchtphase und eine weitere spätholozäne Feuchtphase (1880-500 BP) sind durch erneute Tropfstein- und Kalktuffbildungen in Botswana bzw. am Gaap-Escarpment gekennzeichnet (zusammenfassend in BROOK et al. 1996).

4 Methoden

4.1 Erstellen der Vergleichssammlung

Während für die Bestimmung von rezentem Pflanzenmaterial im allgemeinen zahlreiche Hilfsmittel wie Floren, Bestimmungsschlüssel oder Herbarien zur Verfügung stehen, sind entsprechende Hilfsmittel für die Bestimmung von archäobotanischem Material kaum verfügbar. Zwar existieren mittlerweile zahlreiche holzanatomische Einzelveröffentlichungen, die entweder die Anatomie einzelner relevanter taxonomischer Gruppen abhandeln (vgl. Ergebnisse: Holzanatomischer Merkmalskatalog, GREGORY 1994) oder die Anatomie der Gehölzflora einer bestimmten Region abdecken, aber ein anatomischer Schlüssel für archäobotanische Arbeiten in Nordwest-Namibia ist daraus nicht ableitbar. Dies hat zwei Hauptursachen: Zum einen sind nicht alle relevanten Taxa vertreten, zum anderen sind die den Beschreibungen zugrunde gelegten Merkmalslisten nicht einheitlich. Insbesondere quantitative Daten, wie zum Beispiel Gefäß- und Gefäßtüpfeldurchmesser, sind oft nicht vergleichbar, da unterschiedliche Messmethoden angewandt wurden (z.B. mittlerer tangentialer Gefäßdurchmesser versus maximaler radialer Gefäßdurchmesser, vertikaler Tüpfeldurchmesser versus Durchmesser am weitesten Punkt). Für eine Vorbestimmung der archäologischen Holzkohle waren zahlreiche der oben genannten Einzelpublikationen sowie Holz- bzw. Holzkohleschlüssel oder -atlanten für Swaziland, Nordafrika und den kleinasiatischen Raum (FAHN et al. 1986, JAGIELLA & KÜRSCHNER 1987, NEUMANN 1989, PRIOR & GASSON 1990, NEUMANN et al. 2001) dennoch hilfreich.

Wichtigste Vorbedingung für eine gesicherte Bestimmung der Holzkohle war daher der Aufbau einer rezenten Vergleichssammlung namibischer Hölzer. Diese wurde bei insgesamt sieben Feldaufenthalten zwischen 1995 und 2001 schwerpunktmäßig in verschiedenen Vegetationszonen des Kaokolandes und ergänzend aus angrenzenden Regionen (Zentralnamibia: Raum Omaruru, Windhoek, Swakopmund; Nordnamibia: Raum Outjo, Rundu) zusammengestellt. Um Hinweise auf mögliche Vegetationsverschiebungen im archäobotanischen Fundgut interpretieren zu können, wurde die Vergleichssammlung über das engere Arbeitsgebiet hinaus ausgeweitet. Nur so ist es gegebenenfalls möglich, auch Arten in den Holzkohleproben erfassen zu können, die in der aktuellen Gehölzvegetation um die Fundplätze fehlen, in Perioden mit divergierenden ökologischen Bedingungen aber vorhanden waren. Bei Holzkohlebestimmungen liegt es letztlich im Ermessen des Bearbeiters, wie groß die Region ist, aus der er Vergleichsmaterial zu Bestimmungen heranzieht.

HÖHN (1999) und ÜBEL (1996:41) zeigen auf, dass bei der holzanatomischen Bestimmungsbearbeitung bei zu großer Auswahl der in den Vergleich einbezogenen Arten die

Bestimmungssicherheit leidet, bei zu kleiner aber bestimmte Taxa im Fundgut nicht erkannt werden können.

Aus Gründen der Effizienz blieb das Kaokoland Sammelschwerpunkt, während aus den anderen Gebieten ökologisch besonders charakteristische Arten in die Sammlung aufgenommen wurden. In den meisten Fällen wurde dickes Astholz mit einem Durchmesser über 5 cm gesammelt. Dieses weist einerseits die Merkmale adulten Holzes auf (PRIOR & GASSON 1990), andererseits entspricht es am ehesten dem Holz, das tatsächlich als Feuerholz Verwendung findet, da es über eine gewisse Strecke transportierbar ist (vgl. PRIOR & TUOHY 1987, PRIOR & CUTLER 1992, LIENGME 1983, VAN WYK & GERICKE 2000:283, Kap. 8). Bei Chamaephyten wurden zwangsläufig dünnere, aber deutlich verholzte Zweige gesammelt. Mit den Holzproben wurde jeweils ein dazugehöriger Herbarbeleg in die Sammlung aufgenommen, um Nachbestimmungen zu ermöglichen. Ergänzt werden konnte das eigene Vergleichsmaterial durch Holzproben aus dem südlichen Afrika, die freundlicherweise von der Botanischen Sammlung der Smithsonian Institution, Washington/US-Nationalherbar zur Verfügung gestellt wurden. Von vielen in den Merkmalskatalog aufgenommenen Arten stand nur eine Holzprobe zur Verfügung. Die Begrenzung dieser Studie ist damit offensichtlich und soll hier auch klar herausgestellt werden. Holzproben zahlreicher Arten waren jedoch aufgrund ihrer Seltenheit schwer zu beschaffen. Darüber hinaus war die Verarbeitung zu holzanatomischen Schnitten sehr zeitaufwändig und musste ohne Unterstützung durch technisches Personal durchgeführt werden. Insgesamt wurden 198 Arten in den Schlüssel und den Merkmalskatalog aufgenommen, davon zwei mit zwei Unterarten.

Wann immer möglich, wurden Literaturangaben zur Anatomie der beschriebenen Hölzer sowohl bei der Holzkohlebestimmung als auch bei der Erstellung des Merkmalskataloges einbezogen und Abweichungen von den eigenen Beobachtungen dort diskutiert. Eine zukünftige kontinuierliche Ausweitung der Vergleichsbasis ist geplant. Die Einbeziehung der Merkmalsausprägung weiterer Proben in den vorgelegten Merkmalskatalog und den Schlüssel kann zu künftigen Modifikationen derselben führen.

Teilstücke der Holzproben wurden unter reduzierenden Bedingungen bei ca. 400°C in einem Muffelofen der Firma Heraeus verkohlt. Die einzelnen Stücke wurden zu diesem Zweck mit handelsüblicher Haushaltsaluminiumfolie umwickelt und in den vorgeheizten Ofen eingebracht. Nachdem die Rauchentwicklung zum Stillstand gekommen war, wurden die nun verkohlten Proben aus dem Ofen entnommen und in der Aluminiumfolie allmählich ausgekühlt. Die so entstandene Vergleichssammlung erlaubt einen sehr direkten Vergleich mit dem archäobotanischen Material, bei dem neben den meisten relevanten anatomischen Merkmalen auch typische Verkohlungsartefakte erfaßt werden können. Dies kann bei der Bestimmungsarbeit durchaus hilfreich sein. An erster Stelle seien hier die Schrumpfungsprozesse der Zellwände genannt, die nur noch etwa 20-25 % ihrer ursprünglichen Dicke aufweisen (SCHWEINGRUBER 1978: 204), ähnliche Werte nennt GASSON (mdl. Mitt., zitiert in CARTWRIGHT & PARKINGTON 1997). Diese führen zu einem deutlichen Volumenverlust (MCGINNES et al. 1971, SLOCUM et al. 1978, PRIOR & ALWIN 1983, ROSSEN & OLSEN 1985, SHACKLETON 1993). So ergibt sich im verkohlten Material ein stark verändertes Querschnittsbild. Daneben gibt es weitere häufige Veränderungen: So reißen breite Holzstrahlen auf, unligifiziertes Parenchym

zerreißt oder kollabiert, z. B. das Verbindungsparenchym im Bereich von eingeschlossenem Phloem (vgl. holz-anatomischer Merkmalskatalog/Capparaceae). Für die Erstellung eines exakten anatomischen Schlüssels, der die Bestimmungen für weitere archäobotanische Arbeiten reproduzierbar machen soll, ist das verkohlte Material aber nur bedingt geeignet. Ein Teil der Merkmale kann so verändert sein, dass eine umfassende anatomische Beschreibung nicht mehr möglich ist. Mit Hilfe eines Rotationsmikrotoms (Leica RM 2135) wurden deshalb aus den unverkohlten Hölzern Dünnschnittpräparate in den drei diagnostischen Schnittrichtungen (transversal, radial, tangential) hergestellt. Diese wurden zu mit Safranin gefärbten Dauerpräparaten weiterverarbeitet oder direkt in Glycerin eingedeckt untersucht.

4.2 Archäobotanische Probengewinnung

Zur Gewinnung botanischer Reste während der Ausgrabungen wurde das gesamte, in künstlichen 5 cm-Abträgen abgegrabene Sediment in vier Stufen durch Siebe mit den Maschenweiten 10, 5 und 2,5 und 1 mm gesiebt. Die Holzkohlestücke wurden von Hand aus den beiden gröberen Sieben ausgelesen. Dadurch werden zwar größere Stücke bevorzugt, flотиert man aber die kleineren Fraktionen, können die vorher trockenen Stücke beim Kontakt mit Wasser in viele Bruchstücke zerfallen (BARAKAT 1995). Dies zeigte sich auch bei Tests an Material aus der Fundstelle Oruwanje. Bei kleineren Stücken steigt zudem klar die Bestimmungsunsicherheit, da auf den kleinen Bruchflächen nicht mehr alle relevanten Merkmale erkennbar sind

NEUMANN (1999b) weist zurecht auf stratigraphische Probleme bei der Analyse von Holzkohle aus Abris und Höhlen hin. Wie die mittlerweile zahlreich vorliegenden Radiokarbonaten aus den untersuchten Abrifundstellen im Kaokoland belegen, weisen diese eine komplizierte Stratigraphie auf (ausgenommen hiervon scheint nach bisher vorliegenden Radiokarbonaten der Fundplatz Omungunda N 99/1). Die relative Lage von ^{14}C -Daten aus benachbarten und insbesondere weiter voneinander entfernt liegenden Grabungsquadraten zeigen Hinweise auf einen deutlichen Schichtenfall. Holzkohleproben aus parallelen Abträgen entstammen demnach nicht unbedingt aus zeitgleichen Phasen. In vertikaler Richtung zeigte sich, dass - bedingt durch Hiata - Holzkohleablagerungen mit zum Teil mehrere Jahrtausende divergierenden Altern direkt übereinander liegen können. Eine Orientierung an während der Grabung erkennbaren Schichten war nicht möglich, da die Grabungstechnik sich nicht an solchen Schichten, sondern an künstlichen Abträgen orientierte. Bei der Probenauswahl wurde deshalb generell so vorgegegangen, dass Holzkohle aus 5cm-Abträgen (der kleinstverfügbaren vertikalen Einheit) und einem zusammenhängenden Grabungsquadrat (1m^2) als eine Probe zusammengefasst wurde. Aus diesen Proben (Referenzgröße: 50 l Sediment) wurden generell alle Holzkohlestücke ausgewertet, um eine repräsentative Probengröße zu erhalten. Als Richtwert für das östliche Kaokoland wurden die Angaben von NEUMANN (1999a) gewählt, die für die klimatisch ähnliche Südsahelzone und die Sudanzone Probengrößen von 200 bis 400 Holzkohlestücken empfiehlt. Diese Empfehlung beruht auf der Methodik von FIGUEIRAL (1992). Hierbei werden ähnlich wie bei der Bestimmung von

Mindestarealgrößen in der Pflanzensoziologie Sättigungskurven erstellt, wobei die Größe der bearbeiteten Grabungsfläche, bzw. bei NEUMANN (1999a) die Anzahl der bestimmten Holzkohlefragmente, in Relation zu der Zahl der identifizierten Taxa gesetzt wird. Zwei Probeauszählungen an Material aus dem Abri Omungunda ergaben tatsächlich mit etwa 270 Stück ähnliche Werte. Unter dem durch NEUMANN vorgeschlagenen Wert liegt nur die Größe der Proben aus den tiefsten Abträgen mit geringer Holzkohleerhaltung sowie die der Proben aus dem westlichen Kaokoland. Hier kann aufgrund der geringeren Niederschläge und der damit verbundenen artenärmeren Gehölzflora (O'BRIEN 1993, 1998, O'BRIEN et al. 1998, BECKER 2001, BECKER & JÜRGENS 2000, 2002) eine geringere Mindestprobengröße angenommen werden. Bei der sahelischen Fundstelle Saouga erreicht die Kurve bereits bei einer Zahl von etwa 150 Stücken ihren Sättigungswert (NEUMANN 1999a).

Um ein effektives Arbeiten möglich zu machen, konnten die ausgewählten Sedimentsäulen (generell 1 Säule pro Fundstelle) nicht vollständig beprobt werden. Es wurde statt dessen jeder zweite Abtrag beprobt. Von dieser Taktik der Probenauswahl gab es folgende Abweichungen:

1. Die Sedimentsäulen aus den Fundstellen Marienflusstal N 97/22 und N 2000/1 wurden wegen der geringen Mächtigkeit der holzkohleführenden Schichten vollständig beprobt.
2. Im Abri Omungunda N 99/1 (Grabungsschnitt 2) wurden zu Vergleichszwecken zwei benachbarte Grabungsquadrate zusammengefasst.
3. Im Abri Ovizorombuku N 96/1 wurden im mittleren Bereich der Sedimentsäule zu Vergleichszwecken Proben aus mehreren direkt übereinander liegenden Abträgen bearbeitet.
4. In den untersten Abträgen mit geringer Holzkohleerhaltung wurden alle Proben ausgezählt.

Die Auswahl von meist nur einem Grabungsquadrat aus einer Fundstelle erweckt den Eindruck einer im Verhältnis zur Gesamtgrabungsfläche geringen Probengröße. CHABAL (1988, 1992) konnte aber eine einheitliche Verteilung der relativen Anteile der Taxa nachweisen, die in Holzkohleproben aus verschiedenen Grabungsquadraten einer Fundstelle auftreten. Somit scheint das hier gewählte Verfahren der Probenauswahl repräsentativ.

Insgesamt wurden bei dem geschilderten Verfahren in etwa 13.000 Holzkohlestücke ausgezählt. Dies ist bei der aufwändigen anthrakologischen Bestimmungstechnik eine große Zahl. Diese war nur zu bewältigen, da die dominant auftretende Holzkohle der Taxa *Colophospermum mopane* Typ, *Terminalia prunioides* und *Combretum* Typ *apiculatum* anhand weniger, bereits im Querbruch erkennbarer Merkmale zu identifizieren sind und somit ein schnelles Screening-Verfahren angewandt werden konnte. Die quantitative Auswertung erfolgt in dieser Arbeit ausschließlich durch Angabe der Holzkohlestückzahlen. Die zusätzliche Angabe des Probengewichtes hätte einen erheblichen Mehraufwand bedeutet. KRAUSS-MARGUET (1981, zitiert in BADAL-GARCIA 1992) zeigte, dass Gewicht und Stückzahl in Holzkohleproben nicht immer,

aber häufig linear korreliert sind. Nach CHABAL (1992) erzielt man in der Holzkohleanalyse mit beiden Methoden kongruente Ergebnisse, wenn man nicht überproportional viele sehr große Stücke auszählt. Somit besteht letztlich anscheinend keine engere Verbindung zwischen Gewicht einer Holzkohleprobe und der Biomasse einer Gehölzart in der Vegetation als zwischen Holzkohlestückzahl und Biomasse.

4.3 Archäobotanische Untersuchungsmethoden

Die Untersuchung der Holzkohle erfolgte mit Hilfe eines Auflichtmikroskopes (Leica Laborlux S) an frisch hergestellten Brüchen in transversaler, tangentialer und radialer Richtung (vgl. NEUMANN 1989). Die eingesetzten Vergrößerungsfaktoren betragen 62.5 x, 120.5 x, 312.5x und 625 x. Die Technik der Holzkohlebestimmung mit dem Auflichtmikroskop beruht u.a. auf VERNET (1973, zit. in BADAL-GARCIA 1992). Sie hat die aufwändige Methode der Herstellung von Holzkohledünnschnitten, die die Untersuchung von repräsentativen Probengrößen unmöglich macht, abgelöst. Die Bestimmung erfolgte durch anatomischen Vergleich mit den Proben der Vergleichssammlung (s.o.) und richtete sich generell nach WHEELER et al. (1989). Mit Fortschreiten der parallel laufenden Dokumentation der Rezentproben im holzanatomischen Merkmalskatalog und Schlüssel konnten diese zusätzlich zur Bestimmung eingesetzt werden.

Zur fotografischen Dokumentation von Holzkohle und zur Untersuchung von lichtmikroskopisch schwer erkennbaren Feinmerkmalen wie z. B. dem Tüpfelbau eignet sich die Untersuchung mit dem Rasterelektronenmikroskop (zusammenfassend in FIGUEIRAL 1999, FIGUEIRAL & WILLCOX 1999). Hierfür wurde bei der vorliegenden Arbeit ein Computer-gesteuertes Rasterelektronenmikroskop der Firma Leo (Typ 430 i) eingesetzt. Die Holzkohleproben wurden zuvor mit Holzkohleleittabs der Firma Plano auf den Probentellern fixiert und im Niedervakuumverfahren zwei bis vier Minuten mit Gold besputtert. Gearbeitet wurde am REM mit Spannungen im Bereich von 5 bis 15 kV, wobei es im höheren Spannungsbereich zu Aufladungserscheinungen kommen kann. Da die Proben längere Zeit ausgasten, war der Aufbau des Vakuums sehr zeitaufwändig. Die elektronenmikroskopischen Aufnahmen wurden digital als Tif-Dateien abgespeichert.

Die Darstellung der holzkohleanalytischen Ergebnisse erfolgte mit den Programmen TILIA und TILIA Graph (GRIMM 1991).

4.4 Ähnlichkeitsvergleich der Taphozöosen mit Ergebnissen aktueller Vegetationsaufnahmen

Der Ansatz, die Artenzusammensetzungen, die sich aus archäobotanischen Untersuchungen ergeben, mit Daten aus aktuellen Vegetationsaufnahmen zu vergleichen, ist in der archäobotanischen Forschung aus verschiedenen Gründen umstritten (KÖRBER-GROHNE 1979). Zum einen wurde früh erkannt, dass archäobotanische Proben Taphozöosen darstellen, die aus verschiedenen Biozöosen zusammengetragen worden sind (u.a. WILLERDING 1979). Eine Taphozöose oder Thanatozöose (NAUMANN 1931, zit. in LANG 1994) ist die Artenvergesellschaftung („Totengemeinschaft“) im archäobotanischen Fundgut einer Fundstelle. So können z. B. in einer Abrifundstelle im Kaokoland Holzkohle von Savannenarten der Ebene, Bergsavannenarten und Rivierarten bei einem einzigen Brennvorgang zusammen abgelagert worden sein.

Zum anderen haben ökologische (z. B. klimatische) Veränderungen in der Vergangenheit nicht unbedingt die Verschiebungen ganzer Pflanzengemeinschaften bewirkt, sondern die Verteilung einzelner Arten gemäß ihrer unterschiedlichen Autökologie beeinflusst. Dadurch sind Syntaxa in der Vergangenheit immer wieder durch neue Pflanzengemeinschaften ersetzt worden (WEBB 1986, BRUBAKER & MACLACHLAN 1996), die den heute existierenden nur bedingt ähneln. Die heutigen Pflanzengemeinschaften sind zudem durch anthropogenen Einfluss verändert. Dies gilt auch für weite Teile des Untersuchungsgebietes (SANDER et al. 1998, BOLLIG & SCHULTE 1999, BECKER 2001, BECKER & JÜRGENS 2000, BECKER & JÜRGENS 2002, SCHULTE 2002a, b). Zwar ist davon auszugehen, dass dies generell auch für die früheren Phasen der menschlichen Besiedlung gilt, doch sicher waren Art und Umfang der Beeinflussung anders. Dennoch bleibt die umsichtige Anwendung der heutigen synökologischen Kenntnisse in Verbindung mit dem – nach wie vor eingeschränkten – Wissen zur rezenten Verbreitung und Autökologie der im anthrakologischen Spektrum vorhandenen Taxa unverzichtbar, da keine alternativen Interpretationshilfen existieren (vgl. BECKER & JANSSEN 2000). Der Ansatz von SCHEEL-YBERT (2000), anthrakologische Ergebnisse mit der Methodik der Korrespondenzanalyse direkt mit (modifizierten) aktuellen Vegetationsaufnahmen zu vergleichen, wurde im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht übernommen. Generell erscheint ein solcher Vergleich nur eingeschränkt zulässig, da die Daten mit unterschiedlichen Methoden an unterschiedlichem Material erhoben werden. Hauptgrund hierfür ist aber die Tatsache, dass in den Holzkohlespektren aus den Abrifundstellen tatsächlich Arten aus verschiedenen Biozöosen gemeinsam auftreten, wie ein einfacher synoptischer Vergleich der anthrakologischen Ergebnisse mit der die jeweiligen Fundstellen umgebenden Vegetation zeigt (siehe Kapitel 7). So treten in den spätholozänen Proben aus dem östlichen Kaokoland neben den Arten der „*Colophospermum mopane*-Savannen“ regelhaft Arten der Rivierläufe und der Bergsavannen auf. Somit sind die Daten aus den aktuellen pflanzensoziologischen Aufnahmen nicht direkt statistisch mit den Ergebnissen der Holzkohleanalysen

vergleichbar. Es ist davon auszugehen, dass eine Korrespondenzanalyse vielmehr eine Unähnlichkeit zwischen den archäobotanischen und den rezentbotanischen Ergebnissen zeigen würde, obwohl ein synoptischer Vergleich unter Berücksichtigung der azonalen und extrazonalen Standorte in der Umgebung keine oder nur geringfügige Unterschiede feststellen würde.

Ein solcher synoptischer Vergleich der Artenzusammensetzungen und eingeschränkt auch -abundanzen in den verschiedenen Holzkohleproben mit aktuellen Vegetationsaufnahmen aus der Region erscheint daher methodisch sinnvoller und aufgrund der mittlerweile guten rezentbotanischen Vergleichsbasis auch ausreichend.

4.5 Vergleich der anthrakologischen Ergebnisse der verschiedenen Fundstellen

Neben dem Vergleich der anthrakologischen Spektren mit der aktuellen Vegetation wurde auch ein Vergleich spätholozäner Spektren aus verschiedenen Fundstellen angestrebt. Die Gründe hierfür werden im Ergebnisteil dargelegt. Da die Daten mit einheitlichen Methoden erhoben wurden, erschien ein Vergleich mittels indirekter Ordination (DCA=Detrended Correspondence Analysis) legitim. Die einzelnen Holzkohleproben wurden hierbei wie Vegetationsaufnahmen behandelt. Unter Ordination versteht man allgemein die Anordnung von Vegetationsaufnahmen bzw. Arten in einem vielachsigen Koordinatensystem. Hierbei werden ähnliche Aufnahmen bzw. Arten nahe zueinander angeordnet, unähnliche weit voneinander entfernt (PFADENHAUER 1993:107). Die Anordnung von Vegetationsaufnahmen oder Arten kann hierbei in Bezug auf Umweltvariablen (direkte Ordination) oder in Bezug auf abstrakte Achsen, die Umweltvariablen repräsentieren können, erfolgen (indirekte Ordination). Die DCA ist eine indirekte Ordinationsmethode. Sie ist eine Weiterentwicklung der Korrespondenzanalyse, die durch Neuordnung der Achsen den sogenannten „Arch-Effekt“ abmildert (HILL 1973, HILL & GAUCH 1980, JONGMANN et al 1995:105ff.). Die Durchführung der Analyse erfolgte mit dem Programm MVSP (Multivariate Statistical Package) 3.12 d für Windows (KOVACH COMPUTING SERVICES 1985-2001).

4.6 Ethnobotanische Hintergrundinformation: Interviews zur aktuellen Brennholznutzung im Kaokoland

Die Thanatozönose im archäobotanischen Fundgut einer Fundstelle, kann durch den selektiven Einfluss des Menschen, etwa bei der Wahl des Brennholzes, stark anthropogen beeinflusst sein (WILLERDING 1991). Bei der Rekonstruktion der Vegetation in der Umgebung einer prähistorischen Fundstelle muss der Faktor der Selektion immer berücksichtigt werden (BEHRE & JACOMET 1991). Dies gilt in besonderem Maße auch für Holzkohleanalysen an Material aus afrikanischen Fundplätzen, wie klare Hinweise auf eine selektive Brennholzwahl in verschiedenen Regionen Afrikas ergeben (u.a. MALAN & OWEN-SMITH 1974, LIENGME 1983, PRIOR & TUOHY 1987, ARCHER 1990,

PRIOR & CUTLER 1992, SHACKLETON & PRINS 1992, 1993, SHACKLETON 1993, NEUMANN et al. 1998, NEUMANN 1999a).



Abb. 5: Interviewpartner in Otjiheke-Tjakomaruru, April 2001

Um den Faktor der Selektion im Arbeitsgebiet einschätzen zu können, wurden ergänzend zu den anthrakologischen Bestimmungsarbeiten ethnobotanische Befragungen zur aktuellen Brennholznutzung im Kaokoland durchgeführt. Ein aktualistisches Rückschließen auf die Präferenzen der prähistorischen Bevölkerung bei der Brennholznutzung erschien hierbei in Grenzen zulässig, da solche Präferenzen im allgemeinen auf realen Qualitätsunterschieden im Brennverhalten von Hölzern beruhen (PRIOR & TUOHY 1987, PRIOR & CUTLER 1992, VAN WYK & GERICKE 2000:283). Ein Brennholz hoher Qualität besitzt hierbei eine hohe Dichte und hat eine lange Brenndauer bei geringer Funkenbildung und produziert ungiftigen Rauch. Umgekehrt werden bestimmte Hölzer beim Sammeln von Brennstoff gemieden. Die Ursachen hierfür können eine geringe Energieausbeute, beim Verbrennen entstehender giftiger oder unangenehm riechender Rauch, aber auch mit den Gehölzen verbundene Tabus sein (vgl. NEUMANN 1999a). Die Befragungen wurden in Ortschaften in verschiedenen Vegetationszonen des Kaokolandes durchgeführt (Abb. 28). Diese liegen entlang der durch BECKER & JÜRGENS (2000, 2002) und BECKER (2001) bearbeiteten Transekte (Abb. 2). Von Interesse war hierbei festzustellen, ob sich die Brennholznutzung entlang des Klimagradienten mit der Zusammensetzung der Gehölzvegetation ändert, oder ob die Selektivität bei der Wahl des Holzes möglicherweise den Einfluss der Umweltbedingungen überdeckt. Dies ist zum Beispiel vorstellbar, wenn große Strecken zurückgelegt werden, um bestimmte bevorzugte Hölzer zu sammeln. Letzteres hätte zufolge, dass eine Abhängigkeit der Thanatozönosen der untersuchten Fundstellen von der umgebenden Vegetation nicht mehr sicher gegeben ist. Somit wäre eine paläoökologische Interpretation der Ergebnisse unmöglich. Die Interviews zur Brennholznutzung wurden mit Hilfe eines hererosprachigen Übersetzers durchgeführt und folgten einem standardisierten Fragenkatalog. Die von den

Interviewpartnern genannten einheimischen Pflanzennamen wurden auf Otjiherero notiert. Die Informanten wurden gebeten, die genannte Pflanzenart zu zeigen, um eine gesicherte Übersetzung des Namens zu gewährleisten. Dies war nicht ausnahmslos möglich, da die erwähnten Gehölze nicht immer in erreichbarer Nähe aufzufinden waren. In diesen Fällen wurden die Interviewpartner gebeten, charakteristische Merkmale der Taxa zu nennen und die Namen wurden mit veröffentlichten Hereropflanzennamen (CRAVEN & MARAIS 1989, 1993, MALAN & OWEN-SMITH 1974, VON KOENEN 1996) verglichen. Zusätzlich sind die einheimischen Pflanzennamen mit in den Ergebnisteil aufgenommen worden.

4.7 Holzanatomischer Merkmalskatalog und Schlüssel

Die im Rahmen dieser Arbeit als bestimmungsrelevant angesehenen und im Merkmalskatalog sowie dem Schlüssel eingesetzten holzanatomischen Merkmale richten sich im wesentlichen nach der standardisierten Liste der International Association of Wood Anatomists (WHEELER et al. 1989) sowie nach NEUMANN et al. (2001:19 ff.). Dies soll die Vergleichbarkeit mit anderen holzanatomischen Daten gewährleisten und eine zukünftige Integration in überregionale, auf archäobotanische Belange ausgerichtete, holzanatomische Datenbanken ermöglichen. Die in den Katalog aufgenommenen Merkmale werden an dieser Stelle nicht noch einmal im einzelnen aufgeführt. Hierzu sei auf die oben genannten Publikationen verwiesen. Die Illustration der Merkmalsausprägungen erfolgt darüber hinaus durch die rasterelektronenmikroskopische Bilddokumentation, die in den holzanatomischen Merkmalskatalog inkorporiert wird.

ÜBEL (1996:46-73) legt umfassend den Wert holzanatomischer Merkmale bei der anthrakologischen Diagnostik dar. Er zeigt dabei auf, dass etliche der standardmäßig in holzanatomischen Beschreibungen aufgeführten Merkmalsausprägungen bei der anthrakologischen Bestimmung nutzlos sind. Dies gilt insbesondere für quantitative Merkmale wie z. B. die Faserlänge, die an Holzkohle lichtmikroskopisch kaum bestimmbar ist. Aber auch qualitative Merkmale, wie die Ausprägung von Zuwachsgrenzen, sind manchmal nur schwer erkennbar. Dies gilt für Zuwachsringe, die nur durch eine geänderte Faserwandstärke gekennzeichnet sind. Durch die Schrumpfungsprozesse beim Verkohlen werden Unterschiede in der relativen Faserwanddicke verschleiert (ÜBEL 1996:51).

Die Auswahl der Merkmale – insbesondere der quantitativen – wurde auch beim im Rahmen dieser Arbeit erstellten anatomischen Katalog modifiziert, wenn die vorgeschlagene Methode für die spätere Umsetzung bei der Bestimmung von Holzkohle nicht adäquat erschien. So wurde z. B. auf die genaue Bestimmung der mittleren Gefäßgliedlänge einschließlich Berechnung der Standardabweichung verzichtet. Gefäßelementlängen sind nur in Mazerationen genau zu bestimmen (Carlquist 1989b:46). Diese können zwar aus dem rezenten Vergleichsmaterial, nicht jedoch aus den archäobotanischen Proben hergestellt werden. Damit sind diese Messwerte für die Holzkohlebestimmung nutzlos. Stattdessen wurde die mittlere Gefäßlänge am unmazierten Material geschätzt. Da die Gefäßgliedlängen aber fast durchweg in die

kleinste und sehr selten knapp in die nächste Größenklasse fielen, wurde das Merkmal als nicht bestimmungsrelevant angesehen und nicht in den anatomischen Katalog aufgenommen. Für die Erstellung des dichotomen anatomischen Schlüssels wurden zunächst die an den einzelnen Holzproben beobachteten Merkmale in Form einer großen Excel-Tabelle zusammengestellt. Diese Tabelle wurde anschließend nach trennenden Merkmalen sortiert, das trennende Merkmal notiert, und zwei Untertabellen erstellt. Diese wurden erneut nach trennenden Merkmalen sortiert, aufgeteilt, bis schließlich ausreichend kleine Gruppen für eine endgültige Aufschlüsselung vorhanden waren. Es wurde dabei so vorgegangen, dass möglichst immer zuerst auch in verkohltem Zustand gut erkennbare Merkmale berücksichtigt wurden. Dennoch ist bei der praktischen Anwendung dieses Schlüssels zu berücksichtigen, dass er an unverkohltem Material erstellt wurde, in dem die Merkmale gut erkennbar waren. Bei einer Bestimmung von Holzkohle wird es nicht immer möglich sein, diese Merkmale vollständig nachzuvollziehen. Daher sollte im Zweifelsfall der Schlüssel nicht bis zum Ende verwendet werden, sondern gegebenenfalls die übriggebliebene, in Frage kommende Artengruppe mit Hilfe der holzanatomischen Beschreibungen überprüft werden. In etlichen Fällen wird eine Bestimmung von Holzkohle auch bei einer solchen Artengruppe enden. Einige Arten treten im Bestimmungsschlüssel zweimal auf. Dies ist kein Versehen, sondern soll zumindest ansatzweise der variablen Merkmalsausprägung gerecht werden. Manche Merkmale, wie das eingeschlossene Phloem der Gattung *Maerua*, sind in verkohltem Zustand meist nicht erhalten. Auch in diesem Fall wurden diese Arten doppelt verschlüsselt.

Zeigte sich bei der Holzkohlebestimmung, dass zwischen einzelnen Arten einer Gattung oder auch zwischen Gattungen die anatomische Ähnlichkeit so groß ist, dass eine sichere Auftrennung nicht möglich schien, wurden diese wie üblich bei der Holzkohlebestimmung zu Sammeltypen zusammengefasst. So umfasst der *Colophospermum mopane* Typ neben *C. mopane* auch *Baikiaea plurijuga*, die sich nur durch eine undeutliche Etagierung und die Häufigkeit der Kristalle im Holz unterscheidet. *Combretum* Typ *apiculatum* umfasst auch *Combretum molle* und möglicherweise weitere *Combretum*-Arten der Sudano-Sambesischen Flora, die in der Vergleichssammlung nicht repräsentiert sind. Unter Berücksichtigung der rezenten Verbreitung der Arten ist davon auszugehen, dass in den beiden genannten Fällen zumindest in den spätholozänen Proben tatsächlich die namensgebenden Arten repräsentiert sind.

Die im Merkmalskatalog angewandte taxonomische Nomenklatur richtet sich generell nach CRAVEN (1999) und in wenigen Fällen nach COATES-PALGRAVE (2002). Die Gattung *Clerodendrum* wird weiterhin in der Familie Verbenaceae abgehandelt, da nach holzanatomischen Gesichtspunkten eine Überführung zu den Lamiaceae nicht sinnvoll erscheint.

5 Holzanatomischer Schlüssel für das Kaokoland (mit Berücksichtigung charakteristischer Gehölzarten angrenzender Vegetationseinheiten)

1. Gefäße in primären Leitbündeln, in Grundparenchym eingebettet: Angiospermae: Monocotyledonae (Arecaceae): **2**
 -Gefäße nicht in primären Leitbündeln: (Gymnospermae: Gnetales (Welwitschiaceae), Angiospermae: Dicotyledonae): **3**
2. (1) Gefäßdurchbrechungen skalariform: *Phoenix reclinata*
 -Gefäßdurchbrechungen einfach: *Hyphaene petersiana*
3. (1) Gefäßdurchbrechungen ausschließlich multiperforat oder einfache und multiperforate Durchbrechungen in einem Präparat **4**
 -Durchbrechungen ausschließlich einfach **7**
4. (3) Durchbrechungen ausschließlich skalariform mit weniger als zehn Quersprossen, Bänder von septierten Librifasern im Wechsel mit Bändern von Fasertracheiden: *Elaeodendron transvaalense*
 -Durchbrechungen nicht ausschließlich skalariform mit weniger als zehn Quersprossen: **5**
5. (4) Durchbrechungen stets reticulat bis fast skalariform, Fasern mit deutlich behöfteten Tüpfeln (Fasertracheiden): *Myrothamnus flabellifolius*
 -Durchbrechungen einfach und foraminat, Fasern mit einfachen bis undeutlich behöfteten Tüpfeln: **6**
6. (5) Holz halbringporig, Frühholzgefäße deutlich größer als die Spätholzgefäße, prismatische Kristalle in den Strahlzellen vorhanden: *Catophractes alexandri*
 -Holz halbringporig, Frühholzgefäße nicht wesentlich größer als die Spätholzgefäße, prismatische Kristalle nicht beobachtet: *Rhigozum virgatum*
Rhigozum brevispinosum
7. (3) eingeschlossenes Phloem vorhanden **8**
 -eingeschlossenes Phloem fehlend oder nicht beobachtet: **27**
8. (7) Gefäße ausschließlich einzeln **9**
 -Gefäße in Gruppen oder einzeln und in Gruppen **11**
9. (8) eingeschlossenes Phloem konzentrisch, vom Xylem durch Überbrückungsparenchym getrennt: *Securidaca longipedunculata*
 -eingeschlossenes Phloem diffus oder diffus bis konzentrisch, Überbrückungsparenchym fehlend: **10**
10. (9) Prismatische Kristalle in den Holzstrahlen vorhanden, teilweise in Idioblasten bis 60µm: *Combretum apiculatum*
Combretum molle
 -Prismatische Kristalle nicht beobachtet *Combretum erythrophyllum*
 (s. aber holzanatomische Beschreibung)
11. (8) Holzstrahlen vorhanden: **12**
 -Holzstrahlen fehlend: **22**

12. (11) Holzstrahlen schwach lignifiziert, ausschließlich aus quadratischen/aufrechten Zellen aufgebaut, mit winzigen Kristallen in Interzellularräumen. Fibrosklereiden (kristallhaltige, fusiforme Zellen mit gelatinösen Wänden) in den Holzstrahlen vorhanden: *Welwitschia mirabilis*
 -Strahlzellen lignifiziert, nicht ausschließlich aus quadratischen/aufrechten Zellen aufgebaut, Fibrosklereiden sowie Kristalle in Interzellularräumen der Holzstrahlen fehlend: 13
13. (12) Breite Holzstrahlen über siebenreihig: 14
 -Breite Holzstrahlen maximal sechsreihig, meist schmaler: 16
14. (13) Holzstrahlen in zwei Größenklassen, Gefäße in Nestern, die ein tangenciales bis diagonales Muster bilden: *Strychnos pungens*
 -Holzstrahlen nicht in zwei Größenklassen, Gefäße nicht in Nestern, die ein tangenciales bis diagonales Muster bilden: 15
15. (14) Gefäße sehr groß, vasizentrische Tracheiden vorhanden, Sklereiden und Durchbrechungen in den Holzstrahlen vorhanden: *Acanthosycios horridus*
 -Gefäße klein, vasizentrische Tracheiden sowie Sklereiden und Durchbrechungen in den Holzstrahlen nicht beobachtet: *Azima tetracantha*
16. (15) Axialparenchym, Gefäßelemente und niedrige Holzstrahlen in Stockwerken: *Salvadora persica*
 -keine Stockwerkstruktur beobachtet: 17
17. (16) Gefäße zusammen mit vasizentrischen Tracheiden in sehr langen radialen Gruppen: 18
 -Gefäße nicht mit vasizentrischen Tracheiden in langen radialen Gruppen: 20
18. (17) eingeschlossenes Phloem in verstreuten Inseln, Holz mit verdrehter Struktur und gummiartig degeneriertem Parenchym: *Boscia foetida*
 (siehe hierzu aber Capparaceae/Anmerkungen)
 -eingeschlossenes Phloem in konzentrischen Lagen: 19
19. (18) eingeschlossenes Phloem in weiten, unregelmäßigen Abständen auftretend, im Astholz oft fehlend: *Maerua schinzii*
 (siehe hierzu aber Capparaceae: Anmerkungen)
 -eingeschlossenes Phloem in regelmäßigen, geringen Abständen auftretend: *Maerua parvifolia*
 (siehe hierzu aber Capparaceae: Anmerkungen)
20. (17) Gefäße überwiegend in kurzen radialen Reihen, Holzstrahlen ein bis fünfreihig, meist um 500 µm hoch: *Antiphiona fragrans*
 -Gefäße überwiegend einzeln, selten in kurzen radialen Reihen: 21
21. (20) Holzstrahlen einreihig, wenige Zellen hoch: *Tribulocarpus dimorphanthus*
 -Holzstrahlen ein- bis dreireihig, meist um 200-400µm hoch: *Securidaca longipedunculata*
22. (11) Raphiden im Überbrückungsparenchym vorhanden: *Phaeoptilum spinosum*
 -Raphiden fehlend: 23

- 23.** (22) Drusen vorhanden (Amaranthaceae): **24**
 -Drusen nicht vorhanden (Chenopodiaceae): **26**
- 24:** (23) Drusen meist in normal großen Zellen, selten in Idioblasten bis 40µm: **Marcellipsis denudata**
 -Drusen in Idioblasten bis 100µm: **25**
- 25.** (24) Prismatische Kristalle in Idioblasten des Verbindungsparenchyms bis 40µm: **Leucosphaera bainesii**
 -Prismatische Kristalle fehlend: **Arthraerua leubnitziae**
Calicorema capitata
- 26.** (23) Prismatische Kristalle in gekammertem Axialparenchym: **Sueda sp.**
 -Prismatische Kristalle in ungekammertem Axialparenchym: **Salsola sp.**
- 27.** (7) Gefäße ausschließlich einzeln: **28**
 -Gefäße in Gruppen oder einzeln und in Gruppen: **39**
- 28.** (27) Fasern mit deutlich behöften Tüpfeln (Fasertracheiden), ausschließlich unseptiert: **29**
 -Fasern mit undeutlich behöften Tüpfeln, ausschließlich septiert, oder septierte und unseptierte in einem Präparat: **33**
- 29.** (28) Kreuzungsfeldtüpfel mit stark reduzierten Höfen bis scheinbar einfach: **30**
 -Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft: **32**
- 30.** (29) Prismatische Kristalle in den Strahlzellen vorhanden: **31**
 -Prismatische Kristalle in Strahlzellen fehlend, ungestielte Cystolithen in Strahlzellen vorhanden: **Opilia campestris**
- 31.** (30) Kreuzungsfeldtüpfel isodiametrisch: **Ximenia americana**
Ximenia caffra
 -Kreuzungsfeldtüpfel isodiametrisch bis gestreckt: **Osyris lanceolata**
- 32.** (29) Axialparenchym paratracheal spärlich: **Polygala guerichiana**
 -Axialparenchym sehr spärlich, apotracheal diffus: **Zygophyllum stapfii**
- 33** (28) Holzstrahlen mehrere Millimeter hoch, alle Fasern septiert, unlignifizierte Parenchymbänder in weiten Abständen: **Cissus nymphaeifolia**
 -Holzstrahlen niedriger, Fasern septiert und unseptiert, unlignifizierte Parenchymbänder fehlend: **34**
- 34.** (33) Axialparenchym überwiegend paratracheal spärlich, vasizentrisch und teilweise in diskontinuierlichen marginalen Bändern: **35**
 -Axialparenchym aliform-konfluent bis gebändert: **37**
- 35.** (34) Holz ringporig: **Combretum celastroides**
 -Holz nicht ringporig: **36**

36. (35) Prismatische Kristalle in normal großen Strahlzellen: *Combretum imberbe*
 -Prismatische Kristalle fehlend, gelegentlich Drusen in Strahlzellen: *Combretum wattii*
37. (34) Prismatische Kristalle in Idioblasten (bis 140µm Durchmesser) des Axialparenchyms, traumatisches Parenchym und Drusen nicht beobachtet: *Combretum zeyheri*
 -Prismatische Kristalle in Idioblasten fehlend, traumatische Parenchyminseln häufig, Drusen vorhanden: **38**
38. (37) Drusen im traumatischen und im Axialparenchym: *Combretum collinum*
 -Drusen selten, in Strahlzellen: *Combretum hereroense*
39. (27) Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft: **40**
 -Kreuzungsfeldtüpfel mit stark reduzierten Höfen bis scheinbar einfach: **116**
40. (39) Alternierende Bänder von septierten Librifasern und Fasertracheiden vorhanden oder Grundgewebe aus septierten Librifasern und unseptierten Fasertracheiden in etwa gleichen Teilen ohne deutliche Bänderung; Axialparenchym fehlend: **41**
 -Grundgewebe nicht aus septierten Librifasern und unseptierten Fasertracheiden in Verbindung mit fehlendem Axialparenchym **42**
41. (40) Alternierende Bänder von septierten Librifasern und Fasertracheiden vorhanden *Gymnosporia senegalensis*
 -Grundgewebe aus septierten Librifasern und unseptierten Fasertracheiden ohne deutliche Bänderung: *Gymnosporia buxifolia*
 (Unterscheidung aufgrund dieses Merkmals unsicher)
42. (40) Stockwerkstruktur vorhanden: **43**
 -Stockwerkstruktur nicht beobachtet: **57**
43. (42) Holzstrahlen bis über zehnstufig: **44**
 -Holzstrahlen höchstens sechsstufig: **45**
44. (43) Axialparenchym vasozentrisch bis schwach konfluent, Fasern mit charakteristischem Muster aufgrund regelmäßigen Interpositionswachstums, Kristalle in Strahlzellen, ein Kristall pro Zelle: *Tamarix usneoides*
 -Axialparenchym paratracheal spärlich, apotracheal diffus-aggregiert und diffus, prismatische Kristalle in Strahlzellen, Scheidenzellen und Axialparenchym, mehrere Kristalle verschiedener Größe pro Zelle: *Balanites welwitschii*
45. (43) Axialparenchym breit gebändert: **46**
 -Axialparenchym nicht breit gebändert: **50**
46. (45) Holzstrahlen ein- bis dreistufig: **47**
 -Holzstrahlen bis sechsstufig: **49**
47. (46) Holzstrahlen überwiegend ein-, maximal zweistufig, Gefäße mit einer Tendenz zu zwei Größenklassen, nur die kleinere Gefäßgrößenklasse gelegentlich in längeren Reihen: *Faidherbia albida*
 -Holzstrahlen ein- bis dreistufig, Gefäße ohne Tendenz zu zwei Größenklassen: **48**

48. (47) Gefäße mittelgroß, überwiegend in kurzen und längeren radialen Reihen; gelegentlich Silikate im Axialparenchym vorhanden: *Dialium engleranum*
 -Gefäße sehr groß, einzeln, in kleinen Nestern und kurzen radialen Reihen, längere radiale Reihen fehlend, Silikate fehlend: *Pterocarpus angolensis*
49. (46) Holzstrahlen homozellulär aus liegenden Zellen, Parenchymstränge zwei- bis vierzellig, seltener fusiform: *Philenoptera nelsii*
 -Holzstrahlen heterozellulär durchmischt, Axialparenchym in zweizelligen Strängen, seltener fusiform: *Erythrina decora*
50. (45) Ziegelzellen in den Holzstrahlen vorhanden: 51
 - Ziegelzellen fehlend: 53
51. (50) Holz ringporig oder halbringporig: 52
 -Holz zerstreutporig: *Grewia tenax*
52. (51) Holz ringporig, seltener halbringporig, Frühholzgefäße dabei deutlich größer als Spätholzgefäße: *Grewia bicolor*
Grewia flavescens
 -Holz halbringporig, Frühholzgefäße nicht viel größer als Spätholzgefäße, aber deutlich dichter stehend: *Grewia villosa*
53. (50) Holzstrahlen bis sechsreihig, nicht in Stockwerken: 54
 - Holzstrahlen ein bis maximal dreireihig, alle oder zumindest niedrige Holzstrahlen in Stockwerken: 55
54. (53) Holz zerstreutporig, Tüpfel unverziert, prismatische Kristalle fehlend, gelegentlich Drusen in Strahlzellen vorhanden: *Ceraria longipedunculata*
 -Holz halbringporig, Tüpfel (undeutlich) verziert, prismatische Kristalle in Strahlzellen häufig, Drusen fehlend: *Montinia caryophyllacea*
55. (53) Holzstrahlen ausschließlich einreihig: 56
 -Holzstrahlen ein- bis dreireihig: *Mundulea sericea*
56. (55) Holzstrahlen homozellulär aus liegenden Zellen, Axialparenchym in schmalen Bändern, und apotracheal diffus bis diffus-aggregiert: *Pterocarpus lucens ssp. antunesii*
 -Holzstrahlen heterozellulär durchmischt, Axialparenchym paratracheal spärlich bis vasizentrisch, apotracheal diffus und in marginalen Bändern: *Ormocarpum kirkii*
57. (42) Holzstrahlen ausschließlich einreihig: 58
 -Holzstrahlen mehrreihig: 59
58. (57) Axialparenchym paratracheal sehr spärlich, gelegentlich apotracheal diffus (dann stets kristallführend) und in deutlichen marginalen Bändern: *Ptaeroxylon obliquum*
 -Axialparenchym apotracheal diffus-aggregiert, diffus und paratracheal spärlich: *Spirostachys africana*
59. (57) Ziegelzellen in den Holzstrahlen vorhanden: 60
 -Ziegelzellen fehlend: 62

- 60.** (59) Holz ringporig oder halbringporig: **61**
 -Holz zerstreutporig: ***Grewia tenax***
- 61.** (60) Holz ringporig, seltener halbringporig, Frühholzgefäße dabei deutlich größer als Spätholzgefäße: ***Grewia bicolor***
Grewia flavescens
 -Holz halbringporig, Frühholzgefäße nicht viel größer als Spätholzgefäße, aber deutlich dichter stehend: ***Grewia villosa***
- 62.** (59) Gefäße ein diagonal-dendritisches Muster bildend: **63**
 - Gefäße kein diagonal dendritisches Muster bildend: **64**
- 63.** (62) Kristallsand im Axialparenchym vorhanden, Tüpfel unverziert: ***Lycium***
bosciifolium
 -Kristallsand fehlend, Tüpfel verziert: ***Curroria decidua***
- 64.** (62) Gefäße in zwei Größenklassen, im allgemeinen zusammen mit vasizentrischen Tracheiden lange radiale Gruppen bildend, gelegentlich in Nestern, Axialparenchym paratracheal spärlich, Tüpfel sehr klein, verziert (Capparaceae): **65**
 -Holz anders **68**
- 65.** (64) Holzstrahlen immer heterozellulär durchmischt: **66**
 - Holzstrahlen homozellulär aus liegenden Zellen: ***Boscia foetida***
 (Holz mit verdrehtem Wuchs aufgrund unregelmäßiger Anlage sukzessiver Kambien mit zentrifugaler und zentripetaler Wuchsrichtung, s. Beschreibung, im Astholz bis mehrere Zentimeter Dicke reguläres sekundäres Dickenwachstum)
Boscia microphylla
Boscia tomentosa
- 66.** (65) Gefäße in langen radialen Gruppen: ***Maerua schinzii***
 (eingeschlossenes Phloem vom konzentrischen Typ vorhanden, in Astholz bis mehrere Zentimeter Dicke fehlend, bei Holzkohle meist nicht erhalten)
Maerua parvifolia
 (eingeschlossenes Phloem vom konzentrischen Typ vorhanden, bei Holzkohle meist nicht erhalten)
Boscia albitrunca
***Boscia* spp. (Zweigholz)**
 -Gefäße überwiegend in kurzen radialen Gruppen: **67**
- 67.** (66) Kristalle in Strahlzellen vorhanden: ***Cadaba schroepelii***
 -Kristalle fehlend: ***Cleome foliosa***
- 68.** (64) Gefäße in Nestern, in tangentialen Bändern angeordnet, Holzstrahlen in zwei Größenklassen: ***Strychnos spinosa***
 -Holz anders: **69**
- 69.** (68) Axialparenchym überwiegend apotracheal diffus-aggregiert, daneben apotracheal diffus und meist paratracheal spärlich bis vasizentrisch, Gefäße überwiegend in radialen Reihen: **70**
 -Gefäße nicht überwiegend in radialen Reihen, oder wenn überwiegend in radialen Reihen, dann Axialparenchym nicht überwiegend diffus-aggregiert: **77**

70. (69) Silikataggregate und Kristallidioblasten mit prismatischen Kristallen bis 50µm Durchmesser in Strahlzellen, Gefäße außer in Reihen auch häufig einzeln oder in Nestern:
Ochna pulchra
 -Silikataggregate und große Kristallidioblasten in den Holzstrahlen fehlend: 71
71. (70) Gefäßreihen ein diagonales Muster bildend: *Ehretia namibiensis*
 -Gefäßreihen kein diagonales Muster bildend: 72
72. (71) Holzstrahlen mit einer regelmäßigen Wechselfolge hoher aufrechter und quadratischer oder kurzer liegender Zellen:
Gossypium anomalum
Gossypium triphyllum
 -Holzstrahlen ohne regelmäßige Wechselfolge aufrechter und quadratischer oder kurzer liegender Zellen: 73
73. (72) Holzstrahlen ein bis maximal dreireihig: 74
 - Holzstrahlen ein bis sechstreihig: *Hexalobus monopetalus*
- 74 (73) Gefäßtüpfel sehr klein (vertikaler Durchmesser 3-4µm), Aperturen häufig koaleszent, Fasern ohne deutliche radiale Reihung (Ebenaceae): 75
 -Gefäßtüpfel deutlich größer (bis 7µm bzw. bis 9µm Durchmesser), Fasern deutlich radial gereiht, disjunktive Strahlzellwände vorhanden: 76
75. (74) Prismatische Kristalle in Strahlzellen und Axialparenchymzellen vorhanden:
Euclea divinorum
Euclea pseudebenus
 -Kristalle in Strahlzellen vorhanden, im Axialparenchym fehlend: *Diospyros mespiliformis*
Diospyros lycioides
76. (74) Holzstrahlen einreihig, selten im Mittelteil zweireihig, apotracheale Parenchymbändchen meist eine Zelle breit: *Spirostachys africana*
 -Holzstrahlen ein- bis dreireihig, apotracheale Parenchymbändchen meist zwei bis drei Zellen breit: *Croton gratissimus*
77. (69) Holzstrahlen homozellulär aus liegenden Zellen, Fasern ausschließlich oder überwiegend septiert, Kristalle in gekammertem Axialparenchym, lange Kristallketten bildend (Sapindaceae, Fabaceae pro parte): 78
 -Holz anders: 83
78. (77) Tüpfel unverziert, Axialparenchym paratracheal spärlich u. apotracheal diffus: 79
 -Tüpfel verziert, Axialparenchym vasizentrisch oder aliform-konfluent bis gebändert und apotracheal diffus: 80
79. (78) Gefäße sehr groß, marginales Parenchym nicht beobachtet, Kristalle in Strahlzellen fehlend: *Allophylus africanus*
 -Gefäße mittelgroß, deutliche marginale Parenchymbänder vorhanden, Kristalle in Strahlzellen häufig: *Pappea capensis*

- 80.** (78) Paratracheales Axialparenchym sehr breit gebändert: *Albizia tanganyicensis*
 -Paratracheales Axialparenchym nicht sehr breit gebändert: **81**
(Peltophorum africanum
Parkinsonia africana
Albizia anthelminthica
Albizia brevifolia)
- (Die folgende Aufschlüsselung der unter 81/82 genannten, anatomisch sehr ähnlichen Arten beruht auf Unterschieden in der Verteilung des paratrachealen Axialparenchyms. Sie kann nur bei größeren Stücken mit sehr deutlicher Merkmalsausprägung angewandt werden. Kleinere Stücke oder Stücke ohne deutliche Merkmalsausprägung sollten bei der Bestimmung zu einem Typ zusammengefaßt werden)
- 81.** (80) Paratracheales Axialparenchym überwiegend vasizentrisch, selten aliform bis schwach konfluent, gelegentlich Kristalle in Strahlzellen vorhanden: *Parkinsonia africana*
 -Axialparenchym nicht überwiegend vasizentrisch, Kristalle in Strahlzellen fehlend: **82**
- 82.** (81) Axialparenchym aliform, geflügelt-aliform und konfluent: *Albizia anthelminthica*
Albizia brevifolia
 -Axialparenchym vasizentrisch und aliform-konfluent bis stellenweise gebändert, nicht geflügelt-aliform: *Peltophorum africanum*
- 83.** (77) Gefäßtüpfel verziert, Kristalle oder Drusen im apotrachealen, meist gekammerten Axialparenchym vorhanden: **84**
 -Gefäßtüpfel unverziert oder wenn verziert, dann nicht in Verbindung mit Kristallen oder Drusen im apotrachealen Axialparenchym: **91**
- 84.** (83) Kristalle bzw. Drusen in sehr großen Idioblasten (bis 60 bzw. bis 70µm Durchmesser): **85**
 -Kristallführendes Parenchym nicht oder nur schwach vergrößert: **86**
- 85.** (84) Drusen in ungekammertem axialen Parenchym: *Terminalia sericea*
 -Drusen fehlend, prismatische Kristalle in gekammertem axialen Parenchym: *Terminalia prunioides*
- 86.** (84) Holz ringporig bis halbringporig: *Triaspis hypericoides ssp. nelsonii*
 -Holz zerstreutporig bis schwach halbringporig: **87**
- 87.** (86) Paratracheales Axialparenchym überwiegend vasizentrisch: **88**
 -Paratracheales Parenchym überwiegend aliform-konfluent bis gebändert: **90**
- 88.** (87) Holzstrahlen ein bis zwei-, selten bis dreireihig: **89**
 -Holzstrahlen ein bis sechsreihig: *Guibourtia coleosperma*
- 89.** (88) Undeutliche Stockwerkstruktur vorhanden, Kristalle in gekammertem Axialparenchym sehr selten bis ganz fehlend: *Baikiaea plurijuga*
 -Stockwerkstruktur fehlend, Kristalle in gekammertem Axialparenchym sehr häufig, lange Kristallketten bildend: *Colophospermum mopane*

90. (87) Holzstrahlen homozellulär aus langen liegenden Zellen: *Acacia* spp.
Burkea africana
Dichrostachys cinerea
Elephanthorrhiza suffruticosa
 -Holzstrahlen scheinbar heterozellulär durchmischt (liegende Zellen unterschiedlicher Länge): *Elephanthorrhiza suffruticosa*
91. (84) Axialparenchym deutlich aliform-konfluent oder gebändert: 92
 -Axialparenchym nicht deutlich aliform-konfluent oder gebändert 96
92. (91) Prismatische Kristalle vorhanden 93
 -Prismatische Kristalle fehlend 95
93. (92) Kristalle in Strahlzellen vorhanden: 94
 -Kristalle in Strahlzellen fehlend: *Dombeya rotundifolia*
94. (93) Gefäße in radialen Reihen, Thyllen nicht beobachtet: *Pseudolachnostylis*
maprouneifolia
 -Gefäße in Nestern oder einzeln, Thyllen häufig: *Cordia ovalis*
95. (92) Tüpfel verziert, Holzstrahlen homozellulär aus liegenden Zellen: *Burkea africana*
 -Tüpfel unverziert, Holzstrahlen schwach heterozellulär aus liegenden Zellen im Zentrum mit einer Reihe kurzer liegender bis aufrechter/quadratischer Randzellen: *Kigelia africana*
96. (91) Fasern mit deutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden 97
 -Fasern mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln 101
97. (96) Kristalle in Holzstrahlen vorhanden: 98
 -Kristalle in Holzstrahlen fehlend: 100
98. (97) Milchröhren in den Holzstrahlen vorhanden: *Diplorhynchus condylocarpon*
 -Milchröhren fehlend: 99
99. (97) Holz halbringporig, Kristallsand in den Holzstrahlen vorhanden: *Heliotropium*
rariflorum ssp. *hereroense*
 -Holz zerstreutporig, Kristallsand fehlend: *Turnera oculata*
100. (97) Axialparenchym apotracheal diffus: Rubiaceae
 -Axialparenchym paratracheal spärlich bis vasizentrisch: *Pechuel-Loeschea leubnitziae*
101. (96) Fasern septiert: 102
 -Fasern nicht septiert oder Septen nicht deutlich erkennbar: 104
102. (101) Gefäße überwiegend in radialen Reihen 103
 -Gefäße häufig einzeln, seltener in kurzen radialen Reihen oder kleinen Nestern:
Nuxia oppositifolia
103. (102) Fasern dickwandig, Septen kaum erkennbar: Acanthaceae
 -Fasern mittelwandig, Septen deutlich erkennbar: *Manuleopsis dinteri*

- 104.** (101) Paratracheales Axialparenchym vasizentrisch bis stellenweise aliform-konfluent: **105**
 -Paratracheales Parenchym sehr spärlich bis spärlich: **109**
- 105.** (104) Kristalle in den Holzstrahlen vorhanden: **106**
 -Kristalle in den Holzstrahlen fehlend: *Sesamum rigidum*
- 106.** (105) Holzstrahlen überwiegend einreihig, selten zweireihig, Fasern deutlich radial gereiht: *Ziziphus mucronata*
 -Holzstrahlen nicht überwiegend einreihig, Fasern nicht deutlich radial gereiht: **107**
- 107.** (106) Kristalle in gekammertem Axialparenchym vorhanden: **108**
 -Kristalle in gekammertem Axialparenchym fehlend: *Adenolobus garipensis*
Adenolobus pechuellii
Indigofera adenocarpa
- 108.** (107) Holzstrahlen mit einer Tendenz zu zwei Größenklassen (einreihige Holzstrahlen häufig, breitere bis vierreihig), maximal 900µm hoch: *Berchemia discolor*
 -Holzstrahlen ohne Tendenz zu zwei Größenklassen, bis 2mm hoch: *Abutilon angulatum*
- 109.** (104) Gefäße in zwei Größenklassen: *Helinus integrifolius*
 -Gefäße nicht in zwei Größenklassen: **110**
- 110.** (109) Spiralverdickungen der Gefäßwände vorhanden: *Tarchonanthus camphoratus*
 -Spiralverdickungen fehlend: **111**
- 111.** (110) Apotracheal diffuses Parenchym vorhanden: **112**
 - Apotracheal diffuses Parenchym fehlend **113**
- 112.** (111) Kristalle im apotrachealen Parenchym fehlend, Holzstrahlen heterozellulär durchmischt: *Strophanthus amboensis*
 -Kristalle im apotrachealen Parenchym vorhanden, Holzstrahlen homozellulär aus liegenden Zellen oder schwach heterozellulär aus liegenden Zellen im Zentrum und einer Reihe aufrechter/quadratischer Randzellen: *Zanthoxylum ovatifoliolatum*
- 113.** (111) Prismatische Kristalle in Strahlzellen vorhanden: **114**
 -Prismatische Kristalle nicht beobachtet: **115**
- 114.** (113) Holzstrahlen bis sechsreihig: *Hermannia gariepiana*
 -Holzstrahlen maximal dreireihig: *Hibiscus micranthus*
- 115.** (113) Kristallsand in den Holzstrahlen fehlend: *Acanthaceae pro parte*
 (ohne *Blepharis* spp.)
Melhania damarana
Asteraceae pro parte
 (*Vernonia obionifolia, Vernonia cinerascens, Distephanus angolensis*)
Thamnosma africana
 -Kristallsand in den Holzstrahlen vorhanden: *Blepharis* spp.
- 116.** (39) deutliche Stockwerkstruktur vorhanden: **117**

- deutliche Stockwerkstruktur fehlend 120
- 117.** (116) Holzstrahlen bis über fünfreihig, Axialparenchym teilweise unlignifiziert: 118
 -Holzstrahlen ein bis dreireihig, unlignifiziertes Parenchym fehlend: *Moringa ovalifolia*
- 118.** (117) Drusen im Axialparenchym und in den Holzstrahlen vorhanden, Fasern septiert: 119
Adansonia digitata
 -Drusen fehlend, prismatische Kristalle vorhanden, Fasern unseptiert: 119
- 119.** (118) Kristalle nur in Strahlzellen vorhanden: 119
Sterculia africana
 -Kristalle in gekammertem Axialparenchym vorhanden: 119
Sterculia quinqueloba
- 120.** (116) Axialparenchym in breiten Bändern: 121
Ficus capreifolia
Ficus cordata
Ficus sycomorus
 -Axialparenchym nicht in breiten Bändern 121
- 121.** (120) Gefäße klein, ein radiales bis tangenciales Muster bildend: 122
Heteromorpha trifoliata
 -Holz anders: 122
- 122.** (121) Fasern unseptiert: 123
 -Fasern septiert 130
- 123.** Tüpfel verziert: 124
 -Tüpfel unverziert: 124
Syzygium guineense
- 124.** (123) Axialparenchym diffus aggregiert, großlumig und schwach lignifiziert, Parenchymbändchen im Wechsel mit jeweils nur ein bis drei Lagen dünnwandiger Fasern: 125
Schinziophyton rautanenii
 -Holz anders: 125
- 125.** (124) Kreuzungsfeldtüpfel stark gestreckt bis skalariform: 126
 -Kreuzungsfeldtüpfel nie skalariform 127
- 126.** (125) Axialparenchym apotracheal diffus, Kristalle fehlend: 128
 -Axialparenchym paratracheal spärlich bis vasizentrisch, reichlich prismatische Kristalle in den Holzstrahlen: 128
Kissenia capensis
Sarcocaulon mossamedense
- 127.** (125) Fasern mit deutlich behöften Tüpfeln auf Radial- und Tangentialwänden, Holz halbringporig: 128
Ipomoea adenioides
 -Fasern mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln: 128
- 128.** (127) Deutliche marginale Parenchymbänder vorhanden: 129
 -Marginales Parenchym nicht beobachtet: 129
Steganotaenia araliacea

- 129.** (128) Kreuzungsfeldtüpfel mit reduzierten Höfen auf die Kantenzellen der Holzstrahlen beschränkt, Axialparenchym paratracheal spärlich: *Salix mucronata*
 -Kreuzungsfeldtüpfel mit reduzierten Höfen nicht auf die Kantenzellen der Holzstrahlen beschränkt, Axialparenchym vasizentrisch und stellenweise aliform-konfluent: *Gyrocarpus americanus*
- 130.** (122) Schwach lignifizierte bis unlignifizierte apotracheale Parenchymbänder vorhanden: **131**
 schwach- bis unlignifizierte Parenchymbänder fehlend: **132**
- 131** (130) Prismatische Kristalle und Kristallsand vorhanden: *Sesamothamnus benguelense*
 -Prismatische Kristalle vorhanden, Kristallsand fehlend: *Sesamothamnus guerichii*
- 132.** (130) Gefäße häufig in langen Reihen: **133**
 - Gefäße nicht in langen Reihen: **140**
- 133.** (132) Gefäßtüpfel verziert: **134**
 -Gefäßtüpfel unverziert: **135**
- 134.** (133) Axialparenchym paratracheal spärlich: *Bridelia cathartica*
 -Axialparenchym paratracheal spärlich bis vasizentrisch, stellenweise schmal gebändert: *Bridelia tenuifolia*
 (Auftrennung aufgrund dieses Merkmals unsicher)
- 135.** (133) Parenchym aliform-konfluent bis breit gebändert, apotracheal diffus und marginal: *Bauhinia petersiana*
 -Parenchym paratracheal spärlich oder fehlend: **137**
- 136.** (135) Radialkanäle in breiteren Holzstrahlen vorhanden, häufig zwei Kanäle pro Holzstrahl, Fasern nicht radial gereiht: *Rhus marlothii*
Rhus lancea
 -Radialkanäle fehlend: **137**
- 137.** (136) Milchröhren in den Holzstrahlen häufig, Fasern deutlich radial gereiht: *Euphorbia guerichiana*
 -Milchröhren fehlend: **138**
- 138.** (137) Kristalle in Strahlzellen häufig: **139**
 -Kristalle in Strahlzellen fehlend: *Flueggea virosa*
- 139** (138) Silikate in Strahlzellen spärlich vorhanden: *Ozoroa crassinervia*
 (s. aber Anmerkungen/Anacardiaceae)
 -Silikate in Strahlzellen nicht beobachtet: *Ozoroa paniculosa*
 (s. aber Anmerkungen/Anacardiaceae)
- 140.** (132) Holz halbringporig, Frühholzgefäße deutlich größer als die Spätholzgefäße: **141**
 -Holz zerstreutporig: **142**

- 141.** (140) Kristalle in den Holzstrahlen vorhanden, mehrere Kristalle pro Zelle:
Clerodendrum sp.
 -Kristalle nicht beobachtet: *Clerodendrum dekindtii*
- 142.** (140) Kreuzungsfeldtüpfel isodiametrisch: *Acalypha fruticosa*
 -Kreuzungsfeldtüpfel isodiametrisch bis stark gestreckt: 143
- 143.** (142) Radialkanäle sowie prismatische Kristalle fehlend: 144
 -Radialkanäle in breiteren Holzstrahlen vorhanden; Kristalle in Holzstrahlen meist vorhanden. 146
- 144.** (143) Axialparenchym paratracheal sehr spärlich bis fehlend, Silikate nicht beobachtet, Gefäße überwiegend in kurzen Reihen: *Phyllanthus reticulatus*
 -Axialparenchym vasizentrisch und (meist) marginal: 145
- 145.** (144) Reichlich Silikataggregate in den Holzstrahlen vorhanden, falls marginale Parenchymbänder vorhanden, dann in Verbindung mit axialen Interzellulargängen traumatischen Ursprungs: *Kirkia acuminata*
 -Vereinzelt kleine Silikataggregate in den Holzstrahlen beobachtet, stets auffällige marginale Parenchymbänder vorhanden, traumatische Interzellulargänge nicht beobachtet: *Steganotaenia araliacea*
- 146.** (143) Silikataggregate in Holzstrahlen vorhanden: 147
 -Silikataggregate in Holzstrahlen fehlend: 148
- 147.** (146) Silikate in Fasern vorhanden:
C. anacardiifolia, C. giessii, C. pyracanthoides, C. tenuipetiolata, C. virgata, C. wildii
 (siehe aber Beschreibungen Anacardiaceae, Burseraceae)
 -Silikate in Fasern fehlend:
C. africana
Sclerocarya birrea ssp. *caffra*
 (USW 18572, Kristalle fehlend)
- 148.** (146) Silikataggregate in Fasern vorhanden: *C. glaucescens*
 (siehe aber Beschreibungen Anacardiaceae, Burseraceae)
 -Silikataggregate in Fasern fehlend:
C. angolensis, C. crenato-serrata, C. multijuga, C. mollis, C. saxicola
Sclerocarya birrea ssp. *caffra*
 (Material aus dem Kaokoland, Literaturangaben)
 (siehe aber Beschreibungen Anacardiaceae, Burseraceae)

6 Holzanatomischer Merkmalskatalog

6.1 Verzeichnis der im Merkmalskatalog aufgeführten Arten

<i>Abutilon angulatum</i> (Guill. & Perr.) Mast. (Malvaceae)	S. 209
<i>Acacia arenaria</i> Schinz (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia ataxacantha</i> DC. (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia erioloba</i> (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia erubescens</i> (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia fleckii</i> Schinz (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia hebeclada</i> DC. ssp. <i>hebeclada</i> DC. (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia hebeclada</i> ssp. <i>tristis</i> A.Schreib. (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia hereroensis</i> Engl. (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia karroo</i> Hayne (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia mellifera</i> (Vahl) Benth. ssp. <i>mellifera</i> (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia mellifera</i> ssp. <i>detinens</i> (Burch.) Brenan (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia nebrownii</i> Burt Davy (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex Delile ssp. <i>kraussiana</i> (Benth.) Brenan (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia reficiens</i> Wawra (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia robynsiana</i> Merxm. & A.Schreib. (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd. var. <i>rostrata</i> Brenan (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acacia tortilis</i> (Forssk.) Hayne ssp. <i>heteracantha</i> (Burch.) Brenan (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 180
<i>Acalypha fruticosa</i> Forssk. (Euphorbiaceae)	S. 152
<i>Acanthosycios horridus</i> Welw. ex Hook. f. (Cucurbitaceae)	S. 145
<i>Adansonia digitata</i> L. (Bombacaceae)	S. 100
<i>Adenolobus garipensis</i> (E. Mey.) Torre & Hillc. (Fabaceae-Caesalpinioideae)	S. 166
<i>Adenolobus pechuellii</i> (Kuntze) Torre & Hillc. (Fabaceae-Caesalpinioideae)	S. 166
<i>Albizia anthelminthica</i> (A. Rich.) Brongn. (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 184
<i>Albizia brevifolia</i> Schinz (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 184
<i>Albizia tanganyicensis</i> Baker f. (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 187
<i>Allophylus africanus</i> P. Beauv. (Sapindaceae)	S. 259
<i>Amphiasma benguellense</i> (Hier) Bremek. (Rubiaceae)	S. 246
<i>Amphiasma merenskyanum</i> Bremek. (Rubiaceae)	S. 246
<i>Antiphonia fragrans</i> (Merxm.) Merxm. (Asteraceae)	S. 84
<i>Arthraerua leubnitziae</i> (Kuntze) Schinz (Amaranthaceae)	S. 58
<i>Azima tetracantha</i> Lam. (Salvadoraceae)	S. 255
<i>Baikiaea plurijuga</i> Harms (Fabaceae-Caesalpinioideae)	S. 168
<i>Balanites welwitschii</i> (Tiegh.) Exell & Mendonça (Balanitaceae)	S. 91
<i>Barleria lancifolia</i> T. Anderson (Acanthaceae)	S. 52
<i>Barleria prionites</i> ssp. <i>prionitoides</i> (Engl.) Brummitt & Wood (Acanthaceae)	S. 52
<i>Bauhinia petersiana</i> Bolle (Fabaceae-Caesalpinioideae)	S. 168
<i>Berchemia discolor</i> (Klotzsch) Hemsl. (Rhamnaceae)	S. 242

<i>Blepharis gigantea</i> Oberm. (Acanthaceae)	S. 52
<i>Blepharis obmitrata</i> (Acanthaceae)	S. 52
<i>Blepharis</i> cf. <i>mitrata</i> C.B. Clarke (Acanthaceae)	S. 52
<i>Boscia albitrunca</i> (Burch.) Gilg & Benedict (Capparaceae)	S. 110
<i>Boscia foetida</i> Schinz ssp. <i>foetida</i> (Capparaceae)	S. 110
<i>Boscia microphylla</i> Oliv. (Capparaceae)	S. 114
<i>Boscia tomentosa</i> Toelken (Capparaceae)	S. 114
<i>Bridelia cathartica</i> G. Bertol. (Euphorbiaceae)	S. 152
<i>Bridelia tenuifolia</i> Müll.Arg. (Euphorbiaceae)	S. 152
<i>Burkea africana</i> Benth. ex Hook. (Fabaceae-Caesalpinioideae)	S. 170
<i>Cadaba schroepelii</i> Suess. (Capparaceae)	S. 116
<i>Calicorema capitata</i> (Moq.) Hook. f. (Amaranthaceae)	S. 58
<i>Catophractes alexandri</i> D. Don. (Bignoniaceae)	S. 93
<i>Ceraria longipedunculata</i> Merxm. & Podlech (Portulacaceae)	S. 238
<i>Cissus nymphaeifolia</i> (Welw. ex Baker) Planch. (Vitaceae)	S. 284
<i>Cleome foliosa</i> Hook. f. (Capparaceae)	S. 116
<i>Clerodendrum dekindtii</i> Gürke (Verbenaceae)	S. 283
<i>Clerodendrum</i> sp. (Verbenaceae)	S. 283
<i>Colophospermum mopane</i> (J. Kirk ex Benth.) J. Kirk ex J. Léonard (Fabaceae-Caesalpinioideae)	S. 172
<i>Combretum apiculatum</i> Sond. (Combretaceae)	S. 129
<i>Combretum celastroides</i> Welw. ex M.A. Lawson (Combretaceae)	S. 129
<i>Combretum collinum</i> Fresen. (Combretaceae)	S. 131
<i>Combretum erythrophyllum</i> (Burch.) Sond. (Combretaceae)	S. 133
<i>Combretum hereroense</i> Schinz (Combretaceae)	S. 133
<i>Combretum imberbe</i> Wawra (Combretaceae)	S. 135
<i>Combretum molle</i> R. Br. ex G. Don (Combretaceae)	S. 137
<i>Combretum wattii</i> Exell (Combretaceae)	S. 139
<i>Combretum zeyheri</i> Sond. (Combretaceae)	S. 139
<i>Commiphora africana</i> (A.Rich.) Engl. (Burseraceae)	S. 107
<i>Commiphora anacardiifolia</i> Dinter & Engl. (Burseraceae)	S. 107
<i>Commiphora angolensis</i> Engl. (Burseraceae)	S. 107
<i>Commiphora crenato-serrata</i> Engl. (Burseraceae)	S. 107
<i>Commiphora giessii</i> J.J.A. van der Walt (Burseraceae)	S. 107
<i>Commiphora glaucescens</i> Engl. (Burseraceae)	S. 107
<i>Commiphora mollis</i> (Oliv.) Engl. (Burseraceae)	S. 107
<i>Commiphora multijuga</i> (Hiern) K. Schum. (Burseraceae)	S. 107
<i>Commiphora pyracanthoides</i> Engl. (Burseraceae)	S. 107
<i>Commiphora saxicola</i> Engl. (Burseraceae)	S. 107
<i>Commiphora tenuipetiolata</i> Engl. (Burseraceae)	S. 107
<i>Commiphora virgata</i> Engl. (Burseraceae)	S. 107
<i>Commiphora wildii</i> Merxm. (Burseraceae)	S. 107
<i>Cordia ovalis</i> Lam. (Boraginaceae)	S. 102
<i>Crossopteryx febrifuga</i> (Afzel. ex G. Don.) Benth. (Rubiaceae)	S. 248

<i>Croton gratissimus</i> Burch. (Euphorbiaceae)	S. 156
<i>Curroria decidua</i> Planch. ex Hook. f. & Benth. (Asclepiadaceae)	S. 81
<i>Dialium englerianum</i> Henriq. (Fabaceae-Caesalpinioideae)	S. 174
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn. ssp. <i>africana</i> Brenan & Brummitt (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 189
<i>Diospyros lycioides</i> Desf. (Ebenaceae)	S. 147
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A. DC. (Ebenaceae)	S. 147
<i>Diplorhynchus condylocarpon</i> (Müll. Arg.) Pichon (Apocynaceae)	S. 78
<i>Distephanus angolensis</i> (Hoffm.) H. Rob. & B. Kahn (Asteraceae)	S. 84
<i>Dombeya rotundifolia</i> (Hochst.) Planch. (Sterculiaceae)	S. 267
<i>Ehretia namibiensis</i> Retief & A.E. van Wyk (Boraginaceae)	S. 104
<i>Elaeodendron transvaalense</i> (Burt Davy) R.H. Archer (Celastraceae)	S. 123
<i>Elephantorrhiza suffruticosa</i> Schinz (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 189
<i>Erythrina decora</i> Harms (Fabaceae-Papilionoideae)	S. 201
<i>Euclea divinorum</i> Hiern (Ebenaceae)	S. 147
<i>Euclea pseudebenus</i> E. Mey. ex A. DC. (Ebenaceae)	S. 147
<i>Euphorbia guerichiana</i> Pax (Euphorbiaceae)	S. 156
<i>Faidherbia albida</i> (Delile) A. Chev. (Fabaceae-Mimosoideae)	S. 191
<i>Ficus capreifolia</i> Del. (Moraceae)	S. 216
<i>Ficus cordata</i> Thunb. (Moraceae)	S. 216
<i>Ficus sycomorus</i> L. (Moraceae)	S. 216
<i>Flueggea virosa</i> (Roxb. ex Willd.) Voigt (Euphorbiaceae)	S. 159
<i>Gardenia volkensii</i> K. Schum. ssp. <i>spathulifolia</i> (Stapf & Hutch.) Verdc. (Rubiaceae)	S. 248
<i>Gossypium anomalum</i> Wawra ex Wawra & Peyr. (Malvaceae)	S. 211
<i>Gossypium triphyllum</i> (Harv.) Hochr. (Malvaceae)	S. 211
<i>Grewia bicolor</i> Juss. (Tiliaceae)	S. 275
<i>Grewia flavescens</i> Juss. (Tiliaceae)	S. 275
<i>Grewia tenax</i> (Forssk.) Fiori (Tiliaceae)	S. 277
<i>Grewia villosa</i> (Willd.) (Tiliaceae)	S. 277
<i>Guibourtia coleosperma</i> (Benth.) J. Léonard (Fabaceae-Caesalpinioideae)	S. 176
<i>Gymnosporia buxifolia</i> (L.) Szyszyl. (Celastraceae)	S. 123
<i>Gymnosporia senegalensis</i> (Lam.) Loes. (Celastraceae)	S. 123
<i>Gyrocarpus americanus</i> Jacq. (Gyrocarpaceae)	S. 204
<i>Helinus integrifolius</i> (Lam.) Kuntze (Rhamnaceae)	S. 242
<i>Heliotropium rariflorum</i> Stocks ssp. <i>hereroense</i> (Schinz) Verc. (Boraginaceae)	S. 104
<i>Hermannia gariépina</i> Eckl. & Zeyh. (Sterculiaceae)	S. 269
<i>Hexalobus monopetalus</i> (A. Rich.) Engl. & Diels. (Annonaceae)	S. 73
<i>Heteromorpha arborescens</i> (Sprengel) Cham. & Schlecht. (Apiaceae)	S. 74
<i>Hibiscus micranthus</i> L.f. (Malvaceae)	S. 213
<i>Hyphaene petersiana</i> Klotzsch (Arecaceae)	S. 286
<i>Hypoestes forskalii</i> (Vahl) R. Br. ex C.B. Clarke (Acanthaceae)	S. 52
<i>Indigofera adenocarpa</i> E. Mey. (Fabaceae-Papilionoideae)	S. 193
<i>Ipomoea adenioides</i> Schinz (Convolvulaceae)	S. 145

<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth. (Bignoniaceae)	S. 98
<i>Kirkia acuminata</i> Oliv. (Simaroubaceae)	S. 263
<i>Kissenia capensis</i> Endl. (Loasaceae)	S. 205
<i>Leucosphaera bainesii</i> (Hook. f.) Gilg. (Amaranthaceae)	S. 61
<i>Lycium bosciifolium</i> Schinz (Solanaceae)	S. 265
<i>Maerua parvifolia</i> Pax (Capparaceae)	S. 119
<i>Maerua schinzii</i> Pax (Capparaceae)	S. 119
<i>Manuleopsis dinteri</i> Thell. (Scrophulariaceae)	S. 261
<i>Marcellipsis denudata</i> (Hook. f.) Schinz (Amaranthaceae)	S. 61
<i>Melhania damarana</i> Harv. (Sterculiaceae)	S. 267
<i>Montinia caryophyllacea</i> Thunb. (Montiniaceae)	S. 213
<i>Moringa ovalifolia</i> Dinter & A. Berger (Moringaceae)	S. 219
<i>Mundulea sericea</i> (Willd.) A. Chev. (Fabaceae-Papilionoideae)	S. 193
<i>Myrothamnus flabellifolius</i> Welw. (Myrothamnaceae)	S. 220
<i>Nuxia oppositifolia</i> (Hochst.) Benth. (Loganiaceae)	S. 207
<i>Ochna pulchra</i> Hook. (Ochnaceae)	S. 226
<i>Opilia campestris</i> Engl. (Opiliaceae)	S. 227
<i>Ormocarpum kirkii</i> S. Moore (Fabaceae-Papilionoideae)	S. 195
<i>Orthanthera albida</i> Schinz (Asclepiadaceae)	S. 81
<i>Osyris lanceolata</i> Hochst. & Steud. (Santalaceae)	S. 227
<i>Ozoroa crassinervia</i> (Engl.) R. & A. Fern. (Anacardiaceae)	S. 64
<i>Ozoroa paniculosa</i> (Sond.) R. & A. Fern. (Anacardiaceae)	S. 64
<i>Pappea capensis</i> Eckl. & Zeyh. (Sapindaceae)	S. 259
<i>Parkinsonia africana</i> Sond. (Fabaceae-Caesalpinioideae)	S. 176
<i>Pechuel-Loeschea leubnitziae</i> (Kuntze) Hoffm. (Asteraceae)	S. 86
<i>Peltophorum africanum</i> Sond. (Fabaceae-Caesalpinioideae)	S. 178
<i>Petalidium cirrhiferum</i> S. Moore (Acanthaceae)	S. 52
<i>Petalidium luteo-album</i> A. Meeus (Acanthaceae)	S. 52
<i>Petalidium</i> sp. 116110 (Acanthaceae)	S. 52
<i>Phaeoptilum spinosum</i> Radlk. (Nyctaginaceae)	S. 224
<i>Philenoptera nelsii</i> (Schinz) Schrire (Fabaceae-Papilionoideae)	S. 197
<i>Phoenix reclinata</i> Jacq. (Arecaceae)	S. 286
<i>Phyllanthus reticulatus</i> Poir. (Euphorbiaceae)	S. 159
<i>Polygala guerichiana</i> Engl. (Polygalaceae)	S. 236
<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i> Pax (Euphorbiaceae)	S. 162
<i>Ptaeroxylon obliquum</i> (Thunb.) Radlk. (Ptaeroxylaceae)	S. 240
<i>Pterocarpus angolensis</i> DC. (Fabaceae-Papilionoideae)	S. 199
<i>Pterocarpus lucens</i> Guill. & Perr. ssp. <i>antunesii</i> (Taub.) Rojo (Fabaceae-Papilionoideae)	S. 199
<i>Rhigozum brevispinosum</i> Kuntze (Bignoniaceae)	S. 95
<i>Rhigozum virgatum</i> Merxm. & A. Schreib. (Bignoniaceae)	S. 95
<i>Rhus lancea</i> L.f. (Anacardiaceae)	S. 66
<i>Rhus marlothii</i> Engl. (Anacardiaceae)	S. 66
<i>Salix mucronata</i> Thunb. (Salicaceae)	S. 252

<i>Salsola</i> sp. (Chenopodiaceae)	S. 127
<i>Salvadora persica</i> L. (Salvadoraceae)	S. 257
<i>Sarcocaulon mossamedense</i> (Welw. ex Oliv.) Hiern (Geraniaceae)	S. 202
<i>Schinziophyton rautanenii</i> (Schinz) Radcl.-Sm. (Euphorbiaceae)	S. 162
<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst. ssp. <i>caffra</i> (Sond.) Kokwaro (Anacardiaceae)	S. 69
<i>Securidaca longipedunculata</i> Fresen. (Polygalaceae)	S. 238
<i>Sesamothamnus benguellensis</i> Welw. (Pedaliaceae)	S. 233
<i>Sesamothamnus guerichii</i> (Engl.) E.A. Bruce (Pedaliaceae)	S. 233
<i>Sesamum rigidum</i> (Peyr.) (Pedaliaceae)	S. 236
<i>Spirostachys africana</i> Sond. (Euphorbiaceae)	S. 164
<i>Steganotaenia araliacea</i> Hochst. (Apiaceae)	S. 76
<i>Sterculia africana</i> (Lour.) Fiori (Sterculiaceae)	S. 271
<i>Sterculia quinqueloba</i> (Garcke) K. Schum. (Sterculiaceae)	S. 271
<i>Strychnos pungens</i> Soler. (Loganiaceae)	S. 207
<i>Strychnos spinosa</i> Lam. (Loganiaceae)	S. 207
<i>Strophanthus amboensis</i> (Schinz) Engl. & Pax (Apocynaceae)	S. 78
<i>Suaeda</i> sp. (Chenopodiaceae)	S. 127
<i>Syzygium guineense</i> (Willd.) DC. (Myrtaceae)	S. 222
<i>Tamarix usneoides</i> E. Mey. ex Bunge (Tamaricaceae)	S. 273
<i>Tarchonanthus camphoratus</i> L. (Asteraceae)	S. 86
<i>Terminalia prunioides</i> M.A. Lawson (Combretaceae)	S. 142
<i>Terminalia sericea</i> Burch. ex DC. (Combretaceae)	S. 142
<i>Thamnosma africana</i> Engl. (Rutaceae)	S. 252
<i>Tinnea rhodesiana</i> S. Moore (Lamiaceae)	S. 205
<i>Triaspis hypericoides</i> (DC.) Burch. ssp. <i>nelsonii</i> (Oliv.) Immelman (Malpighiaceae)	S. 209
<i>Tribulocarpus dimorphanthus</i> (Pax) S. Moore (Aizoaceae-Tetragonioideae)	S. 57
<i>Turnera oculata</i> Story (Turneraceae)	S. 281
<i>Vangueria infausta</i> Burch (Rubiaceae)	S. 250
<i>Vernonia cinerascens</i> Sch. Bip. (Asteraceae)	S. 89
<i>Vernonia obionifolia</i> Hoffm. (Asteraceae)	S. 89
<i>Welwitschia mirabilis</i> Hook. f. (Welwitschiaceae)	S. 286
<i>Ximenia americana</i> L. (Olacaceae)	S. 227
<i>Ximenia caffra</i> Sond. (Olacaceae)	S. 227
<i>Zanthoxylum ovatifoliolatum</i> (Engl.) Finkelstein (Rutaceae)	S. 252
<i>Ziziphus mucronata</i> Willd. (Rhamnaceae)	S. 244
<i>Zygophyllum stapffii</i> Schinz (Zygophyllaceae)	S. 284

6.2 Merkmalskatalog

Dicotyledonae

Acanthaceae

Untersuchte Arten:

Barleria lancifolia T. Anderson

Barleria prionites ssp. *prionitoides* (Engl.) Brummitt & Wood

Blepharis gigantea Oberm.

Blepharis obmitrata

Blepharis cf. *mitrata* C.B. Clarke

Hypoestes forskalii (Vahl) R. Br. ex C.B. Clarke

Petalidium cirrhiferum S. Moore

Petalidium luteo-album A. Meeus

Petalidium sp. 116110

Beschreibung

Die oben stehenden Halbsträucher und Sträucher aus der Familie der Acanthaceae weisen eine so einheitliche Anatomie auf, dass sie im folgenden gemeinsam beschrieben werden. Auf anatomische Besonderheiten einzelner Arten wird hingewiesen. Im Kaokoland liegt eine reiche Acanthaceenflora vor, die holzanatomisch nicht aufgearbeitet werden konnte. Die folgende Beschreibung der sehr ähnlichen Arten dient dazu, einen Acanthaceae-Holztyp zu charakterisieren. Die Messungen der Gefäßdimensionen sind in der untenstehenden Tabelle aufgeführt.

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz zerstreutporig bis schwach halbringporig. Gefäße klein, bei *Hypoestes forskalii* mittelgroß, überwiegend in kurzen radialen Reihen von zwei bis drei, seltener in längeren radialen Reihen bis sieben oder kleinen Nestern, zahlreich (40-100/mm²) bis sehr zahlreich ($\geq 100/\text{mm}^2$). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 2-4µm, bei *Barleria lancifolia* bis 5µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern mittel- bis dickwandig bei *Blepharis* spp. und *Hypoestes forskalii*, bei den übrigen Arten dickwandig, septiert und unseptiert (s. Anmerkungen), mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich und in teilweise diskontinuierlichen marginalen Bändern, in zweizelligen Strängen.

Strahlen meist ein- bis vierreihig, maximal dreireihig bei *Barleria lancifolia*. Strahlen ausschließlich aus aufrechten/quadratischen Zellen aufgebaut oder schwach heterozellulär durchmischt mit nur sehr wenigen liegenden Zellen, 12 bis maximal 22 Strahlen pro mm.

Bei den Gattungen *Petalidium* und *Blepharis* wurden vereinzelt in Strahlzellen in Marknähe Cystolithen beobachtet. Kristallsand vorhanden in Strahlen der Gattung *Blepharis*, bei *Blepharis* cf. *mitrata* nur sehr spärlich. Prismatische Kristalle und Silikate nicht beobachtet.

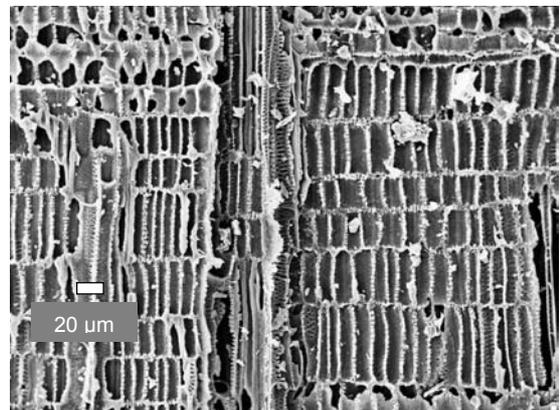
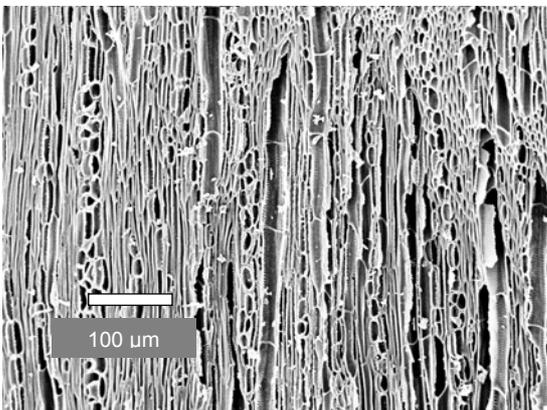
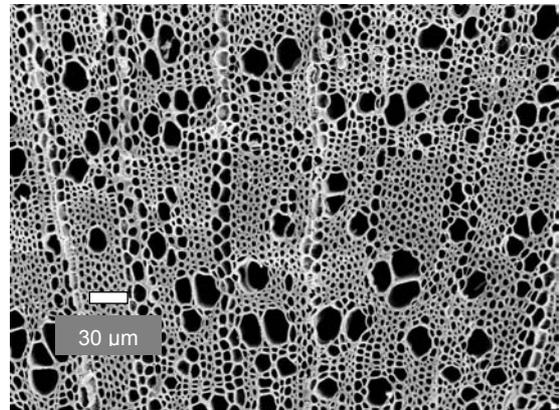
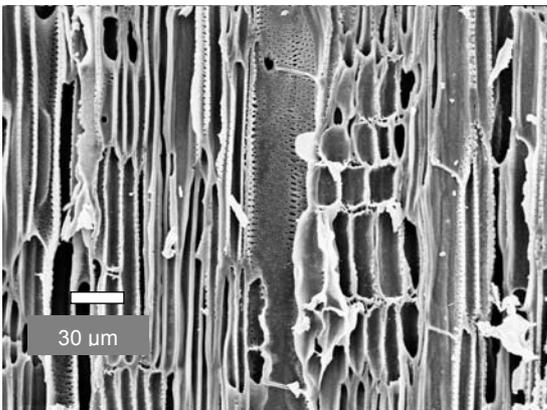
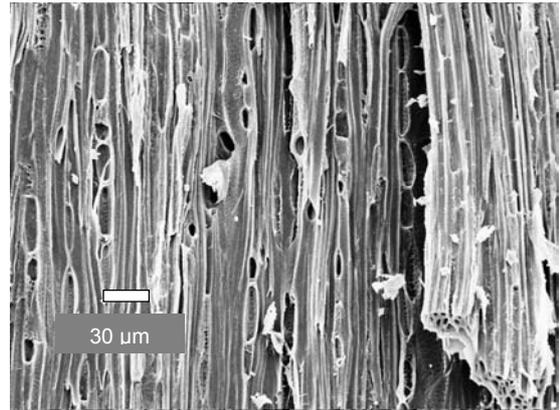
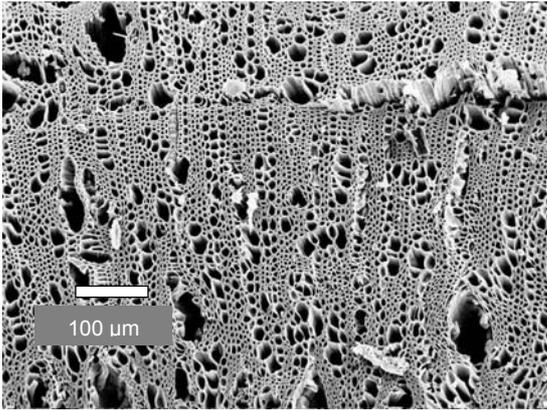
Anmerkungen

Das Vorhandensein von septierten Librifasern gilt als typisches Familienmerkmal der Acanthaceae (vgl. METCALFE & CHALK 1950, 1983, CARLQUIST 1988). Für die archäobotanische Bestimmung von Holzkohlen aus dem Kaokoland kann dieses Merkmal jedoch nur bedingt herangezogen werden. Die Fasern der im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Acanthaceen sind sehr dickwandig, so dass Septen nur schwer zu erkennen sind. Darüber hinaus sind diese entweder nur sehr spärlich vorhanden, meist auf die Faserspitzen beschränkt und scheinen in einem Teil der Fasern ganz zu fehlen. Im vorne stehenden holzanatomischen Schlüssel sind die Acanthaceen daher sowohl unter „septierte Fasern vorhanden“ als auch unter „septierte Fasern fehlend oder nicht erkennbar“ verschlüsselt.

Eine große anatomische Ähnlichkeit besteht zu *Manuleopsis dinteri* (Scrophulariaceae) sowie zu *Melhania damarana* (Sterculiaceae).

Art	mittlerer tangentialer Gefäßdurchmesser	Standardabweichung	range
<i>Barleria lancifolia</i>	31,1µm	9,5µm	16,5-44µm
<i>Barleria prionites</i> ssp. <i>prionitoides</i>	27,4µm	10,0µm	13,2-47,3µm
<i>Blepharis gigantea</i>	31,9µm	15,3µm	13,2-69,3µm
<i>Blepharis obmitrata</i>	34,9µm	12,6µm	14,3-61,6µm
<i>Blepharis</i> cf. <i>mitrata</i>	29,4µm	10,7µm	11-44µm
<i>Hypoestes forskalii</i>	57,4µm	24,9µm	22-101,2µm
<i>Petalidium cirrhiferum</i>	32,2µm	11,7µm	11-55µm
<i>Petalidium luteo-album</i>	39,6µm	15,5µm	16,5-77µm
<i>Petalidium</i> sp. 116110	33,6µm	15,1µm	12,1-66µm

Tab. 2: Gefäßdurchmesser bei ausgewählten Acanthaceen



l.o. *Barleria lancifolia*, quer

l.m. *B. lancifolia*, radial

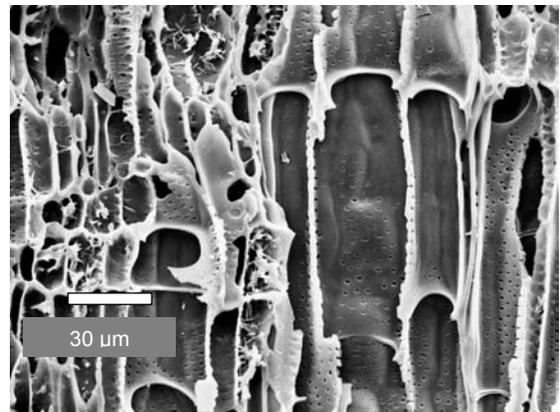
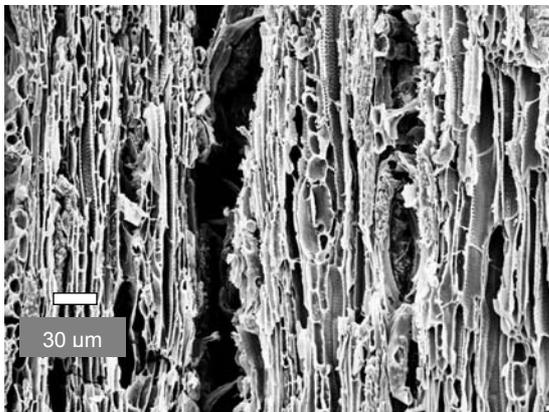
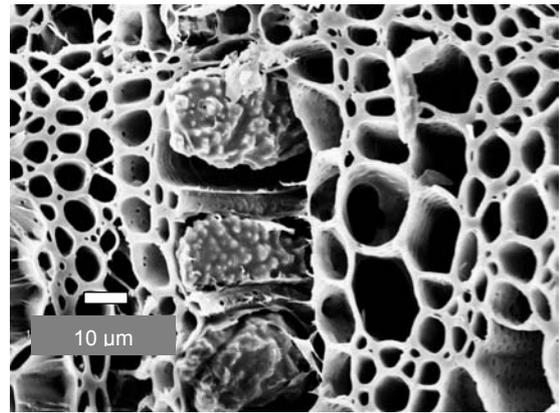
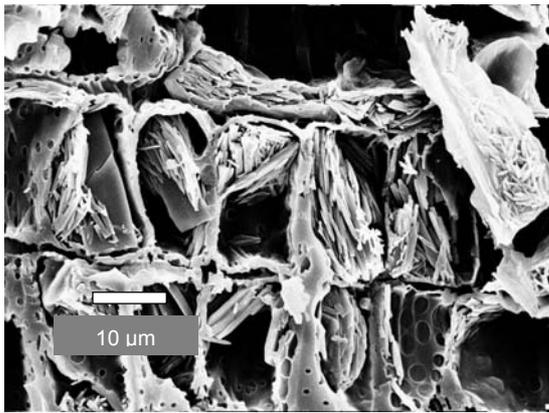
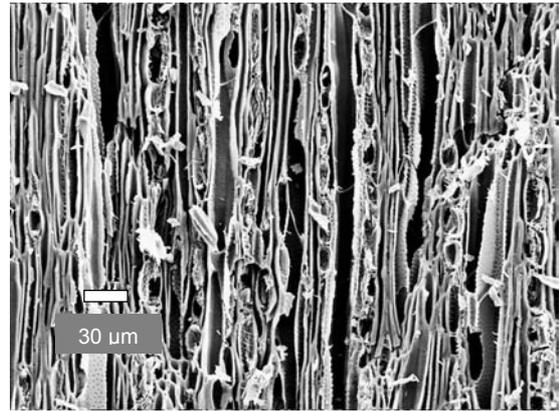
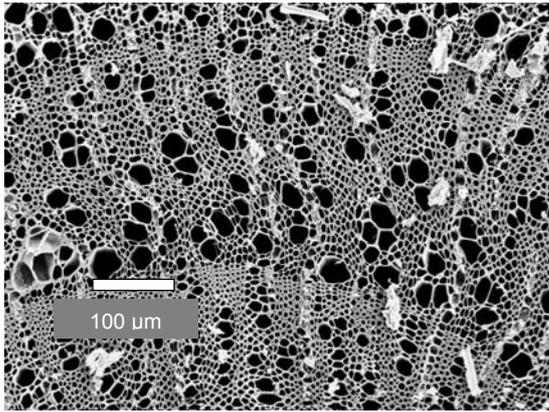
l.u. *B. gigantea*, tangential

r.o. *B. lancifolia*, tangential

r.m. *Blepharis gigantea*, quer

r.u. *B. gigantea*, radial

Tafel 1: Acanthaceae rezent: *Barleria lancifolia*, *Blepharis gigantea*

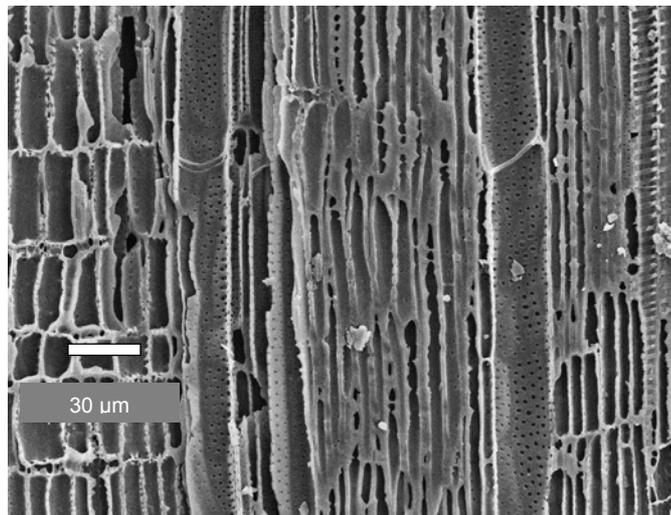
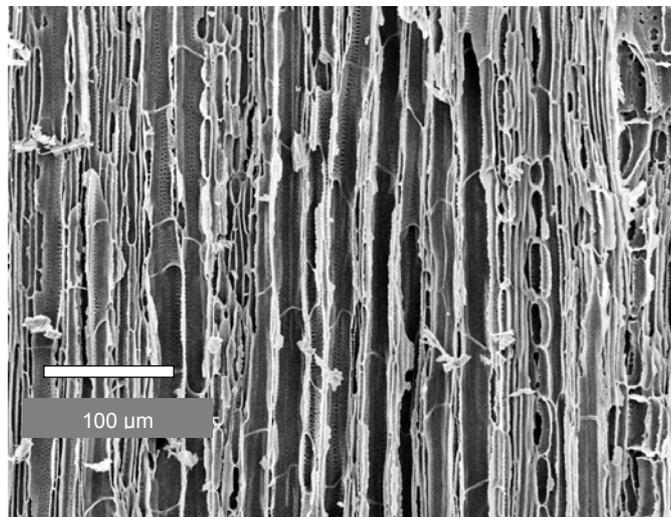
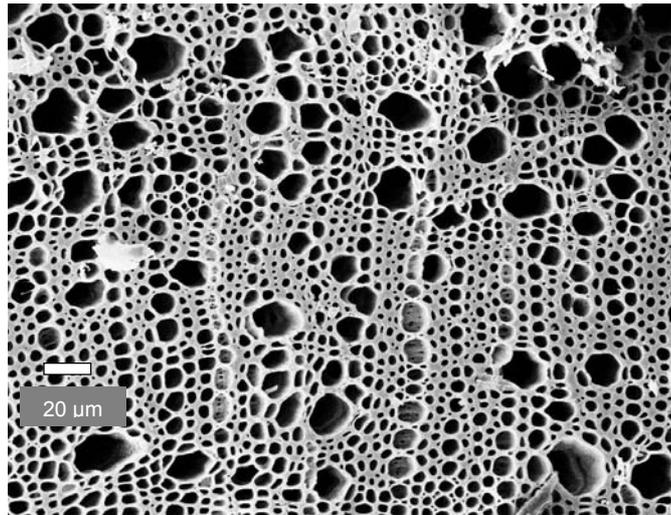


l.o. *Blepharis* cf. *mitrata*., quer
 l.m. *B.* cf. *mitrata*., radial
 l.u. *P. luteo-album*, tangential

r.o. *B.* cf. *mitrata*., tangential
 r.m. *Petalidium luteo-album*, quer, Cystolithen
 r.u. *P. luteo-album*, radial

Tafel 2: Fortsetzung Acanthaceae rezent:

Blepharis cf. *mitrata*,
Petalidium luteo-album



- o. Acanthaceae quer
- m. Acanthaceae, tangential
- u. Acanthaceae, radial

Tafel 3: Acanthaceae archäobotanisch: Acanthaceae
(Nachweis: Fundplatz N 95/1)

Aizoaceae-Tetragonioideae

Tribulocarpus dimorphanthus (Pax) S. Moore

Syn.: *Tetragonia dimorphantha* Pax

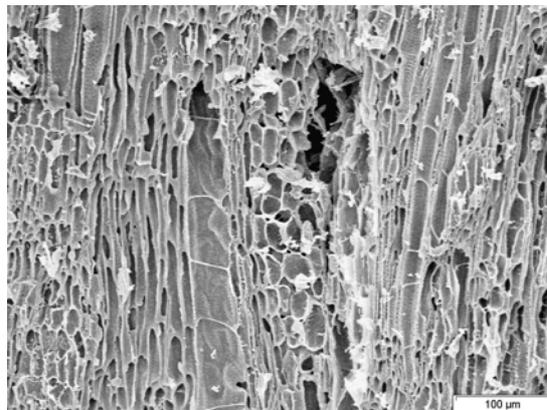
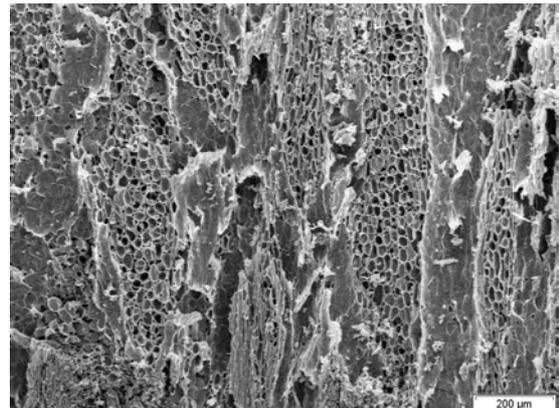
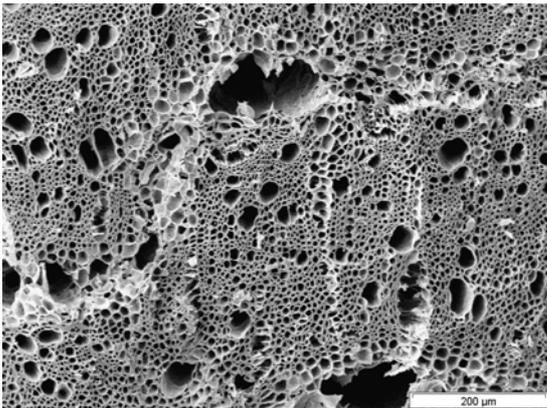
Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder nicht erkennbar. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 35,1µm, Standardabweichung: 17,1µm, range: 2,5-66µm), meist einzeln oder in kleinen Nestern, zahlreich (40-100/mm²) bis sehr zahlreich (≥100/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser um 3,5µm.

Fasern mittel- bis dickwandig, unseptiert, Tüpfel deutlich behöft, auf Radial- und Tangentialwänden.

Axialparenchym anscheinend beschränkt auf das Verbindungsparenchym zwischen den Phloeminiseln. Eingeschlossenes Phloem vorhanden, konzentrisch.

Einreihige, sehr niedrige Holzstrahlen vorhanden. Radiale Ausstrahlungen des Verbindungsparenchyms vorhanden. Kristalle und Silikate nicht beobachtet.



l.o. *Tribulocarpus dimorphanthus*, quer

r.o. *T. dimorphanthus*, tangential

u. *T. dimorphanthus*, radial

Tafel 4: Aizoaceae - Tetragonioideae rezent: *Tribulocarpus dimorphanthus*

Amaranthaceae

Arthraerua leubnitziae (Kuntze) Schinz

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder nicht erkennbar. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 40,9µm, Standardabweichung: 14,2µm, range: 14,3-69,3µm), einzeln, in kurzen radialen Reihen oder radial orientierten Nestern, zahlreich (40-100/mm²).

Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 3-4µm.

Fasern dickwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich, fusiform und in zweizelligen Strängen. Reichlich unlignifiziertes Axialparenchym um die Phloeminseln vorhanden, überwiegend abaxial, sowie Verbindungparenchym zwischen den Phloemsträngen.

Axialparenchym, Gefäßelemente und Fasern in Stockwerken.

Drusen häufig, in Idioblasten des Verbindungsparenchyms bis 100µm Durchmesser.

Echte Holzstrahlen fehlend, radiale Ausstrahlungen des Verbindungsparenchyms vorhanden.

Calicorema capitata (Moq.) Hook. f.

Syn.: *Sericocoma capitata* Moq.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder nicht erkennbar. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 25,4µm, Standardabweichung: 10,1µm, range: 5,5-38,5µm), einzeln, in kurzen radialen Reihen oder radial orientierten Nestern, zahlreich (40-100/mm²).

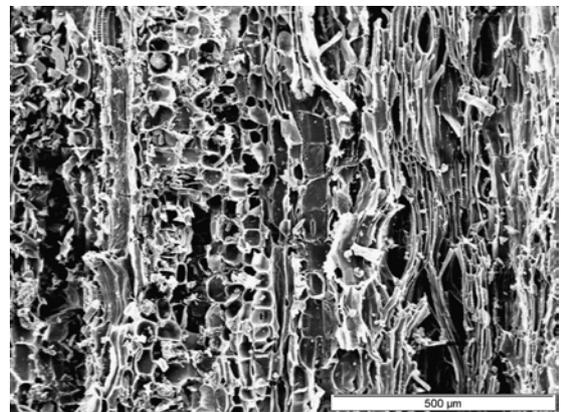
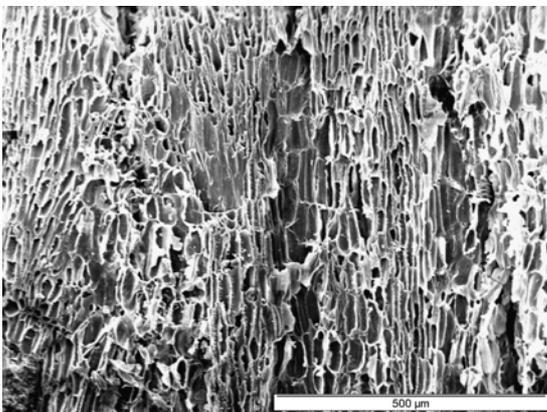
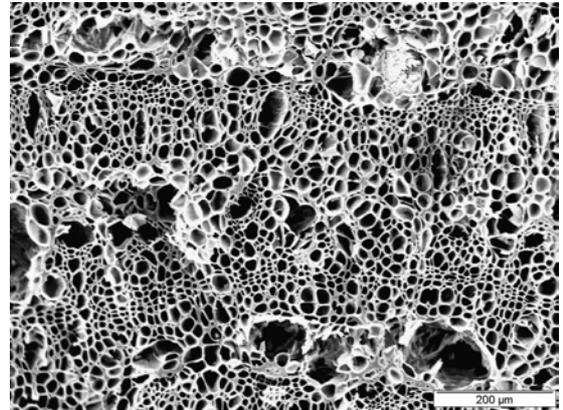
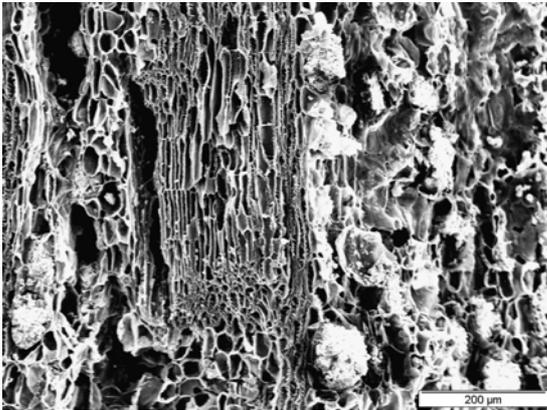
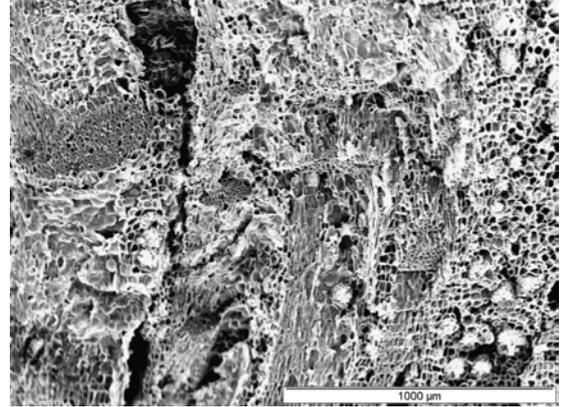
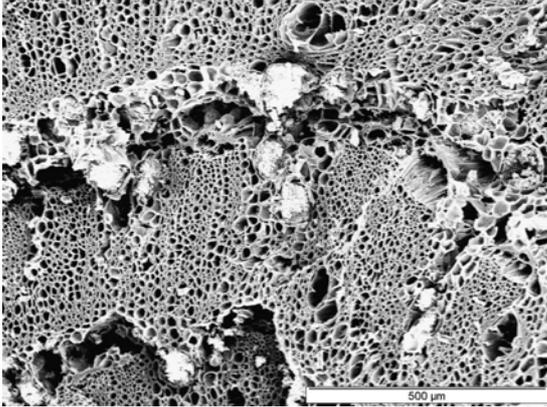
Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 3-4µm.

Fasern dickwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden. Axialparenchym paratracheal spärlich, fusiform und in zweizelligen Strängen. Reichlich unlignifiziertes Axialparenchym um die Phloeminseln vorhanden, überwiegend abaxial, sowie Verbindungparenchym zwischen den Phloemsträngen.

Axialparenchym, Gefäßelemente und Fasern in Stockwerken.

Drusen selten, in Idioblasten des Verbindungsparenchyms bis 100µm Durchmesser.

Echte Holzstrahlen fehlend, radiale Ausstrahlungen des Verbindungsparenchyms vorhanden.



l.o. *Arthraerua leubnitziae*, quer

l.m. *A. leubnitziae*, längs

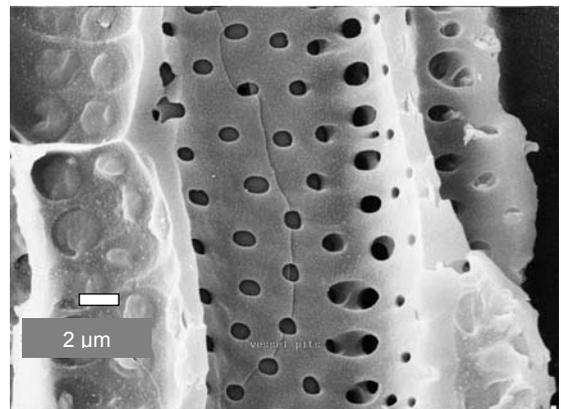
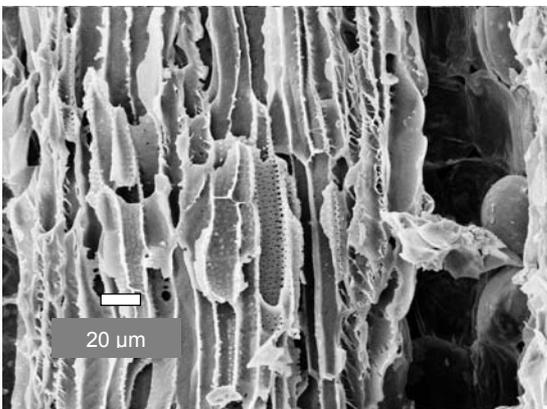
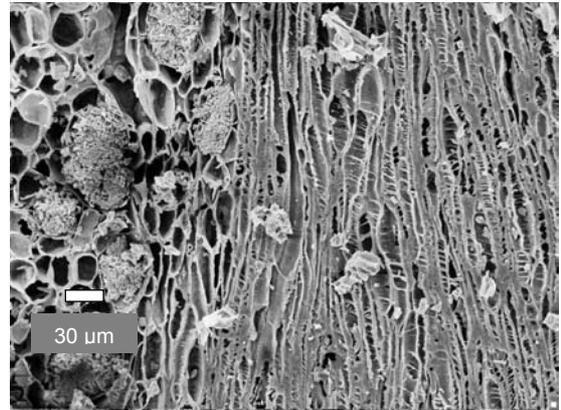
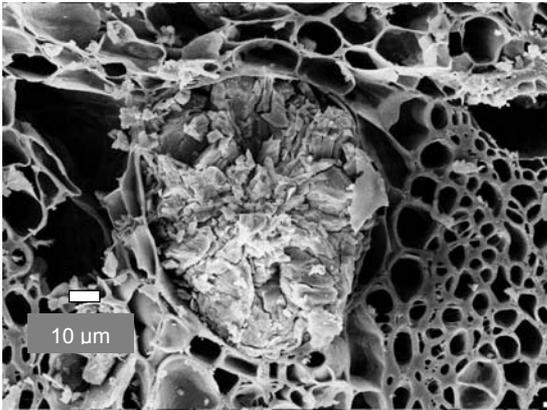
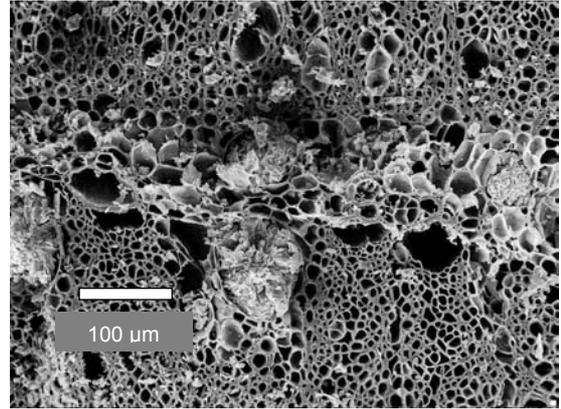
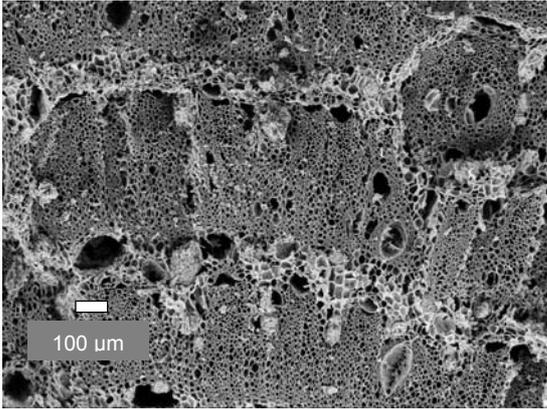
l.u. *C. capitata*, längs

r.o. *A. leubnitziae*, längs

r.m. *Calicorema capitata*, quer

r.u. *C. capitata*, längs

Tafel 5: Amaranthaceae rezent: *Arthraerua leubnitziae*
Calicorema capitata



l.o. *Arthraerua/Calicorema*, quer
l.m. *Arthraerua/Calicorema*, quer
l.u. *Arthraerua/Calicorema*, längs

r.o. *Arthraerua/Calicorema*, quer
r.m. *Arthraerua/Calicorema*, längs
r.u. *Arthraerua/Calicorema*, längs

Tafel 6: Amaranthaceae archäobotanisch: *Arthraerua/Calicorema*
(Nachweis: Fundplatz N 2000/1)

Fortsetzung Amaranthaceae

Leucosphaera bainesii (Hook. f.) Gilg.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder nicht erkennbar. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 34,1µm, Standardabweichung: 15,7µm, range: 13,2-73,7µm), einzeln, in kurzen radialen Reihen oder radial orientierten Nestern, zahlreich (40-100/mm²).

Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 3-4µm.

Fasern dickwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich, fusiform und in zweizelligen Strängen. Reichlich unlignifiziertes Axialparenchym um die Phloeminseln vorhanden, überwiegend abaxial, sowie Verbindungsparenchym zwischen den Phloemsträngen. Echte Holzstrahlen fehlend, radiale Ausstrahlungen des Verbindungsparenchyms gelegentlich vorhanden.

Axialparenchym, Gefäßelemente und Fasern in Stockwerken.

Prismatische Kristalle vorhanden, in Idioblasten des Verbindungsparenchyms bis 40µm Durchmesser, Drusen selten, in Idioblasten des Verbindungsparenchyms bis 100µm Durchmesser.

Marcelliopsis denudata (Hook. f.) Schinz

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder nicht erkennbar. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 29,7µm, Standardabweichung: 10,9µm, range: 14,3-56,1µm), einzeln, in kurzen radialen Reihen oder radial orientierten Nestern, mäßig zahlreich (20-40/mm²).

Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 3-5µm.

Fasern dickwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

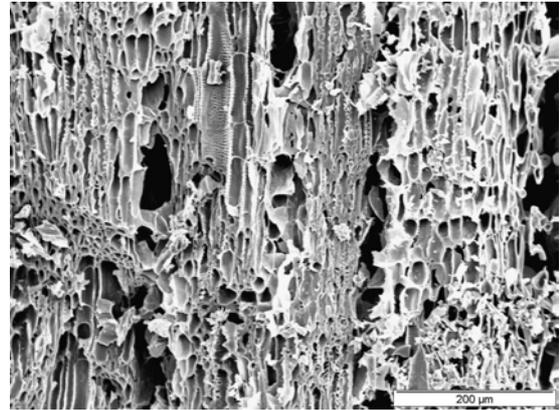
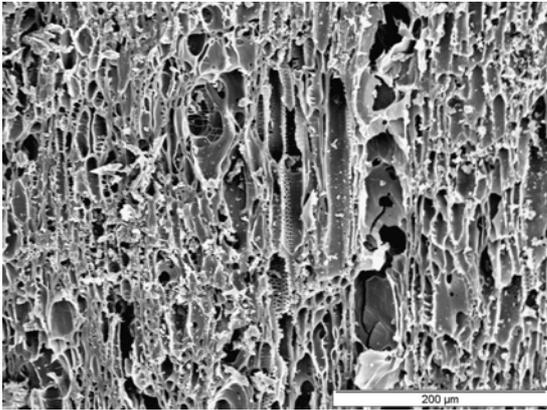
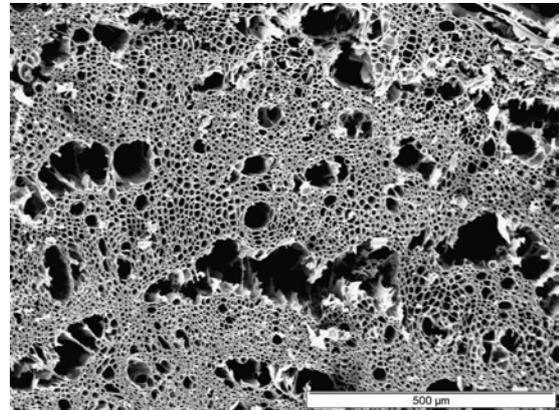
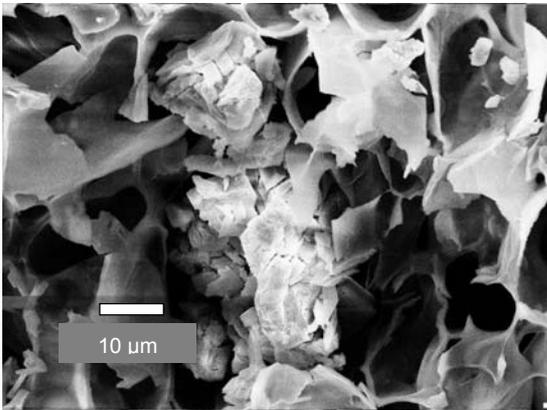
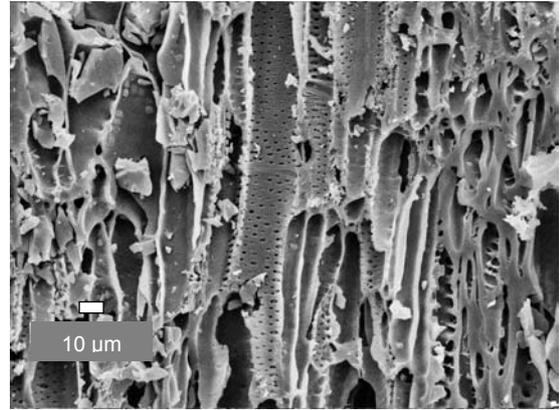
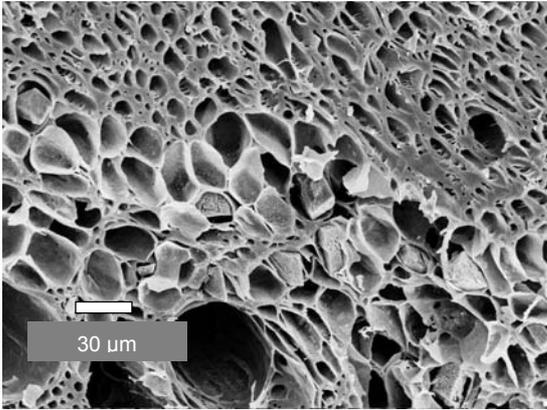
Axialparenchym paratracheal spärlich, fusiform und in zwei- bis vierzelligen Strängen. Reichlich unlignifiziertes Axialparenchym um die Phloeminseln vorhanden, überwiegend abaxial, sowie Verbindungsparenchym zwischen den Phloemsträngen.

Holzstrahlen fehlend. Radiale Ausstrahlungen des Verbindungsparenchyms nicht beobachtet.

Axialparenchym, Fasern und Gefäßelemente in Stockwerken.

Eingeschlossenes Phloem vorhanden, konzentrisch.

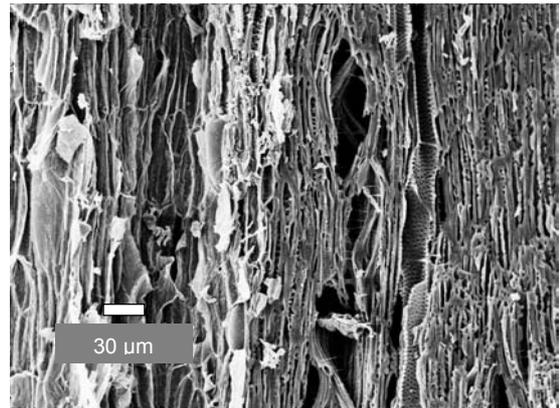
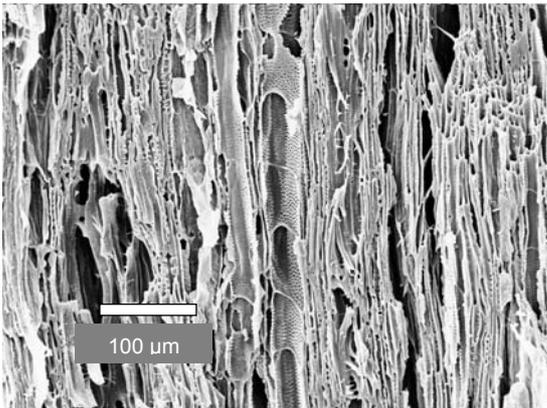
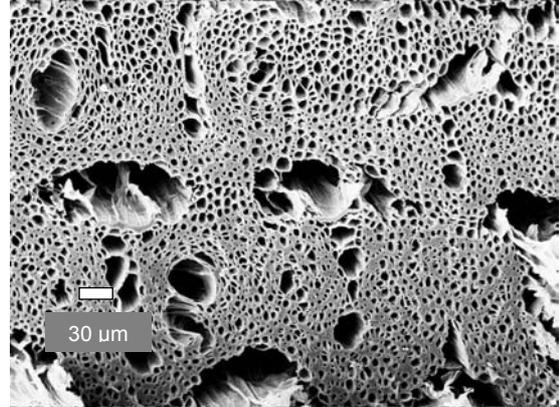
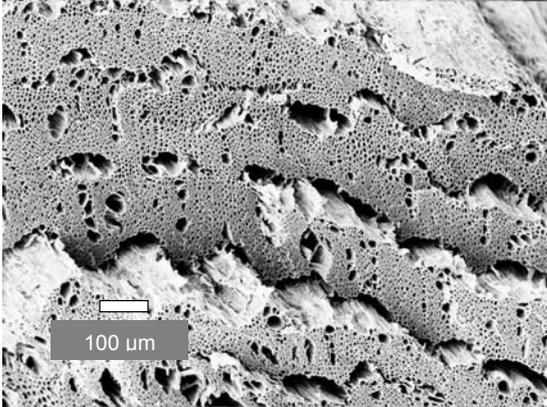
Kristalle vorhanden, als Drusen im unlignifizierten Parenchym. Kristallführende Zellen meist normal groß, gelegentlich Idioblasten bis 40µm. Silikate nicht beobachtet.



l.o. *Leucosphaera bainesii*, quer
l.m. *L. bainesii*, längs, Druse
l.u. *M. denudata*, längs

r.o. *L. bainesii*, längs
r.m. *Marcelliopsis denudata*, quer
r.u. *M. denudata*, längs

Tafel 7: Fortsetzung Amaranthaceae rezent: *Leucosphaera bainesii*
Marcelliopsis denudata



l.o. *Marcellipsis denudata*, quer
l.m. *M. denudata*, längs

r.o. *M. denudata*, quer
r.m. *M. denudata*, längs

Tafel 8: Fortsetzung Amaranthaceae archäobotanisch: *Marcellipsis denudata*
(Nachweis: Fundplatz N 2000/1)

Anacardiaceae

Ozoroa crassinervia (Engl.) R. & A. Fern.

Syn.: *Heeria crassinervia* (Engl.) Engl.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder nicht erkennbar. Gefäße mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 73,7µm, Standardabweichung: 30,9µm, range: 22-152,9µm), überwiegend in kurzen radialen Reihen von zwei bis drei und längeren radialen Reihen bis 8, seltener in Nestern oder einzeln, mäßig zahlreich (20-40/mm²). Dünnwandige Thyllen und gummiartige Stoffe in den Kernholzgefäßen vorhanden. Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 8-10µm. Kreuzungsfeldtüpfel mit reduzierten Höfen bis scheinbar einfach, isodiametrisch.

Fasern dünn- bis mittelwandig, septiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich bis vasizentrisch, in zwei- bis vierzelligen Strängen. Strahlen ein- bis fünfreihig, heterozellulär aus liegenden Zellen im Zentrum mit einer Reihe aufrechter/quadratischer Kantenzellen oder heterozellulär durchmischt. Sieben bis neun Strahlen pro mm, meist um 300µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 500µm.

Radialkanäle nicht beobachtet.

Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen und liegenden Holzstrahlzellen. Silikate vorhanden, selten, als Aggregate in Holzstrahlzellen.

Ozoroa paniculosa (Sond.) R. & A. Fern

Syn.: *Heeria paniculosa* (Sond.) Kuntze

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder nicht erkennbar. Gefäße mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 63,6µm, Standardabweichung: 30,7µm, range: 22-110µm), überwiegend in kurzen radialen Reihen von zwei bis drei und längeren radialen Reihen bis sechs, seltener in kleinen Nestern oder einzeln, mäßig zahlreich (20-40/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 6-9µm. Kreuzungsfeldtüpfel mit reduzierten Höfen bis scheinbar einfach, isodiametrisch bis leicht gestreckt.

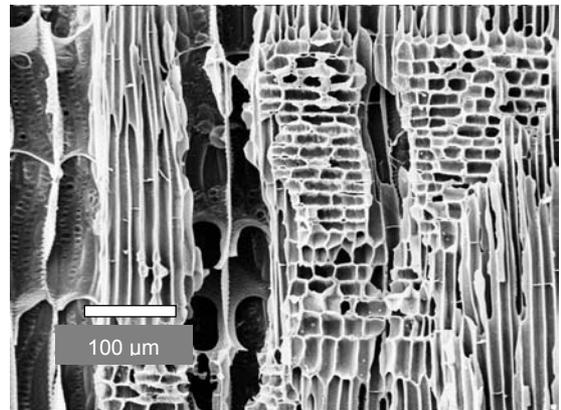
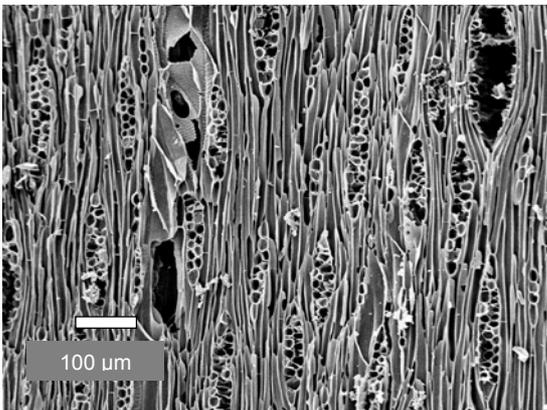
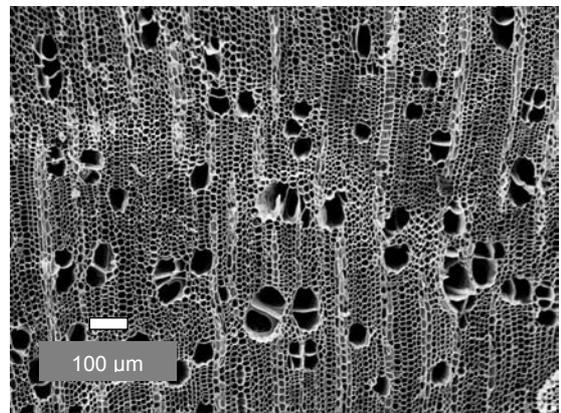
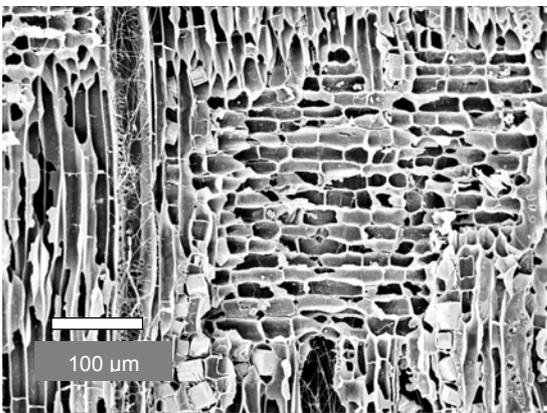
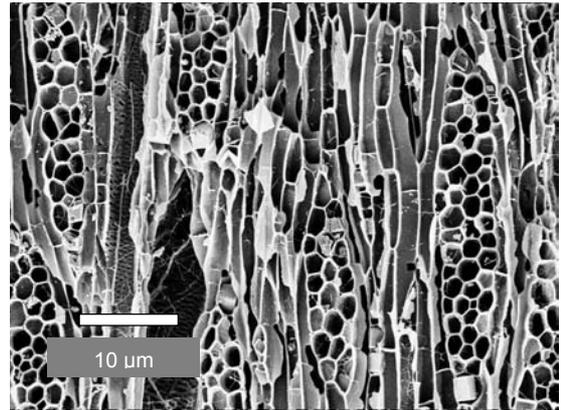
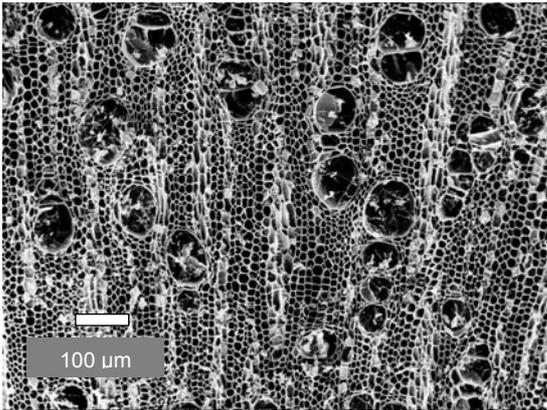
Fasern dünn- bis mittelwandig, septiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich bis vasizentrisch, in zwei- bis über achtzelligen Strängen. Traumatische Parenchyminseln mit prismatischen Kristallen häufig.

Strahlen ein- bis vierreihig, heterozellulär aus liegenden Zellen im Zentrum mit einer bis vier Reihen aufrechter/quadratischer Kantenzellen oder heterozellulär durchmischt. Sieben bis elf Strahlen pro mm, meist um 300µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 500µm.

Radialkanäle nicht beobachtet.

Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen und liegenden Holzstrahlzellen, teilweise in Idioblasten bis 40µm. Silikate nicht beobachtet.



l.o. *Ozoroa crassinervia*, quer
l.m. *O. crassinervia*, radial
l.u. *O. paniculosa*, tangential

r.o. *O. crassinervia*, tangential
r.m. *Ozoroa paniculosa*, quer
r.u. *O. paniculosa*, radial

Tafel 9: Anacardiaceae rezent: *Ozoroa crassinervia*
Ozoroa paniculosa

Fortsetzung Anacardiaceae

Rhus lancea L.f.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz zerstreutporig. Gefäße mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 59,8µm, Standardabweichung: 25,3µm, range: 16,5-137,5µm), überwiegend in längeren radialen Reihen bis sechs und kürzeren Reihen von zwei bis drei, selten in kleinen Nestern, mäßig zahlreich (20-40/mm²). Dünnwandige Thyllen vorhanden. Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 3-4µm, Aperturen häufig koaleszent. Kreuzungsfeldtüpfel mit deutlich reduzierten Höfen bis scheinbar einfach, isodiametrisch und gestreckt.

Fasern mittel- bis dickwandig, septiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden. Unseptierte Fasern wurden nicht beobachtet, in einem Teil der Fasern waren Septen aber nur im Bereich der Faserenden erkennbar.

Axialparenchym paratracheal spärlich, in zwei- bis vierzelligen Strängen. Traumatische Parenchyminseln häufig.

Holzstrahlen ein- bis vierreihig, heterozellulär durchmischt. Elf bis fünfzehn Strahlen pro mm, meist um 300µm hoch, maximale Strahlhöhe 500µm.

Radialkanäle in breiteren Strahlen häufig, im Tangentialschnitt häufig zwei Kanäle pro Strahl erkennbar. Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen, seltener in liegenden Strahlzellen, teilweise in Idioblasten bis 60µm Durchmesser. Silikate nicht beobachtet.

Rhus marlothii Engl.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz zerstreutporig. Gefäße mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 53,5µm, Standardabweichung: 19,8µm, range: 14,3-86,9µm), überwiegend in längeren radialen Reihen bis acht Zellen und kürzeren Reihen von zwei bis drei Zellen, selten in kleinen Nestern, zahlreich (40-100/mm²). Gelegentlich dünnwandige Thyllen vorhanden. Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 5-7µm. Kreuzungsfeldtüpfel mit deutlich reduzierten Höfen bis scheinbar einfach, isodiametrisch bis leicht gestreckt.

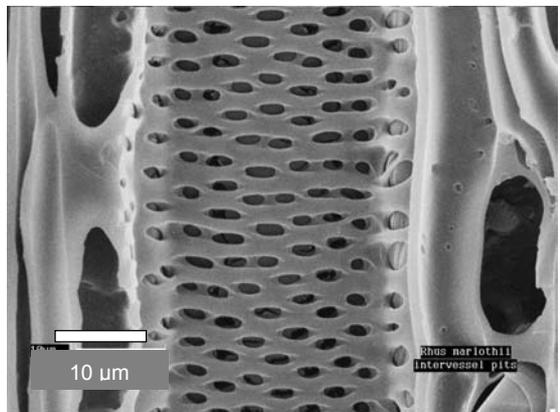
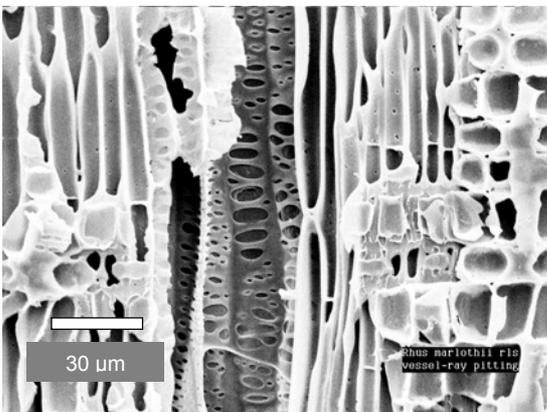
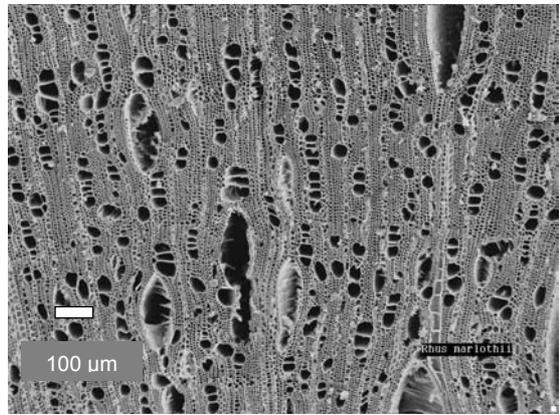
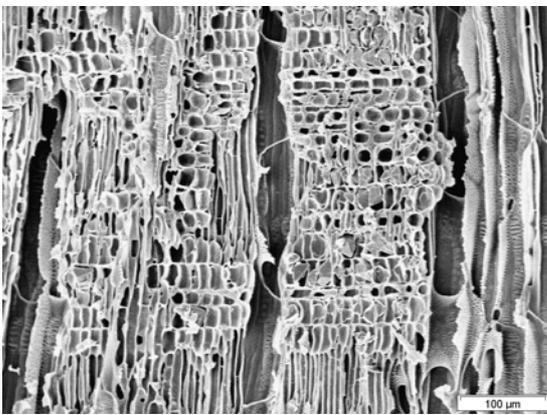
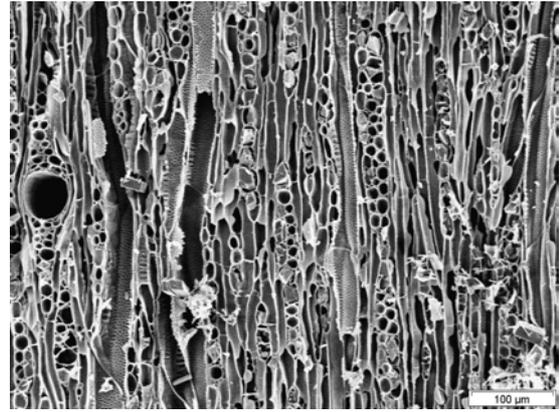
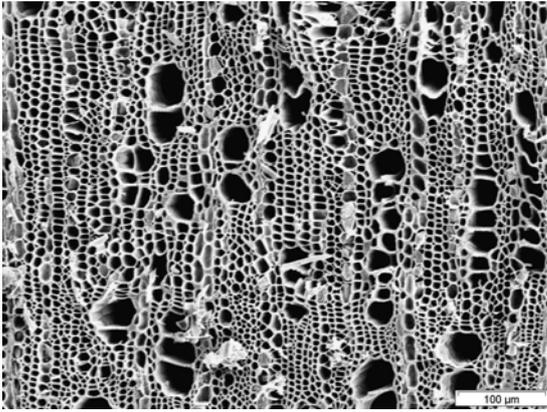
Fasern mittelwandig, septiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden. Unseptierte Fasern nicht beobachtet. Stärkekörner in Fasern ebenso wie in Strahlzellen häufig.

Axialparenchym paratracheal spärlich, in zwei- bis vierzelligen Strängen.

Holzstrahlen ein- bis dreireihig, Strahlen mit Axialkanälen bis sechsreihig, heterozellulär durchmischt.

Neun bis fünfzehn Strahlen pro mm, meist um 350µm hoch, maximale Strahlhöhe 650µm.

Radialkanäle in breiteren Strahlen häufig, in Tangentialschnitt häufig zwei Kanäle pro Strahl erkennbar. Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen, selten in liegenden Strahlzellen. Kristallführende Zellen häufig vergrößert, Kristalldurchmesser bis 60µm. Silikate nicht beobachtet.



l.o. *Rhus lancea*, quer

l.m. *R. lancea*, radial

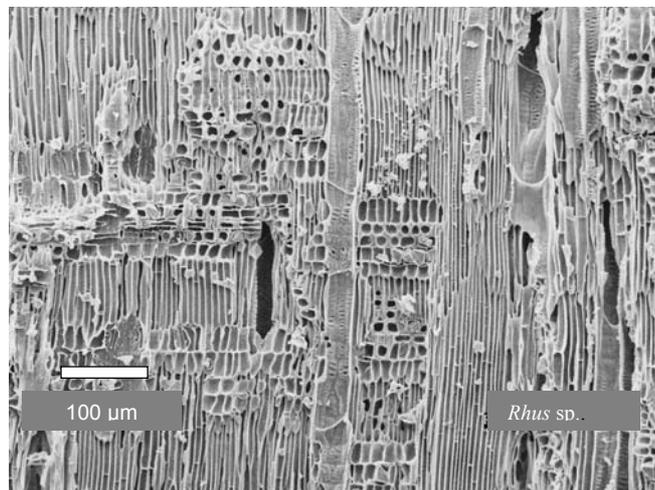
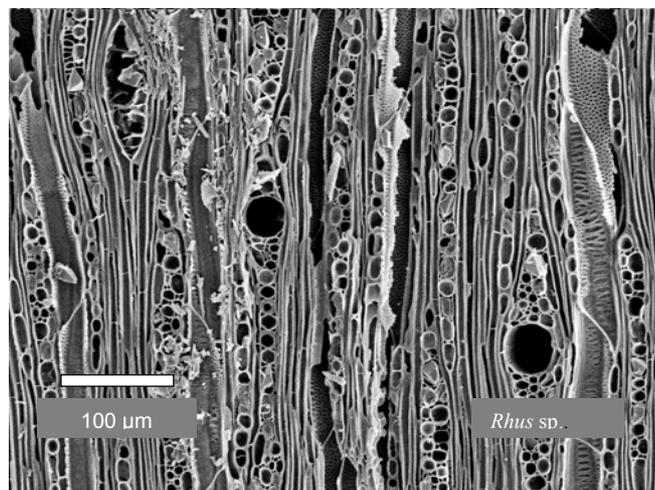
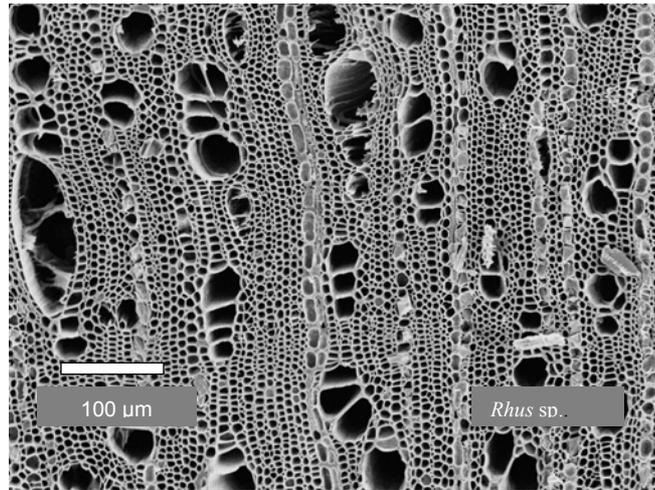
l. u. *R. marlothii*, tangential

r.o. *R. lancea*, tangential

r.m. *Rhus marlothii*, quer

r.u. *R. marlothii*, radial

Tafel 10: Fortsetzung Anacardiaceae rezent: *Rhus lancea*
Rhus marlothii



- o. *Rhus* sp., quer
- m. *Rhus* sp., tangential
- u. *Rhus* sp., radial

Tafel 11: Anacardiaceae archäobotanisch: *Rhus* sp.
(Nachweis: Fundplätze N 95/1, N 96/1, N 98/6, N 99/1, N 2000/1)

Fortsetzung Anacardiaceae

Sclerocarya birrea (A. Rich.) Hochst. ssp. *caffra* (Sond.) Kokwaro
Syn.: *Sclerocarya caffra* Sond.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder fehlend. Gefäße groß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 146,9µm, Standardabweichung: 40,7µm, range: 55-220µm), einzeln, in kleinen Nestern oder kurzen radialen Reihen von zwei bis drei, in geringer Dichte (5-20/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 8-11µm. Kreuzungsfeldtüpfel mit reduzierten Höfen bis scheinbar einfach, isodiametrisch bis gestreckt.

Fasern dünnwandig, septiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich, in fünf- bis achtzelligen Strängen.

Holzstrahlen ein- bis vierreihig, heterozellulär aus liegenden Zellen im Zentrum mit meist ein bis zwei, maximal bis vier Reihen aufrechter/quadratischer Kantenzellen. Fünf bis neun Strahlen pro mm, meist um 300µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 400µm.

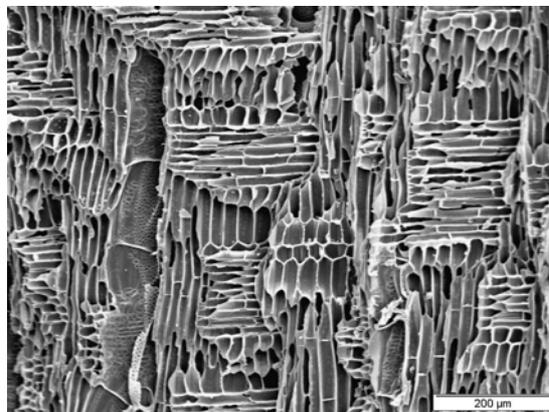
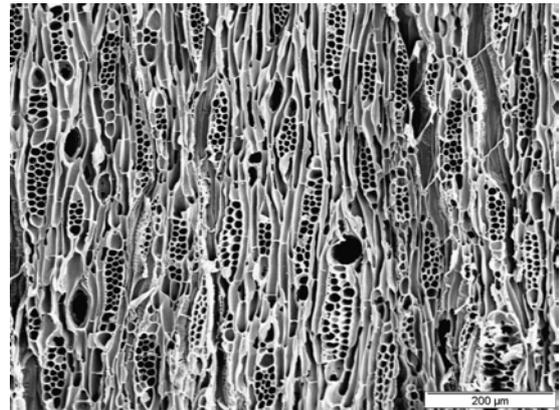
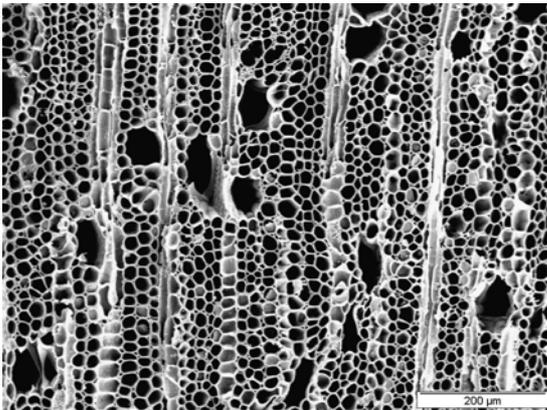
Radialkanäle in breiteren Holzstrahlen vorhanden.

Kristalle in der Probe USW 18572 fehlend, im Material aus dem Kaokoland in den Holzstrahlen spärlich vorhanden. Silikate nur in der Probe USW 18572 vorhanden, als Aggregate in Holzstrahlzellen.

Anmerkungen

Die Verteilung der mineralischen Einschlüsse entspricht bei der Probe USW 18572 nicht den Angaben bei GOMES (1984), DE FREITAS (1986) und PRIOR & GASSON (1990) zu *Sclerocarya birrea* ssp. *caffra*. In keinem Fall wird in der Literatur das Auftreten von Silikaten erwähnt, dagegen generell das Auftreten von Kristallen in Holzstrahlen. PRIOR & GASSON beobachteten darüber hinaus Kristalle in gekammertem Axialparenchym. Auch in Proben der Unterart *birrea* fehlen Silikate, während Kristalle in Holzstrahlen nachweisbar sind (ÜBEL 1996, NEUMANN et al. 2001). Bei der Probe USW 18572 handelt es sich um eine Holzprobe, die von der Smithsonian Institution zur Verfügung gestellt wurde. Eine Fehlbestimmung oder eine Verwechslung der Probe kann nicht ausgeschlossen werden. Dennoch erscheint in der Zusammenschau, dass der systematische Wert der Verteilung mineralischer Einschlüsse bei den Anacardiaceae und Burseraceae nicht überbewertet werden sollte (vergleiche auch die jeweiligen Beschreibungen zu den Burseraceae und den Simaroubaceae). So konnten nur PRIOR & GASSON (1990) das Auftreten von Kristallen in gekammertem Axialparenchym bei *S. birrea* ssp. *caffra* beobachten. In drei von vier im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersuchten Holzproben von *Commiphora multijuga* konnten keine Silikate beobachtet werden, während in der Probe 103057 gelegentlich Silikataggregate in Fasern und Strahlen auftreten. NEUMANN et al. (2001) beschreiben Kristalle in Fasern nordafrikanischer Proben von *Commiphora africana*. Im vorliegenden Material derselben Art aus dem Kaokoland fehlen diese. Somit lassen sich zwar gewisse „Trends“ in der Verteilung der mineralischen Einschlüsse

feststellen, eine wirklich sichere, nur auf diesem Merkmalskomplex beruhende Artbestimmung in dieser Gruppe erscheint nicht möglich. Bei der Untersuchung der Holzkohleproben wurden ein *Commiphora/Sclerocarya* Typ mit Kristallen ohne Silikate gebildet, sowie ein *Commiphora* Typ mit Kristallen und Silikaten (unabhängig von der Lage der Silikate). Die Gattungen *Rhus*, *Ozoroa* und *Kirkia* erscheinen aufgrund anderer Merkmale abtrennbar.



- l.o. *Sclerocarya birrea* ssp. *caffra*, quer
- r.o. *Sclerocarya birrea* ssp. *caffra*, tangential
- u. *Sclerocarya birrea* ssp. *caffra*, radial

Tafel 12: Fortsetzung Anacardiaceae rezent: *Sclerocarya birrea* spp. *caffra*

Artname	Beschreibung aus Literatur	Kristalle in Strahlen	Kristalle in axialem Parenchym	Kristalle in Fasern	Silika in Strahlen	Silika in septierten Libriformfasern
<i>Commiphora africana</i>	Neumann et al. 2001	ja	nein	ja	ja	nein
<i>Commiphora africana</i>	nein	ja	nein	nein	ja	nein
<i>Commiphora anacardiifolia</i>	nein	ja	nein	nein	ja	ja
<i>Commiphora angolensis</i>	nein	ja	nein	nein	nein	nein
<i>Commiphora crenato-serrata</i> 2 Proben	nein	ja	nein	nein	nein	nein
<i>Commiphora giessii</i>	nein	ja	nein	nein	ja	ja
<i>Commiphora glaucescens</i> 2 Proben	nein	ja	nein	nein	nein	ja
<i>Commiphora multijuga</i> (3 Proben)	nein	ja	nein	nein	nein	nein
<i>Commiphora multijuga</i> 103057	nein	ja	nein	nein	ja, selten	ja, selten
<i>Commiphora pyracanthoides</i>	nein	ja	nein	nein	ja	ja
<i>Commiphora mollis</i>	nein	ja	nein	nein	nein	nein

Tab.3 .: Die Verteilung von mineralischen Einschlüssen bei *Anacardiaceae*, *Burseraceae* und *Simaroubaceae* aus dem Untersuchungsgebiet (ergänzt durch Literaturangaben)

Artname	Beschreibung aus Literatur	Kristalle in Strahlen	Kristalle in axialem Parenchym	Kristalle in Fasern	Silika in Strahlen	Silika in septierten Librifasern
<i>Commiphora saxicola</i>	nein	ja	nein	nein	nein	nein
<i>Commiphora tenuipetiolata</i>	nein	ja	nein	nein	ja	ja
<i>Commiphora virgata</i>	nein	ja	nein	nein	ja	ja
<i>Commiphora wildii</i>	nein	ja	nein	nein	ja	ja
<i>Kirikia acuminata</i>	nein	nein	nein	nein	ja	nein
<i>Rhus lancea</i>	nein	ja	nein	nein	nein	nein
<i>Rhus marlothii</i>	nein	ja	nein	nein	nein	nein
<i>Ozoroa crassinervia</i>	nein	ja	ja	nein	ja	nein
<i>Ozoroa paniculosa</i>	nein	ja	nein	nein	nein	nein
<i>Sclerocarya birrea</i> ssp. <i>birrea</i>	Neumann et al. (2001)	ja	nein	nein	nein	nein
<i>Sclerocarya birrea</i> ssp. <i>caffra</i> UsW 18572	nein	nein	nein	nein	ja	nein
<i>Sclerocarya birrea</i> ssp. <i>caffra</i>	Material aus dem Kaokoland	selten	nein	nein	nein	nein
<i>Sclerocarya birrea</i> ssp. <i>caffra</i>	Gomes (1984)	ja	nein	nein	nein	nein
<i>Sclerocarya birrea</i> ssp. <i>caffra</i>	De Freitas (1986)	ja	nein	nein	nein	nein
<i>Sclerocarya birrea</i> ssp. <i>caffra</i>	Prior & Gasson (1990)	ja	ja	nein	nein	nein

Tab. 3 f.: Die Verteilung von mineralischen Einschlüssen bei *Anacardiaceae*, *Burseraceae* und *Simaroubaceae* aus dem Untersuchungsgebiet (ergänzt durch Literaturangaben)

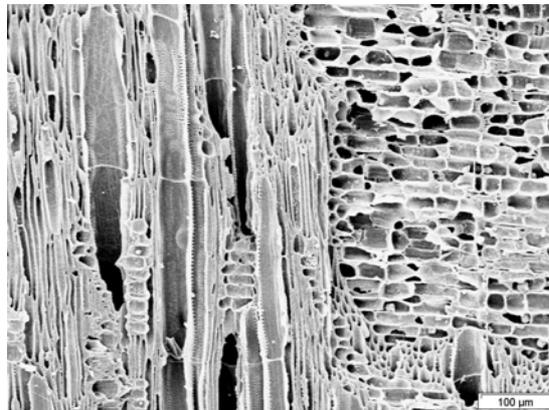
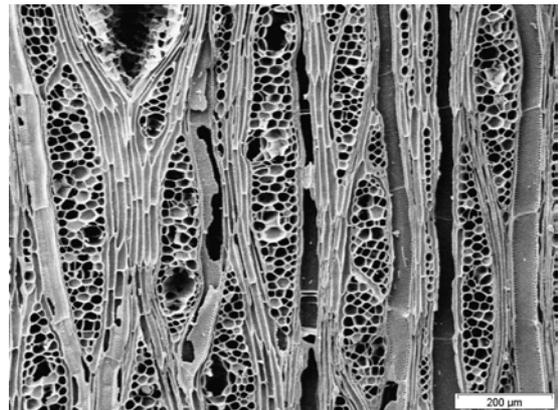
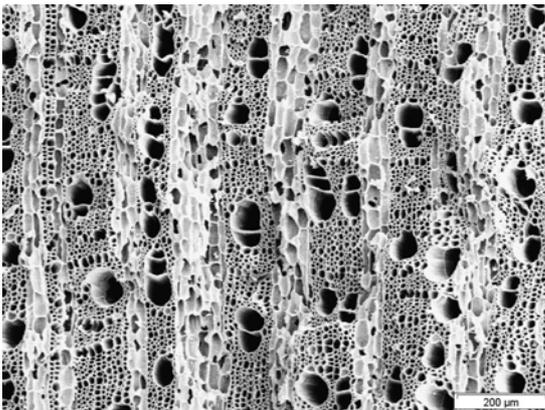
Annonaceae

Hexalobus monopetalus (A. Rich.) Engl. & Diels.

Syn.: *Hexalobus glabrescens* Hutch. & Dalziel

Zuwachsgrenzen mäßig deutlich, markiert durch den geringeren tangentialen Faserdurchmesser im Spätholz und durch Verbreiterung der Strahlen im Bereich der Zuwachsgrenze. Gefäße mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 58,5µm, Standardabweichung: 23,2µm, range: 22-99µm), in kurzen radialen Reihen von zwei bis drei und langen radialen Reihen bis sieben, seltener einzeln und in radial orientierten Nestern, zahlreich (40-100/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 4-6µm, Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern mittelwandig, unseptiert, Tüpfel einfach bis undeutlich behöft, häufiger auf den Radialwänden. Axialparenchym apotracheal diffus-aggregiert, gelegentlich auch paratracheal spärlich, in zwei- bis vierzelligen Strängen. Holzstrahlen ein- bis sechsreihig, heterozellulär durchmischt (liegende Zellen dominierend), 5-7 Strahlen pro mm, meist um 800-900µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 1100µm. Kristalle und Silikate nicht beobachtet.



l.o. *Hexalobus monopetalus*, quer

r.o. *H. monopetalus*, tangential

l.u. *H. monopetalus*, radial

Tafel 13: Annonaceae rezent: *Hexalobus monopetalus*

Apiaceae

Heteromorpha arborescens (Sprengel) Cham. & Schlecht.

Syn.: *Heteromorpha trifoliata* (Wendl.) Ecklon & Zeyher

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz halbringporig. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 32,8µm, Standardabweichung: 14,1µm, range: 11-55µm), in tangentialen Gruppen, Nestern und seltener in radialen Reihen, ein radiales bis tangenciales Muster bildend, sehr zahlreich ($\geq 100/\text{mm}^2$). Dünnwandige Thyllen vorhanden.

Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel fast gegen- bis wechselständig, vertikaler Durchmesser 5-7µm. Kreuzungsfeldtüpfel mit reduzierten Höfen bis scheinbar einfach, isodiametrisch bis gestreckt.

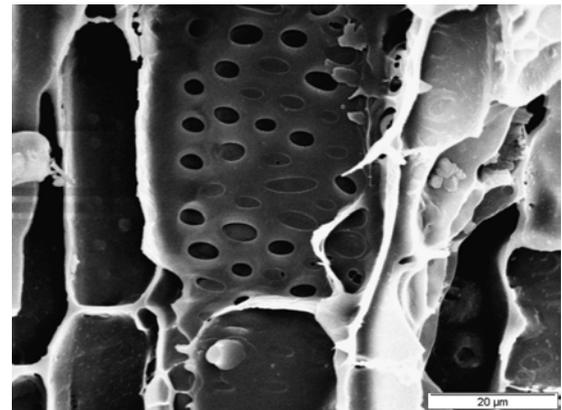
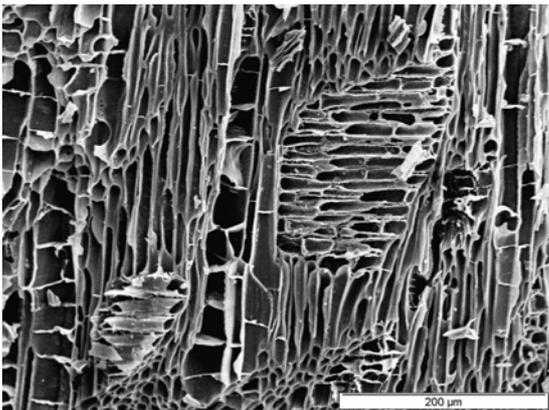
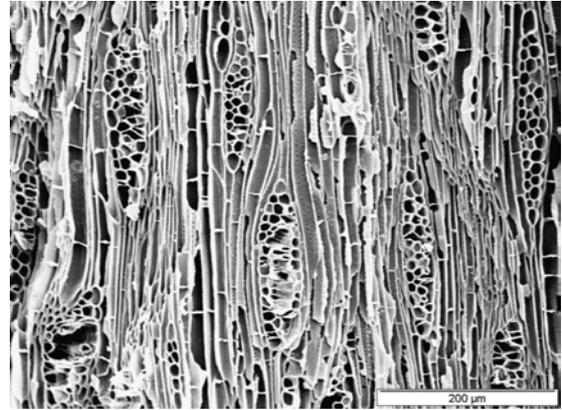
Fasern mittelwandig, septiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich bis vasizentrisch und marginal, die Frühholzporen häufig umschließend, in fünf- bis achtzelligen Strängen.

Holzstrahlen ein- bis sechsreihig, heterozellulär aus liegenden Zellen im Zentrum mit einer bis vier Reihen aufrechter/quadratischer Kantenzellen, oder seltener heterozellulär durchmischt. 7-10 Strahlen pro mm, meist 300-500µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 700µm. Prismatische Kristalle sehr selten, in Holzstrahlzellen. Gelegentlich treten Silikataggregate in Strahlzellen auf.

Anmerkungen

Das Holz von *Heteromorpha arborescens* ist nicht mit anderen im Gebiet auftretenden Arten zu verwechseln. CIUFFI CELLAI (1967) und PRIOR & GASSON (1990) beschreiben das gemeinsame Auftreten septierter und unseptierter Fasern. Nach PRIOR & GASSON treten darüberhinaus Spiralverdickungen der Gefäßwände auf.



l.o. *Heteromorpha arborescens*, quer
l.u. *H. arborescens*, radial

r.o. *H. arborescens*, tangential
r.u. *H. arborescens*, radial

Tafel 14: Apiaceae rezent: *Heteromorpha arborescens*

Fortsetzung Apiaceae

Steganotaenia araliacea Hochst.

Syn.: *Peucedanum fraxinifolium* Hiern, *Peucedanum araliaceum* (Hochst.) Benth. & Hook.

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz zerstreutporig. Gefäße groß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 106,5µm, Standardabweichung: 36,6µm, range: 44-176µm), einzeln, in kleinen Nestern und kurzen radialen Gruppen von zwei bis vier, in geringer Dichte (5-20/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel gegenständig bis wechselständig, polygonal, vertikaler Durchmesser 6-10µm. Kreuzungsfeldtüpfel mit reduzierten Höfen bis scheinbar einfach, isodiametrisch bis gestreckt.

Fasern mittelwandig, unseptiert, vereinzelt septiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, häufiger auf den Radialwänden. Fasersepten sehr dünn und schwer erkennbar.

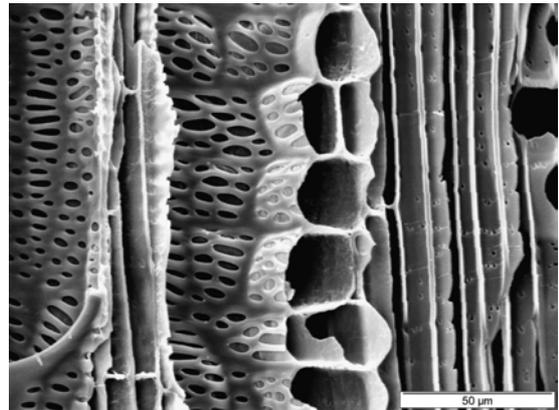
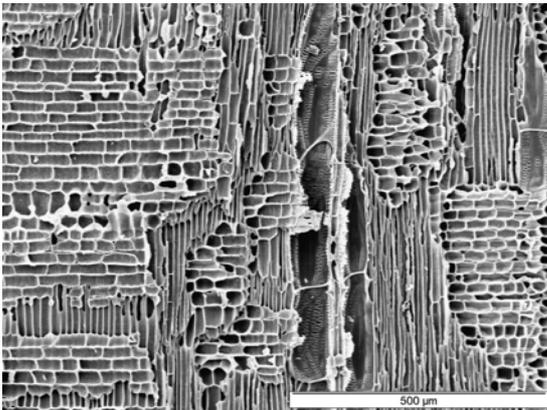
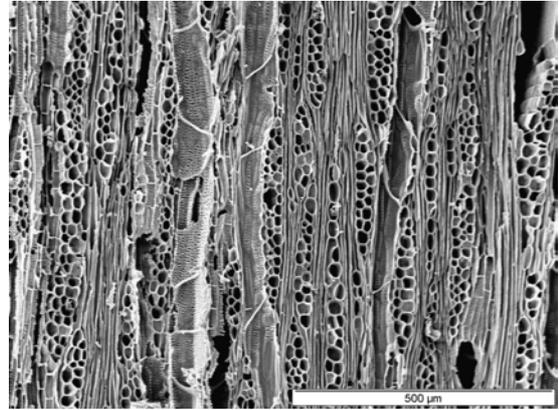
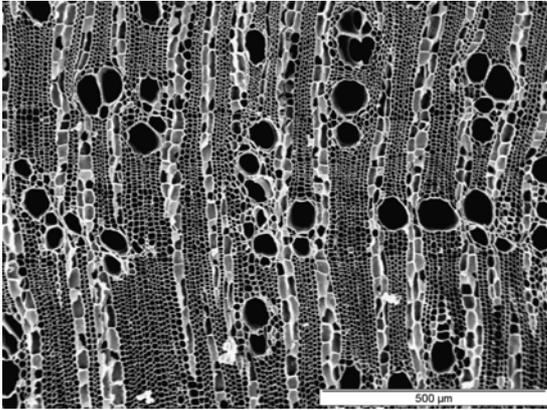
Axialparenchym paratracheal spärlich bis vasizentrisch, außerdem in marginalen Bändern. Parenchymstränge fünf- bis über achteckig.

Holzstrahlen ein- bis vierreihig, heterozellulär aus liegenden Zellen im Zentrum und einer Reihe aufrechter/quadratischer Zellen am Rand. 3-7 Strahlen pro mm, häufig 300-400µm hoch, maximale Höhe 550µm. Radialkanäle spärlich vorhanden oder ganz fehlend.

Prismatische Kristalle nicht beobachtet.

Anmerkungen

In METCALFE & CHALK (1950) findet sich die Illustration eines Holzstrahles von *S. araliacea* mit einem Radialkanal. Im vorliegenden Präparat aus Nordostafrika konnten keine Radialkanäle beobachtet werden, im Material aus dem Kaokoland wurden vereinzelt Radialkanäle beobachtet (s. Tafel 15 r.u.). ABBATE (1963) erwähnt keine Radialkanäle. Sie beschreibt kein marginales, sondern apotracheales Parenchym. Die Fasern sind nach ihrer Beschreibung nicht septiert.



l.o. *Steganotaenia araliacea*, quer
l.u. *S. araliacea*, radial

r.o. *S. araliacea*, tangential
r.u. *S. araliacea*, radial

Tafel 15: Fortsetzung Apiaceae rezent: *Steganotaenia araliacea*
(Nachweis: Fundplatz N 99/1, vom archäobotanischen Material liegt wegen der schlechten Erhaltung und geringen Größe der Stücke kein Bildmaterial vor)

Apocynaceae

Diplorhynchus condylocarpon (Müll. Arg.) Pichon

Syn.: *Diplorhynchus mossambicensis* Benth., *Aspidosperma condylocarpon* Müll. Arg.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder fehlend. Gefäße mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 65,6µm, Standardabweichung: 22,2µm, range: 33-107,8µm), einzeln oder in kurzen radialen Reihen von zwei bis drei (-vier), mäßig zahlreich (20-40/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, undeutlich verziert, vertikaler Durchmesser 4-7µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern mittelwandig, unseptiert, mit deutlich behöften Tüpfeln auf Radial- und Tangentialwänden.

Axialparenchym apotracheal diffus, außerdem paratracheal sehr spärlich, in drei- bis achtzelligen Strängen.

Strahlen ein- bis siebenreihig, heterozellulär aus liegenden Zellen im Zentrum und einer bis vier Reihen aufrechter/quadratischer Kantenzellen. Milchröhren in den Strahlen häufig. 8-11 Strahlen pro mm, häufig 300-400µm hoch, maximale Strahlhöhe 1100µm.

Prismatische Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen und liegenden Holzstrahlzellen (1 bis 3 Kristalle pro Zelle), gelegentlich auch in gekammerten Axialparenchymzellen. Silikate nicht beobachtet.

Strophanthus amboensis (Schinz) Engl. & Pax

Syn.: *Strophanthus petersianus* var. *amboensis* Schinz

Beschreibung

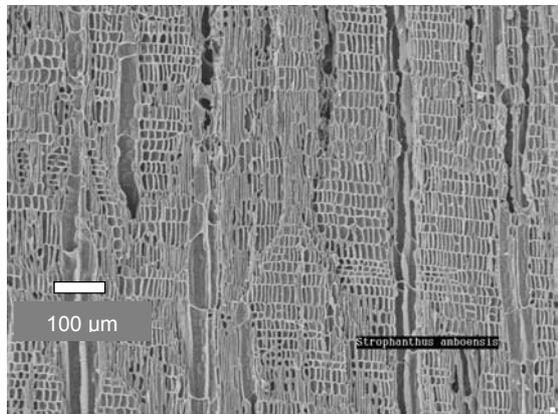
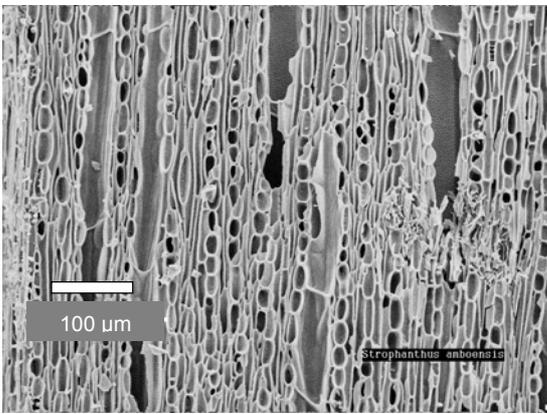
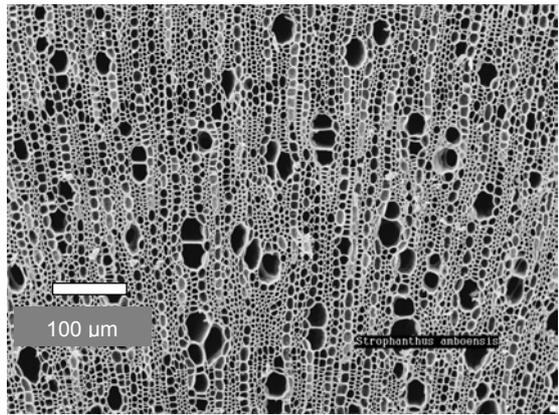
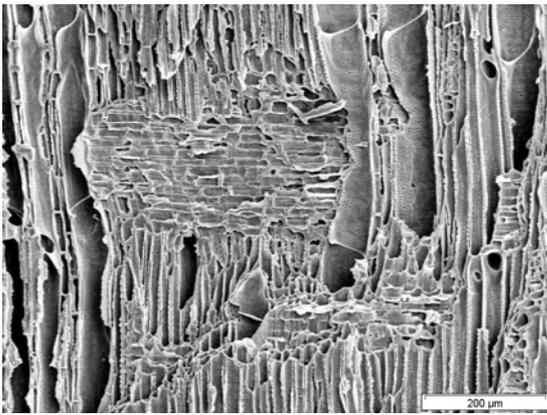
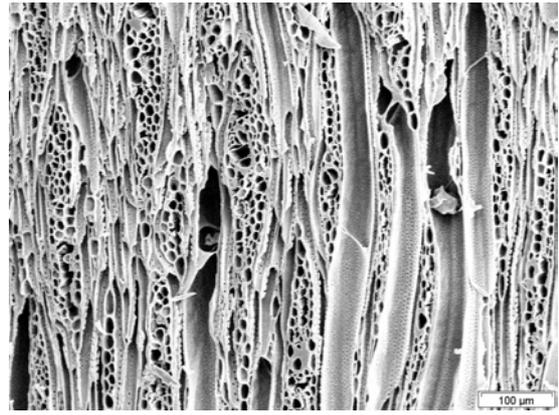
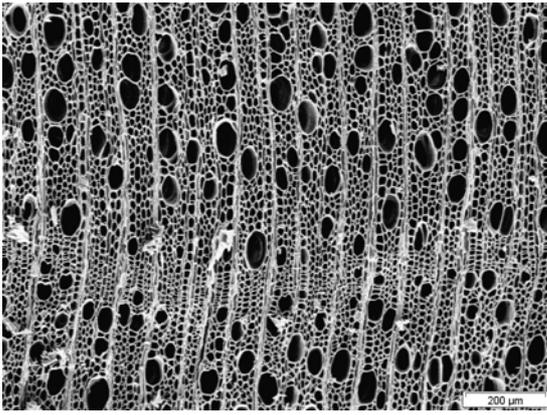
Zuwachsgrenzen deutlich. Gefäße mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 54,1µm, Standardabweichung: 22,5µm, range: 19,8-104,5µm), überwiegend in kurzen radialen Reihen von zwei bis drei, seltener in längeren radialen Reihen bis fünf, zahlreich (40-100/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert (aufgrund der geringen Tüpfelgröße im Lichtmikroskop kaum erkennbar), vertikaler Durchmesser 3-4µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern mittelwandig, unseptiert, mit undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym apotracheal diffus und paratracheal spärlich, in drei- bis achtzelligen Strängen. Marginale Parenchymbänder vorhanden.

Strahlen meist ein- seltener zwei- bis dreireihig, heterozellulär durchmisch. 19-22 Strahlen pro mm, meist 300-500µm hoch, maximale Strahlhöhe 1mm.

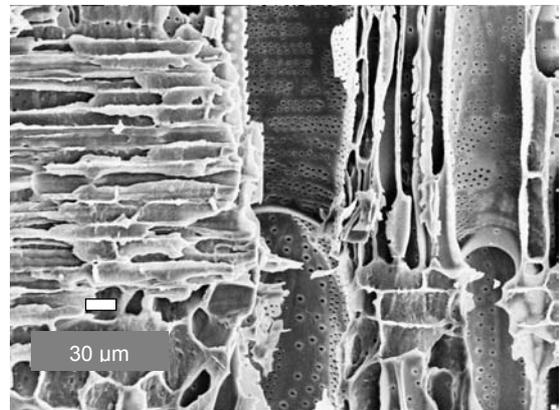
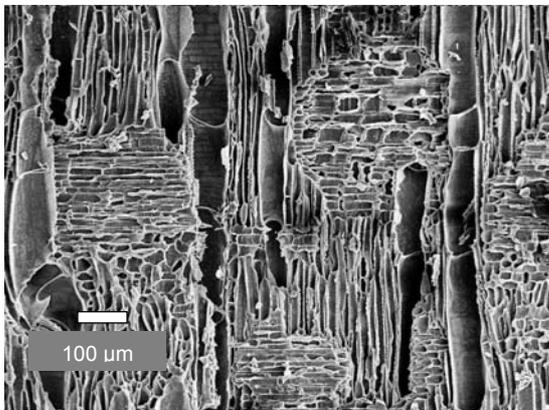
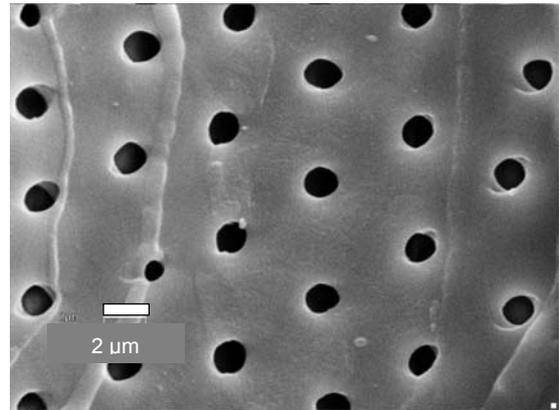
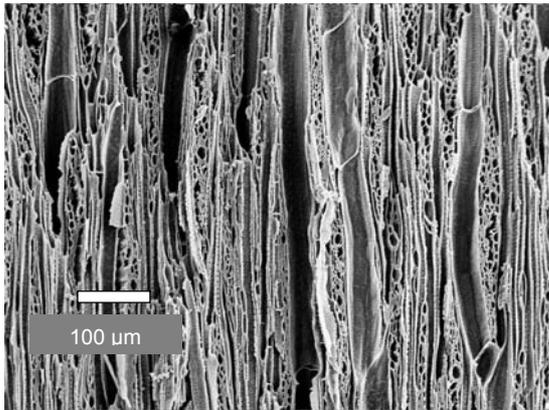
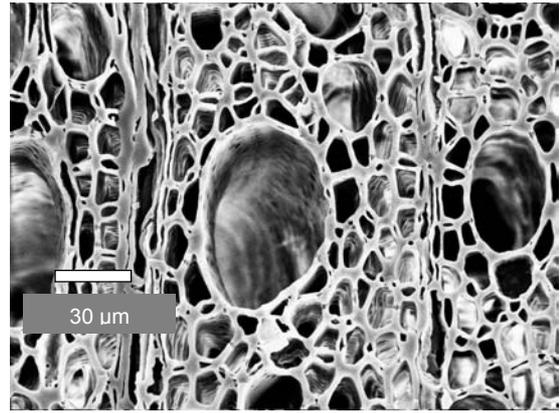
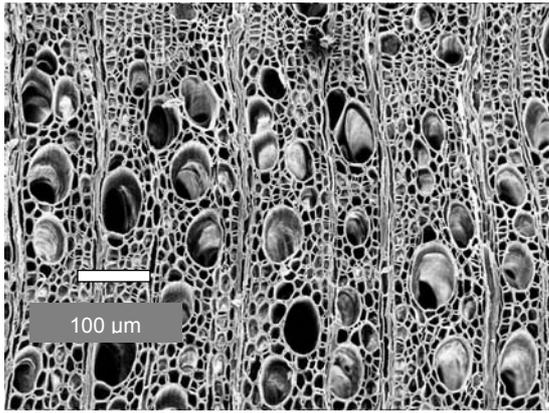
Kristalle und Silikate nicht beobachtet.



l.o. *Diplorhynchus condylocarpon*, quer
 l.m. *D. condylocarpon*, radial
 l.u. *S. amboensis*, tangential

r.o. *D. condylocarpon*, tangential
 r.m. *Strophanthus amboensis*, quer
 r.u. *S. amboensis*, radial

Tafel 16: Apocynaceae rezent: *Diplorhynchus condylocarpon*
Strophanthus amboensis



l.o. *Diplorhynchus condylocarpon*, quer
 l.m. *D. condylocarpon*, tangential
 l.u. *D. condylocarpon*, radial

r.o. *D. condylocarpon*, quer
 r.m. *D. condylocarpon*, tangential
 r.u. *D. condylocarpon*, radial

Tafel 17: Apocynaceae archäobotanisch: *Diplorhynchus condylocarpon*
 (Nachweis: Fundplatz N 99/1)

Asclepiadaceae

Curroria decidua Planch. ex Hook. f. & Benth.

Syn. *Cryptolepis decidua* (Planch. ex Hook. f. & Benth.) N.E. Br.

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz halbringporig. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 45,7µm, Standardabweichung: 21,8µm, range: 16,5-93,5µm), zahlreich (40-100/mm²), zusammen mit vaskulären/vasizentrischen Tracheiden ein diagonal-dendritisches Muster bildend. Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert, vertikaler Durchmesser 3,5-6µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern dickwandig, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden und seltener mit deutlich behöften Tüpfeln auf Radial- und Tangentialwänden (Fasertracheiden). Axialparenchym paratracheal spärlich, in zwei- bis vierzelligen Strängen. Marginale Parenchymbänder vorhanden.

Strahlen ein- bis zweireihig, heterozellulär durchmischt, 16-20 Strahlen pro mm, meist um 200µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 800µm.

Prismatische Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen und liegenden Holzstrahlzellen. Silikate nicht beobachtet.

Orphanthera albida Schinz

Beschreibung

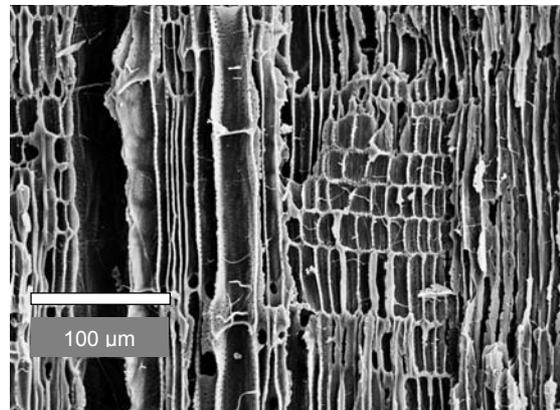
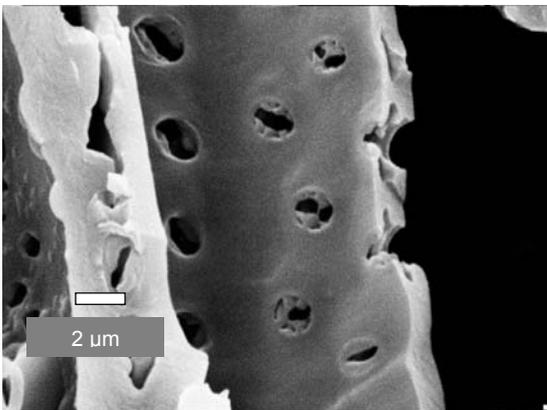
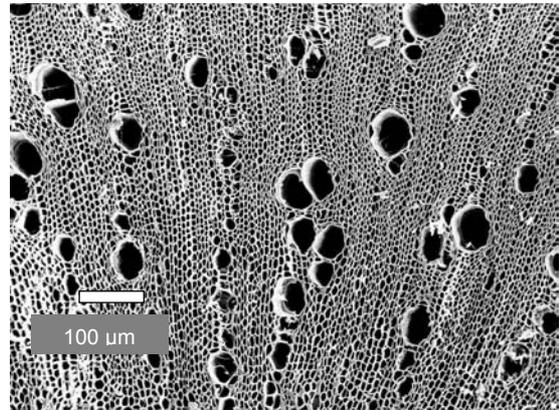
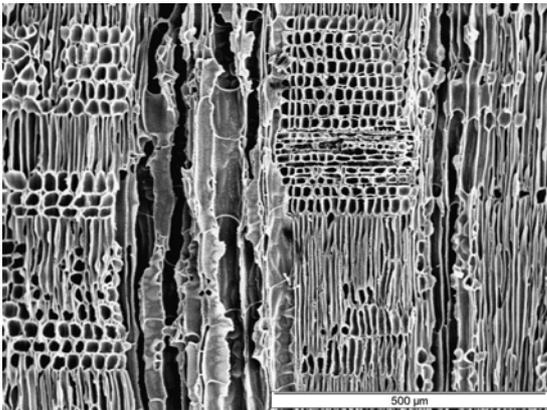
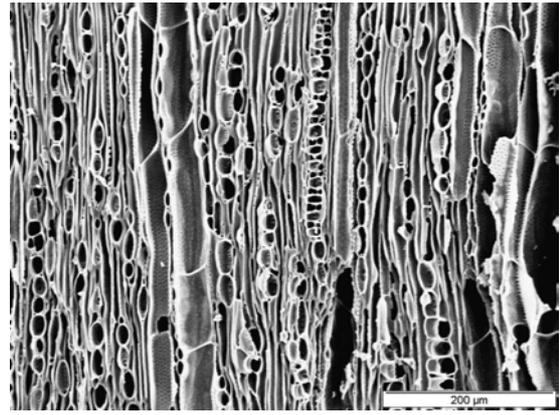
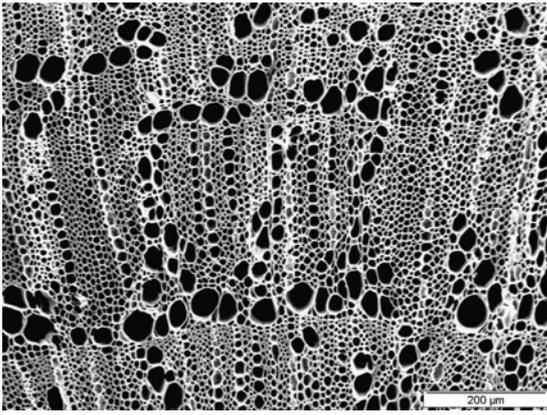
Zuwachsgrenzen undeutlich bis nicht erkennbar, Holz zerstreutporig. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 42,2µm, Standardabweichung: 10,9µm, range: 16,5-60,5µm), in radialen Reihen von zwei bis fünf und in kleinen Nestern, in geringer Dichte (5-20/mm²) bis mäßig zahlreich (20-40/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert, vertikaler Durchmesser 3-4µm. Verzierungen aufgrund der kleinen Tüpfelgröße lichtmikroskopisch kaum erkennbar. Vaskuläre/vasizentrische Tracheiden scheinen zu fehlen (sehr dünne Leitelemente vorhanden, aber alle untersuchten deutlich perforiert).

Fasern mittelwandig, unseptiert, mit deutlich behöften Tüpfeln auf Radial- und Tangentialwänden.

Axialparenchym paratracheal sehr spärlich, nicht erkennbar, ob fusiform oder in Strängen.

Holzstrahlen ein- bis zweireihig, homozellulär aus aufrechten/quadratischen Zellen aufgebaut. 12-15 Strahlen pro mm, meist 200-400µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 1mm.

Kristalle und Silikate nicht beobachtet.



l.o. *Curroria decidua*, quer

l.m. *C. decidua*, radial

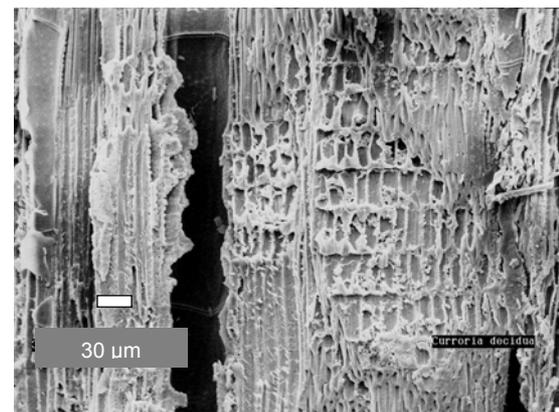
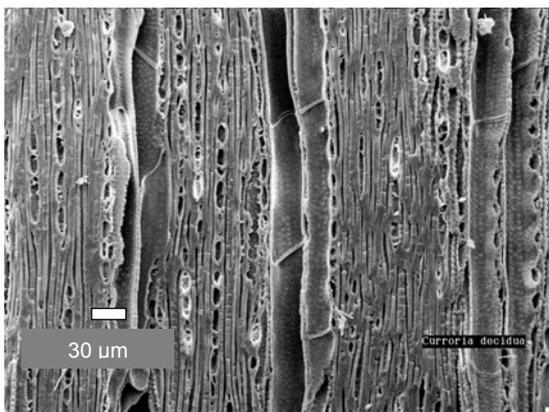
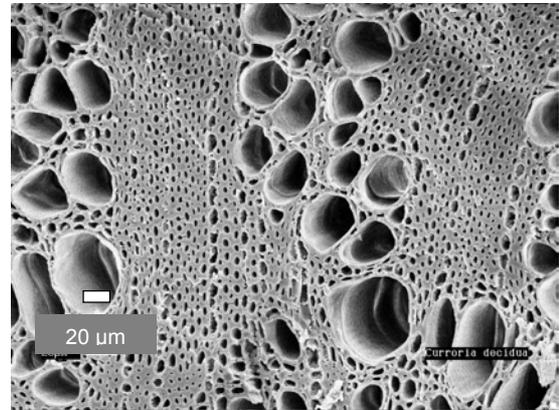
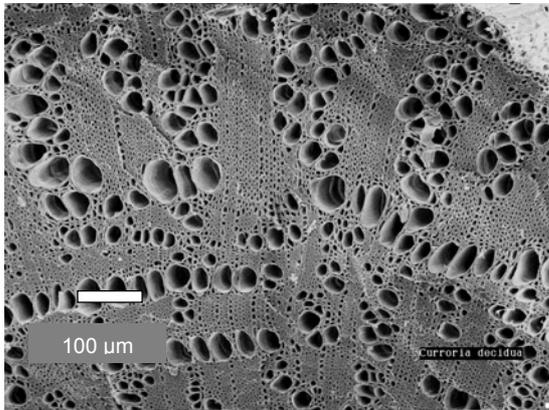
l.u. *O. albida*, tangential, verzierte Gefäßtöpfe

r.o. *C. decidua*, tangential

r.m. *Orthanthera albida*, quer

r.u. *O. albida*, radial

Tafel 18: Asclepiadaceae rezent: *Curroria decidua*
Orthanthera albida



l.o. *Curroria decidua*, archäobotanisch, quer
l.m. *C. decidua*, archäobotanisch, tangential

r.o. *C. decidua*, archäobotanisch, quer
r.m. *C. decidua*, archäobotanisch, radial

Tafel 19: Asclepiadaceae archäobotanisch: *Curroria decidua*
(Nachweis N 2000/1)

Asteraceae

Antiphiona fragrans (Merxm.) Merxm.

Syn.: *Iphiona fragrans* Merxm.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder nicht erkennbar. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 37,3µm, Standardabweichung: 12,9µm, range: 13,2-60,5µm), überwiegend in kurzen radialen Reihen von zwei bis drei und längeren radialen Reihen bis sechs, selten einzeln oder in kleinen Nestern, mäßig zahlreich (20-40/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 4-5µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern dickwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich bis vasizentrisch, fusiform und in zweizelligen Strängen. Unlignifiziertes Verbindungsparenchym vorhanden.

Holzstrahlen ein- bis fünfreihig, homozellulär aus aufrechten/quadratischen Zellen. 7-9 Strahlen pro mm, meist 400-500µm hoch, maximale Strahlhöhe 800µm.

Eingeschlossenes Phloem vom konzentrischen Typ vorhanden. Kristalle und Silikate nicht beobachtet.

Distephanus angolensis (Hoffm.) H. Rob. & B. Kahn

Syn.: *Gongrothamnus angolensis* Hiern, *Antunesia angolensis* Hoffm., *Vernonia angolensis* (Hoffm.) N.E. Br.

Beschreibung

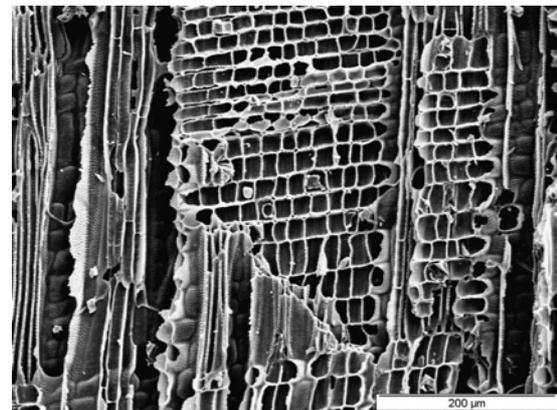
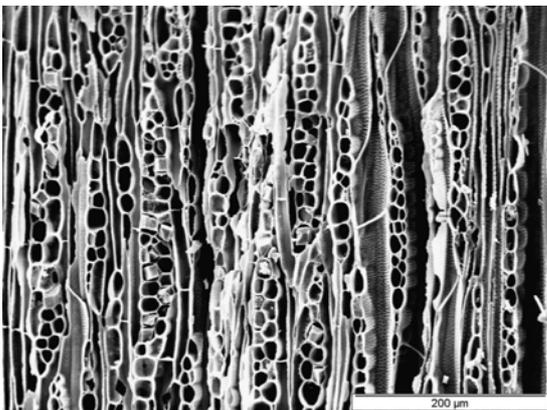
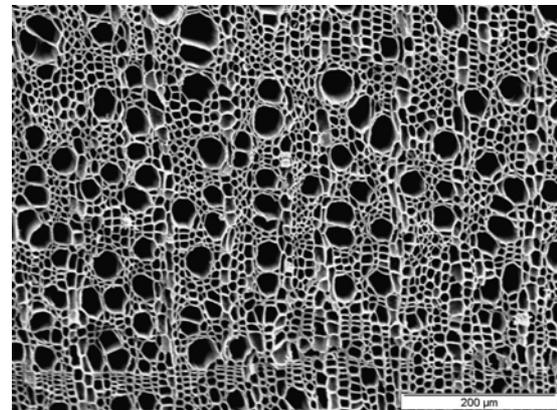
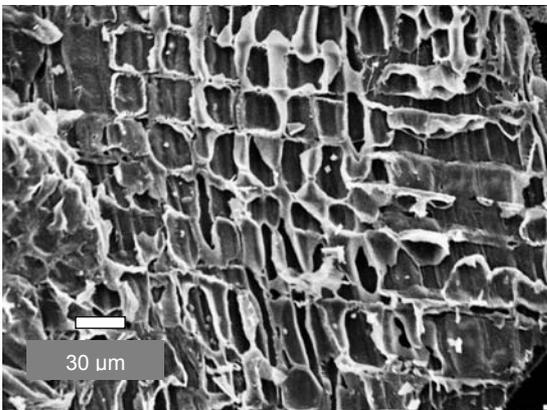
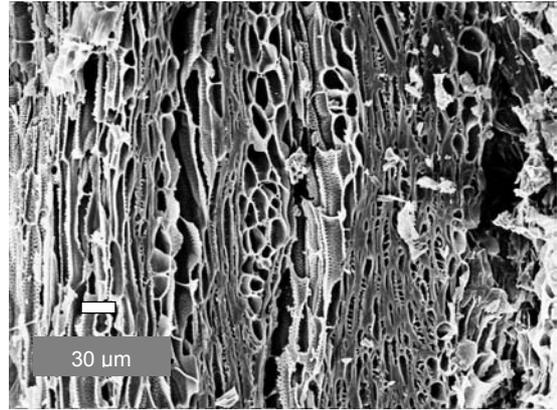
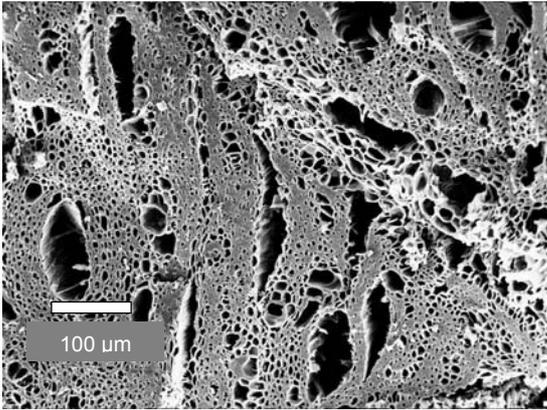
Zuwachsgrenzen deutlich, Holz zerstreut- bis schwach halbringporig. Gefäße klein bis mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 47,7µm, Standardabweichung: 14,9µm, range: 22-77µm), in kurzen radialen Reihen von zwei bis drei und längeren radialen Reihen bis 10, seltener in kleinen Nestern oder einzeln, zahlreich (40-100/mm²). Dunkle, gummiartige Inhaltsstoffe in den Kernholzgefäßen. Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 4-5 µm, Aperturen häufig koaleszent. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Vaskuläre/vasizentrische Tracheiden zahlreich. Fasern dickwandig, unseptiert, Tüpfel einfach- bis undeutlich behöft.

Axialparenchym paratracheal spärlich bis vasizentrisch, fusiform und in bis zu dreizelligen Strängen.

Holzstrahlen ein- bis dreireihig, heterozellulär durchmischte. 10-13 Strahlen pro mm, meist um 200µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 700µm.

Prismatische Kristalle spärlich vorhanden, in Strahlzellen, ein Kristall pro Zelle. Silikate nicht beobachtet.



l.o. *Antiphiona fragrans*, quer

l.m. *A. fragrans*, radial

l.u. *D. angolensis*, tangential

r.o. *A. fragrans*, tangential

r.m. *Distephanus angolensis*, quer

r.u. *D. angolensis*, radial

Tafel 20: Asteraceae rezent: *Antiphiona fragrans*
Distephanus angolensis

Fortsetzung Asteraceae

Pechuel-Loeschea leubnitziae (Kuntze) Hoffm. Syn.: *Pluchea leubnitziae* (Kuntze) N.E. Br.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz zerstreutporig. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 43,5µm, Standardabweichung: 15,5µm, range: 19,8-86,2µm), in kurzen radialen Reihen von zwei bis drei und längeren radialen Reihen bis fünf, seltener in kleinen Nestern oder einzeln, zahlreich (40-100/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 4-5µm, Aperturen häufig koaleszent. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern mittel- bis dickwandig, unseptiert, Tüpfel deutlich behöft, auf Radial- und Tangentialwänden. Axialparenchym paratracheal spärlich und vasizentrisch, fusiform und in zweizelligen Strängen. Marginale Parenchymbänder vorhanden, die Frühholzporen umschließend. Holzstrahlen ein- bis sechsreihig, homozellulär aus aufrechten/quadratischen Zellen aufgebaut oder schwach heterozellulär durchmischt, 7-9 pro mm. Strahlen häufig 700-1000µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 2mm. Kristalle und Silikate nicht beobachtet.

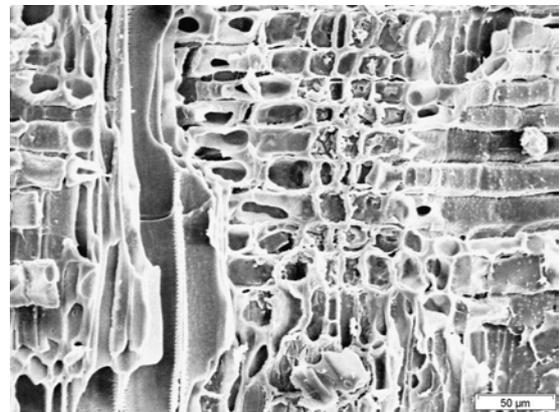
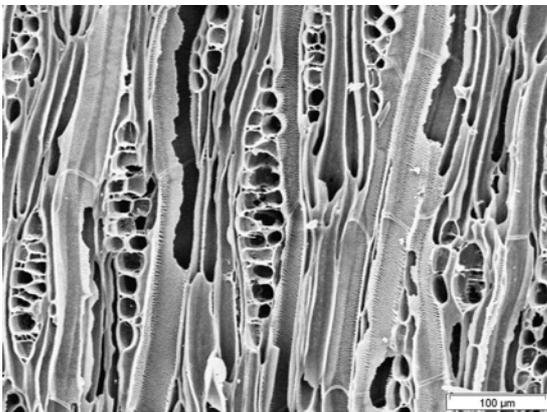
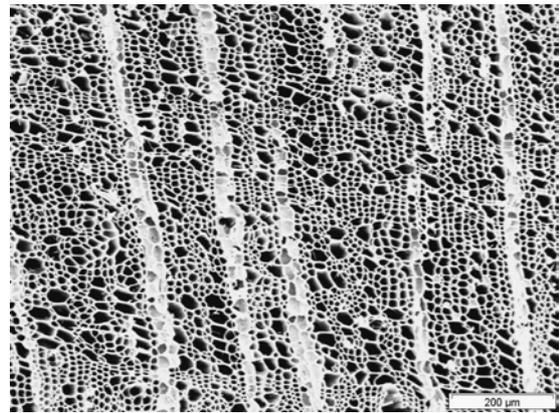
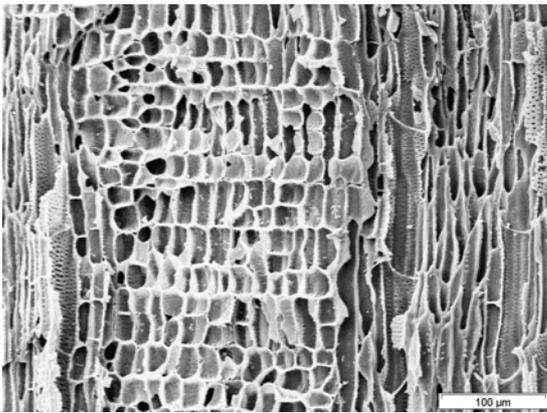
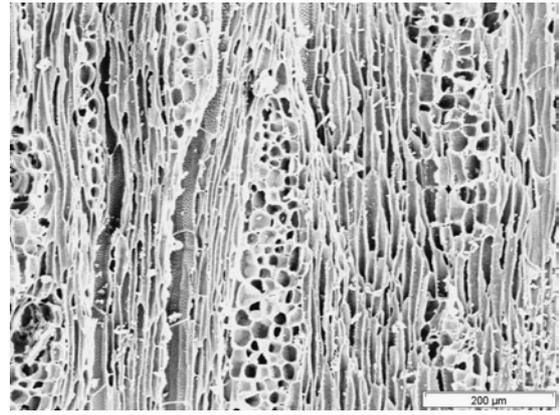
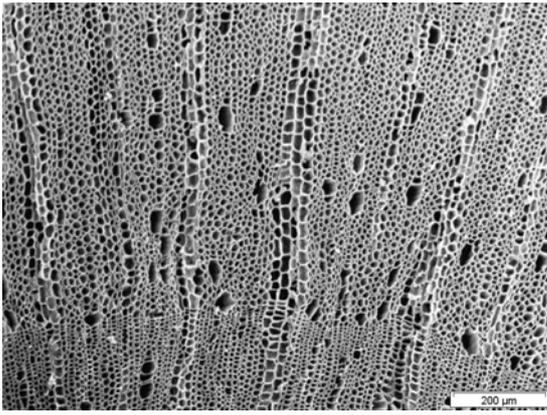
Tarchonanthus camphoratus L.; Syn.: *Tarchonanthus litakunensis* DC.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich erkennbar, Holz zerstreutporig. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 30,5µm, Standardabweichung: 9,5µm, range: 13,2-50,6µm), überwiegend in längeren radialen Reihen bis 13, seltener in kurzen radialen Gruppen von zwei bis drei, sehr zahlreich (100-200/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 3-4µm, Aperturen zusammenlaufend und an zarte Schraubenverdickungen erinnernd. Fasern mittel- bis dickwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden. Axialparenchym paratracheal spärlich, fusiform und in zweizelligen Strängen. Holzstrahlen ein- bis zweireihig, heterozellulär aus liegenden Zellen im Zentrum mit zwei bis vier oder mehr als vier Reihen aufrecht/quadratischer Kantenzellen oder heterozellulär durchmischt. Vier bis acht Strahlen pro mm, maximale Holzstrahlhöhe 600µm, meist um 300µm hoch. Kristalle und Silikate nicht beobachtet.

Anmerkungen: Die eigenen Beobachtungen an Material aus dem Kaokoland entsprechen weitgehend den Angaben bei JAGIELLA & KÜRSCHNER (1987), die allerdings das Auftreten von Schraubenverdickungen der Gefäßwände beschreiben. Nach den eigenen Beobachtungen entsteht dieser Eindruck allerdings durch die stark koaleszenten Tüpfelaperturen. Dieses Merkmal ist bei der Abgrenzung gegenüber ähnlichen Arten hilfreich.

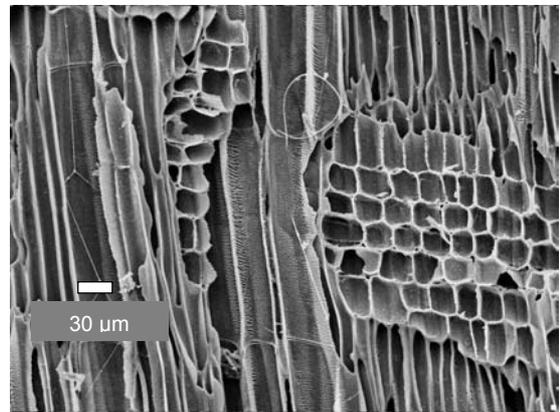
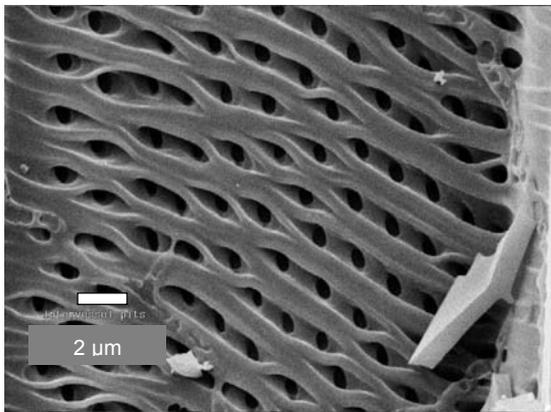
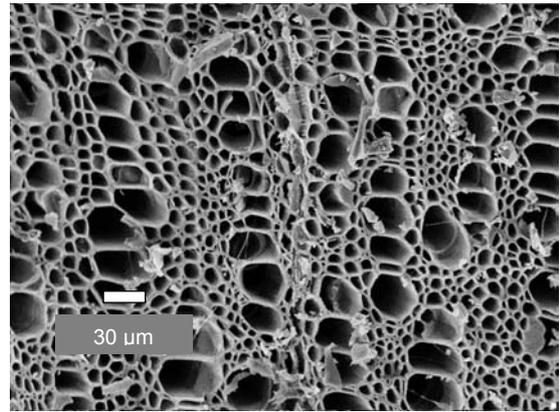
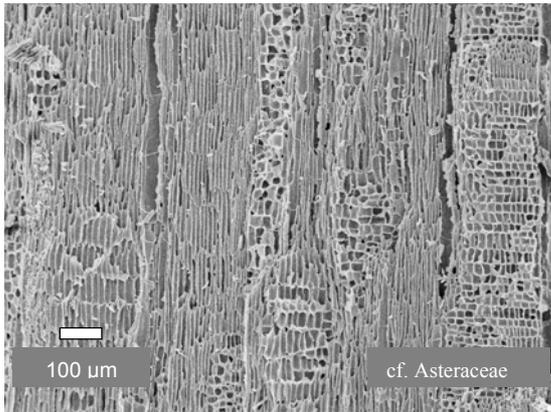
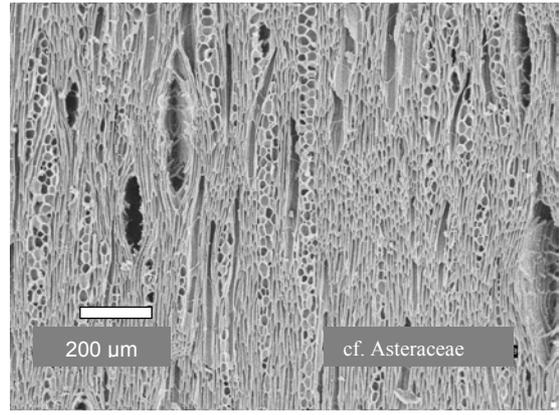
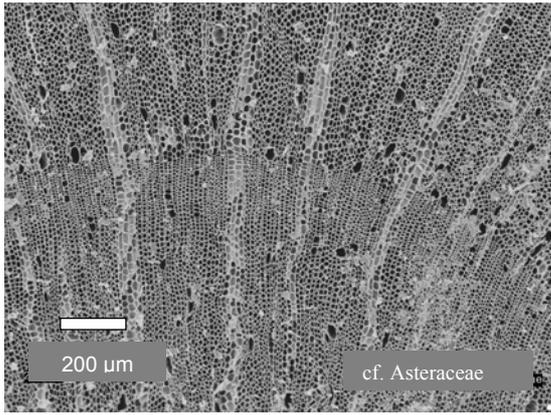
Tarchonanthus camphoratus ähnelt im Querschnitt *Ptaeroxylon obliquum* (Ptaeroxylaceae) (gemeinsame Merkmale: lange Gefäßreihen, hohe Gefäßdichte, schmale Strahlen und paratracheal sehr spärliches Parenchym). Durch das zusätzliche Auftreten sehr deutlicher marginaler Parenchymbänder bei *Ptaeroxylon* und die auffälligen Tüpfelaperturen bei *Tarchonanthus* sind die Arten anatomisch aber sicher abgrenzbar.



l.o. *Pechuel-Loeschea leubnitziae*, quer
l.m. *P. leubnitziae*, radial
l.u. *T. camphoratus*, tangential

r.o. *P. leubnitziae*, tangential
r.m. *Tarchonanthus camphoratus*, quer
r.u. *T. camphoratus*, radial

Tafel 21: Asteraceae rezent: *Pechuel-Loeschea leubnitziae*
Tarchonanthus camphoratus



l.o. cf. Asteraceae, quer
 l.m. cf. Asteraceae, radial
 l.u. *T. camphoratus*, tangential

r.o. cf. Asteraceae, tangential
 r.m. *Tarchonanthus camphoratus*, quer
 r.u. *T. camphoratus*, radial

Tafel 22: Asteraceae archäobotanisch: cf. Asteraceae (*Pechuel-Loeschea leubnitziae?*),
Tarchonanthus camphoratus
 (Nachweise: Fundplatz N 96/1)

Fortsetzung Asteraceae

Vernonia cinerascens Sch. Bip.
Syn.: *Vernonia lüderitziana* Hoffm.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz zerstreutporig bis schwach halbringporig. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 31,5µm, Standardabweichung: 9,6µm, range: 16,5-49,5µm), meist in radialen Reihen von zwei bis drei und längeren radialen Reihen bis sechs, zahlreich (40-100/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 4-5µm.

Fasern mittelwandig, unseptiert, Tüpfel einfach bis undeutlich behöft, häufiger auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich, in zweizelligen Strängen.

Strahlen ein- bis zweireihig, ausschließlich aus aufrechten/quadratischen Zellen aufgebaut. 9 bis 11 Strahlen pro mm, Strahlhöhe sehr variabel, maximale Strahlhöhe 3mm. Kristalle und Silikate nicht beobachtet.

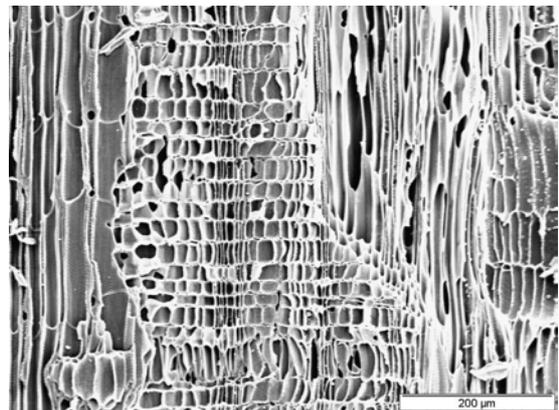
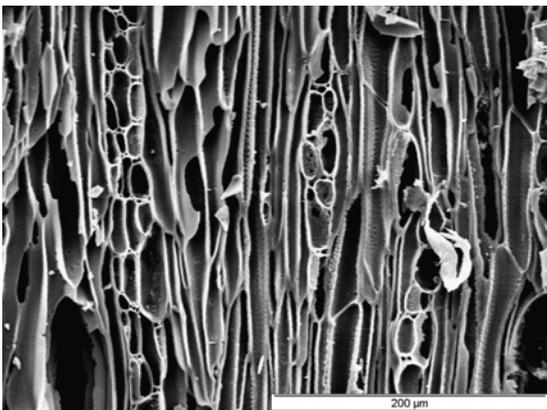
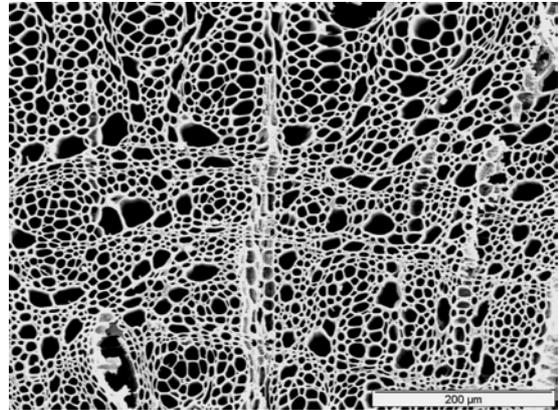
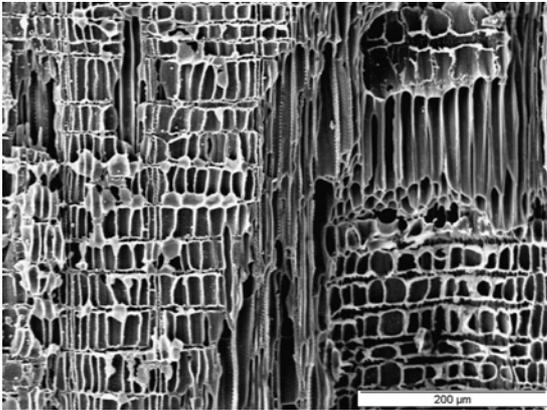
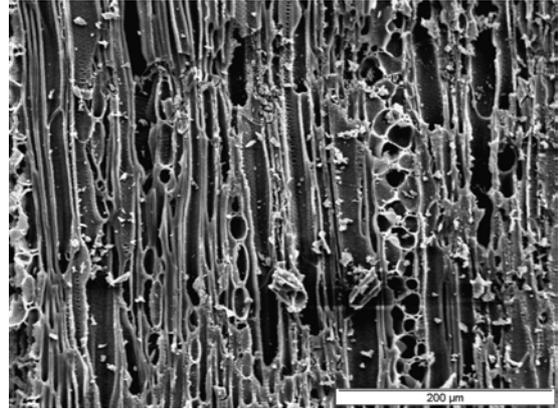
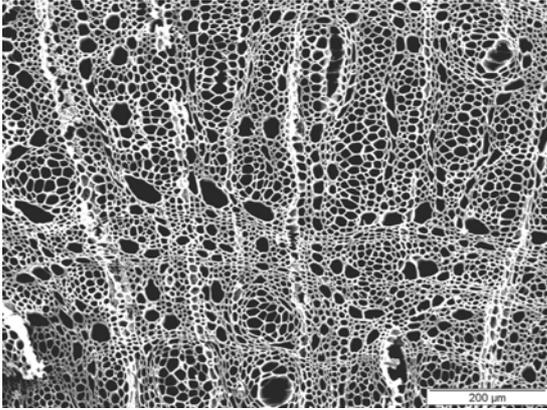
Vernonia obionifolia Hoffm.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen mäßig deutlich. Holz zerstreutporig. Gefäße klein bis mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 46,4µm, Standardabweichung: 18,1µm, range: 22-77µm), überwiegend in kurzen radialen Reihen von zwei bis vier, mäßig zahlreich (20-40/mm²). Perforationen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 4-6µm. Fasern dickwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöfteten Tüpfeln, häufiger auf den Radialwänden. Axialparenchym paratracheal spärlich, fusiform und in zweizelligen Strängen.

Holzstrahlen ein- bis dreireihig, ausschließlich aus aufrechten/quadratischen Zellen aufgebaut, 9-13 Strahlen pro mm, Höhe sehr variabel, maximale Holzstrahlhöhe 1,8mm.

Kristalle und Silikate nicht beobachtet.



l.o. *Vernonia cinerascens*, quer
l.m. *V. cinerascens*, radial
l.u. *V. obionifolia*, tangential

r.o. *V. cinerascens*, tangential
r.m. *Vernonia obionifolia*, quer
r.u. *V. obionifolia*, radial

Tafel 23: Fortsetzung Asteraceae rezent: *Vernonia cinerascens*,
Vernonia obionifolia

Balanitaceae

Balanites welwitschii (Tiegh.) Exell & Mendonça

Syn.: *Agiella welwitschii* Tiegh.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich bis nicht erkennbar. Gefäße mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 51,1µm, Standardabweichung: 15,4µm, range: 25,3-88µm), zusammen mit zahlreichen vaskulären/vasizentrischen Tracheiden diagonal bis dendritisch angeordnet, zahlreich (40-100/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert, vertikaler Durchmesser 3-5µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

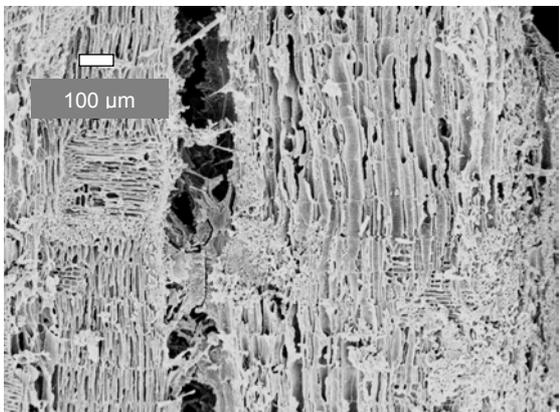
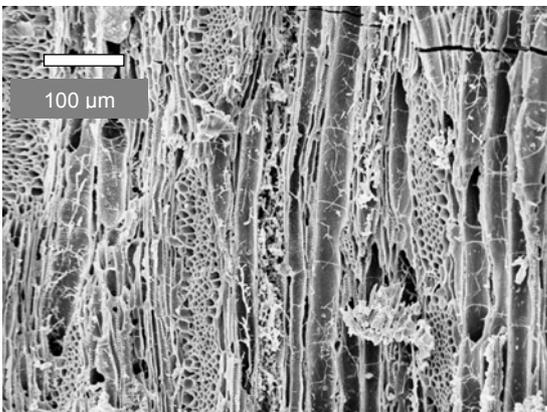
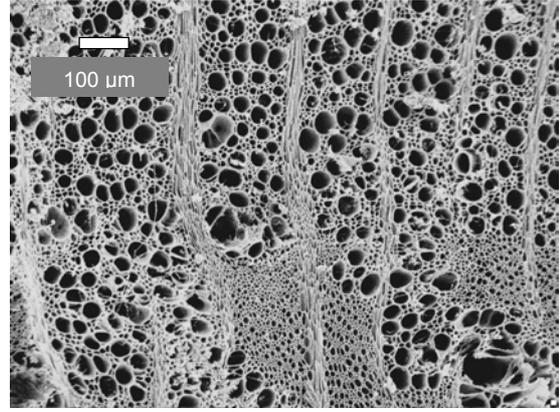
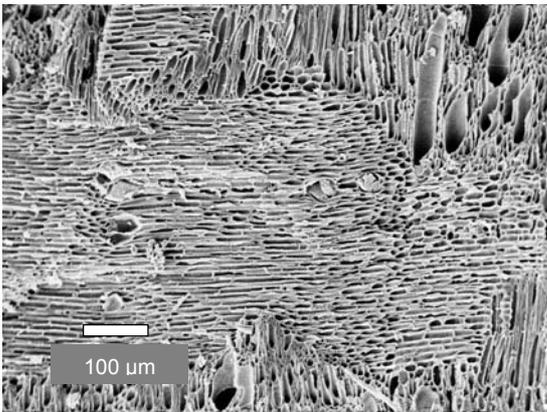
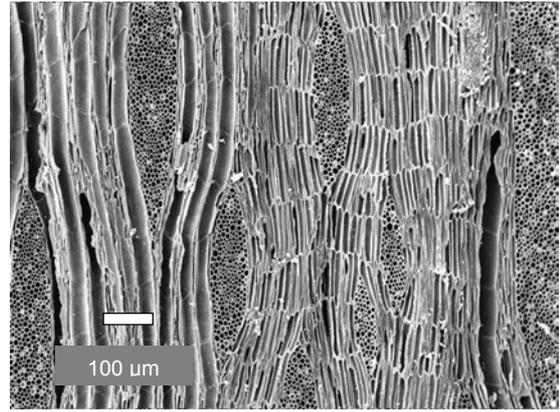
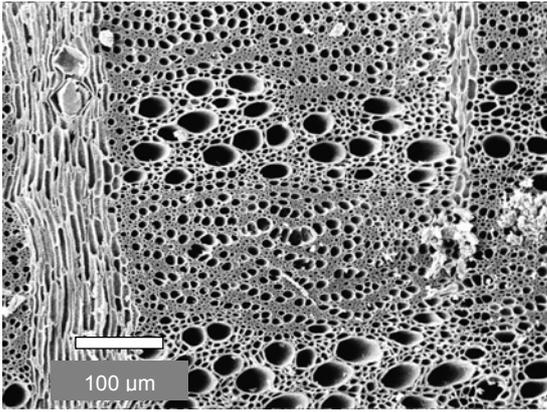
Fasern mittelwandig, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich und apotracheal diffus bis diffus-aggregiert, fusiform, selten in zweizelligen Strängen.

Holzstrahlen ein- bis zwölfreihig (schmale Strahlen selten), heterozellulär aus liegenden Zellen mit 1 bis 2 Reihen aufrechter/quadratischer Kantenzellen oder leicht heterozellulär durchmischt. Scheidenzellen vorhanden. Zwei bis vier Strahlen pro mm, häufig um 300-400µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 2000µm.

Gefäßelemente, Tracheiden, Fasern und Axialparenchym in unregelmäßigen Stockwerken.

Prismatische Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen und liegenden Holzstrahlzellen, Scheidenzellen und gelegentlich in ungekammerten Axialparenchymzellen. Mehrere Kristalle pro Zelle, in einer oder verschiedenen Größenklassen, vereinzelt auch als Kristallsand. Silikate nicht beobachtet.



l.o. *Balanites welwitschii*, rezent, quer

l.m. *B. welwitschii*, rezent, radial

l.u. *B. welwitschii*, archäobotanisch, tangential

r.o. *B. welwitschii*, rezent, tangential

r.m. *Balanites welwitschii*, archäobotanisch, quer

r.u. *B. welwitschii*, archäobotanisch, radial

Tafel 24: Balanitaceae rezent: *Balanites welwitschii*
 Balanitaceae archäobotanisch: *Balanites welwitschii*
 (Nachweis: Fundplätze N97/22, N 98/6)

Bignoniaceae

Catophractes alexandri D. Don.

Syn.: *Catophractes welwitschii* Seem.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz halbringporig, Frühholzporen dabei wesentlich größer als die Spätholzporen. Gefäße mittelgroß (Probe 1: mittlerer tangentialer Durchmesser: 71,9µm, Standardabweichung: 6,2µm, range: 27,5-121µm, Probe 2: mittlerer tangentialer Durchmesser: 67,3µm, Standardabweichung: 26,3µm, range: 22-99µm), meist in kurzen radialen Reihen von zwei bis drei Zellen und kleinen Nestern, gelegentlich auch in längeren radialen Reihen bis fünf, zahlreich (40-100/mm²). Einfache und foraminate Gefäßdurchbrechungen vorhanden, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 3,5-5 µm; Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern dickwandig, häufig gelatinös, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln überwiegend auf den Radialwänden.

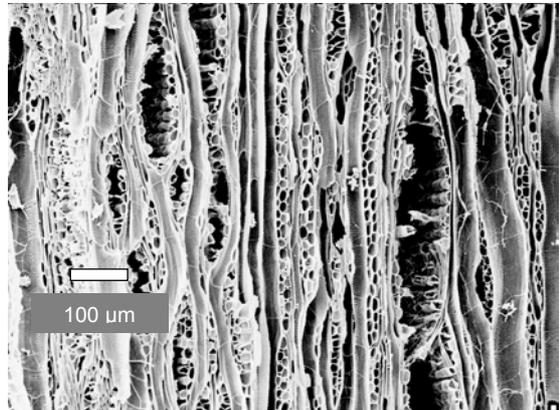
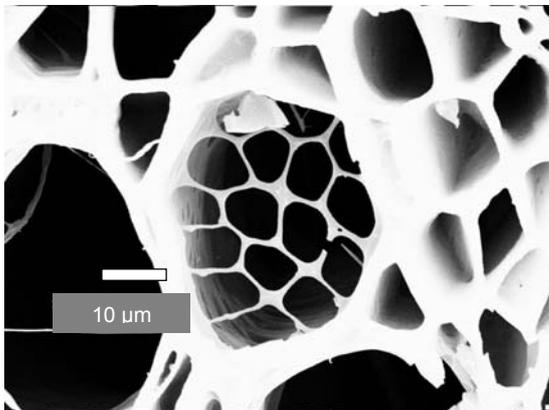
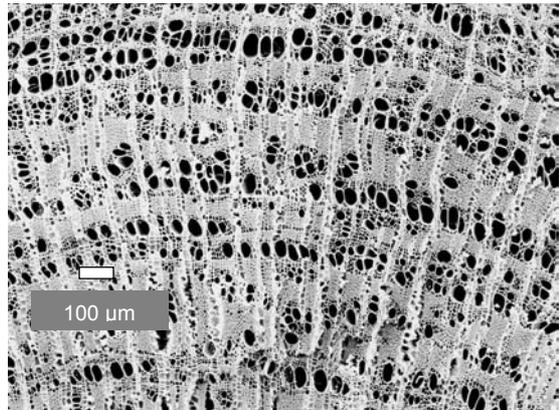
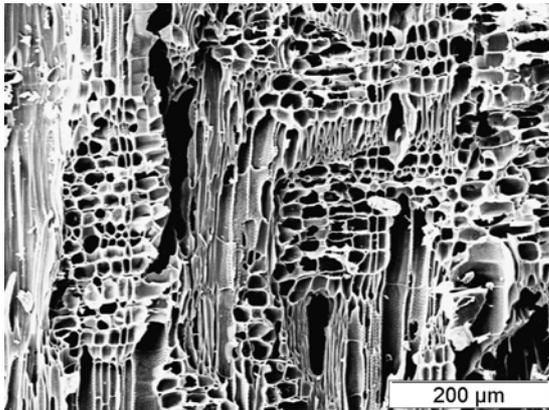
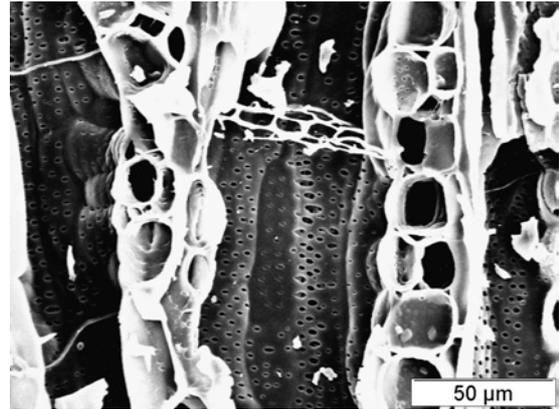
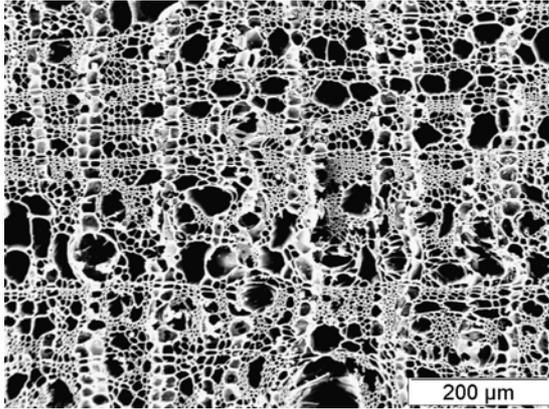
Axialparenchym vasizentrisch und aliform-konfluent bis gebändert, fusiform und in zwei- bis selten vierzelligen Strängen.

Holzstrahlen ein- bis dreireihig, aus liegenden Zellen im Zentrum mit einer bis vier Reihen aufrechter/quadratischer Kantenzellen oder heterozellulär durchmischt. 7 bis 10 Strahlen pro mm, meist um 300-400µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 800µm.

Gefäßelemente, Axialparenchym und niedrige Strahlen in unregelmäßigen Stockwerken.

Kristalle vorhanden, mäßig häufig, in aufrechten/quadratischen und liegenden Holzstrahlzellen, ein oder mehrere Kristalle pro Zelle.

Silikate nicht beobachtet.



o.l. *Catophractes alexandri*, rezent, quer

m.l. *C. alexandri*, rezent, radial

u.l. *C. alexandri*, archäob., quer, Perforationsplatte

o.r. *C. alexandri*, rezent, tangential

m.r. *C. alexandri*, archäobotanisch, quer

u.r. *C. alexandri*, archäob., tangential

Tafel 25: Bignoniaceae rezent: *Catophractes alexandri*
 Bignoniaceae archäobotanisch: *Catophractes alexandri*
 (Nachweis: Fundplätze N 95/1, N 96/1, N 98/6, N 99/1)

Fortsetzung Bignoniaceae

Rhigozum brevispinosum Kuntze

Syn.: *R. spinosum* Burch. ex Sprague; *R. linifolium* S. Moore;

Rhigozum virgatum Merxm. & A. Schreib.

Beschreibung (die holzanatomisch sehr ähnlichen Arten werden gemeinsam beschrieben)

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz schwach halbringporig, Frühholzporen dabei meist nur wenig größer als die Spätholzporen, aber wesentlich dichter stehend. Gefäße klein (*R. brevispinosum*: mittlerer tangentialer Durchmesser: 41,9µm, Standardabweichung: 18,4µm, range: 16,5-100,9µm, *R. virgatum*: mittlerer tangentialer Durchmesser: 33,8µm, Standardabweichung: 13,3µm, range: 11-61,6µm), in kurzen radialen Reihen von zwei bis drei, kleinen Nestern und einzeln, bei *R. brevispinosum* auch in längeren radialen Reihen bis sechs, zahlreich (40-100/mm²). Einfache und foraminate Gefäßdurchbrechungen vorhanden, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 3-5µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

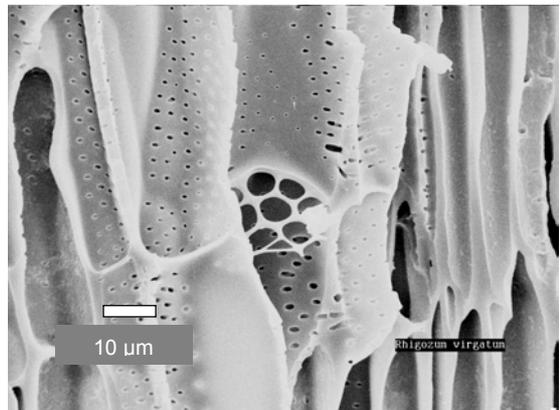
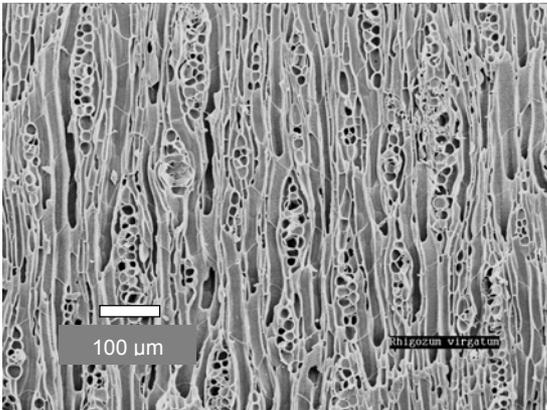
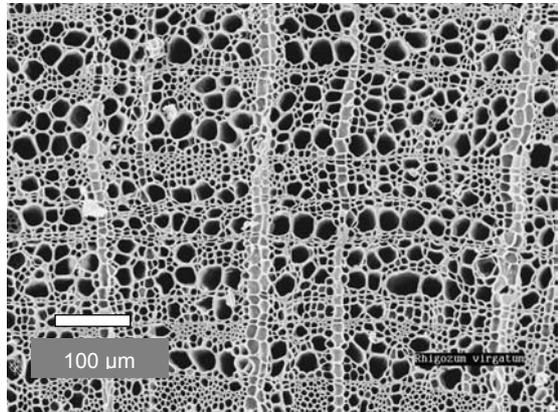
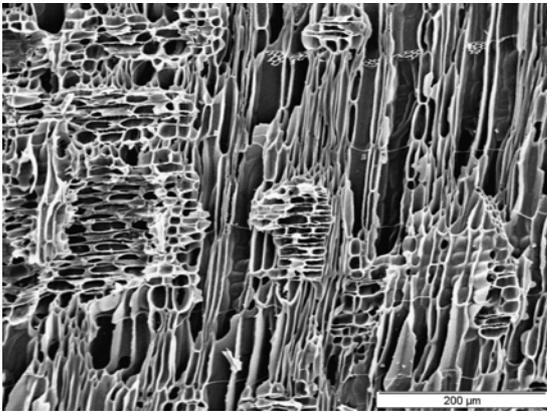
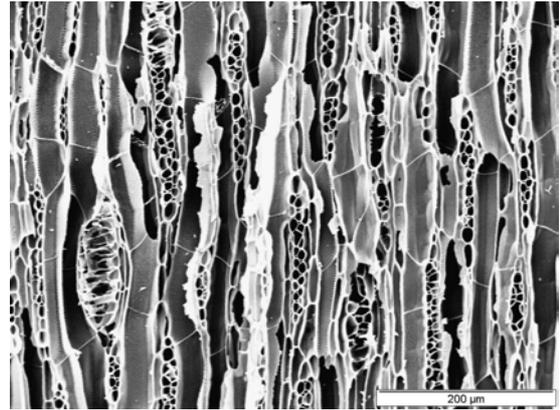
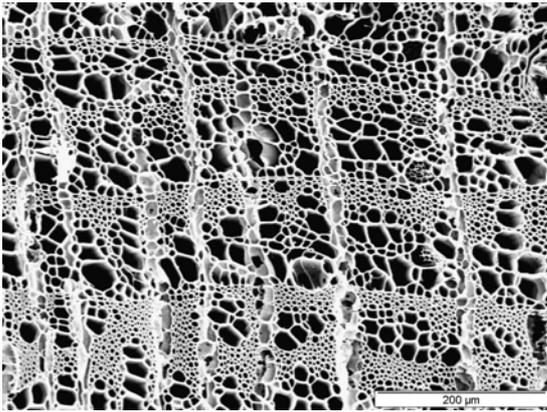
Fasern dickwandig, häufig gelatinös, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich, vasizentrisch und konfluent, fusiform und in zwei- bis vierzelligen Strängen.

Holzstrahlen ein- bis dreireihig, aus liegenden Zellen im Zentrum mit zwei bis vier Reihen aufrechter/quadratischer Kantenzellen oder heterozellulär durchmischt. 6 bis 9 Strahlen pro mm, meist um 200µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe bei *R. brevispinosum* um 600µm, bei *R. virgatum* um 400µm. Gefäßelemente, Axialparenchym und niedrige Strahlen in unregelmäßigen Stockwerken. Kristalle und Silikate nicht beobachtet.

Anmerkungen

Catophractes alexandri, *Rhigozum brevispinosum* und *R. virgatum* sind als Typ durch das gemeinsame Auftreten einfacher und foraminater Gefäßdurchbrechungen von allen anderen im Rahmen dieser Arbeit beschriebenen Gehölztaxa gut abzugrenzen. Zu beachten ist hierbei, dass die foraminaten Durchbrechungen relativ selten, aber besonders im Querbruch (-schnitt) gut erkennbar sind. Holz-/Holzkohlestücke mit einer Kombination von schwacher bis deutlicher Halbringporigkeit, paratrachealem Parenchym und schmalen Strahlen sollten daher gründlich auf foraminate Gefäßdurchbrechungen untersucht werden. *Catophractes alexandri* lässt sich durch das Auftreten von Kristallen in den Strahlen und deutlich größere Frühholzgefäße von den beiden Arten der Gattung *Rhigozum* abgrenzen. Beide Merkmale können hierbei nur positiv angewandt werden, da sie nur in adultem Holz deutlich ausgeprägt sind. Innerhalb der Gattung *Rhigozum* bestehen nur geringfügige quantitative Unterschiede, die keine sichere holzanatomische Abgrenzung erlauben. In der archäobotanischen Auswertung wurden daher Stücke, bei denen keine Kristalle beobachtet werden konnten und die Frühholzgefäße nicht deutlich größer waren als die Spätholzgefäße, zu einem „*Rhigozum/Catophractes* Typ“ zusammengefaßt. Stücke mit Kristallen in den Strahlen und Gefäßen mit deutlichem Frühholz-Spätholzdimorphismus wurden dagegen der Art *Catophractes alexandri* zugeordnet.

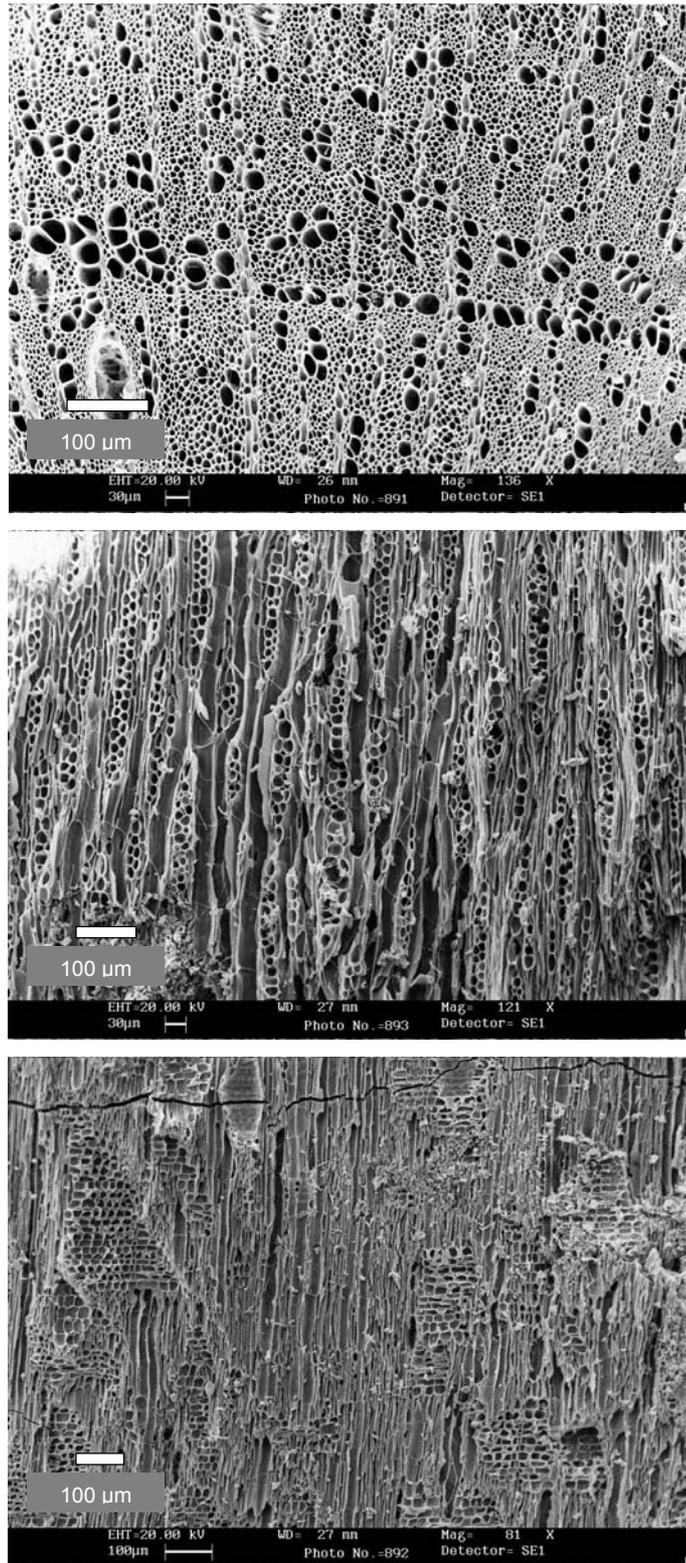


l.o. *Rhigozum brevispinosum*, quer
 l.m. *R. brevispinosum*, radial
 l.u. *R. virgatum*, tangential

r.o. *R. brevispinosum*, tangential
 r.m. *Rhigozum virgatum*, quer
 r.u. *R. virgatum*, radial, Perforationsplatte

Tafel 26: Fortsetzung Bignoniaceae rezent:

Rhigozum brevispinosum,
Rhigozum virgatum



- o. *Rhigozum/Catophractes* Typ, quer
- m. *Rhigozum/Catophractes* Typ, tangential
- u.. *Rhigozum/Catophractes* Typ, radial

Tafel 27: Fortsetzung Bignoniaceae archäobotanisch: *Rhigozum/Catophractes* Typ (Nachweis: Fundplätze N 95/1, N 96/1, N 98/6, N 99/1)

Fortsetzung Bignoniaceae

Kigelia africana (Lam.) Benth.

Syn.: *Bignonia africana* Lam., *Crescentia pinnata* Jacq., *Kigelia pinnata* (Jacq.) DC.

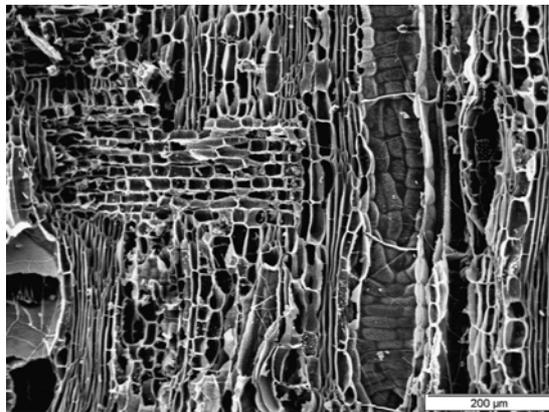
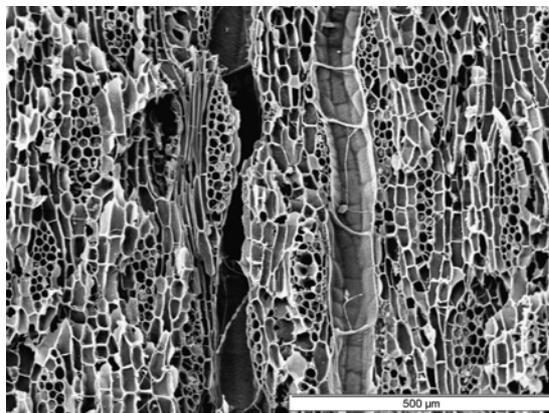
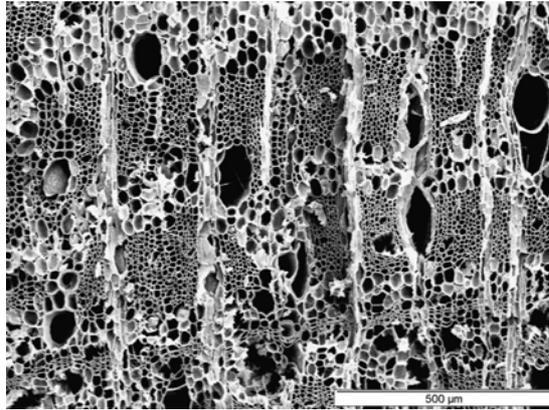
Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich bis nicht erkennbar. Gefäße mittelgroß bis groß (Probe 1: mittlerer tangentialer Durchmesser: 100,7µm, Standardabweichung 39,7µm, range: 25,3-170,5µm, Probe 2: mittlerer tangentialer Durchmesser: 100,8µm, Standardabweichung: 30,8µm, range: 44-159,5µm), einzeln, in kleinen Nestern und radialen Reihen von zwei bis vier (ausnahmsweise bis sechs), in geringer Dichte (5-20/mm²) bis mäßig zahlreich (20-40/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 3-4µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern mittelwandig, unseptiert nach der Beschreibung in KLEE et al (2000), sowie bei den Präparaten SFB 268: 866.1 und SFB 268: 637.0 aus Nordafrika, teilweise septiert im vorliegenden Astholz aus dem Kaokoland. Tüpfel überwiegend auf den Radialwänden, einfach bis undeutlich behöft.

Axialparenchym konfluent, in zwei- bis achtzelligen Strängen.

Strahlen ein- bis dreireihig, schwach heterozellulär (aus liegenden Zellen im Zentrum mit einer Reihe kurzer liegender bis quadratischer Kantenzellen oder schwach heterozellulär durchmischt). Vier bis acht Strahlen pro mm, meist um 200-300µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 500µm. Kristalle und Silikate nicht beobachtet.



o. *Kigelia africana*, quer
m. *K. africana*, tangential
u. *K. africana*, radial

Tafel 28: Fortsetzung Bignoniaceae rezent: *Kigelia africana*

Bombacaceae

Adansonia digitata L.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich erkennbar, Holz zerstreutporig. Gefäße groß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 124,6µm, Standardabweichung: 51,1µm, range: 33-227,6µm), einzeln, in kurzen radialen Reihen von zwei bis drei oder seltener in kleinen Nestern, in geringer Dichte (5-20/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 9-11µm. Kreuzungsfeldtüpfel mit reduzierten Tüpfeln bis scheinbar einfach, isodiametrisch.

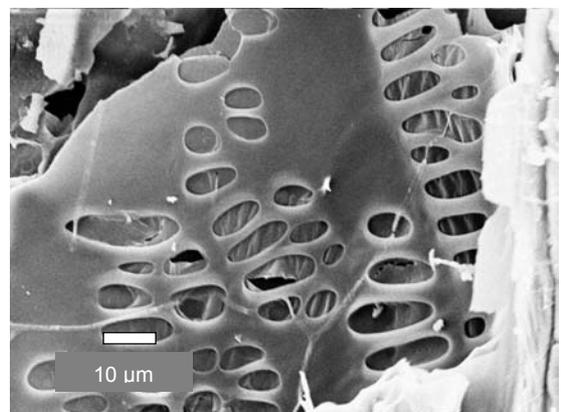
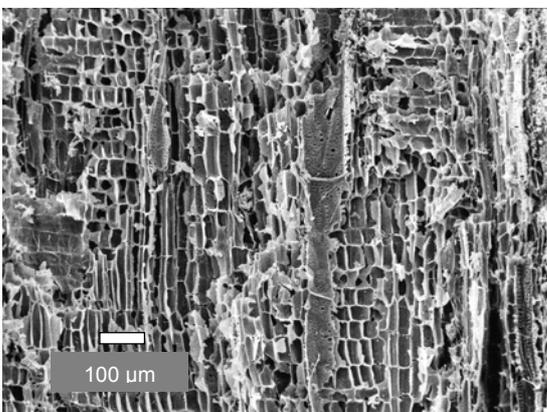
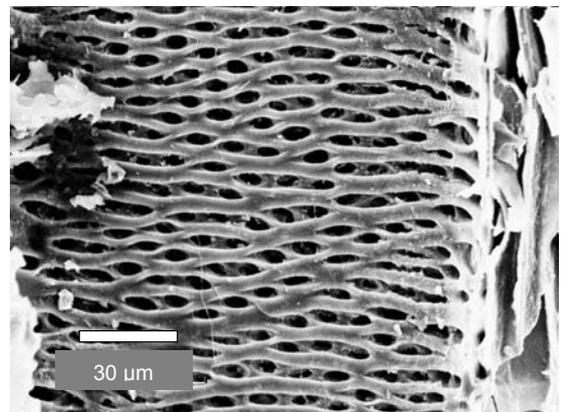
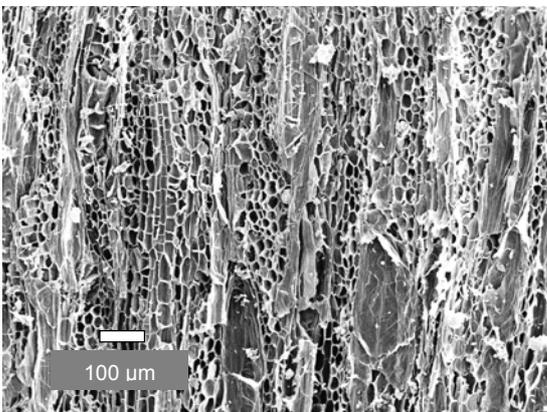
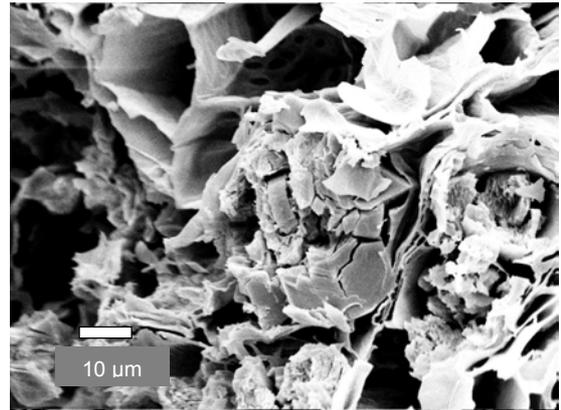
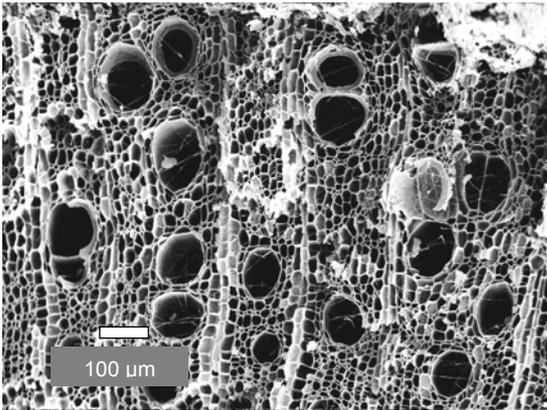
Fasern mittelwandig, septiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, auf Radial- und Tangentialwänden.

Axialparenchym apotracheal diffus-aggregiert und paratracheal spärlich, in vier- bis achtzelligen Strängen. Breite unlignifizierte marginale Parenchymbänder vorhanden.

Holzstrahlen ein- bis sechsreihig (einreihige Strahlen sehr selten), heterozellulär aus liegenden Zellen im Zentrum und meist zwei bis vier Reihen aufrechter/quadratischer Zellen am Rand oder heterozellulär durchmischt. Ein bis ausnahmsweise fünf Strahlen pro mm, meist um 800µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 1,4mm. Axialparenchym und Gefäßelemente in Stockwerken. Kristalle vorhanden, als Drusen in Holzstrahlzellen, ungekammertem Axialparenchym und unlignifiziertem Parenchym.

Anmerkungen

Ein anatomische Beschreibung liegt durch NEUMANN et al. (2001) vor.



o.l. *Adansonia digitata*, quer
u.l. *A. digitata*, tangential
u.l. *A. digitata*, radial

o.r. *A. digitata*, quer, Druse
u.l. *A. digitata*, tangential
u.l. *A. digitata*, radial

Tafel 29: Bombacaceae rezent: *Adansonia digitata*

Boraginaceae

Cordia ovalis Lam.

Syn.: *Cordia monoica* Roxb.

(entgegen früheren Angaben (z. B. COATES PALGRAVE 1983, MERXMÜLLER 1966-1972) ist nach COATES PALGRAVE (2002) die Gattung *Cordia* im Arbeitsgebiet nicht durch die Art *C. sinensis* sondern durch *C. ovalis* und, nur im östlichen Kaokoland, durch *C. africana* vertreten)

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz zerstreutporig. Gefäße mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 87,7µm, Standardabweichung 35,2µm, range: 31,9-166,1µm), in kleinen Nestern oder einzeln, in geringer Dichte (5-20/mm²) bis mäßig zahlreich (20-40/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach (in verkohltem Material von *Cordia* sp. aus N 96/1 konnte einmal eine foraminat Durchbrechung beobachtet werden, vgl. BISEN & SHARMA (1986) für *Cordia myxa* L.). Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 3-5µm, Aperturen koaleszent. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln. Dünnwandige Thyllen häufig, teilweise mit prismatischen Kristallen. Vaskuläre/vasizentrische Tracheiden zahlreich.

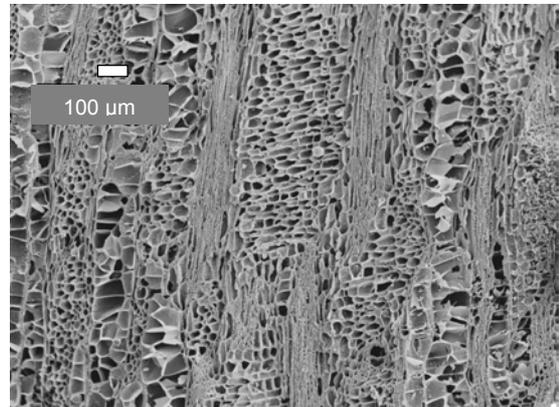
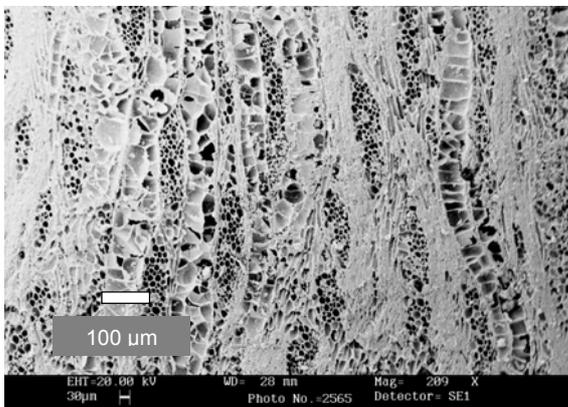
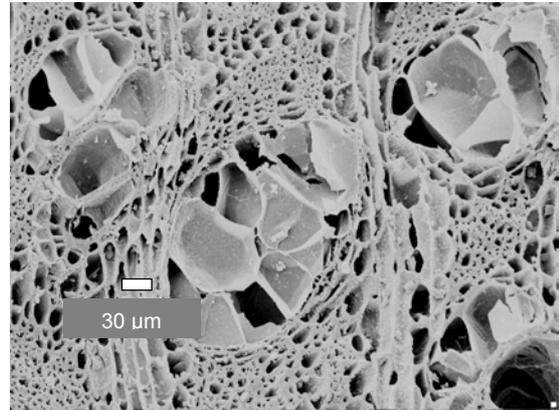
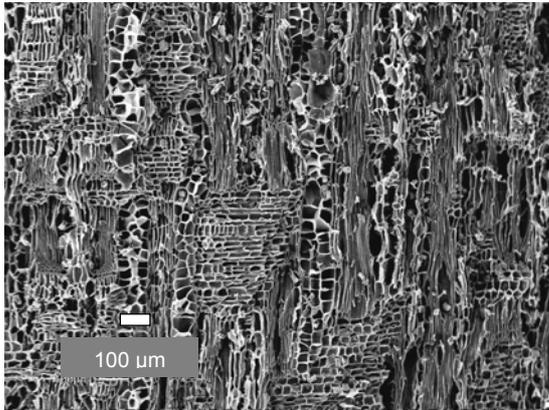
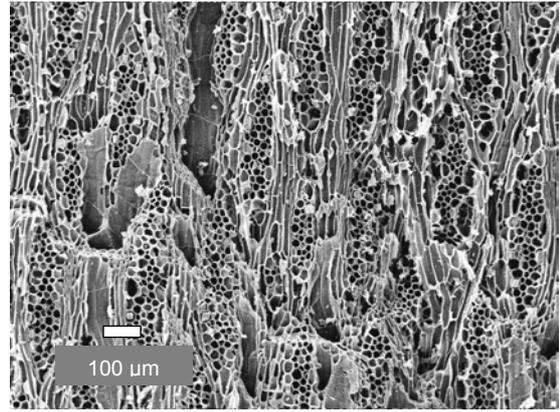
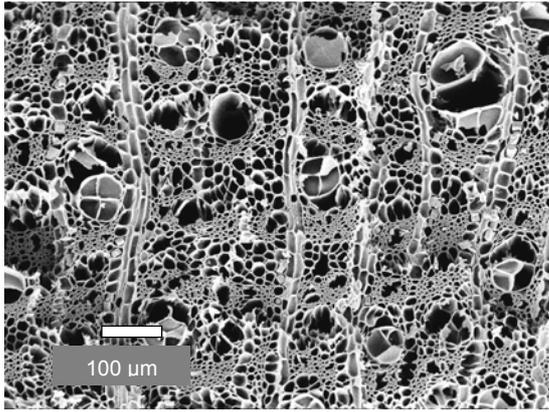
Fasern dickwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym gebändert, seltener konfluent, fusiform und in zwei- bis dreizelligen Strängen. Parenchymbänder 3-7 Zellen breit, schmale Bänder dabei häufiger. Strahlen ein- bis siebenreihig, heterozellulär durchmischt. 3 bis 6 Strahlen pro mm, häufig um 500 bis 700µm hoch, maximale Strahlhöhe 1mm. Scheidenzellen vorhanden.

Prismatische Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen und liegenden Holzstrahlzellen, meist einzeln, gelegentlich auch zwei Kristalle pro Zelle, außerdem in Gefäßthyllen. Silikate nicht beobachtet.

Anmerkungen

FASOLO (1939-1944) beschreibt die Anatomie von *Cordia ovalis* entsprechend.



l.o. *Cordia ovalis*, rezent, quer

l.m. *Cordia ovalis*, rezent, radial

l.u. *Cordia* sp., archäobotanisch, tangential

r.o. *Cordia ovalis*, rezent, tangential

r.m. *Cordia* sp., archäobotanisch, quer

r.u. *Cordia* sp., archäobotanisch, radial

Tafel 30: Fortsetzung Boraginaceae rezent: *Cordia ovalis*
 Boraginaceae archäobotanisch: *Cordia* sp.
 (Nachweis: Fundplätze N 95/1, N 96/1, N 98/6, N 99/1, N97/22)

Ehretia namibiensis Retief & A.E. van Wyk

(entgegen früheren Angaben (z. B. COATES PALGRAVE 1983, MERXMÜLLER 1966-1972) ist nach COATES PALGRAVE (2002:973) die Gattung *Ehretia* im Arbeitsgebiet nicht durch die Art *E. rigida* (Thunb.) Druce, sondern durch *E. namibiensis* vertreten)

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz zerstreutporig. Die Gefäße bilden ein radial/diagonales Muster. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 41,1µm, Standardabweichung: 15,2µm, range: 19,8-67,1µm), in längeren radialen Reihen und Gruppen, außerdem in kleinen Nestern, zahlreich (40-100/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel alternierend, vertikaler Durchmesser 2 bis 4µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln. Vaskuläre/vasizentrische Tracheiden zahlreich.

Fasern mittel- bis dickwandig, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, häufiger auf den Radialwänden.

Axialparenchym diffus und diffus-aggregiert, in zwei- bis dreizelligen Strängen.

Silikate nicht beobachtet. Strahlen ein- bis dreireihig, heterozellulär aus liegenden Zellen im Zentrum und zwei bis mehr als vier Reihen aufrechter/quadratischer Kantenzellen oder heterozellulär durchmischt. Elf bis fünfzehn Strahlen pro mm, meist um 300µm, maximale Holzstrahlhöhe 450µm.

Prismatische Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen und liegenden Holzstrahlzellen.

Heliotropium rariflorum Stocks ssp. *hereroense* (Schinz) Verc.

Syn.: *Heliotropium hereroense* Schinz, *Heliotropium pseudostrigosum* Dinter

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz halbringporig. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 36,9µm, Standardabweichung: 17,4µm, range: 11-66µm), einzeln, in kleinen Nestern unterschiedlicher Orientierung, seltener in kurzen radialen Gruppen von zwei bis drei, sehr zahlreich (>100/mm²). Vaskuläre/vasizentrische Tracheiden zahlreich. Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel alternierend, vertikaler Durchmesser 3-4µm; Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

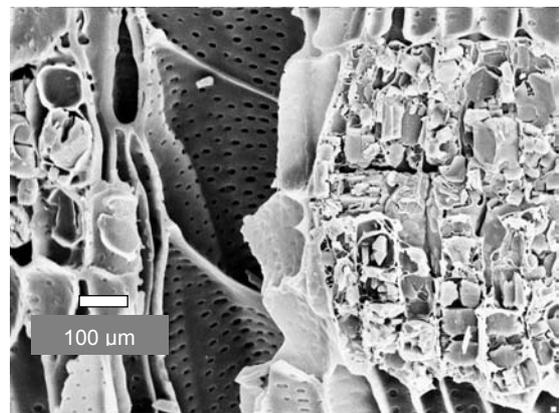
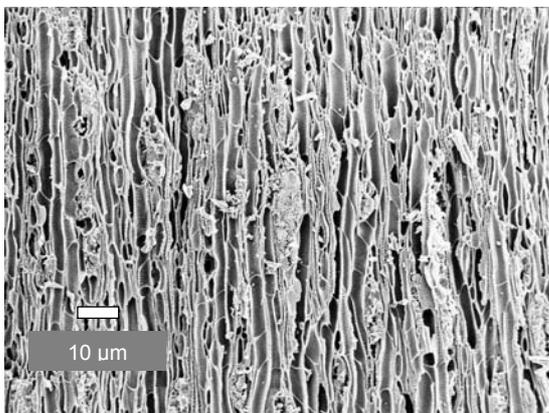
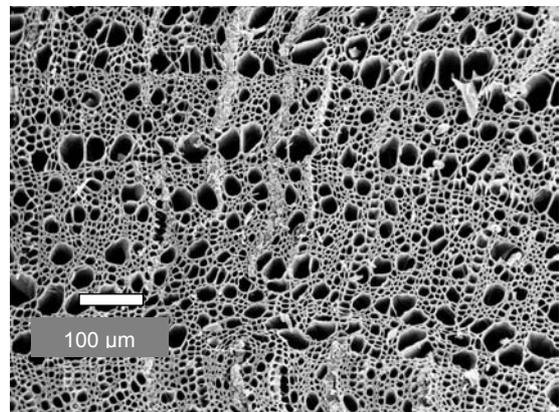
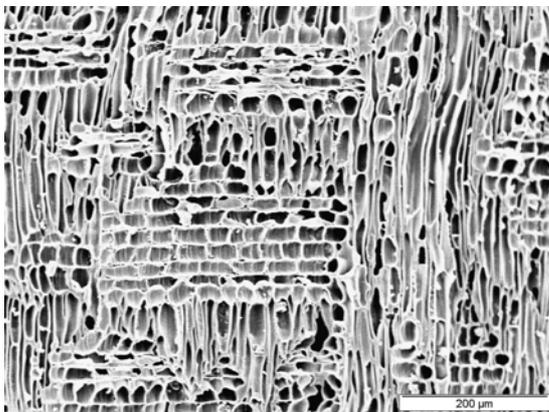
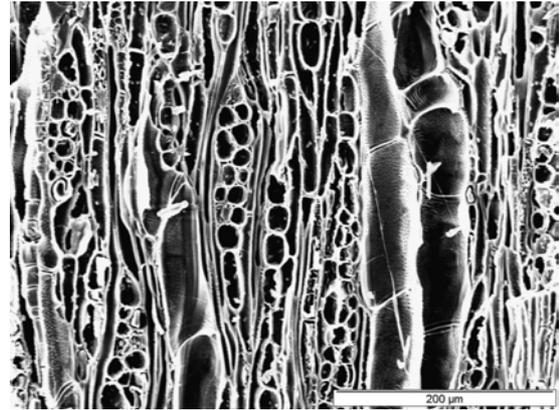
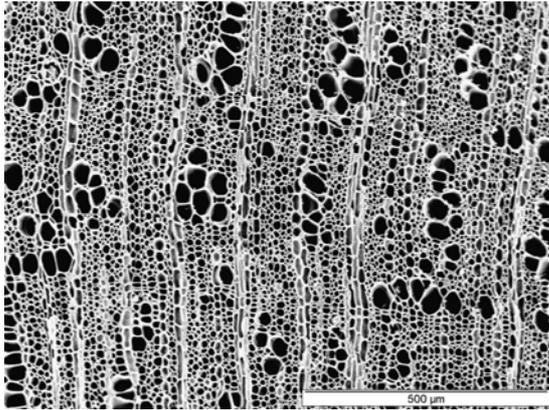
Fasern mittel- bis dickwandig, unseptiert, mit deutlich behöften Tüpfeln auf Radial- und Tangentialwänden.

Axialparenchym paratracheal sehr spärlich, fusiform und in zweizelligen Strängen.

Holzstrahlen ein- bis dreireihig, aus aufrechten/quadratischen Zellen aufgebaut. Zehn bis zwölf Strahlen pro mm, meist um 200-300µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 500µm.

Prismatische Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen Holzstrahlzellen, mehrere Kristalle verschiedener Größe pro Zelle sowie Kristallsand.

Silikate nicht beobachtet.

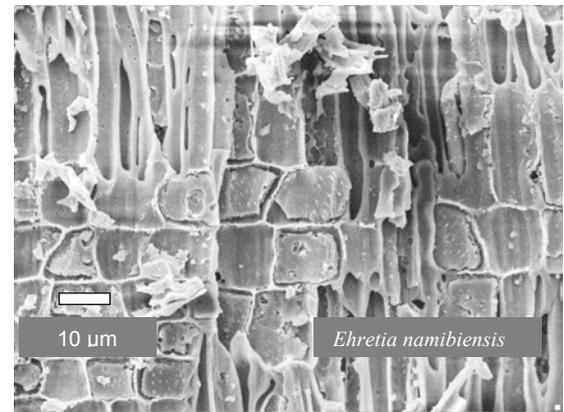
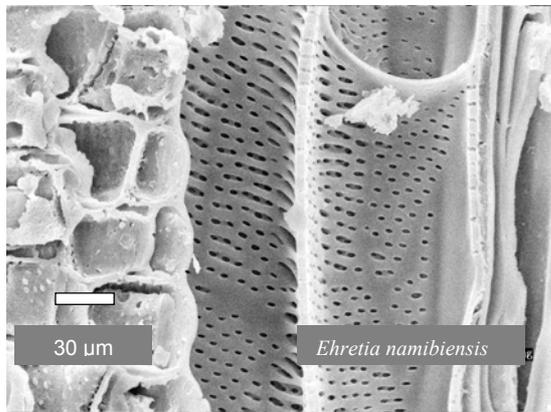
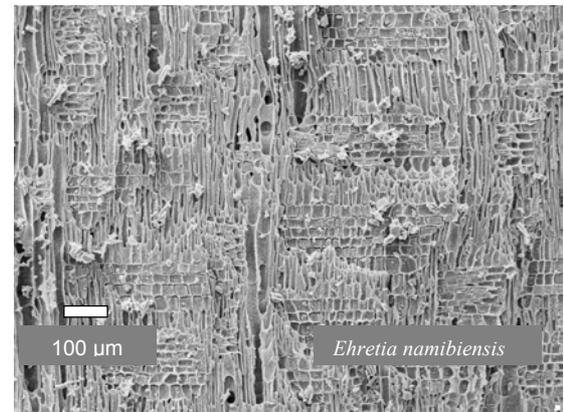
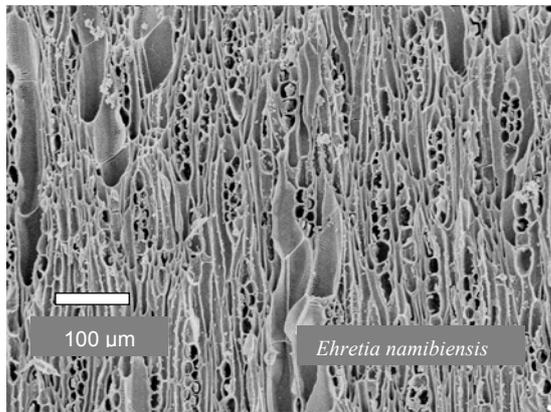
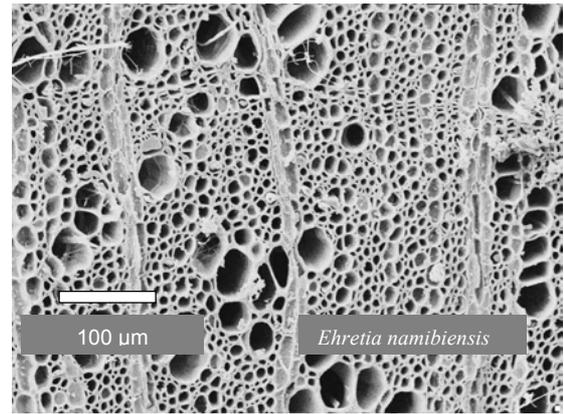
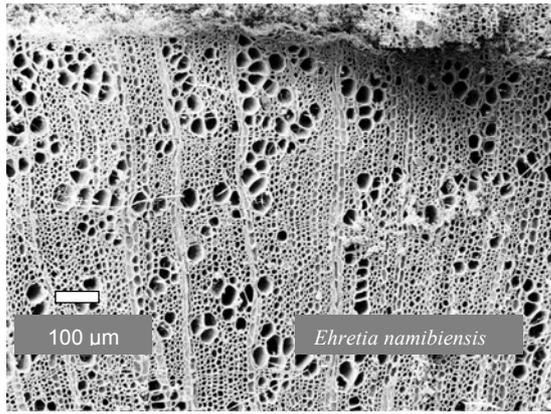


- l.o. *Ehretia namibiensis*, quer
- l.m. *E. namibiensis*, radial
- l.u. *H. rariflorum* ssp. *hereroense*, tangential

- r.o *E. namibiensis*, tangential
- r.m. *Heliotropium rariflorum* ssp. *hereroense*, quer
- r.u. *H. rariflorum* ssp. *hereroense*, radial

Tafel 31: Fortsetzung Boraginaceae rezent:

Ehretia namibiensis
Heliotropium rariflorum ssp. *hereroense*



l.o. *Ehretia namibiensis*, archäobotanisch, quer
l.m. *E. namibiensis*, archäobotanisch, tangential
l.u. *E. namibiensis*, archäobotanisch, radial

r.o. *E. namibiensis*, archäobotanisch, quer
r.m. *E. namibiensis*, archäobotanisch, radial
r.u. *E. namibiensis*, archäobotanisch, radial

Tafel 32: Fortsetzung Boraginaceae archäobotanisch: *Ehretia namibiensis*
(Nachweis: Fundplatz N 95/1)

Burseraceae

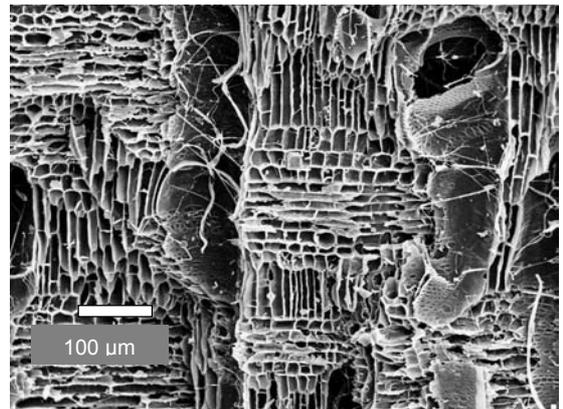
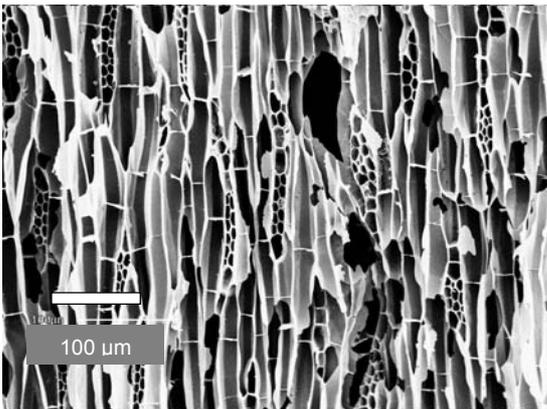
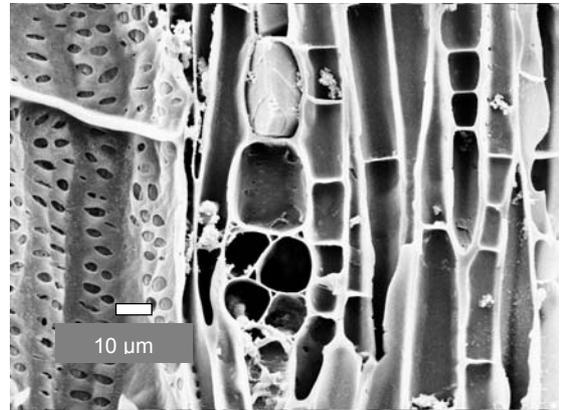
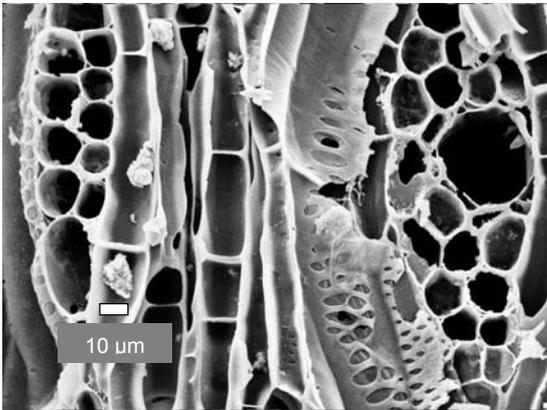
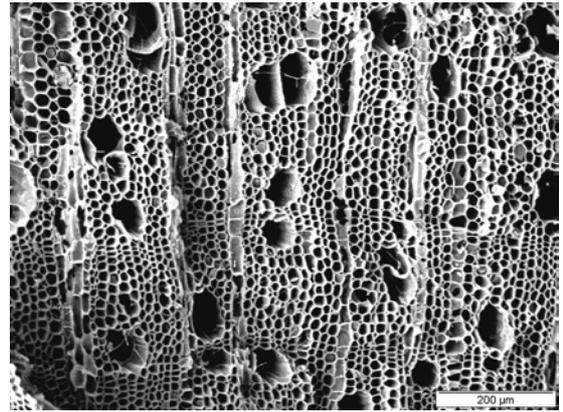
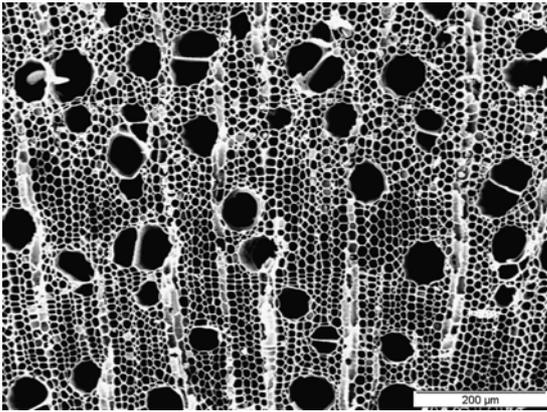
Commiphora sp. (Basis: *C. africana* (A.Rich.) Engl., Syn.: *C. pilosa* (Engl.) Engl., *C. calciicola* Engl. (Zweigholz); *C. anacardiifolia* Dinter & Engl.; *C. angolensis* Engl., Syn.: *C. rehmannii* Engl., *C. oliveri* Engl., *C. kwebensis* N.E.Br., *C. nigrescens* Engl.; *C. crenato-serrata* Engl.; *C. giessii* J.J.A. van der Walt; *C. glaucescens* Engl., Syn.: *C. pruinosa* Engl., *C. hereroensis* Schinz; *C. mollis* (Oliv.) Engl., Syn.: *Balsamodendron molle* Oliv., *C. cinerea* Engl.; *C. multijuga* (Hiern) K. Schum.; *C. pyracanthoides* Engl.; *C. saxicola* Engl., Syn.: *C. dulcis* Engl.; *C. tenuipetiolata* Engl.; *C. virgata* Engl.; *C. wildii* Merxm.)

Beschreibung

Die untersuchten Arten der Gattung sind sich holzanatomisch so ähnlich, dass sie gemeinsam beschrieben werden. Auf beobachtete Variationen wird hingewiesen. Das Auftreten sowie die räumliche Verteilung mineralischer Einschlüsse wurden bei *Sclerocarya birrea* spp. *caffra* (Anacardiaceae) diskutiert und tabellarisch dargestellt (Tab. 3). Zuwachsgrenzen deutlich oder undeutlich bis nicht erkennbar. Gefäße meist mittelgroß bis groß (s. Tabelle 4), in kurzen radialen Reihen, einzeln oder in kleinen Nestern. Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, tangentialer Durchmesser 5 bis 9µm. Kreuzungsfeldtüpfel mit stark reduzierten Tüpfeln bis scheinbar einfach, isodiametrisch bis gestreckt. Axialparenchym paratracheal sehr spärlich. Fasern dünnwandig, septiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden. Holzstrahlen ein bis vierreihig, heterozellulär aus liegenden Zellen im Zentrum und 1-4 Reihen aufrechter/quadratischer Randzellen, Strahlen mit Radialkanälen wesentlich breiter. 4 bis 8 Strahlen pro mm, maximale Strahlhöhe 700µm. Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen, seltener in liegenden Holzstrahlzellen; Kristalle in Fasern nicht beobachtet. Silikate vorhanden oder fehlend, als Aggregate in Strahlen und/oder septierten Librifasern (s. Tab 3).

Art	mittlerer tangentialer Gefäßdurchmesser	Standardabweichung	range
<i>C. anacardiifolia</i>	106,3µm	35,5µm	44-159,5µm
<i>C. angolensis</i>	64,7µm	18,7µm	22-110µm
<i>C. crenato-serrata</i>	99,8µm	37,9µm	22-165µm
<i>C. giessii</i>	48,8µm	21,1µm	16,5-99µm
<i>C. glaucescens</i>	80,9µm	25,3µm	27,5-115,5µm
<i>C. mollis</i>	67,9µm	22,5µm	33-121µm
<i>C. multijuga</i>	89,8µm	31,9µm	27,5-154µm
<i>C. pyracanthoides</i>	73,56µm	22,71	19,8-122,1µm
<i>C. saxicola</i>	72,6µm	22,7µm	22-126,5µm
<i>C. tenuipetiolata</i>	67,9µm	28,1µm	27,5-132µm
<i>C. virgata</i>	62,4µm	18,9µm	19,8-99µm
<i>C. wildii</i>	64,2µm	21,6µm	27,5-110µm

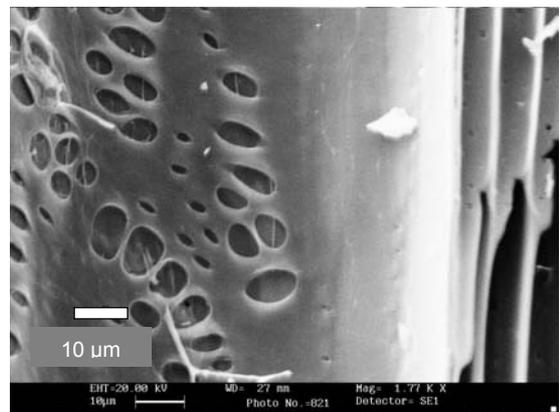
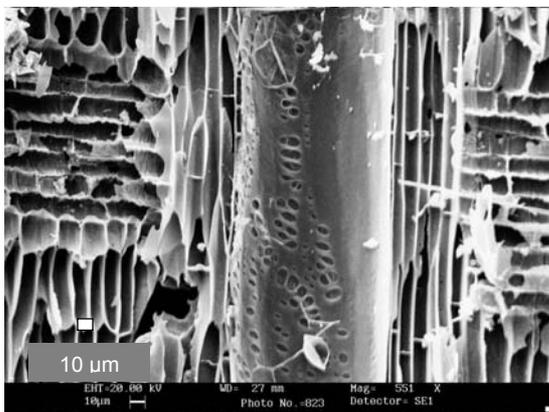
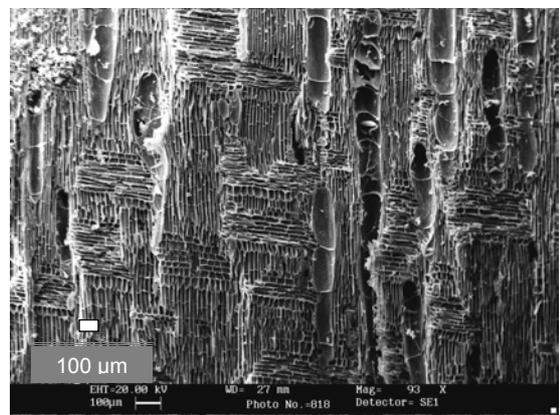
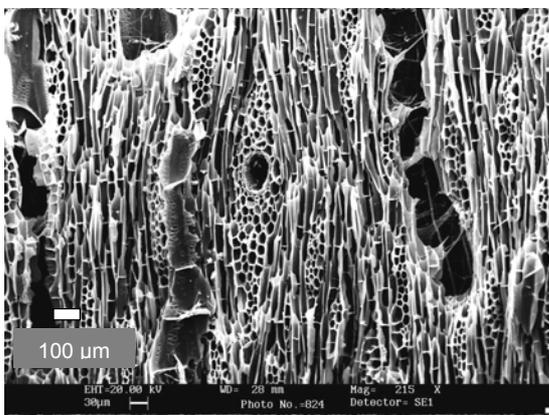
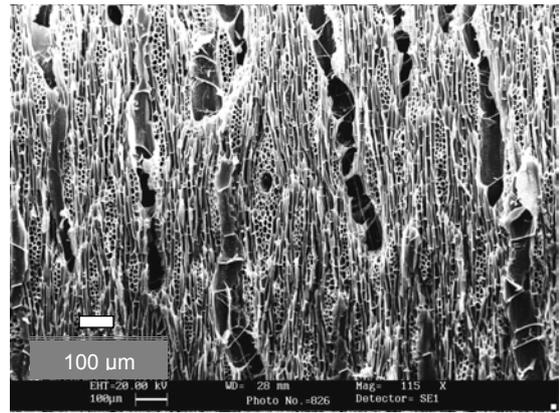
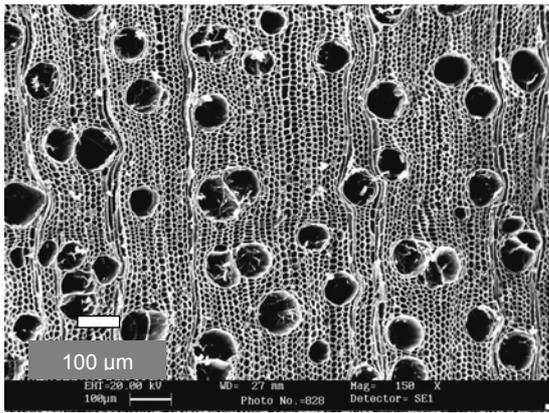
Tab. 4: Gefäßdurchmesser bei *Commiphora* spp.



l.o. *Commiphora africana*, quer
 l.m. *C. wildii*, tangential
 l.u. *C. crenato-serrata*, tang.

r.o. *C. crenato-serrata*, quer
 r.m. *C. wildii*, tangential
 r.u. *C. crenato-serrata*, radial

Tafel 33: Burseraceae rezent: *Commiphora* spp.



- l.o. *Commiphora* Typ, quer
- l.m. *Commiphora* Typ, tangential
- l.u. *Commiphora* Typ, radial.

- r.o. *Commiphora* Typ, tangential
- r.m. *Commiphora* Typ, radial
- r.u. *Commiphora* Typ, radial

Tafel 34: Burseraceae archäobotanisch: *Commiphora* Typ
(Nachweis: Fundplätze N 95/1, N96/1, N 98/6, N 99/1, N 97/22, N 2000/1)

Capparaceae

Boscia albitrunca (Burch.) Gilg & Benedict

Syn.: *Boscia transvaalensis* Pestal.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz zerstreutporig.

Gefäße klein bis mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 44,3µm, Standardabweichung: 17,2µm, range: 9-67,5µm), zusammen mit den zahlreichen vaskulären/vasizentrischen Tracheiden sehr lange radiale Gruppen bildend, zahlreich (40-100/mm²). Gummiartige Inhaltsstoffe in den Kernholzgefäßen. Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert (Verzierungen lichtmikroskopisch aufgrund der geringen Tüpfelgröße schwer erkennbar), vertikaler Durchmesser 3-4µm, gelegentlich koaleszent. Kreuzungsfeld deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern mittelwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich bis vasizentrisch, stellenweise schwach konfluent, fusiform und in zweizelligen Strängen. Marginale Parenchymbänder vorhanden.

Strahlen ein bis dreireihig, homozellulär aus langen liegenden Zellen, gelegentlich auch heterozellulär durchmischt. 7 bis 9 Strahlen pro mm, häufig um 200-300µm hoch, maximale Strahlhöhe 700µm. Prismatische Kristalle vorhanden, in Holzstrahlzellen. Eingeschlossenes Phloem nicht beobachtet.

Boscia foetida Schinz ssp. *foetida*

Beschreibung

Zuwachsgrenzen mäßig deutlich, Holz zerstreutporig.

Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 34,7µm, Standardabweichung: 12,9µm, range: 11-55µm), zusammen mit den zahlreichen vaskulären/vasizentrischen Tracheiden sehr lange radiale Gruppen bildend, zahlreich (40-100/mm²). Gummiartige Inhaltsstoffe in den Kernholzgefäßen. Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert (Verzierungen lichtmikroskopisch aufgrund der geringen Tüpfelgröße schwer erkennbar), vertikaler Durchmesser 3-4µm, teilweise koaleszent. Kreuzungsfeld deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

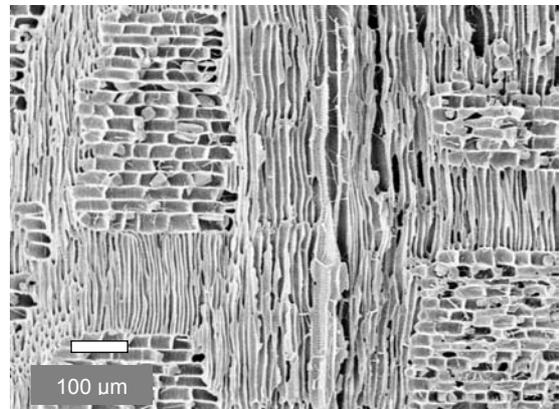
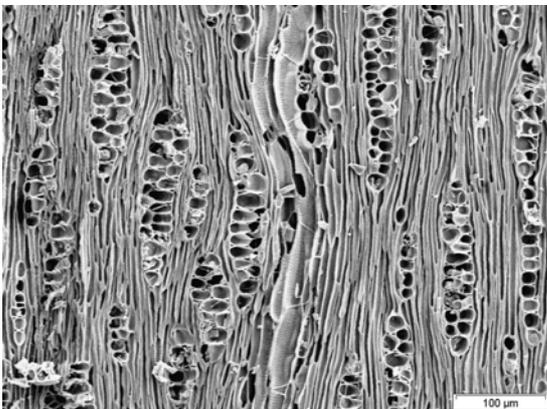
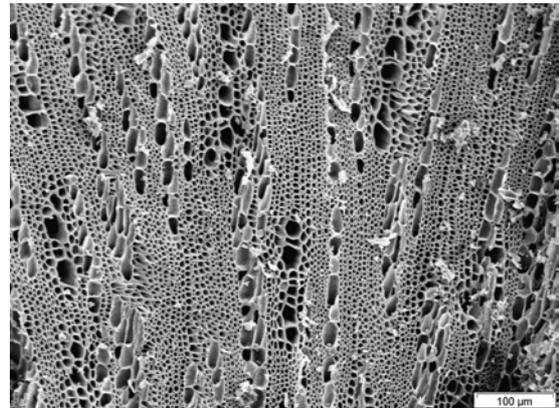
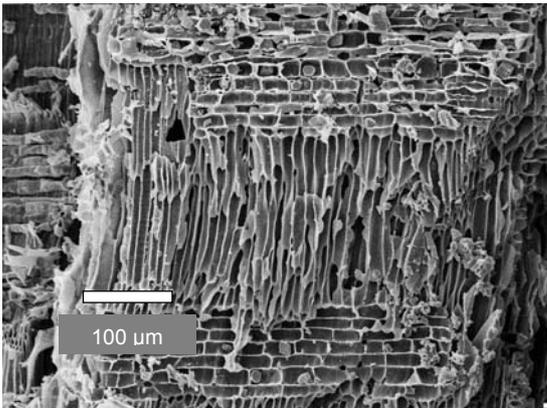
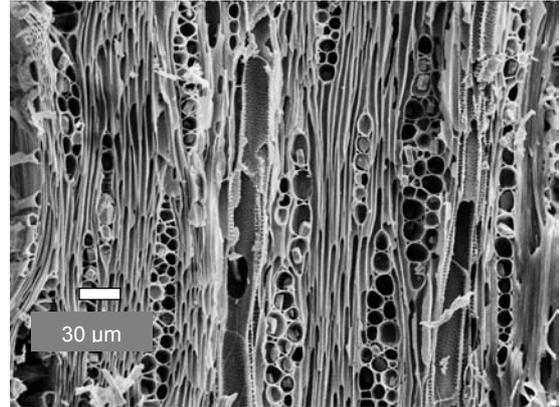
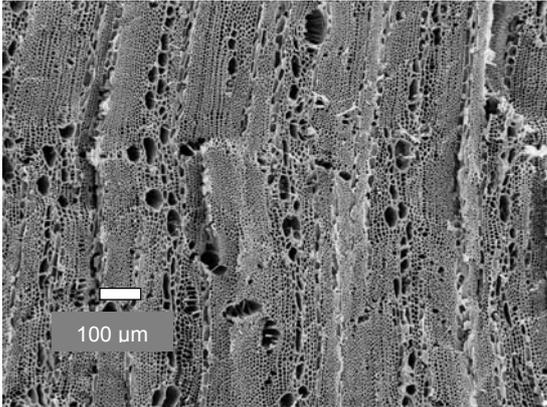
Fasern mittelwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich bis vasizentrisch, stellenweise schwach konfluent, fusiform und in zweizelligen Strängen. Diskontinuierliche marginale Parenchymbänder vorhanden, diese nicht beobachtet in der Probe 103077. Strahlen ein- bis dreireihig, ausschließlich homozellulär aus langen liegenden Zellen, in Marknähe und im Zweigholz auch heterozellulär durchmischt. 7 bis 9 Strahlen pro mm, häufig um 200-300µm hoch, maximale Strahlhöhe 700µm.

Prismatische Kristalle vorhanden, in Holzstrahlzellen (nicht beobachtet in der Probe 103709).

Bei *Boscia foetida* tritt eine ungewöhnliche Form irregulären sekundären Dickenwachstums auf, die von ADAMSON (1936) wie folgt beschrieben wurde (für die Unterart *B. foetida* Schinz ssp. *rehmanniana* Pestal., Syn.: *B. rehmanniana* (Pestal.) Toelken):

Bis zu einem Durchmesser von 5-7 cm ist das Wachstum regulär. Bei älterem Holz tritt häufig eine gummiartige Degeneration des Parenchyms auf, die schließlich zu Brüchen im Holz führen kann. Der ältere Stamm bildet eine Wechselfolge von Xylem und Phloem, diese ist aber nicht regelmäßig konzentrisch, wie bei anderen Capparaceen mit eingeschlossenem Phloem, sondern stark unregelmäßig mit teilweise verdrehtem Wachstum des Holzes. ADAMSON erklärt dies durch die unregelmäßige Anlage sukzessiver Cambia, die neues Gewebe teilweise in normaler zentrifugaler Richtung, teilweise aber in inverser, zentripetaler Richtung bilden. Dadurch entstehe die stark verdrehte Holzstruktur, die teilweise stark verbreiterte Holzstrahlen aufweist. Nicht mehr aktive Cambia degenerieren ebenfalls und bilden Bruchlinien im Holz.



l.o. *Boscia albitrunca*, quer

l.m: *B. albitrunca*, radial

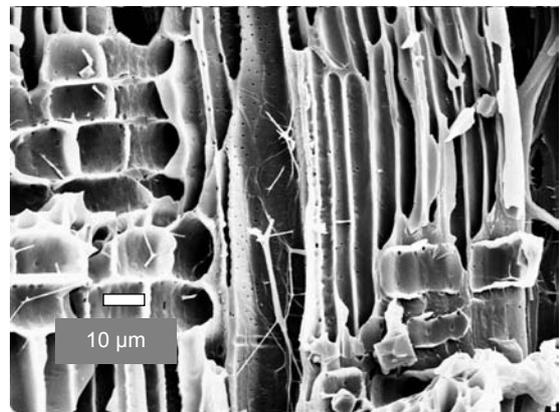
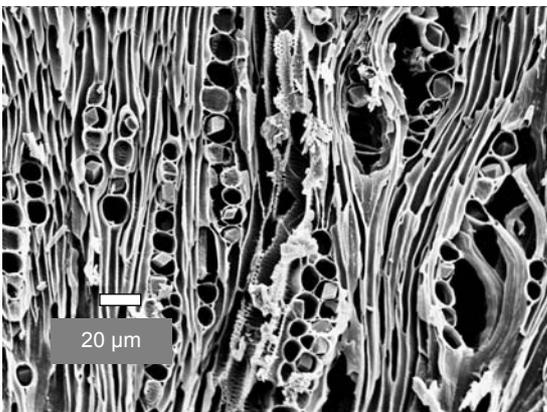
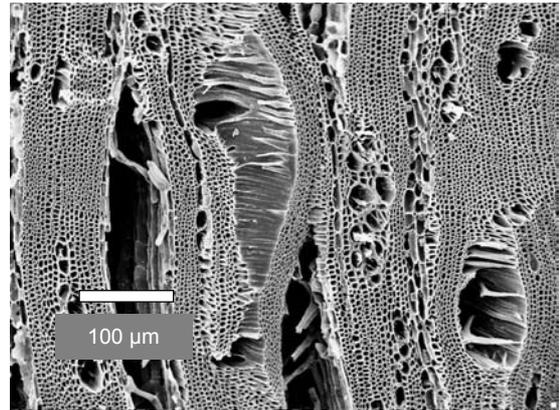
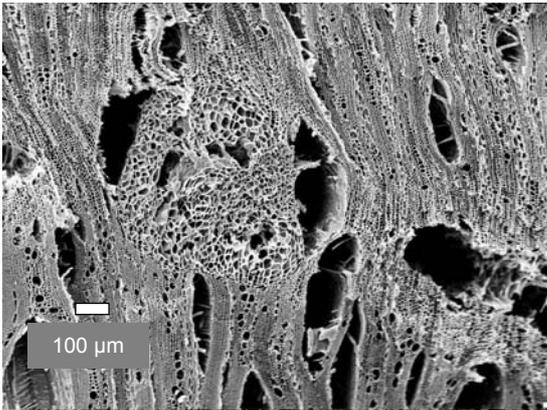
l.u. *B. foetida*, tangential

r.o: *B. albitrunca*, tangential

r.m. *Boscia foetida*, quer

r.u. *B. foetida*, radial

Tafel 35: Capparaceae rezent: *Boscia albitrunca*, *Boscia foetida*



l.o. cf. *Boscia foetida*, quer
l.u.: cf. *Boscia foetida*, tangential

r.o: cf. *Boscia foetida*, quer
r.u. cf. *Boscia foetida*, radial

Tafel 36: Capparaceae archäobotanisch: cf. *Boscia foetida*
(Nachweis: Fundplatz N98/6)

Fortsetzung Capparaceae

Boscia microphylla Oliv.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz zerstreutporig. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 44,2µm, Standardabweichung: 20,7µm, range: 11-88µm), zusammen mit den zahlreichen vaskulären/vasizentrischen Tracheiden sehr langen radiale Gruppen bildend, mäßig zahlreich (20-40/mm²) bis zahlreich (40-100/mm²). Gummiartige Inhaltsstoffe in den Kernholzgefäßen. Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert (lichtmikroskopisch aufgrund der geringen Tüpfelgröße schwer erkennbar), vertikaler Durchmesser 2-4µm. Kreuzungsfeld deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern mittelwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich bis vasizentrisch, in zweizelligen Strängen, gelegentlich auch fusiform. Marginale Parenchymbänder vorhanden.

Strahlen ein bis fünfzeilig, homozellulär aus langen liegenden Zellen, in Marknähe und im Zweigholz auch heterozellulär durchmischt. 8 bis 10 Strahlen pro mm, häufig um 300µm hoch, maximale Strahlhöhe 500µm. Prismatische Kristalle vorhanden, in Holzstrahlzellen. Eingeschlossenes Phloem nicht beobachtet.

Boscia tomentosa Toelken

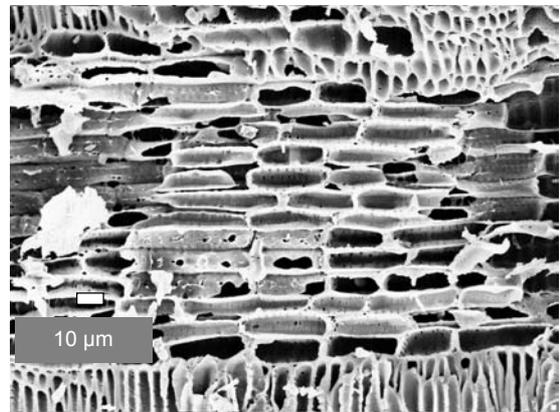
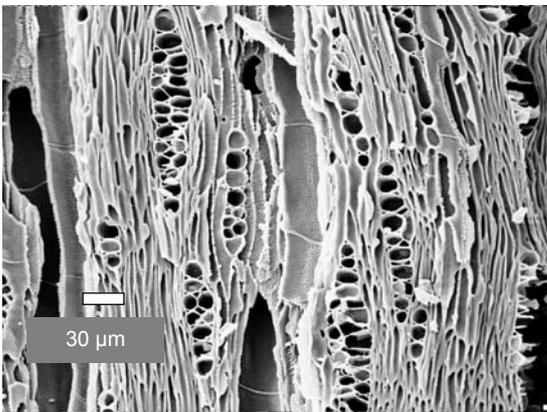
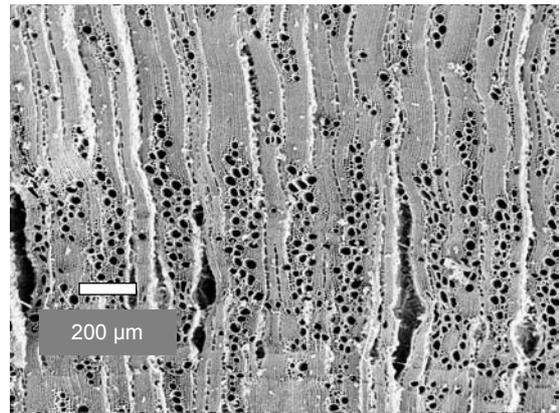
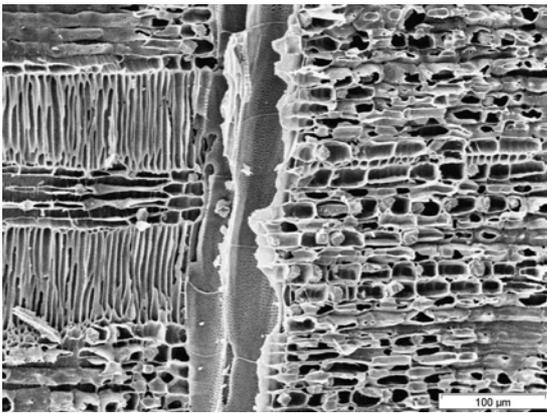
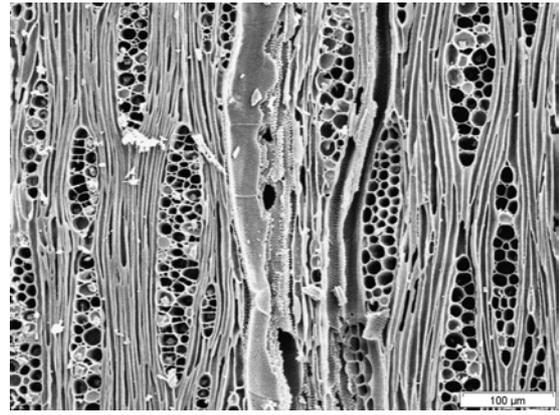
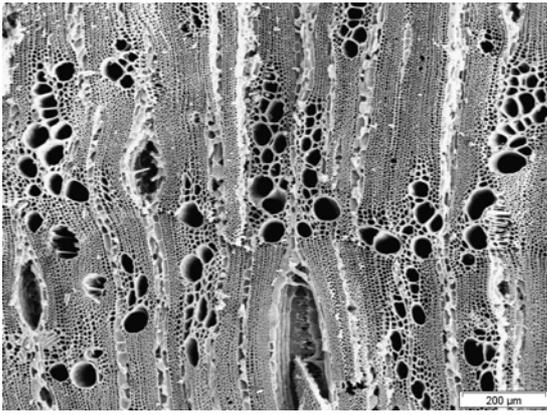
Syn.: *Boscia polyantha* auctt.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich, stellenweise undeutlich oder nicht erkennbar. Holz zerstreutporig bis halbringporig. Frühholzgefäße dabei nicht wesentlich größer als die Spätholzgefäße, aber sehr dichtstehend. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 36,7µm, Standardabweichung: 9,0µm, range: 16,5-49,5µm), zusammen mit vasizentrischen Tracheiden sehr lange radiale bis diagonale Gruppen bildend, stellenweise auch in Nestern, zahlreich (40-100/mm²). Gummiartige Inhaltsstoffe in den Kernholzgefäßen. Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert (lichtmikroskopisch aufgrund der geringen Tüpfelgröße schwer erkennbar), vertikaler Durchmesser 2-3µm. Vaskuläre/vasizentrische Tracheiden zahlreich. Fasern mittelwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich und vasizentrisch, fusiform und in zweizelligen Strängen. Marginale Parenchymbänder vorhanden. Gummiartige Degeneration des Parenchyms häufig (vgl. ADAMSON 1936 für *B. foetida*). Eingeschlossenes Phloem nicht beobachtet.

Strahlen ein- bis dreizeilig, homozellulär aus langen liegenden Zellen, in Marknähe und im Zweigholz auch heterozellulär durchmischt. 8 bis 10 Strahlen pro mm, meist um 200µm hoch, maximale Strahlhöhe 300µm. Kleine prismatische Kristalle in Holzstrahlzellen, selten. Silikate nicht beobachtet.



l.o. *Boscia microphylla*, quer
 l.m: *B. microphylla*, radial
 l.u. *B. microphylla*, tangential

r.o: *B. microphylla*, tangential
 r.m. *Boscia microphylla*, quer
 r.u. *B. microphylla*, radial

Tafel 37: Capparaceae rezent: *Boscia microphylla*
Boscia tomentosa

Fortsetzung Capparaceae

Cadaba schroepelii Suess.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder nicht erkennbar. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 41,5 µm, Standardabweichung: 9,4, range: 25,3µm-55µm), in kurzen radialen Reihen von zwei bis vier und Nestern, längere radiale Gruppen mit vasizentrischen Tracheiden selten, mäßig zahlreich (20-40/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert (Verzierungen lichtmikroskopisch aufgrund der geringen Tüpfelgröße schwer erkennbar), vertikaler Durchmesser 2-3µm, Aperturen koaleszent. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln. Fasern mittelwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich, fusiform oder selten in zweizelligen Strängen. Holzstrahlen ein- bis dreireihig, heterozellulär durchmischt. 6-8 Strahlen pro mm, meist 200-300µm hoch, maximale Strahlhöhe 400µm.

Eingeschlossenes Phloem nicht beobachtet. Prismatische Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen und liegenden Holzstrahlzellen. Silikate nicht beobachtet.

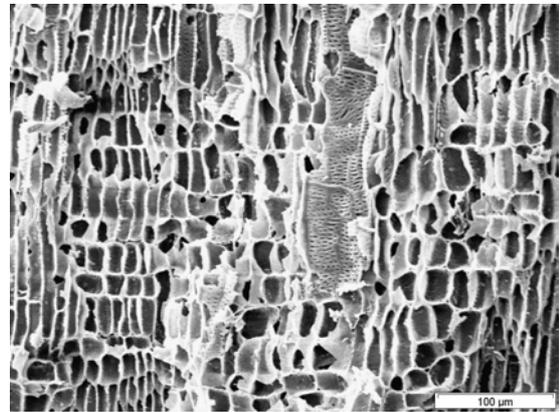
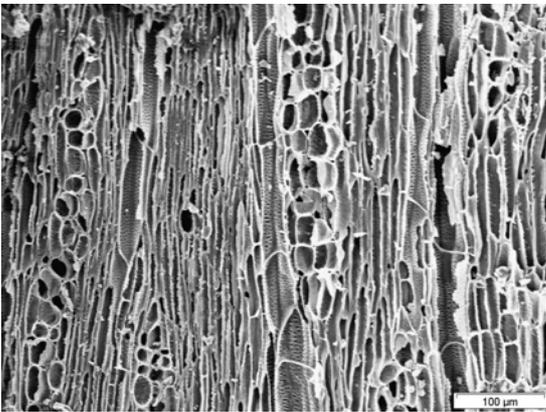
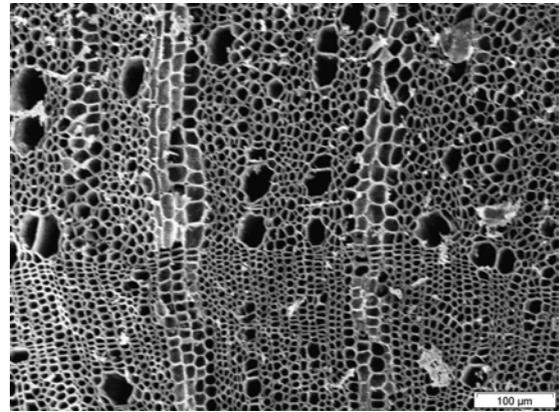
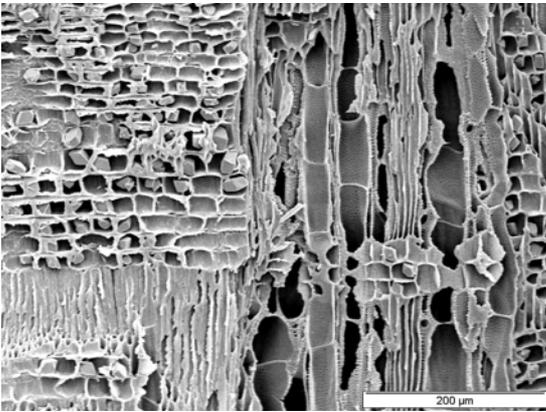
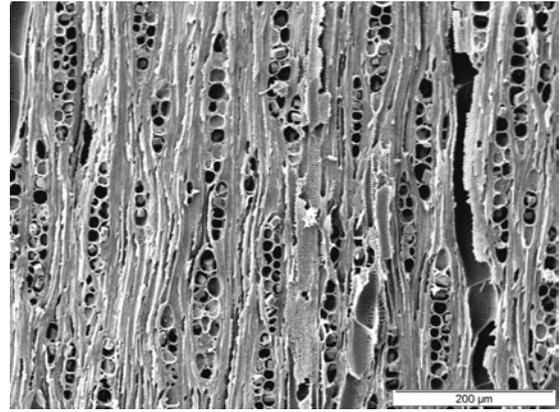
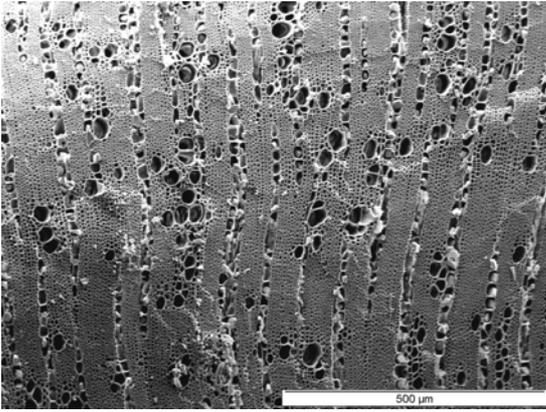
Cleome foliosa Hook. f.

Syn.: *Cleome luederitziana* Schinz., *Cleome suffruticosa* Schinz

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder nicht erkennbar. Gefäße mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 51,7 µm, Standardabweichung: 21,8, range: 21,5µm-99µm), in kurzen radialen Reihen von zwei bis vier, kleinen Nestern oder seltener einzeln, zahlreich (40-100/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, undeutlich verziert, vertikaler Durchmesser 4-5µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln. Fasern dünnwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

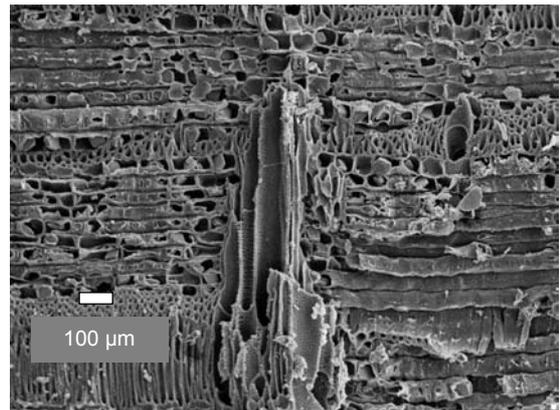
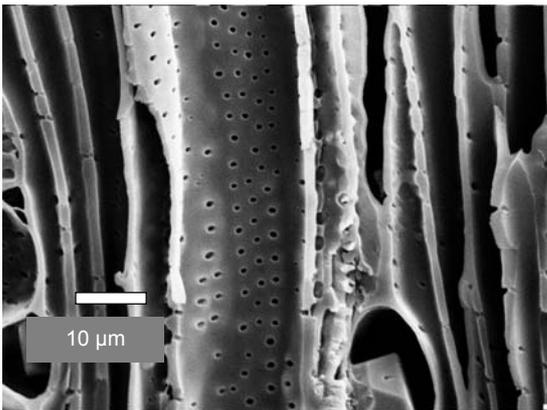
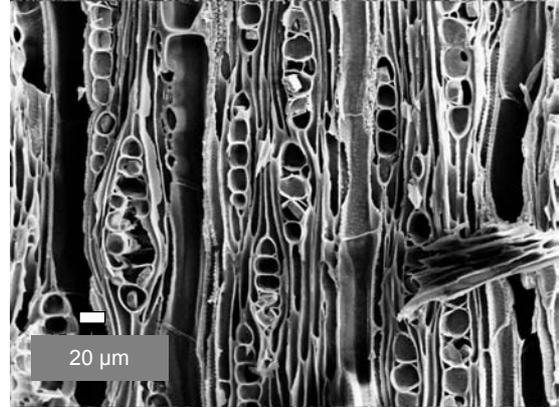
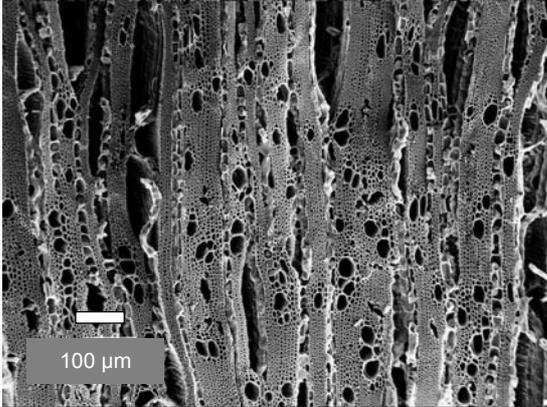
Axialparenchym paratracheal spärlich, fusiform und in zweizelligen Strängen. Holzstrahlen ein- bis dreireihig, homozellulär aus aufrechten/quadratischen Zellen oder schwach heterozellulär durchmischt mit nur wenigen liegenden Zellen. 6-8 Strahlen pro mm, meist um 200-300µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 800µm. Eingeschlossenes Phloem sowie Kristalle und Silikate nicht beobachtet.



l.o. *Cadaba schroepelii*, quer
l.m. *C. schroepelii*, radial
l.u. *C. foliosa*, tangential

r.o. *C. schroepelii*, tangential
r.m. *Cleome foliosa*, quer
r.u. *C. foliosa*, radial

Tafel 38: Fortsetzung Capparaceae rezent: *Cadaba schroepelii*
Cleome foliosa



l.o. cf. *Cadaba schroepelii*, quer
l.u. cf. *Cadaba schroepelii*, tangential

r.o. cf. *C. schroepelii*, tangential
r.u. cf. *Cadaba schroepelii*, radial

Tafel 39: Fortsetzung Capparaceae archäobotanisch: cf. *Cadaba schroepelii*
(Nachweis: Fundplatz N 98/6)

Fortsetzung Capparaceae

Maerua parvifolia Pax

Beschreibung

Zuwachsgrenzen mäßig deutlich. Gefäße klein (mittlerer tangentialer Durchmesser: 39,5µm, Standardabweichung: 13,2µm, range: 21µm-63,8µm), zusammen mit vasizentrischen Tracheiden lange radiale Gruppen bildend, zahlreich (40-100/mm²), im Frühholz etwas enger stehend. Gummiartige Inhaltsstoffe in den Kernholzgefäßen. Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert (Verzierungen lichtmikroskopisch aufgrund der geringen Tüpfelgröße schwer erkennbar), vertikaler Durchmesser 2-4µm. Vaskuläre/vasizentrische Tracheiden zahlreich. Fasern mittel- bis dickwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich bis vasizentrisch, fusiform und in zweizelligen Strängen. Unlignifiziertes Überbrückungsparenchym zwischen Xylem und eingeschlossenem Phloem vorhanden.

Holzstrahlen ein- bis dreireihig, heterozellulär durchmisch. 11-12 Strahlen pro mm, meist um 200µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 300µm.

Eingeschlossenes Phloem vorhanden, konzentrisch, in regelmäßigen Abständen. Prismatische Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen und liegenden Holzstrahlzellen sowie im Überbrückungsparenchym. Silikate nicht beobachtet.

Maerua schinzii Pax

Syn.: *Maerua paxii* Schinz, *Maerua arenicola* Gilg

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder nicht erkennbar. Gefäße klein bis mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 48,7µm, Standardabweichung: 21,2µm, range: 11µm-83,5µm), zusammen mit vasizentrischen Tracheiden sehr lange radiale Gruppen bildend, zahlreich (40-100/mm²). Gummiartige Inhaltsstoffe in den Kernholzgefäßen. Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert (Verzierungen lichtmikroskopisch aufgrund der geringen Tüpfelgröße schwer erkennbar), vertikaler Durchmesser 2-3µm. Vaskuläre/vasizentrische Tracheiden zahlreich. Fasern mittelwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

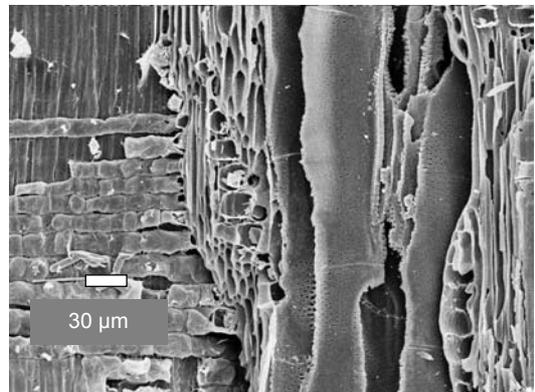
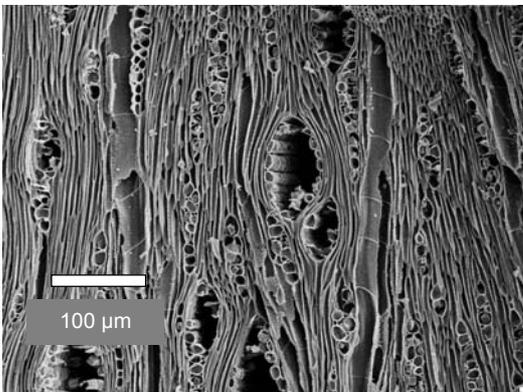
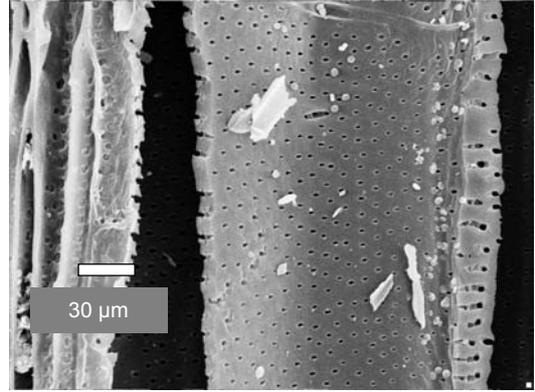
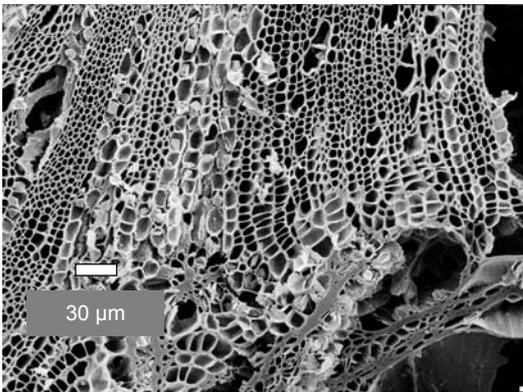
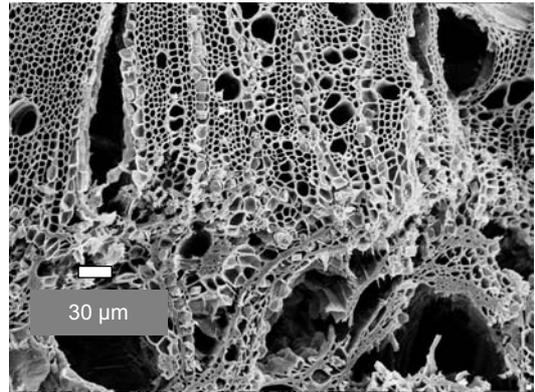
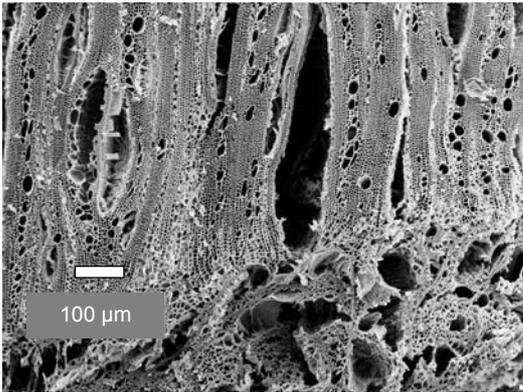
Axialparenchym paratracheal spärlich und vasizentrisch, stellenweise schwach konfluent, fusiform. Sehr diskontinuierliche marginale Parenchymbänder vorhanden. Unlignifiziertes Überbrückungsparenchym zwischen Xylem und eingeschlossenem Phloem vorhanden.

Holzstrahlen meist ein- bis dreireihig, gelegentlich bis sechstreihig, heterozellulär durchmisch. 7-10 Strahlen pro mm, meist um 300-400µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 700µm.

Eingeschlossenes Phloem vorhanden, konzentrisch, in weiten und stark unregelmäßigen Abständen, im Astholz häufig fehlend. Prismatische Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen und liegenden Holzstrahlzellen sowie im Überbrückungsparenchym. Silikate nicht beobachtet.

Anmerkungen

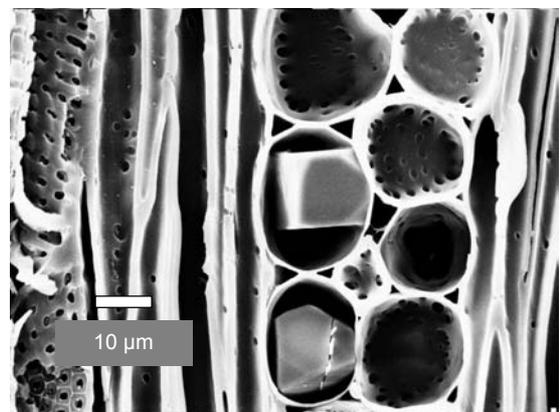
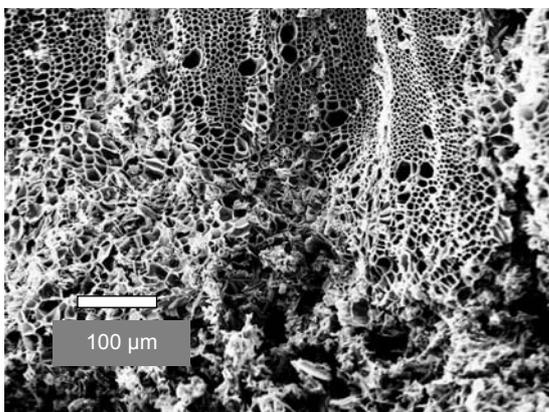
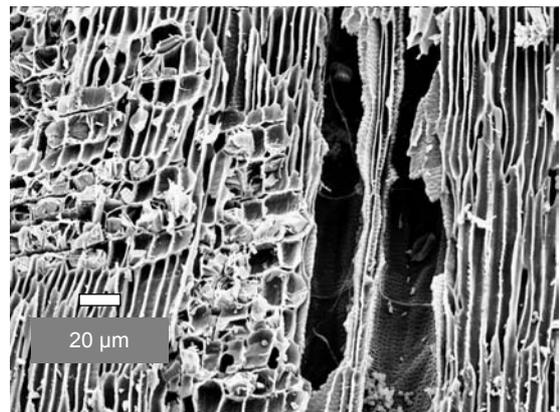
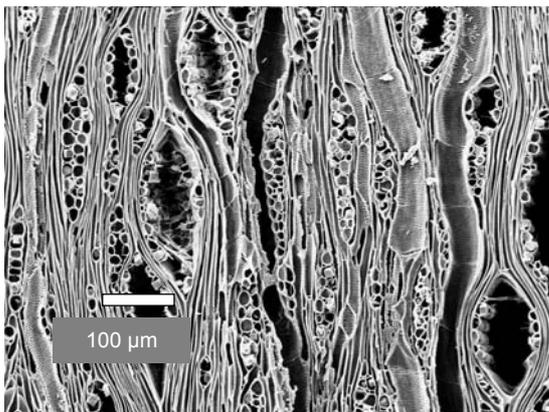
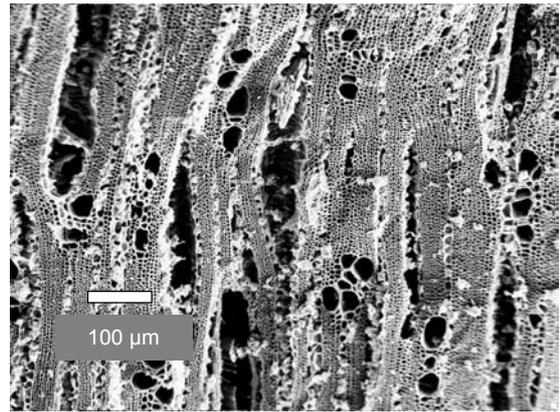
Die volkstümlichen Namen „ringwood“ (englisch) bzw. „kringboom“ (afrikaans) (vgl. COATES PALGRAVE 1983, CRAVEN & MARAIS 1989) verweisen sicherlich auf die Eigenschaft des Holzes von *Maerua schinzii* durch das eingeschlossene Phloem begrenzte konzentrische Ringe zu bilden, entlang derer das Holz beim Verarbeiten leicht bricht. Nach dem Verkohlen im Muffelofen zeigte sich, dass die Kohlen im Bereich des dünnwandigen Überbrückungsparenchyms fast stets fraktionieren. Nur sehr selten sind Bruchstücke des eingeschlossenen Phloems an den Holzkohlestücken identifizierbar. Der diagnostische Wert dieses Merkmals ist daher eher als gering einzuschätzen. Dasselbe gilt für die anatomisch ähnliche *Maerua parvifolia*, bei der die Phloemeinschlüsse in geringeren und regelmäßigeren Abständen auftreten. Ist das eingeschlossene Phloem nicht erhalten, kann die Holzkohle der beiden *Maerua*-Arten leicht mit der von *Boscia albitrunca* verwechselt werden, die ebenfalls häufig heterozellulär durchmischte Holzstrahlen aufweist. Verwechslungen mit den anderen *Boscia*-Arten sind eher unwahrscheinlich, da diese fast ausschließlich homozelluläre Strahlen aus liegenden Zellen aufweisen, die bei *Maerua schinzii* niemals auftreten. Dies gilt allerdings nicht für Zweig- und dünneres Astholz. Deshalb wurden die meisten Capparaceen-Holzkohlen aus dem archäobotanischen Fundgut zu einem *Maerua-Boscia*-Typ zusammengefasst.



l.o: *Maerua parvifolia*, rezent, quer
l.m: *M. parvifolia*, rezent, quer
l.u.: *M. parvifolia*, rezent, tangential

r.o: *M. parvifolia*, rezent, quer,
r.m: *M. parvifolia*, rezent, tangential
r.u: *M. parvifolia*, rezent, radial

Tafel 40: Fortsetzung Capparaceae rezent: *Maerua parvifolia*



l.o. *Maerua schinzii*, rezent, quer, unverkohlt,
 unregelmäßige Anordnung der Phloemzonen
 l.m: *M. schinzii*, rezent, tangential
 l.u.: cf. *Maerua*, archäobotanisch,
 quer, eingeschlossenes Phloem

r.o: *M. schinzii*, rezent, quer,
 r.m. *M. schinzii*, rezent, radial
 r.u. cf. *Maerua*, archäobotanisch, tangential

Tafel 41: Fortsetzung Capparaceae rezent: *Maerua schinzii*,
 Fortsetzung Capparaceae archäobotanisch: cf. *Maerua*
 (Nachweis: Fundplatz N95/4, dieser ist im Rahmen
 der Arbeit nicht behandelt worden)

Celastraceae

Elaeodendron transvaalense (Burt Davy) R.H. Archer

Syn.: *Cassine transvaalensis* (Burt Davy) Codd, *Pseudocassine transvaalense* (Burt Davy)

Bredell, *Crocoxylon transvaalense* (Burt Davy) N.Robson

Gymnosporia senegalensis (Lam.) Loes., Syn.: *Maytenus senegalensis* (Lam.) Exell;

Gymnosporia buxifolia (L.) Szyszyl.

Syn.: *Maytenus heterophylla* (Eckl. & Zeyh.) N.Robson p.p.

Beschreibung

Zuwachszonengrenzen undeutlich oder nicht erkennbar. Gefäße klein (s. Tabelle 5), zahlreich bis sehr zahlreich (40-100/mm² oder $\geq 100/\text{mm}^2$), überwiegend einzeln, seltener in kurzen radialen Gruppen. Durchbrechungen ausschließlich einfach bei *Gymnosporia senegalensis* und *G. buxifolia*, ausschließlich skalariform mit weniger als zehn Quersprossen bei *Elaeodendron transvaalense*. Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 3-5µm bei *G. senegalensis* und *G. buxifolia*, 4-6 µm bei *E. transvaalense*. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln. Fasern dünnwandig, septiert, mit einfach bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf die Radialwände beschränkt („Ersatzfasern“) und unseptiert, mittel- bis dickwandig mit deutlich behöften Tüpfeln auf Radial- und Tangentialwänden (Fasertracheiden). Bei *G. senegalensis* und *E. transvaalense* alternieren parenchymartige Bänder aus dünnwandigen, septierten Fasern und Bändern aus dickwandigen Fasertracheiden. Bei *G. buxifolia* sind weniger deutliche Bänder ausgeprägt. Axialparenchym fehlend.

Holzstrahlen ein- bis dreireihig bei *G. senegalensis* und *G. buxifolia*, bis vierreihig bei *E. transvaalense*, heterozellulär durchmischt, bei *E. transvaalense* nach ARCHER & VAN WYK (1993) auch aus liegenden Zellen mit einer bis über vier Reihen aufrechter/quadratischer Kantenzellen; meist um 800 µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe um 1500 µm, 15 bis 22 Strahlen/mm.

Prismatische Kristalle vorhanden, in liegenden und aufrechten/quadratischen Holzstrahlzellen. Silikate nicht beobachtet.

Art	mittlerer tangentialer Gefäßdurchmesser	Standardabweichung	range
<i>Gymnosporia buxifolia</i>	25,4µm	5,7µm	12,1-35,2µm
<i>Gymnosporia senegalensis</i>	34,3µm	11,4µm	11-55µm
<i>Elaeodendron transvaalense</i>	42,6µm	16,4µm	11-53,5µm

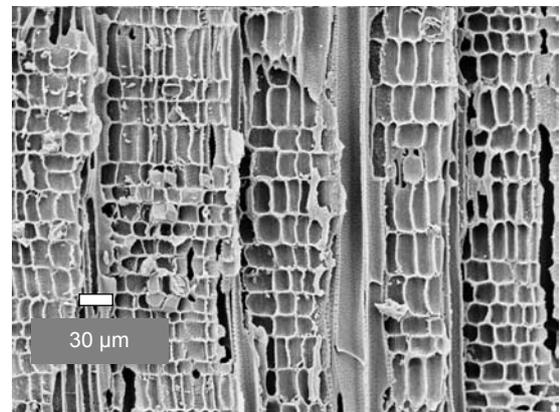
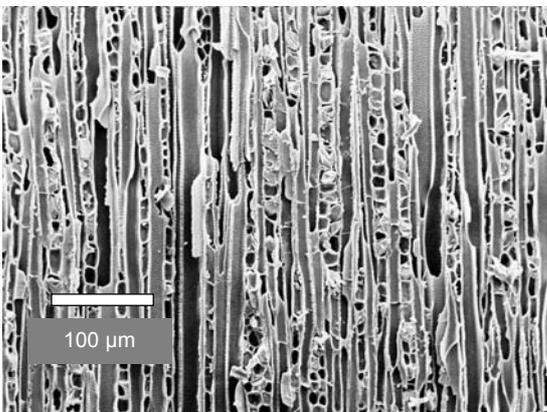
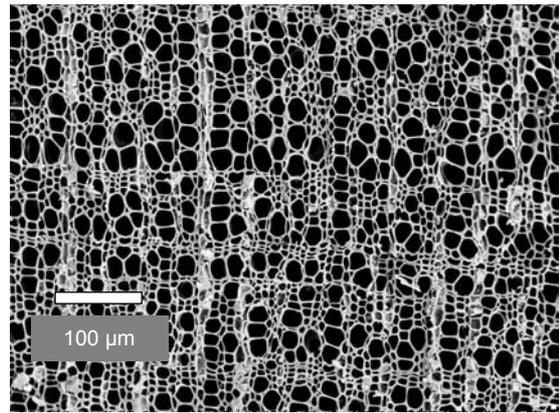
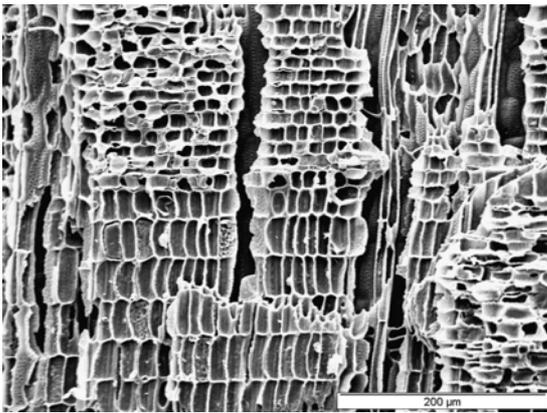
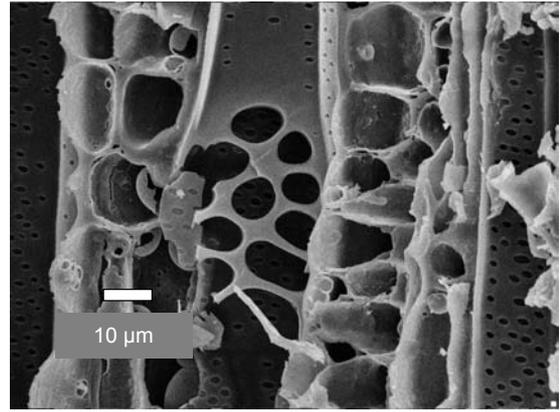
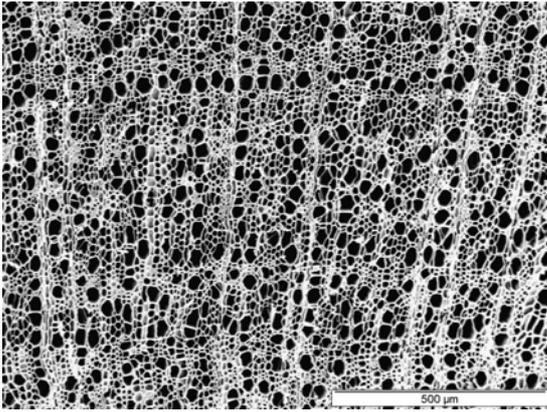
Tab. 5: Gefäßdurchmesser bei den Celastraceae

Anmerkungen

Als Gruppe sind die drei beschriebenen Celastraceen durch das gemeinsame Auftreten dünnwandiger, septierter Libriformfasern und dickwandiger Fasertracheiden gut charakterisiert. *Elaeodendron transvaalense* ist, besonders in Longitudinalsicht, von den anatomisch sehr ähnlichen beiden Arten der Gattung *Gymnosporia* eindeutig durch die skalariformen Perforationen abzugrenzen. *G. senegalensis* und *G. buxifolia* unterscheiden sich untereinander nur durch die relative Verteilung der Fasern und Fasertracheiden. Dies wird als unsicheres Unterscheidungskriterium gewertet. Nach METCALFE & CHALK (1950) soll das Holz von *G. buxifolia* halbringporig bis ringporig sein. Dieses Merkmal ist bei dem vorliegenden Material aus dem östlichen Damaraland nicht ausgeprägt und kann daher nicht zur weiteren Unterscheidung gegenüber *G. senegalensis* herangezogen werden.

PRIOR & GASSON (1990) beschreiben auch für *Gymnosporia buxifolia* gebänderte Anordnung von Fasern/Fasertracheiden. *Elaeodendron transvaalense* wurde durch diese Autoren ebenfalls beschrieben.

Die Holzanatomie von *Gymnosporia senegalensis* (unter dem Synonym *Maytenus senegalensis*) wurde auch durch JAGIELLA & KÜRSCHNER (1987) sowie NEUMANN et al. (2001) beschrieben.



l.o. *Elaeodendron transvaalense*, quer

l.m. *E. transvaalense*, radial

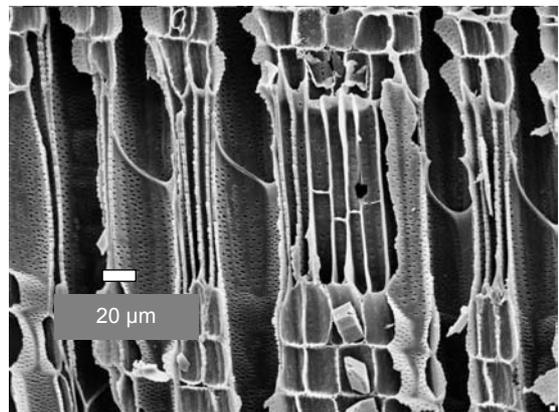
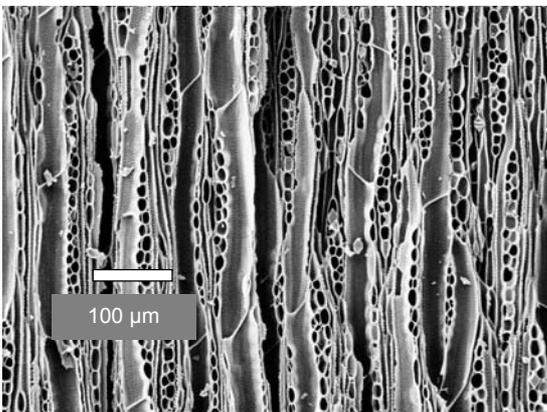
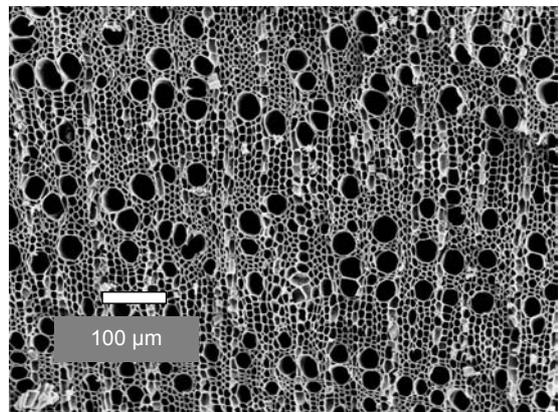
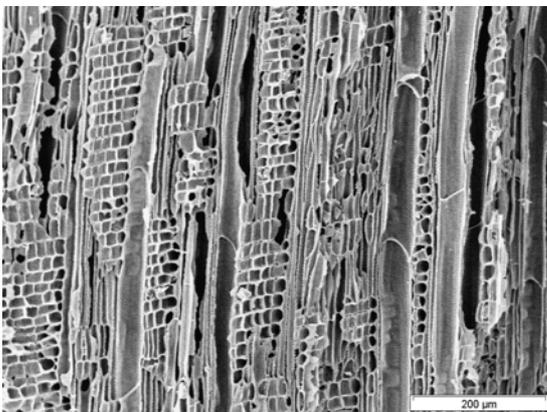
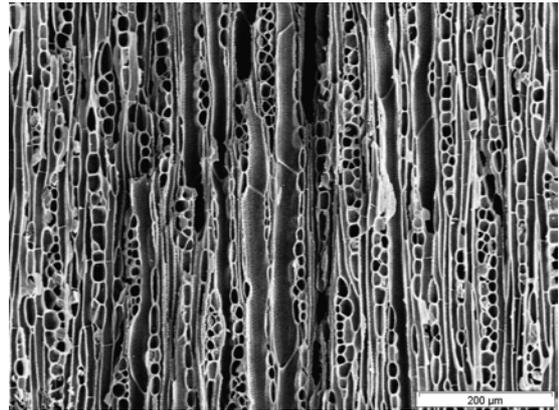
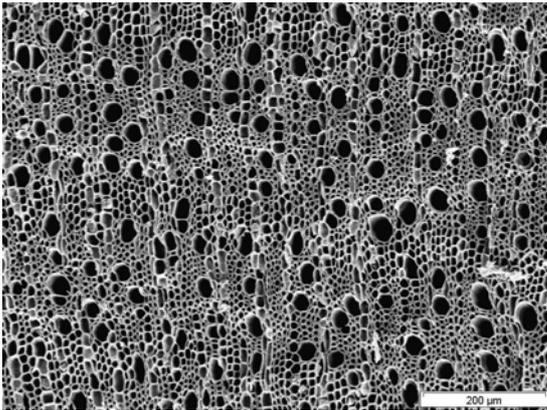
l.u. *G. heterophylla*, tangential

r.o. *E. transvaalense*, tangential

r.m. *Gymnosporia heterophylla*, quer

r.u. *G. heterophylla*, radial

Tafel 42: Celastraceae rezent: *Elaeodendron transvaalense*
Gymnosporia heterophylla



l.o. *Gymnosporia senegalensis*, quer

l.m. *G. senegalensis*, radial

l.u. *Gymnosporia* sp, archäobotanisch, tangential

r.o. *G. senegalensis*, tangential

r.m. *Gymnosporia* sp, archäobotanisch, quer

r.u. *Gymnosporia* sp, archäobotanisch, radial

Tafel 43: Fortsetzung Celastraceae rezent: *Gymnosporia senegalensis*,
 Celastraceae archäobotanisch: *Gymnosporia* sp.
 (Nachweis: Fundplatz N 95/1)

Chenopodiaceae

Salsola sp.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder nicht erkennbar. Gefäße klein, in kurzen radialen Reihen und kleinen Nestern, zahlreich (40-100/mm²).

Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 3-5µm.

Vaskuläre/vasizentrische Tracheiden zahlreich.

Fasern mittel- bis dickwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich, fusiform und in zweizelligen Strängen. Gebändertes, teilweise unlignifiziertes Axialparenchym um die Phloeminseln vorhanden.

Holzstrahlen fehlend. Radiale Ausstrahlungen des Verbindungsparenchyms vorhanden oder fehlend.

Axialparenchym, Fasern und Gefäßelemente in Stockwerken.

Eingeschlossenes Phloem vorhanden, konzentrisch.

Prismatische Kristalle vorhanden, in ungekammerten Axialparenchymzellen, ein oder mehrere Kristalle pro Zelle. Silikate nicht beobachtet.

Suaeda sp.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich oder nicht erkennbar. Gefäße klein, meist in kurzen radialen Reihen, mäßig zahlreich (20-40/mm²).

Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, vertikaler Durchmesser 2-4µm. Aperturen schlitzförmig, häufig koaleszent.

Vaskuläre/vasizentrische Tracheiden zahlreich.

Fasern mittelwandig, unseptiert, mit einfachen bis undeutlich behöften Tüpfeln, überwiegend auf den Radialwänden.

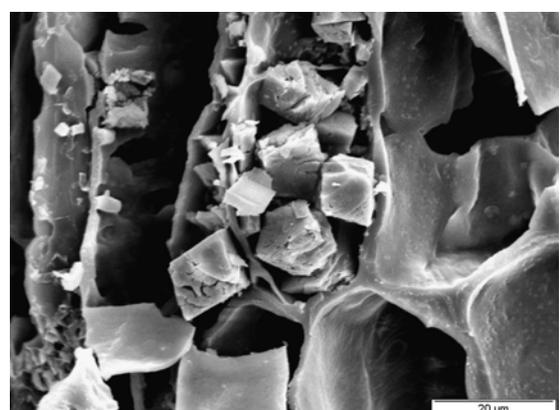
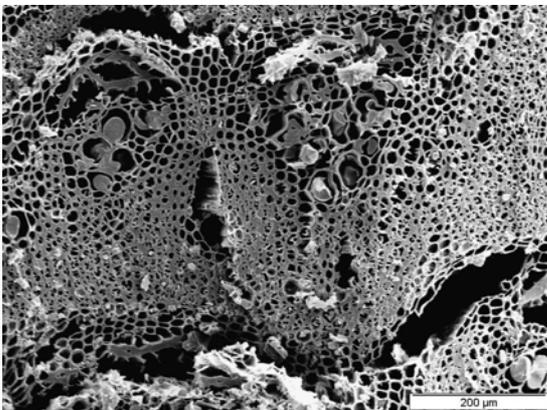
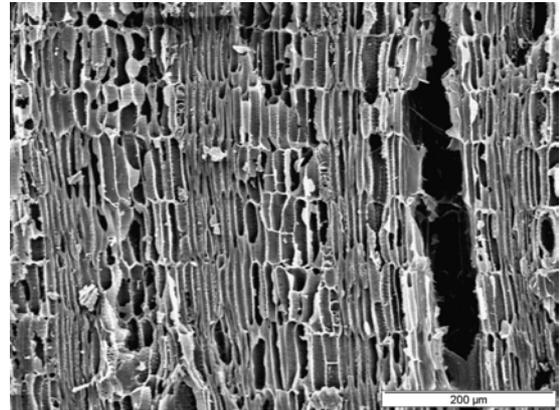
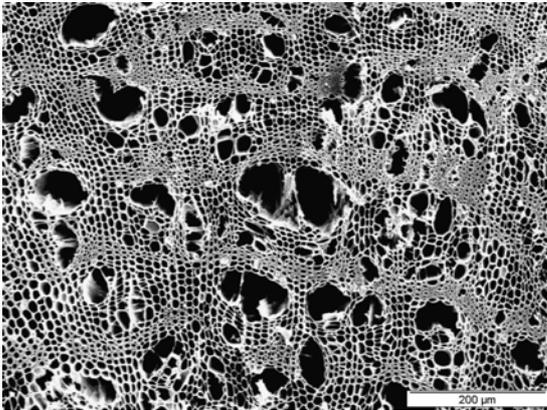
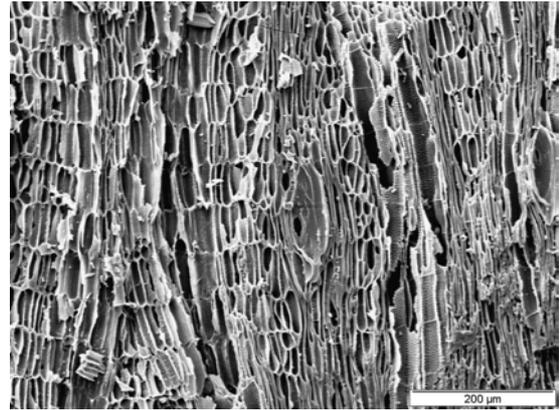
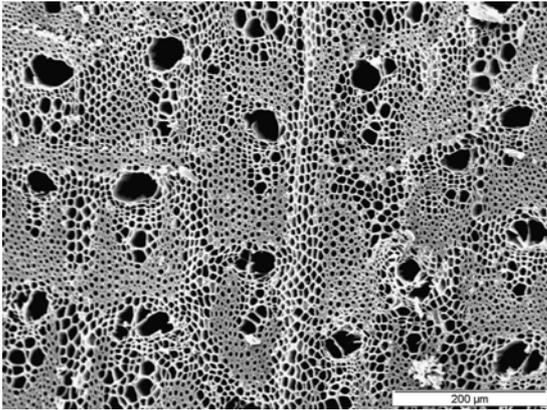
Axialparenchym paratracheal spärlich, meist fusiform, selten in zweizelligen Strängen. Gebändertes Verbindungsparenchym um die Phloeminseln vorhanden.

Echte Holzstrahlen nicht beobachtet, radiale Ausstrahlungen des Verbindungsparenchyms vorhanden (nach NEUMANN et al. 2001 treten bei *Suaeda fruticosa* und *S. monoica* echte Holzstrahlen auf, die ohne scharfen Übergang in die radialen Ausstrahlungen des Parenchyms übergehen).

Axialparenchym, Fasern und Gefäßelemente in Stockwerken.

Eingeschlossenes Phloem vorhanden, konzentrisch.

Prismatische Kristalle vorhanden, in gekammertem Axialparenchym. Silikate nicht beobachtet.



l.o. *Salsola* sp., quer
l.m. *Suaeda* sp., quer
l.u. Chenopodiaceae, quer

r.o. *Salsola* sp., längs
r.m. *Suaeda* sp., längs
r.u. Chenopodiaceae, quer

Tafel 44: Chenopodiaceae rezent: *Salsola* sp.
Suaeda sp.
Chenopodiaceae archäobotanisch: Chenopodiaceae
(Nachweis: Fundplatz N 2000/1)

Combretaceae

Combretum apiculatum Sond.

Syn.: *C. kwebense* N.E.Br., *C. leutweinii* Schinz

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz zerstreutporig. Gefäße klein bis mittelgroß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 50,3µm, Standardabweichung: 20,5µm, range: 12,1-88µm), ausschließlich einzeln, mit einer Tendenz zu zwei Größenklassen, mäßig zahlreich (20-40/mm²) bis zahlreich (40-100/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert, vertikaler Durchmesser 4-7µm. Gummiartige Inhaltsstoffe in den Kernholzgefäßen.

Fasern dickwandig, überwiegend unseptiert, selten septiert, häufig gelatinös. Tüpfel einfach bis undeutlich behöft, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym vasizentrisch, aliform-konfluent bis gebändert, außerdem apotracheal diffus, in zwei- bis vierzelligen Strängen. Unlignifiziertes Parenchym vorhanden, die Phloeminself umgebend.

Strahlen ausschließlich einreihig, heterozellulär durchmischt, Durchbrechungen vorhanden. 14 bis 16 Strahlen pro mm, meist 200 bis 300µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 450µm.

Eingeschlossenes Phloem vorhanden, konzentrisch bis zerstreut. Gelegentlich treten auch radiale Phloemgänge auf. Prismatische Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen und liegenden Holzstrahlzellen, gelegentlich auch in gekammertem Axialparenchym. Kristallführende Zellen normal groß und Idioblasten bis 60µm. Kleine Drusen im unlignifizierten Parenchym um die Phloeminself häufig. Silikate nicht beobachtet.

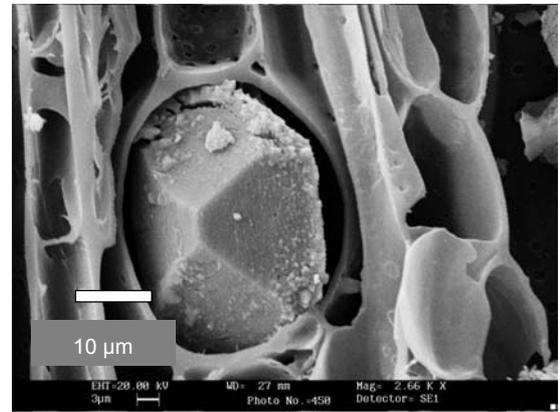
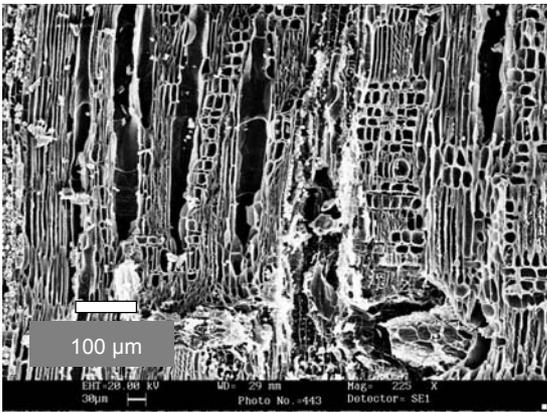
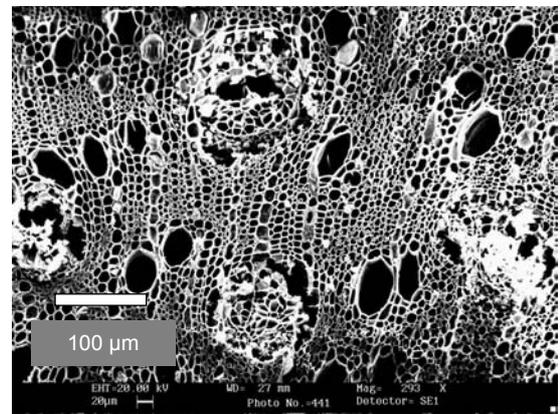
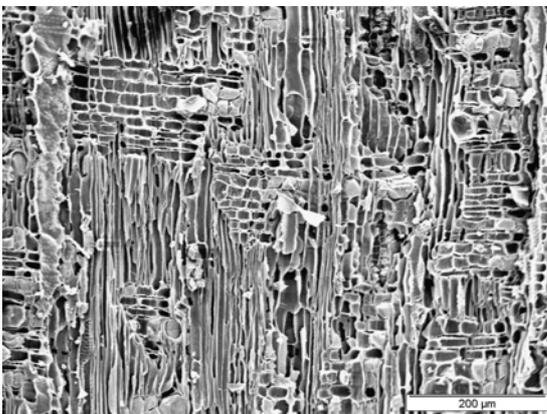
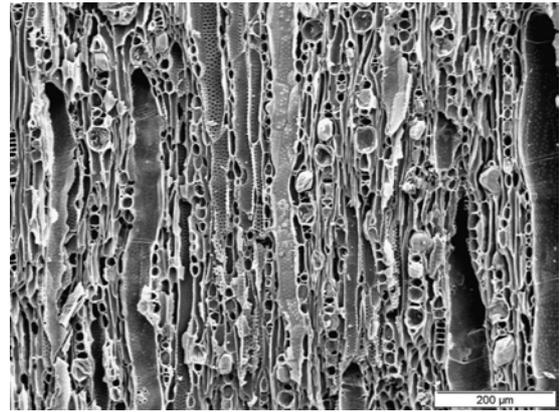
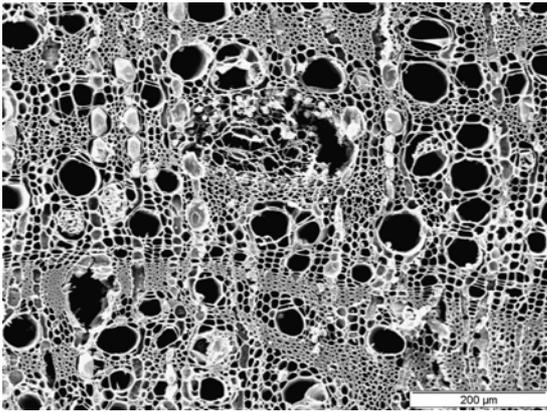
Anmerkungen

siehe *Combretum molle*

C. apiculatum wurde durch PRIOR & GASSON (1990) entsprechend beschrieben.

Combretum celastroides Welw. ex M.A. Lawson

Von *C. celastroides* lag keine adulte Holzprobe vor. Die Aufnahme in den Schlüssel erfolgte aufgrund der Beschreibungen in VAN VLIET (1979).



l.o. *Combretum apiculatum* rezent, quer
 l.m. *C. apiculatum* rezent, radial
 l.u. *Combretum* Typ *apiculatum*, tangential

r.o *C. apiculatum* rezent, tangential
 r.m. *Combretum* Typ *apiculatum*, quer
 r.u. *Combretum* Typ *apiculatum*, radial

Tafel 45: Fortsetzung Combretaceae rezent: *Combretum apiculatum*
 Fortsetzung Combretaceae archäobotanisch: *C. Typ apiculatum*
 (Nachweis: Fundplätze N 95/1, N 96/1, N 98/6, N 99/1)

Fortsetzung Combretaceae

Combretum collinum Fresen. Syn.: *Combretum binderanum* Kotschy, *C. mechowianum* Hoffm., *C. ondongense* Engl. & Diels, *C. laeteviride* Engl. & Gilg

Beschreibung

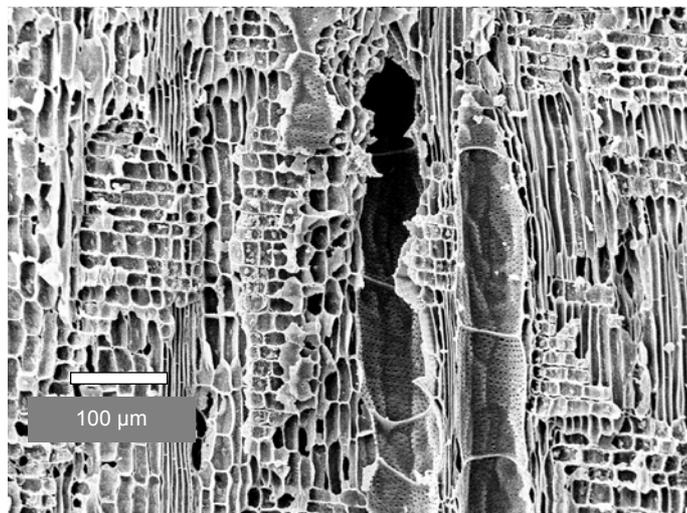
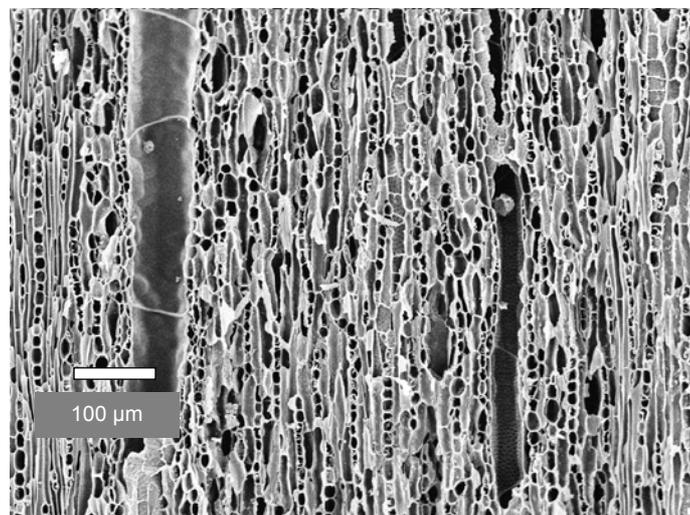
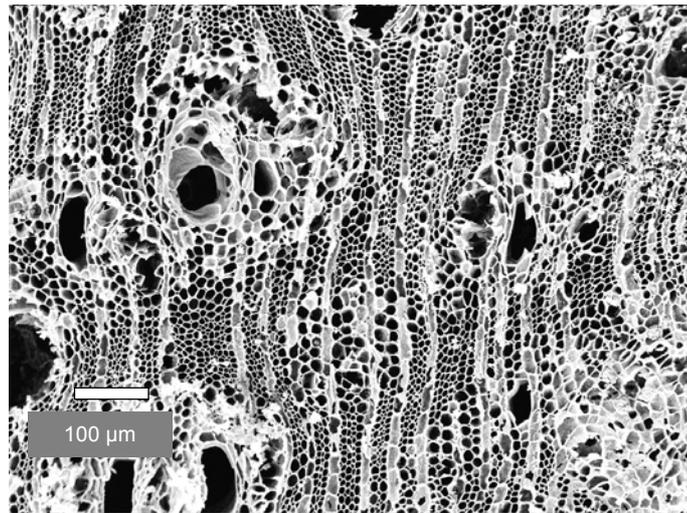
Zuwachsgrenzen deutlich, Holz zerstreutporig. Gefäße groß (Probe 1: mittlerer tangentialer Durchmesser: 129,1µm, Standardabweichung: 44,9µm, range: 60,5-225,5µm, Probe 2: mittlerer tangentialer Durchmesser: 127,6µm, Standardabweichung: 60,7µm, range: 27,5-253µm), ausschließlich einzeln, mit einer Tendenz zu zwei Größenklassen, in geringer Dichte (5-20/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert, vertikaler Durchmesser 6-7µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern mittelwandig, septiert und unseptiert, häufig gelatinös. Tüpfel einfach bis undeutlich behöft, überwiegend auf den Faserradialwänden.

Axialparenchym aliform-konfluent, außerdem gelegentlich auch apotracheal diffus, in zwei- bis vierzelligen Strängen. Strahlen ein- bis zweireihig, heterozellulär durchmischt, Durchbrechungen vorhanden. 17 bis 21 Strahlen pro mm, meist um 200-250µm hoch, maximale Strahlhöhe 600µm. Eingeschlossenes Phloem nicht beobachtet, häufig sind dagegen traumatische Parenchyminseln, die in verkohltem Zustand bei oberflächlicher Betrachtung mit Phloemeinschlüssen zu verwechseln sind. Kristalle vorhanden, als Drusen im traumatischen und gelegentlich im aliform-konfluenten Axialparenchym. Prismatische Kristalle und Silikate nicht beobachtet.

Anmerkungen

Auch VERHOEVEN & VAN DER SCHIJFF (1974) beschreiben *C. collinum* als eine Art ohne eingeschlossenes Phloem. VAN VLIET (1979) erwähnt traumatische Parenchyminseln als charakteristisch für einige *Combretum*-Arten.



o. *Combretum collinum*, quer

m. *C. collinum*, tangential

u. *C. collinum*, radial

Tafel 46: Fortsetzung Combretaceae rezent: *Combretum collinum*

Combretum erythrophyllum (Burch.) Sond.

Syn.: *Combretum glomeruliflorum* Sond., *C. riparium* Sond.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich. Gefäße groß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 124,7µm, Standardabweichung: 51,1µm, range: 27,5-187µm), ausschließlich einzeln, mit einer Tendenz zu zwei Größenklassen, in geringer Dichte (5-20/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert, vertikaler Durchmesser 6-8µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern mittelwandig, überwiegend unseptiert, selten septiert, häufig gelatinös. Tüpfel einfach bis undeutlich behöft, überwiegend auf den Radialwänden. Axialparenchym vasizentrisch, aliform-konfluent, außerdem apotracheal diffus, in zwei- bis achtzelligen Strängen. Unlignifiziertes Parenchym vorhanden, die Phloeminseln umgebend. Strahlen überwiegend ein-, selten zweireihig, heterozellulär durchmischt, Durchbrechungen vorhanden. 16-22 Strahlen pro mm, meist um 200µm hoch, maximale Strahlhöhe 700µm. Eingeschlossenes Phloem vorhanden, konzentrisch bis zerstreut. Gelegentlich treten auch radiale Phloemgänge auf. Kristalle vorhanden, als kleine Drusen im unlignifizierten Parenchym um die Phloeminseln. Prismatische Kristalle und Silikate nicht beobachtet. Anmerkungen: Nach VAN VLIET (1979) können auch bei dieser Art Kristallidioblasten auftreten.

Combretum hereroense Schinz

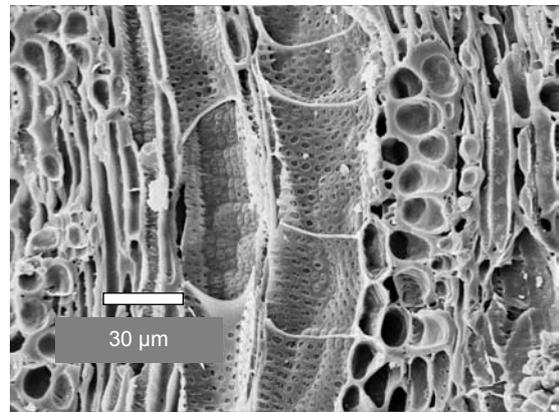
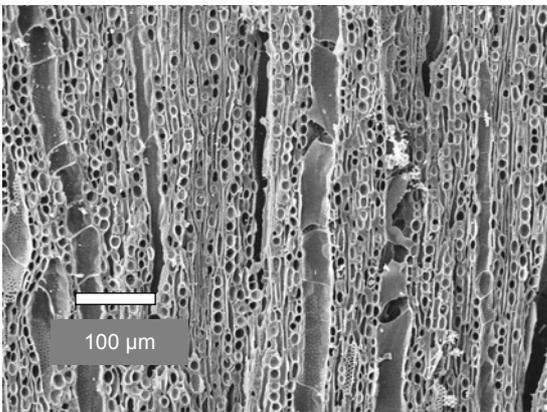
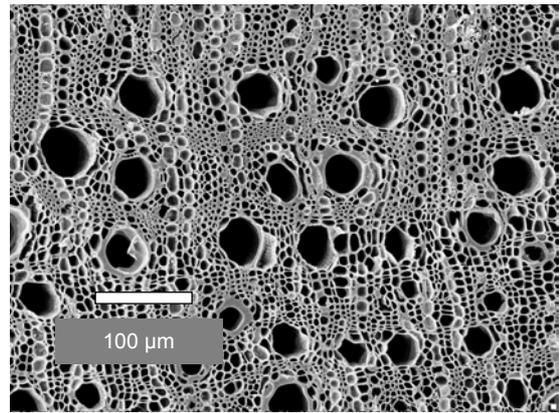
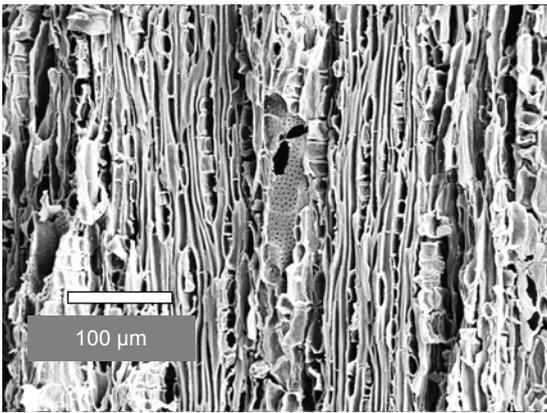
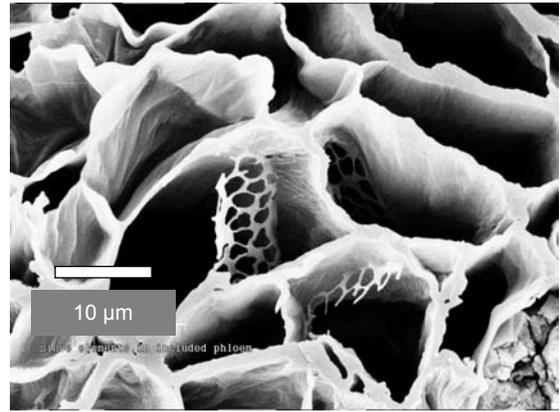
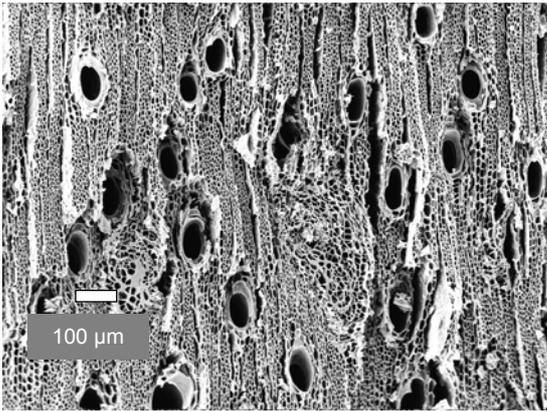
Syn.: *Combretum transvaalense* Schinz, *C. hereroense* ssp. *villosissimum* Engl. & Diels, *C. rhodesicum* Bak. f.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen mäßig deutlich bis nicht erkennbar, ausschließlich markiert durch den geringeren tangentialen Durchmesser der Fasern im Spätholz. Gefäße mittelgroß bis groß (Probe 1: mittlerer tangentialer Durchmesser: 84,3µm, Standardabweichung: 32,8µm, range: 22-137,5µm, Probe 2: mittlerer tangentialer Durchmesser: 128,5µm, Standardabweichung: 61,3µm, range: 44-242µm), ausschließlich einzeln, mit einer Tendenz zu zwei Größenklassen, in geringer Dichte (5-20/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert, vertikaler Durchmesser 6-8µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern mittelwandig, überwiegend unseptiert, selten septiert, häufig gelatinös. Tüpfel einfach bis undeutlich behöft, überwiegend auf den Faserradialwänden.

Axialparenchym aliform- konfluent, außerdem apotracheal diffus, in zwei- bis achtzelligen Strängen. Eingeschlossenes Phloem nicht beobachtet, im vorliegenden Material aus dem Kaokoland (von einem stark verbissenen Individuum), selten einzelne traumatische Parenchyminseln vorhanden, diese fehlend in USW 21260. Strahlen ein- bis zweireihig, heterozellulär durchmischt, Durchbrechungen vorhanden. 15-20 Strahlen pro mm, meist um 150-250µm hoch, maximale Strahlhöhe 500µm. Kristalle vorhanden, sehr selten, als Drusen in aufrechten/quadratischen und liegenden Strahlzellen. Prismatische Kristalle und Silikate nicht beobachtet. Anmerkungen: VAN VLIET (1979) listet *C. hereroense* unter den Arten ohne eingeschlossenes Phloem.



l.o. *Combretum erythrophyllum*, quer

l.m. *C. erythrophyllum*, tangential

l.u. *C. hereroense*, tangential

r.o. *C. erythrophyllum*, quer, Siebplatten
des eingeschlossenen Phloems

r.m. *Combretum hereroense*, quer

r.u. *C. hereroense*, radial

Tafel 47: Fortsetzung Combretaceae rezent:

Combretum erythrophyllum,
Combretum hereroense

Fortsetzung Combretaceae

Combretum imberbe Wawra

Syn.: *Argyrodendron petersii* Klotzsch, *Combretum primigenium* Marl. ex Engl., *C. petersii* (Klotzsch) Engl.

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich, Holz zerstreutporig. Gefäße groß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 130,1µm, Standardabweichung: 55,4µm, range: 20,9-214,5µm), ausschließlich einzeln, mit einer Tendenz zu zwei Größenklassen, wenige pro mm ($\leq 5/\text{mm}^2$). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert, vertikaler Durchmesser 5-8µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern mittelwandig, septiert und unseptiert, häufig gelatinös. Tüpfel einfach bis undeutlich behöft, überwiegend auf den Faserradialwänden.

Axialparenchym paratracheal-spärlich und vasizentrisch, seltener aliform-konfluent, in zwei- bis sechszelligen Strängen. Diskontinuierliche marginale Parenchymbänder vorhanden.

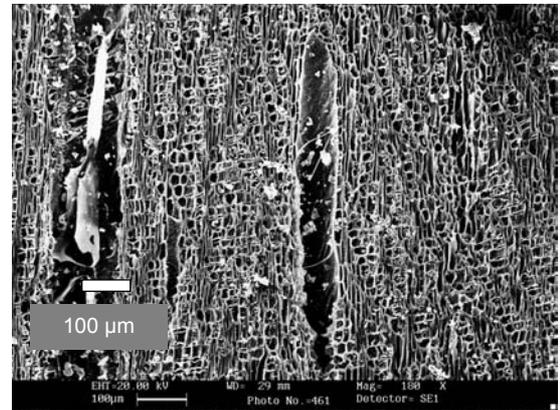
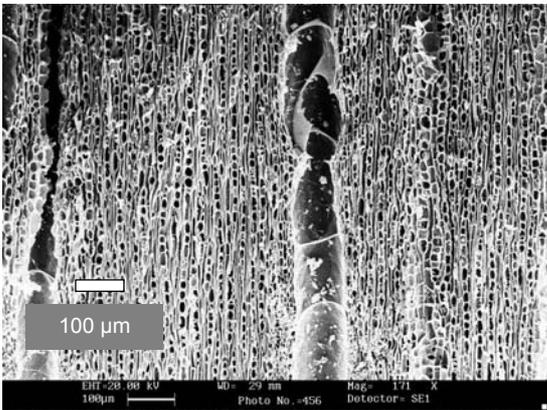
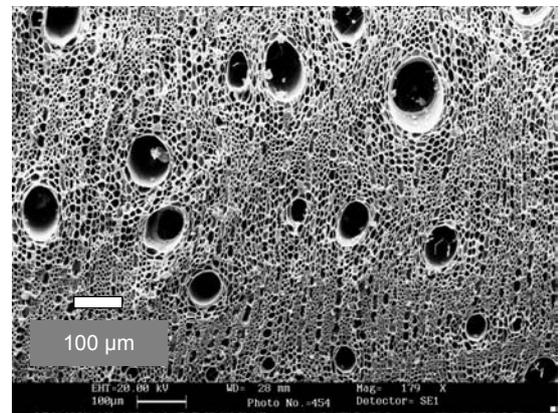
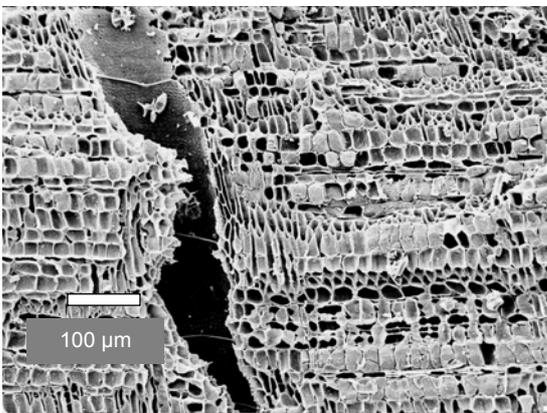
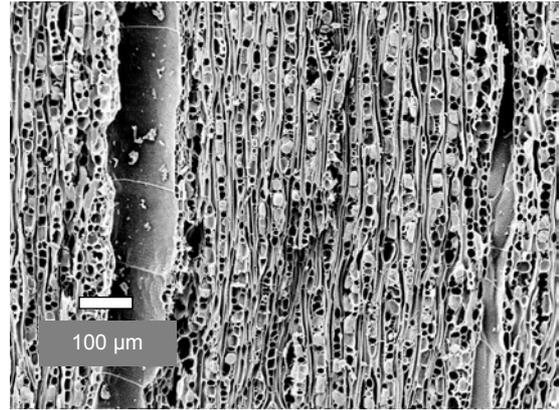
Strahlen ein- bis dreireihig, heterozellulär durchmischt, Durchbrechungen vorhanden. 16-22 Strahlen pro mm, meist um 200-400µm hoch, maximale Strahlhöhe 1100µm.

Prismatische Kristalle vorhanden, in normal großen aufrechten/quadratischen und liegenden Strahlzellen. Silikate nicht beobachtet.

Bemerkungen zur Abgrenzbarkeit

Verwechslungsmöglichkeiten bestehen zu *Ziziphus mucronata*, bei dem die Gefäße aber in Reihen auftreten und die Fasern deutlich radial gereiht sind.

PRIOR & GASSON (1990) sowie VAN VLIET (1979) beschreiben die Art entsprechend.



l.o. *Combretum imberbe*, rezent, quer
 l.m. *C. imberbe*, radial
 l.u. *C. Typ imberbe*, tangential

r.o. *C. imberbe*, tangential
 r.m. *Combretum Typ imberbe*, quer
 r.u. *C. Typ imberbe*, radial

Tafel 48: Fortsetzung Combretaceae rezent: *Combretum imberbe*,
 Fortsetzung Combretaceae archäobotanisch: *Combretum Typ imberbe*

Combretum molle R. Br. ex G. Don

Syn.: *Combretum velutinum* DC., *C. gueinzii* Sond., *C. holosericeum* Sond., *C. atelanthum* Diels

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich in USW 37710, undeutlich bis nicht erkennbar in USW 20436, Holz zerstreutporig. Gefäße mittelgroß bis groß (USW 20436: mittlerer tangentialer Durchmesser: 76,8µm, Standardabweichung: 25,7µm, range: 22-110µm, USW 37710: mittlerer tangentialer Durchmesser: 123,8µm, Standardabweichung: 47,9µm, range: 44-203,5µm). Gefäße ausschließlich einzeln, wenige pro mm² ($\leq 5/\text{mm}^2$) bis in geringer Dichte (5-20/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert, vertikaler Durchmesser 5-8µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

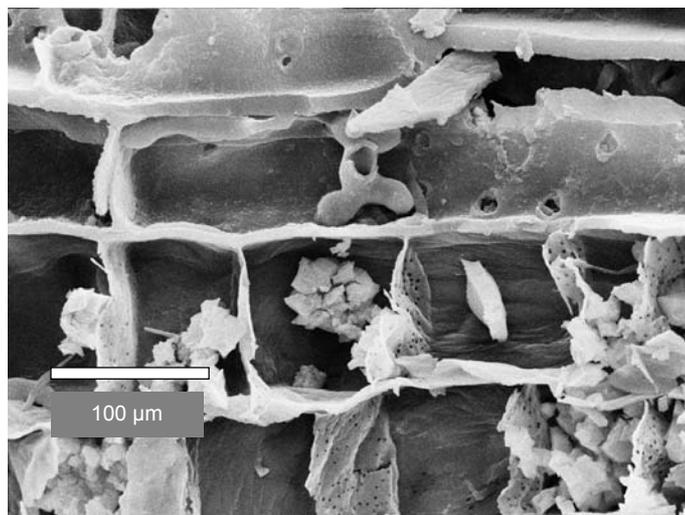
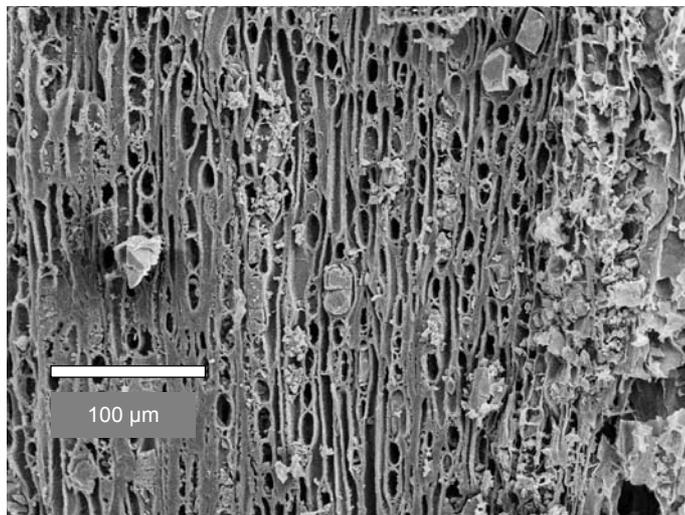
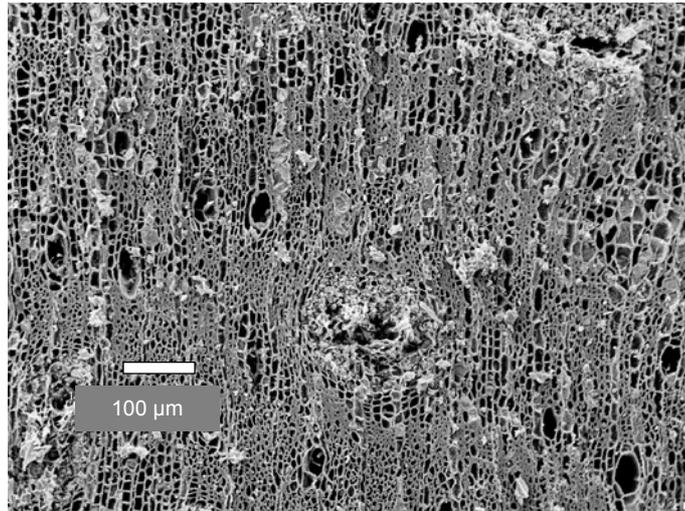
Fasern mittelwandig in USW 20436, dickwandig in USW 37710, überwiegend unseptiert, selten septiert, häufig gelatinös. Tüpfel einfach bis undeutlich behöft, überwiegend auf den Radialwänden.

Axialparenchym vasizentrisch, aliform-konfluent bis gebändert, außerdem apotracheal diffus, in zwei- bis sechszelligen Strängen. Unlignifiziertes Parenchym vorhanden, die Phloeminseln umgebend. Strahlen überwiegend einreihig, selten zweireihig, heterozellulär durchmischt, Durchbrechungen vorhanden. 13 bis 17 Strahlen pro mm, meist 100 bis 300µm hoch, maximale Holzstrahlhöhe 600µm.

Eingeschlossenes Phloem vorhanden, konzentrisch bis zerstreut. Prismatische Kristalle vorhanden, in aufrechten/quadratischen und liegenden Holzstrahlzellen und in gekammertem Axialparenchym. Kristallführende Zellen in den Holzstrahlen fast stets Idioblasten bis 50µm. Kleine Drusen im unlignifizierten Parenchym um die Phloeminseln häufig. Bei USW 37710 treten Drusen darüberhinaus gelegentlich in Strahlzellen sowie im Axialparenchym auf. Silikate nicht beobachtet.

Anmerkungen

Das Holz von *C. molle* ist anatomisch von *C. apiculatum* nicht sicher abgrenzbar. Die Holzanatomie der Art ist auch bei BARRETO (1967), VAN VLIET (1979), JAGIELLA & KÜRSCHNER (1987), PRIOR & GASSON (1990) entsprechend beschrieben. NEUMANN et al. (2001) verweisen auf die Ähnlichkeit zur dort beschriebenen Art *C. nigricans*.



o. *Combretum molle*, quer

m. *C. molle*, tangential, im rechten Bereich eingeschlossenes Phloem

u. *C. molle*, radial, Drusen

Fortsetzung Combretaceae

Combretum wattii Exell

Beschreibung

Zuwachsgrenzen deutlich. Gefäße groß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 185,2µm, Standardabweichung: 64,1µm, range: 55-297µm), ausschließlich einzeln, mit einer Tendenz zu zwei Größenklassen, in geringer Dichte (5-20/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert, vertikaler Durchmesser 7-9µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern mittelwandig, septiert, unseptierte nicht beobachtet. Tüpfel einfach bis undeutlich behöft, überwiegend auf den Faserradialwänden.

Axialparenchym paratracheal spärlich und vasizentrisch, stellenweise konfluent, außerdem apotracheal diffus, fusiform und in zwei- bis vierzelligen Strängen.

Strahlen ein- bis selten zweireihig, heterozellulär durchmischt, Durchbrechungen vorhanden. 15-22 Strahlen pro mm, meist um 250µm hoch, maximale Strahlhöhe 900µm.

Kristalle vorhanden, gelegentlich als Drusen in aufrechten/quadratischen und liegenden Strahlzellen. Prismatische Kristalle und Silikate nicht beobachtet.

Combretum zeyheri Sond.

Syn.: *Combretum odontopetalum* Engl. & Diels, *C. calocarpum* Gilg ex Dinter

Beschreibung

Zuwachsgrenzen undeutlich bis nicht erkennbar. Gefäße groß (mittlerer tangentialer Durchmesser: 118,8µm, Standardabweichung: 41,5µm, range: 44-198µm), ausschließlich einzeln, mit einer Tendenz zu zwei Größenklassen, in geringer Dichte (5-20/mm²). Durchbrechungen ausschließlich einfach, Gefäßtüpfel wechselständig, verziert, vertikaler Durchmesser 5-7µm. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

Fasern mittelwandig, septiert und unseptiert, häufig gelatinös. Tüpfel einfach bis undeutlich behöft, überwiegend auf den Faserradialwänden.

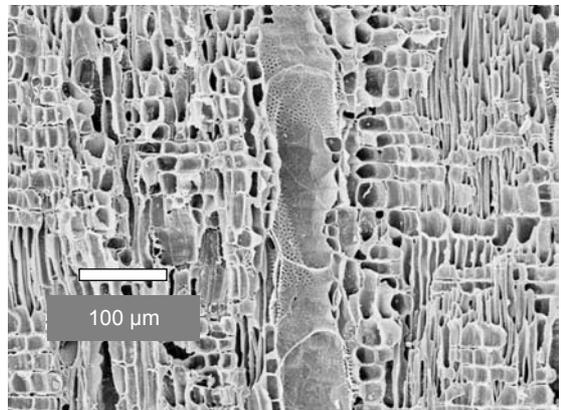
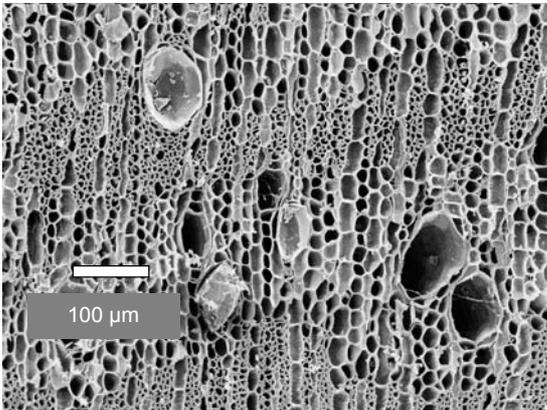
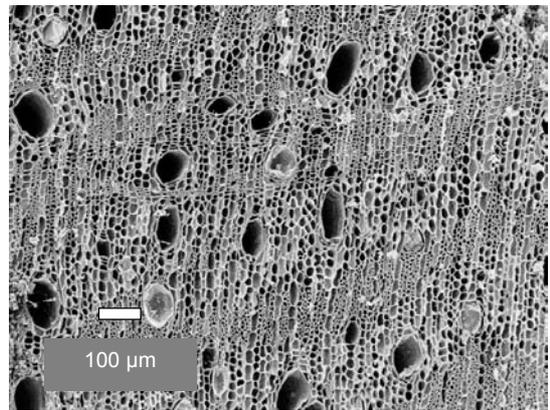
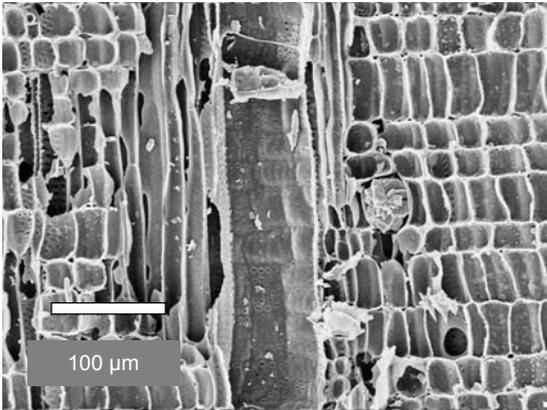
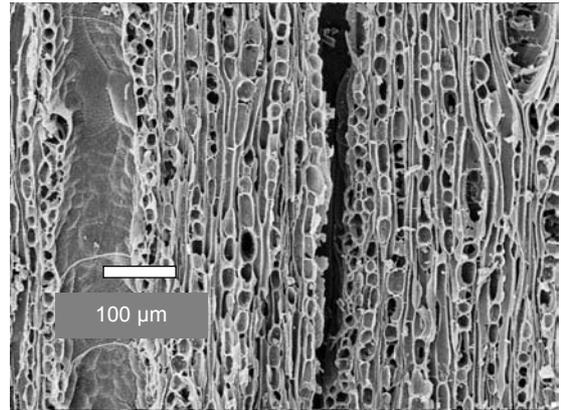
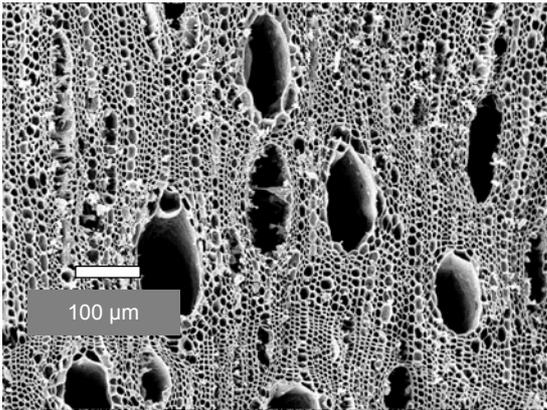
Axialparenchym aliform- konfluent, außerdem apotracheal diffus, in zwei- bis vierzelligen Strängen.

Strahlen ein- bis zweireihig, heterozellulär durchmischt, Durchbrechungen vorhanden. 16-20 Strahlen pro mm, meist um 300µm hoch, maximale Strahlhöhe 700µm.

Prismatische Kristalle vorhanden, in ungekammertem Axialparenchym. Kristallführende Zellen stark vergrößert (bis 140µm). Silikate nicht beobachtet.

Anmerkungen

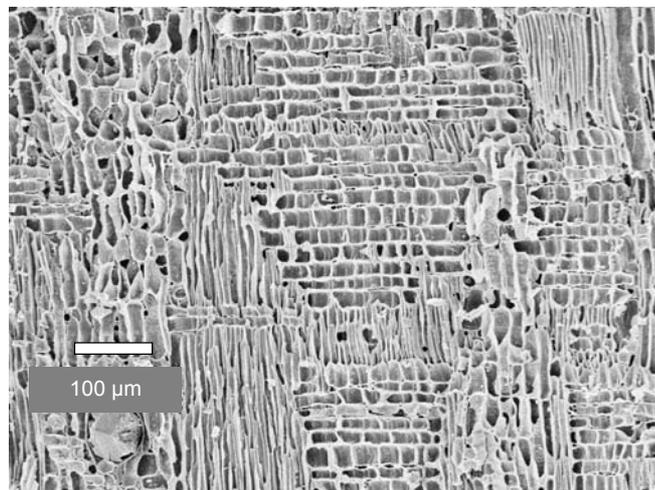
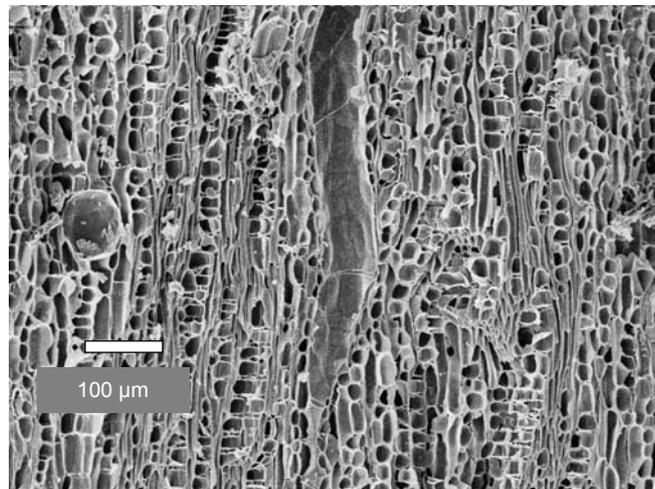
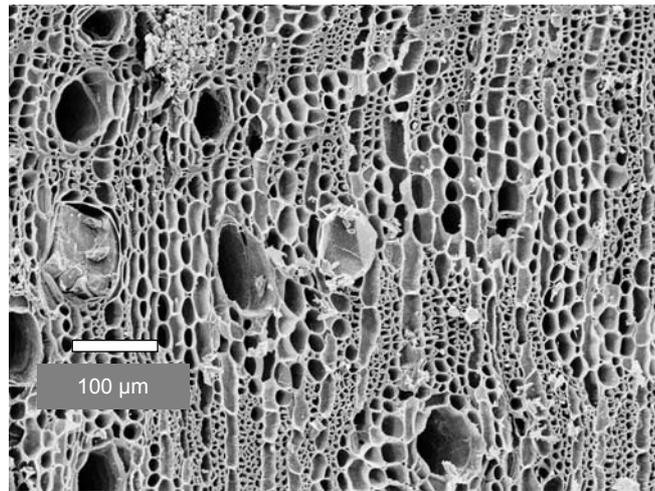
Auch PRIOR & GASSON (1993) beschreiben das Auftreten von Kristallidioblasten bei dieser Art.



l.o. *Combretum wattii*, quer
l.m. *C. wattii*, tangential
l.u. *C. zeyheri*, quer

r.o. *C. wattii*, quer
r.m. *Combretum zeyheri*, quer
r.u. *C. zeyheri*, radial

Tafel 50: Fortsetzung Combretaceae rezent: *Combretum wattii*
Combretum zeyheri



- o. *Combretum* Typ *zeyheri*, quer
- m. *C.* Typ *zeyheri*, tangential
- u. *C.* Typ *zeyheri*, radial

Tafel 51: Fortsetzung Combretaceae archäobotanisch: *Combretum* Typ *zeyheri*
(Nachweis: Fundplatz N 99/1)

Fortsetzung Combretaceae

Terminalia prunioides M.A. Lawson, Syn.: *Terminalia rautanenii* Schinz

Terminalia sericea Burch. ex DC., Syn.: *Terminalia silozensis* Gibbs

Beschreibung

Wachstumsgrenzen mäßig deutlich, ausschließlich markiert durch Abnahme des tangentialen Faserdurchmessers im Spätholz. Deutliche marginale Parenchymbänder nicht beobachtet. Gefäße mittelgroß (*T. sericea*: mittlerer tangentialer Durchmesser: 80,3µm, Standardabweichung: 32,3µm, range: 27,5-143µm, *T. prunioides*: mittlerer tangentialer Durchmesser: 59,7µm, Standardabweichung: 15,6µm, range: 18,7-89,1µm), zahlreich (40-100/mm²), selten einzeln, häufig in kurzen radialen Reihen von zwei bis drei und längeren radialen Reihen bis sieben, selten in kleinen Nestern. In Kernholzgefäßen gummiartige Inhaltsstoffe. Durchbrechungen ausschließlich einfach. Gefäßtüpfel wechselständig, verziert, 4-6µm (*T. prunioides*) bzw. 5-7 µm (*T. sericea*) im vertikalen Durchmesser. Kreuzungsfeldtüpfel deutlich behöft, ähnlich den Gefäßtüpfeln.

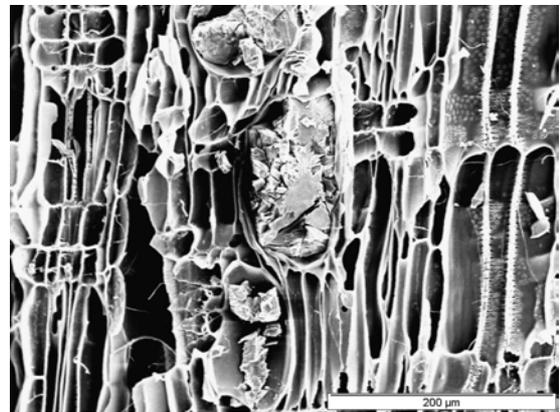
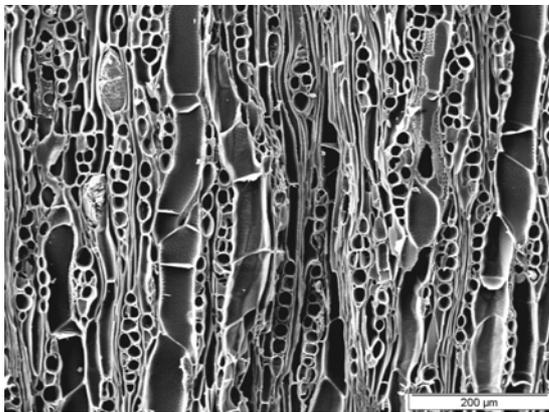
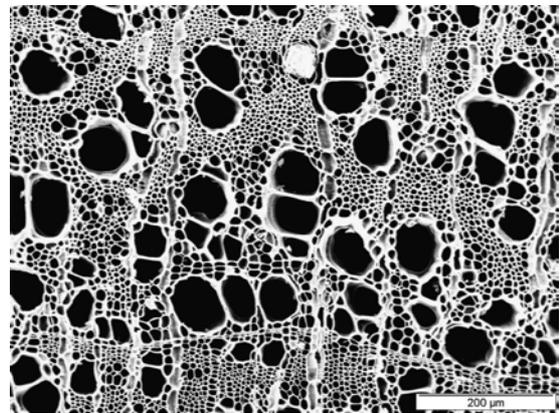
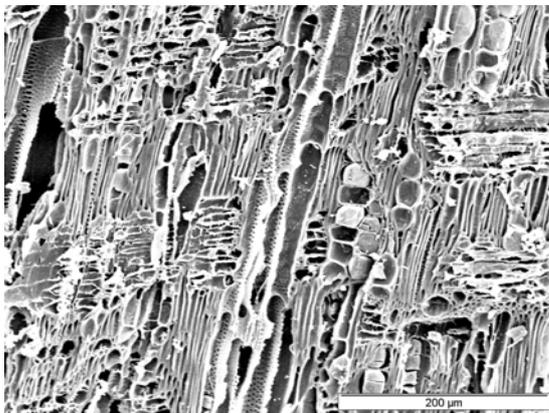
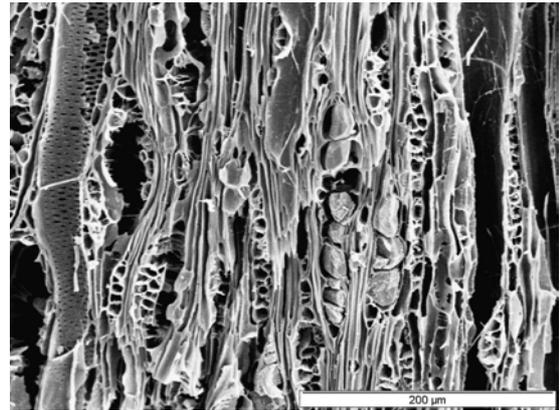
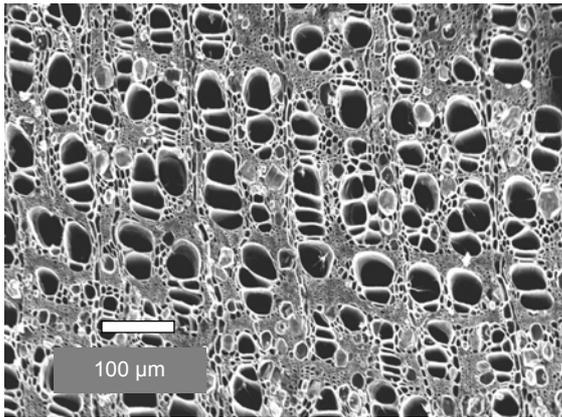
Fasern mittel- bis dickwandig, Tüpfel einfach bis undeutlich behöft, überwiegend auf die Radialwände beschränkt.

Axialparenchym paratracheal spärlich, vasizentrisch und aliform-konfluent, außerdem apotracheal diffus.

Holzstrahlen ein- bis zwei-(drei-)reihig, heterozellulär durchmischt oder aus liegenden Zellen mit einer Reihe aufrechter/quadratischer Kantenzellen. Maximale Holzstrahlhöhe 400 µm, meist um 250 µm. Calciumoxalatkristalle vorhanden, bei *T. prunioides* sehr häufig, stets in Form prismatischer Kristalle in gekammertem Axialparenchym, teilweise in Idioblasten bis 45 µm Durchmesser. Bei *T. sericea* prismatische Kristalle fehlend, in ungekammertem Axialparenchym gelegentlich bis häufig sehr große Kristallagglomerate in Idioblasten bis 70µm Durchmesser. Silikate nicht beobachtet.

Anmerkungen

Terminalia prunioides und *T. sericea* sind sich holzanatomisch sehr ähnlich, aufgrund der Kristallverteilung aber gut zu unterscheiden. Die Häufigkeit der Kristallagglomerate bei *T. sericea* ist bei den aus verschiedenen Herkunftsgebieten stammenden Proben variabel. Dies könnte mit der Calciumverfügbarkeit im Substrat zusammenhängen, die die Häufigkeit von Kristallen beeinflusst (JOHN 1990, zitiert in GOURLAY & GRIME 1994). Im Gegensatz zu BARRETO (1967) und VAN VLIET (1979) erwähnen PRIOR & GASSON (1990, 1993) bei ihrer anatomischen Beschreibung von *T. sericea* keine Kristalleinschlüsse, möglicherweise können die Drusen bei dieser Art demnach auch ganz fehlen. Für *T. prunioides* beschreibt auch VAN VLIET (1979) das Auftreten von Kristallidioblasten. Die Agglomerate bei *T. sericea* weisen, besonders im verkohlten Zustand, keine deutlich ausgeprägte Drusenform auf und könnten deshalb bei oberflächlicher Betrachtung mit sehr großen prismatischen Kristallen verwechselt werden. Zur sicheren Abgrenzung der beiden Arten sollte bei anthrakologischen Untersuchungen deshalb der Tangentialbruch untersucht werden. Die prismatischen Kristalle bei *T. prunioides* treten stets in längeren Kristallreihen auf, die Drusen bei *T. sericea* einzeln oder sehr selten in zwei benachbarten Parenchymzellen.



l.o. *Terminalia prunioides*, quer

l.m. *T. prunioides*, radial

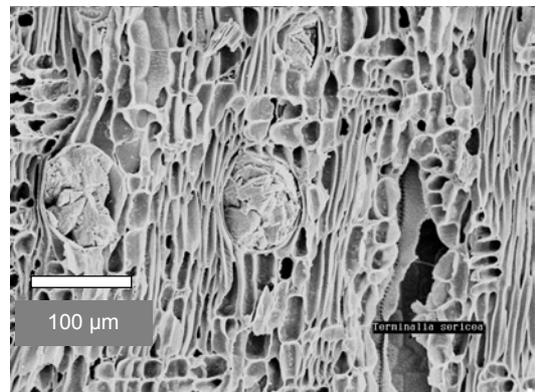
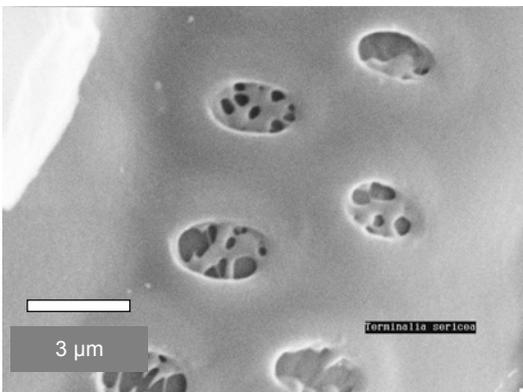
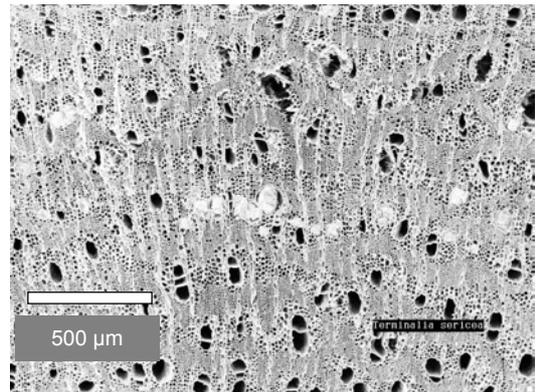
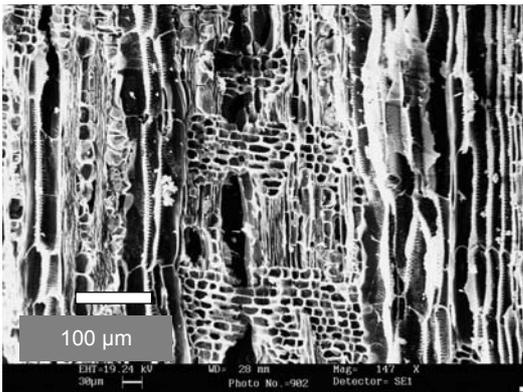
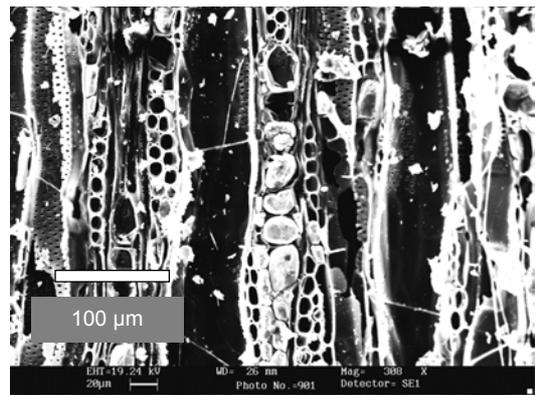
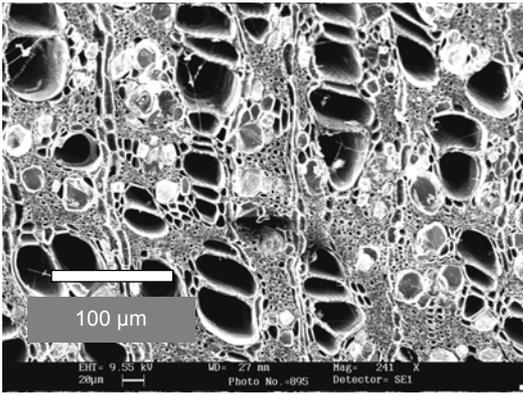
l.u. *T. sericea*, tangential

r.o. *T. prunioides*, tangential

r.m. *Terminalia sericea*, quer

r.u. *T. sericea*, radial

Tafel 52: Fortsetzung Combretaceae rezent: *Terminalia prunioides*
Terminalia sericea



l.o. *Terminalia prunioides*, quer

l.m. *T. prunioides*, radial

l.u. *T. cf. sericea*, tangential

r.o. *T. prunioides*, tangential

r.m. *Terminalia cf. sericea*, quer

r.u. *T. cf. sericea*, radial

Tafel 53: Fortsetzung Combretaceae archäobotanisch: *Terminalia prunioides*
 (Nachweis: Fundplätze N 95/1, N 96/1, N 97/22, N 98/6, N 99/1)
Terminalia cf. sericea
 (Nachweis: Fundplatz N 99/1)